

Dissertação de Mestrado PROPAR -UFRGS
Juliano Caldas de Vasconcellos



Concreto Armado
Arquitetura Moderna
Escola Carioca
Levantamentos & notas





O presente trabalho contou com o suporte financeiro do governo brasileiro através da "Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior" - CAPES, durante o período compreendido entre março de 2001 a abril de 2002.

AGRADECIMENTOS

a minha esposa Carina por ter enfrentado o desafio ao meu lado e pelo filho lindo que me deu
a meus pais e meu irmão pelo amor e por terem entendido a minha ausência
aos professores e alunos do PROPAR-UFRGS e do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Feevale
e ao meu orientador, Carlos Eduardo Dias Comas pelo incentivo e confiança em me guiar.



mestrando
Juliano Caldas de Vasconcellos

Porto Alegre, dezembro de 2004

PROPAR
Programa de pós-graduação
e pesquisa em arquitetura

Faculdade de Arquitetura
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

CAPA:

Fundo - Estrutura do MESP. [LYSSOVSKY, 1996]: 144

Centro - Capela da Pampulha. [UNDERWOOD, 2002]: 96

Baixo - Catedral de Brasília. [NIEMEYER, 1993]: 23

Páginas 02 e 03 - **Le Corbusier**: *Villa Savoye*, 1929. [LE CORBUSIER, 1910-65]: 69

Para Carina e Rodrigo

SUMÁRIO

- Resumo 09
- Abstract 11
- Apresentação 13

PARTE 1 | Concreto Armado 212a.C.-1919

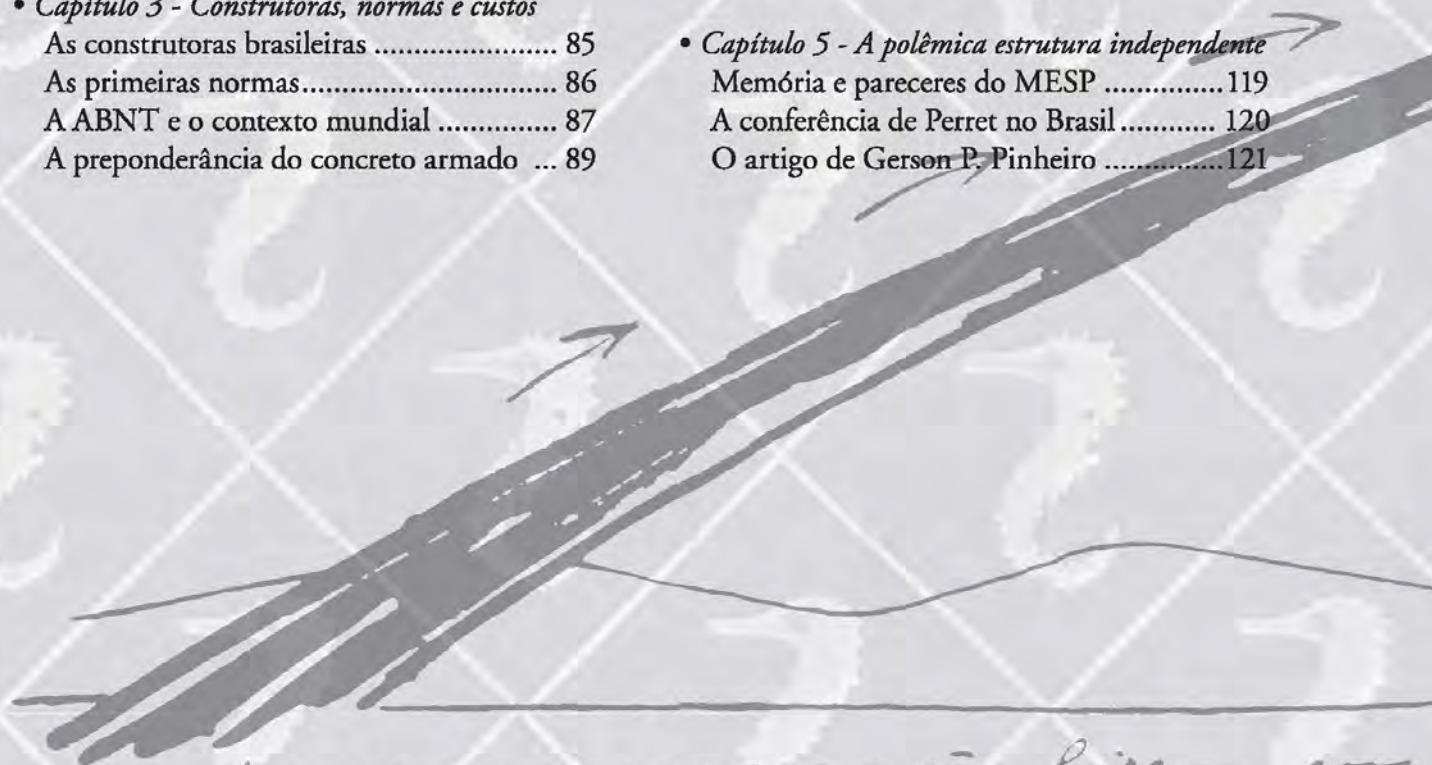
- *Cronologia Geral* 23
- *Capítulo 1 - Os primórdios do concreto armado*
Origens da técnica construtiva 29
- *Capítulo 2 - O concreto armado no Brasil*
A Escola Politécnica de São Paulo e as primeiras obras 59
O Edifício Guinle 62

PARTE 2 | Concreto Armado 1920-1939

- *Capítulo 1 - Planta livre e a força das curvas*
Planta livre em Le Raincy 67
- *Capítulo 2 - A afirmação brasileira*
A prática nos anos 20 73
- *Capítulo 3 - Construtoras, normas e custos*
As construtoras brasileiras 85
As primeiras normas 86
A ABNT e o contexto mundial 87
A preponderância do concreto armado ... 89

PARTE 3 | Arquitetura Moderna

- *Capítulo 1 - As vanguardas e a cultura moderna*
A estética da máquina 95
- *Capítulo 2 - O sistema Dom-ino*
Precedências construtivas 99
Domus de construção rápida 100
- *Capítulo 3 - Le Corbusier e a irregularidade da regra*
Monol e Citrohan 107
Os Cinco Pontos da Nova Arquitetura ... 108
O desaparecimento das vigas 109
A revisão dos Cinco Pontos 110
Variações do plano de cobertura 111
Anos 30: elementos primitivos 112
- *Capítulo 4 - Modernidade brasileira*
Le Corbusier e Lucio Costa 113
Dissociando estrutura e fechamento 115
A segunda vinda de Le Corbusier 117
- *Capítulo 5 - A polêmica estrutura independente*
Memória e pareceres do MESP 119
A conferência de Perret no Brasil 120
O artigo de Gerson P. Pinheiro 121



Vencer os espaços - o vão livre -, com o concreto armado hoje permite realizações mais diversas e imprevisíveis formas.

PARTE 4 | Escola Carioca

Introdução aos três períodos..... 127

• *Capítulo 1 - Emergência*

Edifício Esther	129
Associação Brasileira de Imprensa (ABI) ..	133
Ministério da Educação (MESP).....	139
Obra do Berço.....	149
Aeroporto Santos Dumont.....	153
Edifício Valparaíso	157
Edifício Plínio Catanhede	159
Grande Hotel de Ouro Preto.....	163
Cassino (Pampulha)	165
Casa do Baile (Pampulha)	169
Iate Clube (Pampulha)	171
Instituto de Resseguros do Brasil (IRB) ...	173
Escola Raul Vidal.....	175
Instituto Vital Brazil.....	179
Capela São Francisco (Pampulha).....	181
Colônia de Férias do IRB	189
Edifício MMM Roberto.....	191

• *Capítulo 2 - Consolidação*

Banco Boa Vista	193
Parque Guinle	197
Pedregulho (Bloco "A")	203
Pedregulho (Bloco Escola).....	205
Edifício Banco da Lavoura	207
Edifício Seguradoras.....	209
Clube Diamantina.....	211
Fábrica Duchen.....	213

• *Capítulo 3 - Hegemonia*

Palácio das Nações e dos Estados	219
Palácio das Indústrias.....	223
Palácio das Artes	227
Palácio da Agricultura.....	231
Grande Marquise do Ibirapuera.....	233
Edifício Governador Kubitschek	237
Escola Julia Kubitschek	241
Hotel Diamantina	243
Edifício Marquês do Herval.....	245
Edifícios Finúzia e Dona Fátima	247
Hospital Sul-América.....	249
Colégio Estadual	253
Museu de Arte Moderna (RJ).....	255
Edifício Oscar Niemeyer	263
Jockey Clube Brasileiro	269
Palácio da Alvorada.....	271
Palácio do Planalto.....	275
Palácio do Congresso Nacional	279
Catedral de Brasília	283

• Conclusão.....	289
• Bibliografia	305
• Anexo	311



presença constante de arquitetura, que
generosamente, sugerida para sim os

Resumo

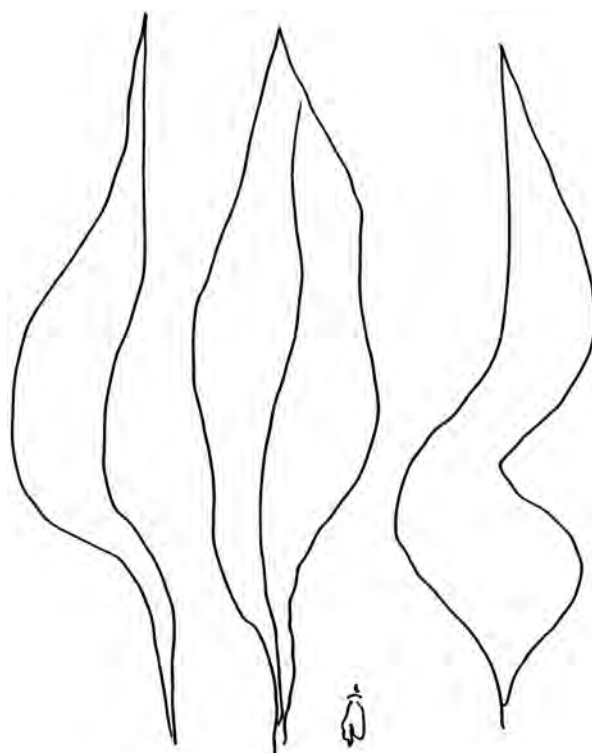
O presente trabalho tem como objetivo a análise de obras da arquitetura moderna brasileira de base carioca, construídas em concreto armado no período compreendido entre 1935 e 1960.

É inegável que a construção teve destaque entre os vários componentes que levaram a arquitetura moderna brasileira ao reconhecimento internacional. Dentro do período citado, o Brasil figurou como líder do universo da arquitetura moderna, onde a exploração da plasticidade potencial do concreto armado foi aplicada com grande êxito.

As soluções adotadas pelos arquitetos brasileiros tiveram grande repercussão, a começar pelo edifício da Associação Brasileira de Imprensa dos Irmão Roberto da sede do Ministério da Educação e Saúde Pública (hoje conhecido como Palácio Gustavo Capanema) que deixaram perplexos arquitetos do mundo inteiro. Marcos da nova arquitetura no país, estes exemplares foram objeto de inovações expressivas e bem-sucedidas também no seu projeto estrutural.

Para se fazer a análise das construções brasileiras, é importante estudar as origens do concreto armado e suas aplicações desde o seu surgimento, passando pela descrição de patentes registradas (ou apenas estudadas) na Europa e Estados Unidos, sem esquecer de precisar nomes e datas, fundamentais para substanciar a reivindicação de influências e precedências. Em um segundo momento, estuda-se a chegada do concreto armado no Brasil, e as obras iniciais, além de registrar as primeiras construtoras e a elaboração das primeiras normas. Nos anos 30 o concreto armado é agente da verticalização e da indústria da construção civil, domínio este comprovado através de dados técnicos e sócio-econômicos.

A última parte está dedicada para a análise das obras, onde Affonso Eduardo Reidy, Alvaro Vital Brasil, Lucio Costa, MMM Roberto e Oscar Niemeyer são os autores dos projetos. Analisados sob o aspecto de sua concepção estrutural e construtiva, os exemplares são divididos em categorias e dentro destas ordenados por cronologia de projeto e execução, onde são apresentados além do texto escrito, ilustrações das obras em andamento, finalizadas e desenhos originais e/ou elaborados por este autor, através de levantamento ou pesquisa.



Abstract

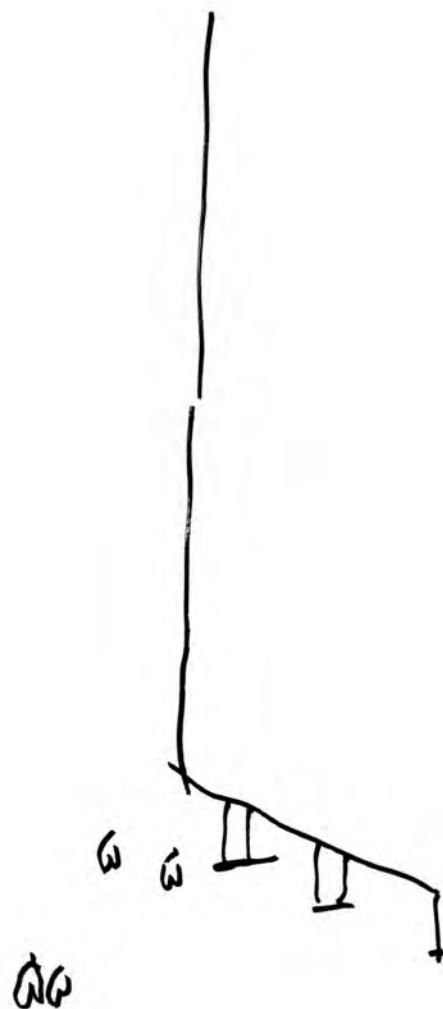
The purpose of this essay is the analysis of works of the Brazilian modern architecture with carioca base, built in reinforced concrete in the period between 1935 and 1960.

It is undeniable that the construction had prominence among the several components that took the Brazilian modern architecture to the international recognition. Inside of the mentioned period, Brazil represented as leader of the universe of the modern architecture, where the exploration of the potential plasticity of the reinforced concrete was applied with great success.

The solutions adopted by the Brazilian architects they had great repercussion, to begin for the building of the Brazilian Association of Press of the MMM Roberto of the headquarters of Ministry of Education and Public Health (known as Palácio Gustavo Capanema) that left perplexed architects of the whole world. Signal of the new architecture in the country, these copies were object of expressive and successful innovations in your structural project.

To do the analysis of the Brazilian constructions, it is important to study the origins of the reinforced concrete and your applications from your appearance, going by the description of registered patents (or just studied) in Europe and United States, without forgetting of needing names and dates, fundamental to nourish the revindication of influences and precedences. In a second moment, it is studied the arrival of the reinforced concrete in Brazil, and the initial works, besides registering the first builders and the elaboration of the first norms. In the thirties the armed concrete is agent of the verticalization and of the industry of the building site, domain this proven through data technicians and socioeconomic.

The last part is dedicated for the analysis of the works, where Affonso Eduardo Reidy, Alvaro Vital Brasil, Lucio Costa, MMM Roberto and Oscar Niemeyer are the authors of the projects. Analyzed under the aspect of your structural and constructive conception, the copies are divided in categories and inside of these ordered by project chronology and execution, where they are presented besides the written text, illustrations of the works in process, concluded and drawings original or elaborated by this author, through rising or researches.



Apresentação

O concreto armado foi uma das maiores invenções do século XIX, tanto para a engenharia como para a arquitetura mundial. A sua utilização como material de construção veio trazer inúmeras vantagens para a construção civil, entre elas a segurança contra o fogo, rapidez de execução, economia, durabilidade, impermeabilização, resistência a choques e vibrações, plasticidade e facilidade na moldagem de elementos construtivos assumindo as diversas formas dos projetos de arquitetura. Além dos atributos plásticos, é fascinante a coincidência das propriedades físicas – coeficientes de dilatação semelhantes entre concreto e armadura, complementação de tração/compressão – e químicas – meio alcalino do concreto impedindo a oxidação do ferro/aço.

Todo este mérito foi refletido em inúmeros registros de patente que tinham em comum o concreto (ou cimento) armado com algum tipo de armadura mergulhada. Desde o barco de Lambot esta combinação foi repetida e modificada, e dentre estas, muitas realizações importantes em termos estruturais foram efetuadas, fatos que revolucionaram a indústria da construção.

A industrialização introduziu novos materiais e processos e métodos de construir que afetaram irreversivelmente e em escala crescente a arquitetura. Já no princípio do século XIX, a Revolução Industrial, iniciada na Europa no século anterior começava a influir no Brasil substituindo a produção artesanal pela mecânica padronizada e em série, a qual, com a conquista dos mercados difundia novas normas de pensamento e ação que conduziram o arquiteto, o engenheiro, o construtor, a considerarem os problemas não em termos de artesanato como no período colonial, mas no de indústria, criando a mentalidade propícia a esse campo de atividade que com a república tomou novo alento e de etapa em etapa daria à arquitetura caráter industrial.

Por muito tempo o Brasil exibiu dois famosos recordes mundiais: O edifício “A Noite”, na praça Mauá, no Rio de Janeiro, na época o mais alto do mundo em estrutura de concreto armado (24 andares) e no qual, pela primeira vez no país, foi levado em consideração no cálculo estrutural a ação dos ventos; e a ponte em quadro, vão





de 68m, sobre o rio Peixe, em Erval, estado de Santa Catarina (hoje com o nome de Emílio Baumgart), onde pela impossibilidade de fazer-se escoramento, devido à altura excessiva e ao fato de as águas serem agitadas, pela primeira vez no mundo, uma ponte de concreto armado foi lançado das duas margens, em balanço progressivo.

Além destes recordes do campo da engenharia, a arquitetura moderna brasileira – com o concreto armado figurando como principal técnica construtiva – mereceu grande atenção dos estrangeiros, o que resultou na primeira metade da década de 40 no livro *Brazil Builds*, de Phillip Goodwin, acompanhado de mostra de mesmo nome, efetuada pelo Museu de Arte Moderna de Nova York, em 1943, e que, como afirma MINDLIN (2000, p.10) “*O aval daquela instituição foi central para a difusão em escala mundial do modernismo brasileiro.*”

Dentre os arquitetos que participaram deste movimento, sobressairam-se os de formação pela Escola Nacional de Belas Artes no Rio de Janeiro (que na década de 30 tem a direção de Lucio Costa durante um ano). Affonso Eduardo Reidy, Alvaro Vital Brasil, Lucio Costa, MMM Roberto e Oscar Niemeyer são, entre outros, os principais autores dessa arquitetura e que, de alguma forma, são os que *executaram* efetivamente os projetos e que *avançaram* tanto formal quanto estruturalmente dentro do quadro cronológico de uma época efervescente. Não por coincidência, estes nomes participaram das equipes que desenvolveram os projetos da Associação Brasileira de Imprensa e do Ministério de Educação e Saúde Pública. Vital Brasil não se inclui nestas duas turmas, porém é envolvido a partir do Edifício Esther em São Paulo, primeiro grande edifício em estrutura independente do Brasil.

O período a ser estudado se inicia em 1935 com o projeto do Edifício Esther e se encerra em 1960, com a Catedral de Brasília. As obras selecionadas são o reflexo de um período de valorização da estrutura independente (surgida quando as paredes deixam de ter a função suporte, e vulgarizada por Le Corbusier a partir do sistema Dom-ino) que é citada por Lucio Costa como agente que transfigura o processo da construção, convertendo as paredes em apenas um plano de vedação, conforme o texto que segue:

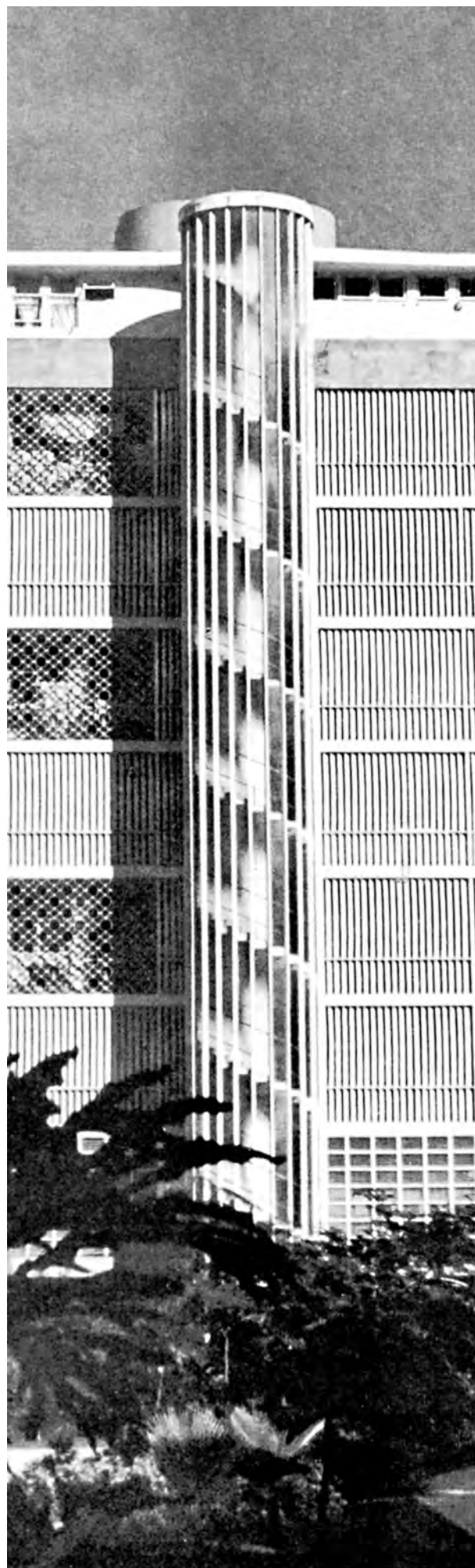
A nova técnica: ossatura independente

A nova técnica reclama a revisão dos valores plásticos tradicionais. O que caracteriza e, de certo modo, comanda a transformação radical de todos os antigos processos da construção – é a ossatura independente. Em todas as arquiteturas passadas, as paredes – de cima para baixo de edifício cada vez mais espessas até se esparramarem solidamente ancoradas ao solo – desempenham função capital: formavam a própria estrutura, o verdadeiro suporte de toda a fábrica. Um milagre veio, porém, libertá-las dessa carga secular. A revolução, imposta pela nova técnica, conferiu outra hierarquia aos elementos da construção, destituindo as paredes do pesado encargo que lhes fora sempre atribuído e do qual – seja dito a bem da verdade – souberam desempenhar-se a contento e com inexcusável “dedicação”. Embora essa destituição possa representar – sob o ponto de vista estritamente “moral” – um rebaixamento, necessário se torna, no entanto, convir que, em idade tão avançada e na contingência de precisar resistir a esforços sempre maiores – mantê-las no cargo seria expor-se a surpresas desagradáveis, de conseqüências imprevisíveis. A nova função que lhes foi confiada – de simples vedação – oferecem sem os mesmos riscos e preocupações – outras comodidades. Toda a responsabilidade foi transferida, no novo sistema, a uma ossatura independente, podendo tanto ser de concreto como metálica. (COSTA, 1995, p.112)

E em concreto armado foi que a nova arquitetura se expressou em maior número no Brasil, do período Vargas a Kubistchek e do *boom* construtivo do pós-guerra, em tempos do início de uma industrialização em um país que saía de um quadro de predominância agropastoril.

Mas então, qual seriam as razões para que o Brasil se destacasse tanto no campo da arquitetura em concreto armado, dentro da “*Escola Carioca*”? Que fatores influenciaram para que os resultados obtidos tivessem tal distinção? Quais foram as principais obras realizadas pelos arquitetos deste grupo e que refletem exemplarmente tais avanços construtivos? Quais são as características comuns destas obras?

As respostas a estas questões se disponibilizam no desenvolvimento deste estudo, que se articula na convicção de que é no reconhecimento e no estudo dos precedentes relevantes que se estabelecem as bases para a avaliação e proposição das soluções arquitetônicas.





Estrutura e método de trabalho

O trabalho está dividido em quatro partes e inicia apresentando uma linha do tempo que registra cronologicamente aspectos históricos do cimento e concreto armado, desde as primeiras descobertas até as realizações da arquitetura moderna brasileira no ano de 1960. Na primeira parte ainda são apresentados os principais nomes que desenvolveram a técnica no mundo e no Brasil, concluindo o período no final da Primeira Guerra Mundial, em 1919.

A segunda parte também trata sobre a história do concreto armado, englobando os avanços da técnica no período entre-guerras (de 1920 a 1939). É nesta fase que o concreto armado atinge um nível de excelência no campo da arquitetura, com as obras de Perret, Nervi e Torroja. No Brasil, as primeiras instituições de ensino que aplicaram sua teoria, os profissionais pioneiros em sua execução e as empresas (nacionais e estrangeiras) precursoras dentro do país. A partir do estabelecimento e afirmação dos técnicos locais, abre-se o caminho para a fixação das primeiras normas – baseadas em preceitos germânicos – que regulamentaram e padronizaram a prática em todo o território. A partir da segunda metade da década de 30, o exercício do concreto armado merece a apreciação estrangeira, onde os engenheiros Adolf Kleinlogel (Alemanha) e Arthur Boase (Estados Unidos) visitam o Brasil e dissertam em artigos publicados (dentro e fora do país) sobre a qualidade das obras e a independência dos profissionais locais. Kleinlogel (em 1937) e Boase (em 1944) argumentam dentro da engenharia o que Goodwin (em 1943) publica sobre a arquitetura brasileira.

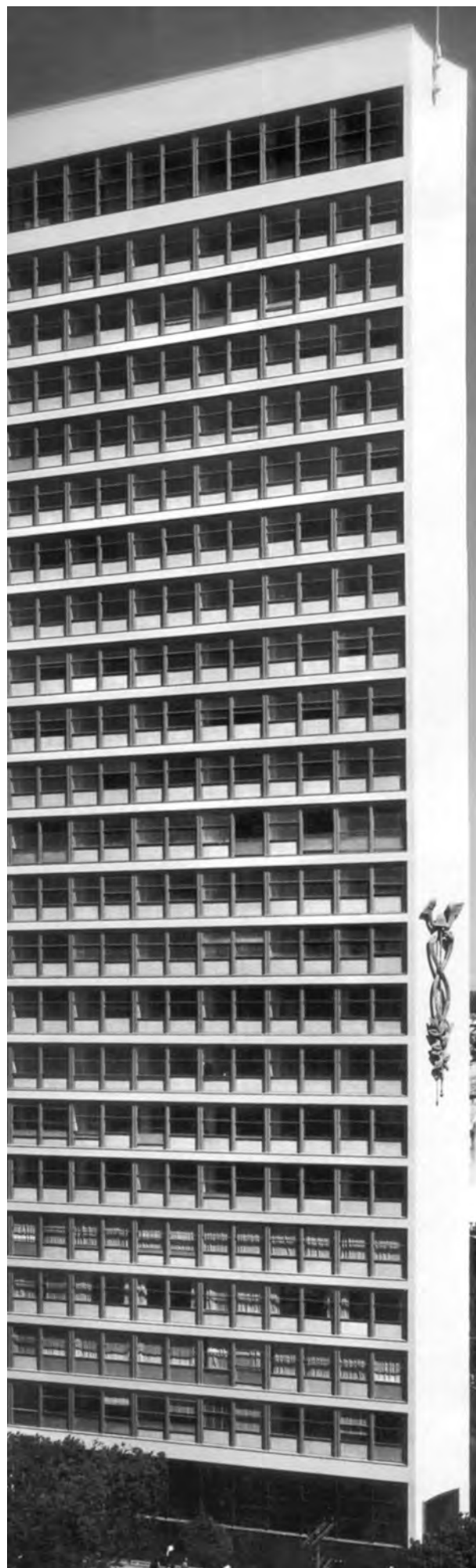
A terceira parte aborda a arquitetura moderna como construção qualificada, iniciando com uma análise sobre a estética da máquina e as idéias de Le Corbusier sobre o sistema Dom-ino, publicado por ele em 1914. Na seqüência são apresentados os caminhos percorridos até a divulgação dos Cinco Pontos e a importância da técnica do concreto dentro de cada um deles. São apontadas as variações do ideal normativo, como a questão das vigas e coberturas, que tem desfecho na revisão dos pontos de 1926 e nas técnicas autóctones dos anos 30. Em outro capítulo se aborda os ideais da arquitetura moderna em terras brasileiras a partir das visitas de Le Corbusier e do pensamento

de Lucio Costa, sem deixar de citar os projetos elaborados por Corbusier no ano de 1936. A parte se encerra com um debate sobre a estrutura independente, ilustrado através de um artigo de Perret e outro de Gerson Pompeu Pinheiro, como contra-ponto, publicado em 1937.

A quarta e última parte traz a análise das obras, precisando autores, datas de projeto e execução, tipos estruturais, vãos máximos, mínimos, balanços, seção de pilotis, calculistas e construtoras. A coleta de dados constou de pesquisas bibliográfica, digital e de uma pesquisa de campo. As pesquisas bibliográfica e digital foram realizadas no sentido de coletar o maior número de informações possível sobre a estrutura e construção dos exemplares, através de artigos de crítica, crônicas, proposições, depoimentos e projetos publicados nas principais revistas nacionais e estrangeiras especializadas em arquitetura e engenharia, na rede mundial de computadores e em CD-ROMs que tratam sobre os temas pesquisados. Na pesquisa de campo, foram realizadas visitas nas obras situadas no Rio de Janeiro e no Instituto do Patrimônio Histórico Nacional para coleta das informações não publicadas nos meios já citados.

A análise dos dados foi elaborada a partir da cronologia das obras, com base nas datas de projeto publicadas na bibliografia específica e constantes do banco de dados do orientador. Seguindo esta ordenação, dividiu-se o período de estudo em três partes distintas, que equivalem a três capítulos: o período de emergência da arquitetura moderna brasileira (de 1935 a 1945), o período de consolidação (1946 a 1950) e o de hegemonia (1951 a 1960). As fichas dos projetos foram elaboradas no sentido de se acumular em um só dispositivo plantas, cortes, fachadas, perspectivas, detalhes e fotografias – com atenção especial para os registros fotográficos do momento da execução – que possam permitir a elucidação das questões da estrutura de cada obra.

A análise dos projetos foi realizada tomando como princípios os elementos estruturais e arquitetônicos, sua configuração, suas dimensões, sua disposição e sua dimensão, levando em conta o programa e respeitando as diferenças dos tipos estruturais quando de sua ocorrência em uma mesma obra, dividindo a análise dentro de cada uma das fichas.





Esq. - **Afonso Eduardo Reidy**: Instituto de Previdência do Estado do Guanabara, Rio de Janeiro, 1957. [BONDUKI, 2000]:190

Dir. - **Lucio Costa**: Park Hotel, São Clemente, 1944. [MINDLIN, 2000]:129



Seleção de exemplares e conclusão

Sabendo-se da precária documentação existente em alguns casos, as edificações merecedoras de exame foram selecionadas a partir de sua disponibilidade na bibliografia e nos órgãos de patrimônio e arquivamento no Rio de Janeiro, São Paulo, Belo Horizonte e Porto Alegre. Obviamente, não são objetos de análise edificações em que os registros gráficos ou textuais mínimos para tal processo sejam inacessíveis ou tão imprecisos que não garantam confiabilidade ao levantamento. Ficam de fora também os projetos de residências que, pela diversidade de tipos estruturais e ambigüidade entre sistemas portantes ou não, dificilmente colaborariam para o estudo, como diz COMAS (2002):

“Decididamente, as casas não são o laboratório dessa arquitetura, embora a adesão duma clientela significativa entre os intelectuais e a burguesia cultivada se registre antes do êxito de Brazil Builds”.



Oscar Niemeyer: Casa das Canoas, Rio de Janeiro, 1953. [MINDLIN, 2000]:89

Da mesma forma, não são examinados os projetos construídos em aço, como o Pavilhão Brasileiro da Feira de Nova York (Lucio Costa e Oscar Niemeyer com Paul Wiener, 1939) e da sede do

Instituto de Previdência do Estado da Guanabara (Reidy, 1957). Também não se enquadra a construção rústica do Park Hotel em São Clemente (Lucio Costa, 1944) e os arcos de madeira laminada da Unidade Industrial da SOTREQ (MMM Roberto, 1949).

A importância documental para este tipo de análise é fator primordial para a tabulação e comparação dos dados físicos. Serve de exemplo o estudo de COMAS (2002) sobre o plano esquemático da Lagoa da Pampulha com seus contornos deformados e orientação rotada, publicado em série desde 1947 quando apareceu pela primeira vez na revista *Architecture d' Aujourd'hui*. Fazendo um paralelo, é perceptível – com um pouco de atenção – que as plantas do térreo do edifício sede da Associação Brasileira de Imprensa são publicadas corretamente no desenho sem instrumentos de *Brazil Built*, mas que já em Mindlin (1956) e Bruand (1981) o vão correspondente ao acesso de veículos é estrangulado, em total desacordo com os pavimentos restantes. Não menos equivocada é a planta da primeira obra construída de Niemeyer, a Obra do Berço, onde a posição incorreta de uma linha de pilares no desenho original indica balanços inexistentes em comparação com a obra construída. Trata-se, portanto, de fixar tais superficialidades, comprovando a afirmação nos casos apontados e certificando sua validade nos demais, onde um maior conhecimento a respeito das soluções estruturais e construtivas pode elucidar muita confusão.

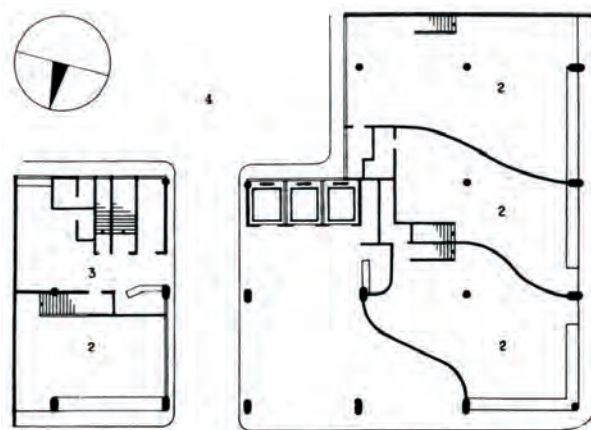
Ao final, fornecendo base estatística para tal esclarecimento, uma tabulação dos dados levantados em cada obra indica as unidades da federação onde são executados os projetos, seus autores e seus programas. Os tipos estruturais também são tabulados, procurando demonstrar as ocorrências deste critério, bem como as variações de pilotis e pilares, as dimensões dos vãos e dos balanços de laje. A conclusão, ao encadear a argumentação defendida nos outros capítulos também aborda as questões de estática e estética a partir da participação dos arquitetos e engenheiros. Por fim, se aproveita das informações sobre a história do concreto – estudada nas duas primeiras partes – e traçar algumas relações sobre a evolução da técnica no período, sem deixar de perceber as influências dos aspectos econômicos, políticos e sociais, resumidos no encerramento de cada parte.



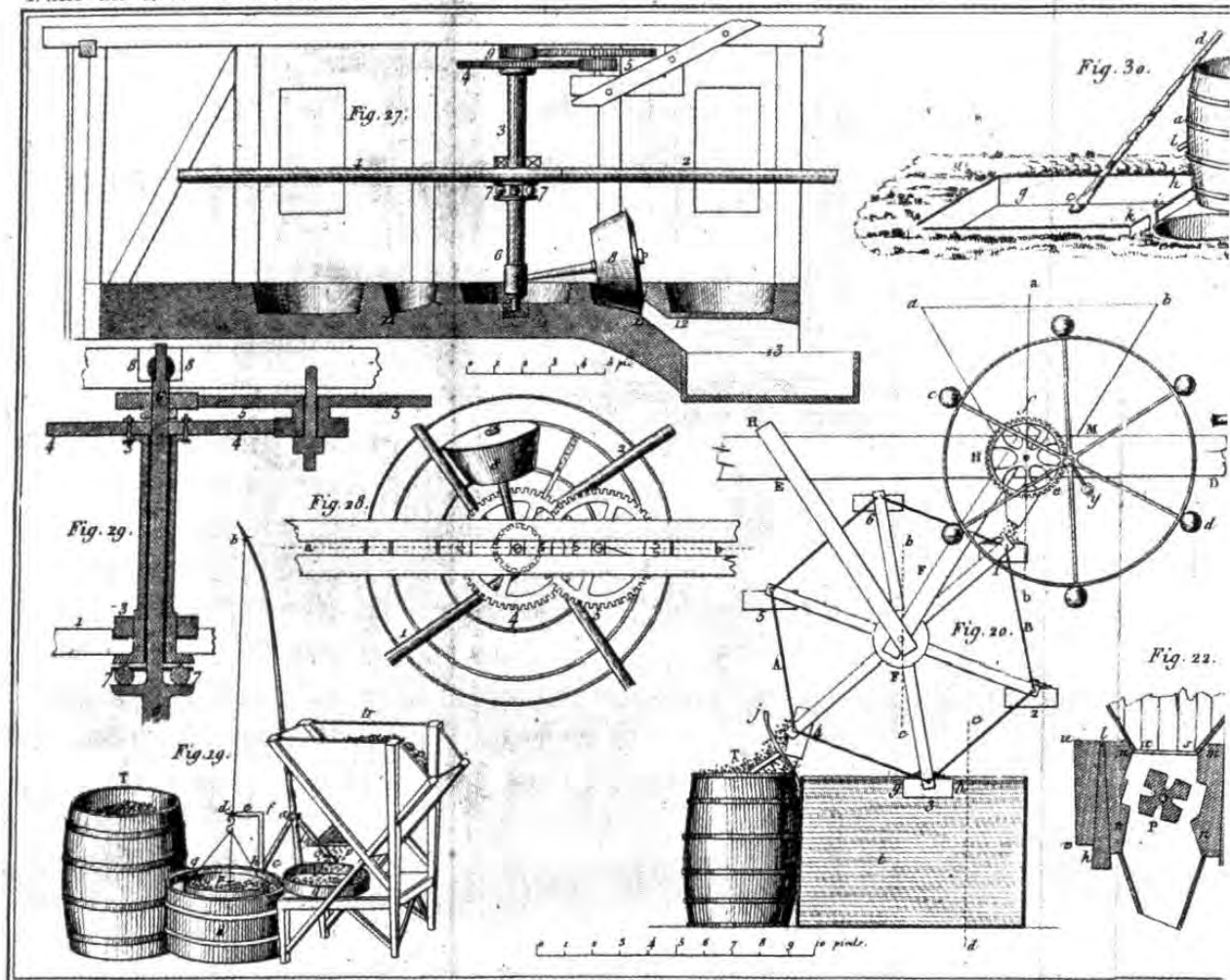
Lucio Costa, Oscar Niemeyer e Paul Lester Wiener: Pavilhão de Exposições da Feira de Nova York, 1939. [MINDLIN, 2000]:203



MMM Roberto: SOTREQ, Rio de Janeiro, 1949. [MINDLIN, 2000]:239



Marcelo e Milton Roberto: Edifício Sede da ABI, Rio de Janeiro, 1936. Planta publicada em 1956. [MINDLIN, 2000]:239



Parte 1

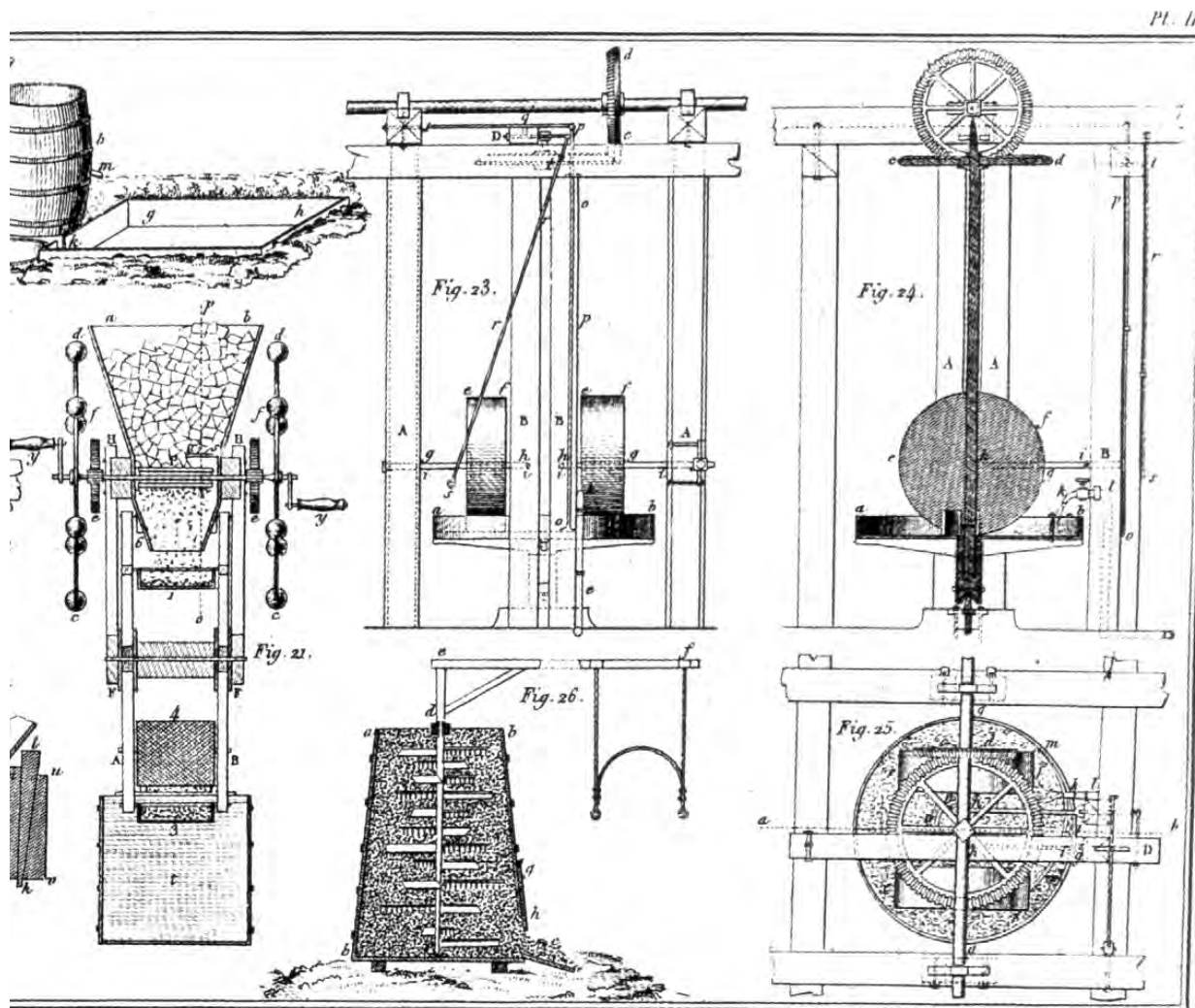
Concreto Armado

Dos primórdios até sua chegada no Brasil
212a.C - 1919



“Invenção é a resolução de questões obscuras e a descoberta com ágil vigor da explicação de uma coisa nova.”

—Vitrúvio



Páginas anteriores:

Fig. 1.00 [fotografia] - **Jacques-Germain Soufflot, Maximilien Brébion e Jean-Baptiste Rondelet**: Pantheon de Paris, 1757-1790. [http://www.structurae.de/photos/paris_pantheon04.jpg]

Fig. 1.00a [desenho]- Os diversos instrumentos utilizados para o preparo da argamassa em 1828. [RASSEGNA n° 49]:6

Cronologia geral do cimento e concreto armado

12.000.000 a.C	<ul style="list-style-type: none"> Um depósito natural de cimento é criado pela combustão espontânea dos elementos químicos do calcário e do xisto betuminoso localizado onde hoje é o estado de Israel. Estes depósitos foram estudados por geólogos israelenses entre 1960 e 1970.
6500 a.C	<ul style="list-style-type: none"> Moldes de uma peça de concreto desta época foram descobertos por arqueólogos na Síria.
5600a.C	<ul style="list-style-type: none"> Concretos antigos são descobertos ao longo do leito do Rio Danubio na antiga Iugoslávia. Caçadores e pescadores utilizavam uma mistura de cal, areia, pedras e água para construir pavimentos para suas casas.
3000 a.C	<ul style="list-style-type: none"> Os chineses utilizam elementos com cimento na construção da grande muralha e para ligar peças de bambu na construção de embarcações. Eles descreviam como <i>“um material de cor verde-chumbo escuro utilizado para construir pisos quando associado areia, pedras, cacos de tijolos e água.”</i>
2500 a.C	<ul style="list-style-type: none"> Os egípcios começam a utilizar lama misturada com palha para ligar tijolos. Utilizaram também argamassa de gesso e de cal na construção das pirâmides.
2000 ac	<ul style="list-style-type: none"> A civilização Minoana na Ilha de Creta foi a primeira a empregar argamassa de cal nas estruturas, a qual dissolvia na presença de água.
800 a.C	<ul style="list-style-type: none"> Os gregos utilizam argamassa de cal muito mais resistente do que mais tarde foi usada pelos romanos. Esse material também estava em evidência em Creta e Chipre na mesma época.
300 a.C	<ul style="list-style-type: none"> Os babilônios e assírios utilizam o betume para juntar pedras e tijolos.
299 a.C até 476 d.C	<ul style="list-style-type: none"> Os romanos utilizam o cimento de <i>Pozzouli</i> (Itália) próximo ao Monte Vesúvio para construir várias estruturas famosas do Império, como a Via Ápia, as Termas de Caracalla, a Basílica de Maxentius e o Aqueduto Pont du Gard no sul da França. Utilizaram nestas obras pedaços de telhas misturadas com cinza vulcânica, pó de tijolo e cal.
27 d.C	<ul style="list-style-type: none"> Vitrúvio conclui os seus Dez Livros, incluindo uma discussão sobre a Pozzolana e suas propriedades.
64 d.C	<ul style="list-style-type: none"> A Casa Dourada de Nero é construída com paredes e abóbadas em concreto durante a reconstrução de Roma.
82 d.C	<ul style="list-style-type: none"> O Coliseu é construído utilizando o denominado “Concreto Romano” em grandes quantidades.
128 d.C	<ul style="list-style-type: none"> Concluída a construção do Pantheon em Roma. Em sua execução foram utilizados diversos agregados que variavam de densidade conforme a altura em que eram aplicados, desde rocha basáltica nas fundações até pedaços de rocha vulcânica, incluindo pedra pomes nas paredes e arremates superiores.
540 d.C	<ul style="list-style-type: none"> O concreto é utilizado na construção dos arcos e abóbadas da Catedral de Santa Sofia em Constantinopla.
700 d.C	<ul style="list-style-type: none"> Os saxões construíram “misturadores de concreto” em recipientes talhados em rocha. Uma viga com elementos mescladores e paletas efetuavam a mistura girando ao redor de um eixo fixo central.
1170	<ul style="list-style-type: none"> Primeira menção literária do termo concreto em <i>“de fort betun et ciment”</i> por Bernard de Sainte Maure.



1



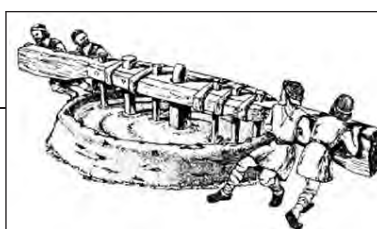
2



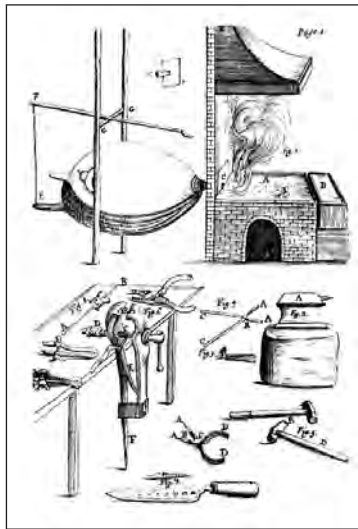
3



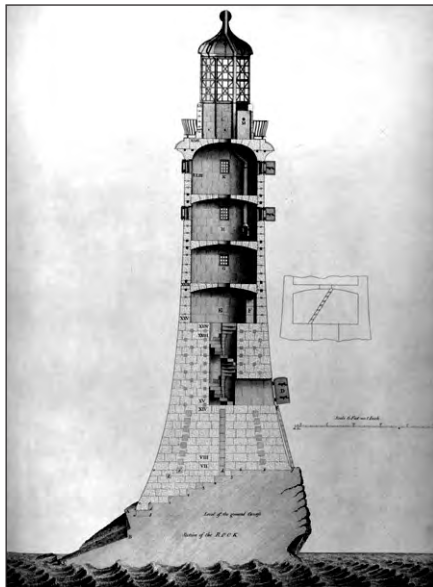
4



5



6



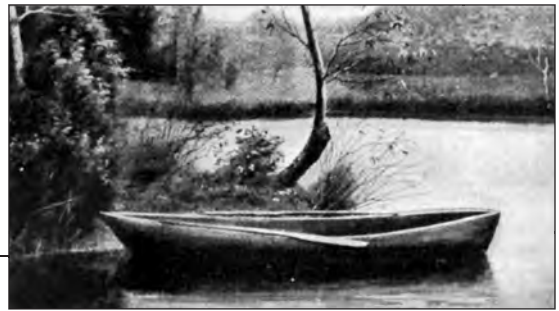
7



8

1200 a 1500	<ul style="list-style-type: none"> No período anterior, ocorreu uma grande deterioração das construções em cimento. O uso do concreto, bem como da argamassa de cal e da pozolana também caíram em descrédito, praticamente desaparecendo das construções, sendo retomados por volta dos anos de 1300.
1414	<ul style="list-style-type: none"> Os manuscritos de Vitrúvio, descobertos em um mosteiro suíço, trazem de volta à tona o interesse pela construção em concreto.
1499	<ul style="list-style-type: none"> Fra Giovanni Giocondo (Giovanni da Verona) utiliza a argamassa de pozolana no cais do porto da Ponte de Notre Dame em Paris. É reconhecidamente o primeiro a utilizar o concreto em épocas modernas.
1678	<ul style="list-style-type: none"> Joseph Moxon disserta sobre o calor interno que se produzia ao adicionar água nas misturas secas em que se utilizavam materiais com cimento, conhecido atualmente como <i>calor de hidratação</i>.
1750	<ul style="list-style-type: none"> O inglês John Smeaton (considerado um dos primeiros engenheiros civis do mundo) descobre que a combinação da cal virgem com outros materiais produz uma substância extremamente resistente e que pode ser utilizada na junção de outros materiais construtivos.
1756	<ul style="list-style-type: none"> John Smeaton utilizou seus conhecimentos para iniciar a construção da primeira estrutura em concreto desde a época dos antigos Romanos: o farol Eddystone em Cornwall na Inglaterra, obra concluída em 1759. No mesmo ano Bry Higgins patenteou seu próprio cimento hidráulico.
1757	<ul style="list-style-type: none"> Jacques-Germain Soufflot, Maximilien Brébion e Jean-Baptiste Rondelet projetam o Pantheon de Paris.
1779	<ul style="list-style-type: none"> Bry Higgins publica o livro <i>“Experiências e observações feitas com vistas a melhorar a arte de mesclar e aplicar cimentos calcários”</i>.
1796	<ul style="list-style-type: none"> James Parker patenteou na Inglaterra um cimento hidráulico natural, que era obtido por calcinação de pedra calcária, impurezas e argila. Este cimento era chamado de Cimento Parker ou Cimento Romano.
1812	<ul style="list-style-type: none"> O francês Louis Vicat desenvolveu pela primeira vez o cimento hidráulico com bases científicas, calcinando uma mistura de cal e argila.
1816	<ul style="list-style-type: none"> A primeira ponte em concreto não armado foi executada em Souillac, França.
1818	<ul style="list-style-type: none"> Maurice St. Leger apresentou patentes de cimentos hidráulicos. Este cimento natural produzido nos EUA era similar ao preparado por John Smeaton. No mesmo ano, o engenheiro americano Canvass White encontrou grandes depósitos naturais de calcário no Condado de Madison em Nova York, que serviam para produzir cimento hidráulico após um pequeno processo. Vicat define a fórmula do cimento hidráulico.
1820/21	<ul style="list-style-type: none"> John Tickell e Abraham Chambers patentearam mais um tipo de cimento hidráulico.
1822	<ul style="list-style-type: none"> O inglês James Frost concebeu um cimento hidráulico de boa qualidade denominado de “Cimento Britânico”.
1824	<ul style="list-style-type: none"> Joseph Aspadin, pedreiro inglês da cidade de Leeds, patenteou o que denominou “Cimento Portland” calcinando materiais obtidos na ilha de Portland.
1828	<ul style="list-style-type: none"> I.K. Brunel é tido como o primeiro engenheiro a aplicar o Cimento Portland em uma obra de engenharia. Utilizou para fechar uma falha na estrutura de um túnel sobre o Rio Thames.
1830	<ul style="list-style-type: none"> A primeira fabricação massiva de cimento é produzida no Canadá.

1836	• Na Alemanha, foram efetuados os primeiros estudos sobre a resistência à compressão e tração em elementos elaborados com cimento.
1843	• A empresa J.M. Mauder Son & Co. obteve a primeira licença para produzir Cimento Portland em escala industrial.
1845	• Jean Louis Lambot é o primeiro a utilizar armaduras combinadas com concreto. Construiu vários barcos em concreto armado com uma malha feita com arames trançados.
1849	• Pettenkofer & Fuches realizam os primeiros testes químicos do Cimento Portland.
1850's	• Apareceram as primeiras estradas de concreto na Áustria e logo após na Inglaterra.
1853	• François Coignet concebe um sistema que combina concreto com barras de ferro. Coignet foi o responsável por massificar o uso do concreto na construção.
1854	• O inglês William B. Wilkinson construiu uma pequena cabana de dois níveis. Reforçou o concreto do piso e do teto com arames de aço trançados. Esta é reconhecida como a primeira edificação em concreto armado. Obteve também uma patente para um sistema de pisos de concreto armado que utilizava blocos de gesso ocós como forma.
1860	• Inicia-se a era moderna de cimento Portland através de composições mais resistentes.
1861	• François Coignet publicou um livro apresentando o uso do concreto armado.
1871	• D. O. Saylor , na Pensilvânia e T. Millen , em Indiana, iniciam a produção de Cimento Portland nos Estados Unidos.
1875	• William Evans Ward construiu em Port Chester, Nova York, sua residência em concreto armado. Esta é a primeira construção que tira todo o proveito das armaduras como elemento resistente à tração.
1877	• Hyatt publicou os resultados de suas experiências em concreto armado.
1880	• Joseph Monier obtém novas patentes que dão a base para a introdução do concreto armado em outros países. • Hennebique construiu a primeira laje de concreto armado com barras de aço de seção circular.
1884	• O engenheiro inglês Ernest Leslie Ransome patenteou um sistema de armação baseado em varas quadradas retorcidas para proporcionar uma melhor aderência entre o concreto e a armadura. • Freytag adquiriu os direitos das patentes de Monier para a utilização do processo na Alemanha.
1886	• G. A. Wayss obteve o direito das patentes de Monier e fundou uma empresa para construções de concreto segundo o Sistema Monier. Nessa época, executaram ensaios em construções de concreto armado, para demonstrar, por meio de provas de carga, as vantagens econômicas oferecidas pela inclusão de barras de aço no concreto. • M. Koenen , arquiteto, desenvolveu procedimentos empíricos de cálculo para as construções de concreto.
1888	• A primeira tentativa de produzir Cimento Portland no Brasil, se deve ao Comendador Antonio Proost Rodovalho , que em 1888 instalou uma fábrica em sua fazenda, mas que não chegou a produzir regularmente.
1889	• Gyöző Mihailich constrói na Villa de Solt, Hungria, a primeira ponte de arco em concreto armado. Era constituída por dois tramos com vão de 5m cada um.



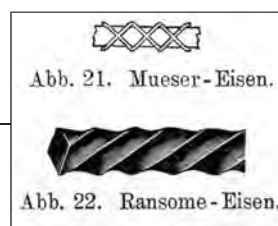
9



10



11



12



13



14



15



16

1890	• Paul Cottacin registra patente de seu sistema que combinava concreto armado e tijolos.
1891	• George Bartholomew constrói a primeira via pavimentada com concreto armado em Bellefontaine, no estado de Ohio (EUA). Esta via existe até os dias de hoje.
1892	• François Hennebique registra patente de um sistema construtivo em concreto armado.
1894	• Joseph Éugène (Anatole de Baudot), arquiteto e restaurador francês projeta e constrói a igreja neo-gótica de Saint-Jean-de-Montmartre em Paris, com finas paredes, arcos e esbeltos pilares em concreto armado. • Coignet (filho) e Tedesko ampliaram as teorias de Koenen para projetar com o método das tensões na flexão, muito utilizado de 1900 a 1950.
1897	• Rebut iniciou o primeiro curso sobre concreto armado na <i>École des Ponts et Chaussées</i> , em Paris.
1901	• Armand Considère registra patente do " béton frêtté ", que consistia em um aumento da resistência das peças comprimidas através de uma armadura em forma de espiral.
1902	• Emil Mörsch publicou a primeira edição do seu livro, onde desenvolveu a teoria iniciada por Koenen e que foi a primeira teoria de dimensionamento de peças de concreto armado. • Hennebique projeta a Maison Hennebique onde pela primeira vez os estribos são utilizados. Chama a atenção as duas lajes que se interceptam e suportam uma carga de 200 toneladas da torre.
1903	• O Edifício Ingalls é o primeiro arranha céu construído em concreto armado. Com 17 andares e 64m de altura, está localizado na cidade de Cincinnati nos EUA. Em sua construção foi utilizado o sistema Ranzome de armaduras. • Auguste Perret projeta o 25 bis da Rua Benjamin Franklin, utilizando um sistema chamado de "travado em concreto armado" que influenciou a construção por décadas.
1904	• Surgiram às primeiras instruções ou normas de construções de concreto armado na Alemanha, França, Suíça e Estados Unidos.
1905	• Frank Lloyd Wright começa os trabalhos na construção do Templo Unity em Oak Park, Illinois. Os trabalhos levaram 3 anos, onde Wright desenhou a estrutura para que as formas pudessem ser utilizadas várias vezes. • C.A.P. Turner publica seu estudo sobre lajes sem o uso de vigas.
1906	• C.A.P. Turner descreve o projeto do Johnson-Bovery Building . Com 5 pavimentos é primeiro edifício a utilizar lajes planas.
1910	• Robert Maillart constrói o Armazém Geissshübel, completamente sem a presença de vigas.
1911	• O concreto armado é utilizado na construção da Ponte Risorgimento em Roma com vão livre de 100m.
1913	• Criada a Associação de Cimento Portland nos Estados Unidos. • O arquiteto alemão Max Berg (1870-1947) constrói para a exposição de Breslau um vasto pavilhão em concreto armado batizado de " Jahrhunderthalle ", com 65m de vão. • No Brasil, é construído o primeiro edifício em concreto armado o "Palacete Guinle".
1914	• Concluídas as obras do Canal do Panamá, utilizando robustas peças em concreto armado. Esta construção abriu caminho para a tecnologia aplicada nas grandes usinas hidroelétricas.
1915	• Giacomo Mattè-Trucco constrói em Turim na Itália o edifício da Fiat em concreto armado de cinco pavimentos com uma pista de testes na cobertura. • Le Corbusier publica pela primeira vez a " Maison Dom-ino ".

1916	Eugène Freyssinet, engenheiro francês, projeta os hangares de Orly , destruídos na Segunda Guerra. Os dois hangares possuíam 175m de comprimento, 91m de largura e 62m de altura.
1917	Auguste Perret conclui a obra dos armazéns em Casablanca , que utilizam finas abóbadas de concreto armado em sua cobertura.
1922	• É construído o Medical Arts Building em Dallas (EUA), projeto do arquiteto Herbert M. Greene . Com 20 andares e 86m foi o mais alto edifício em concreto armado de sua época (demolido em 1977). Neste mesmo ano, foi elaborado o projeto da igreja Notre-Dame-de-la-Consolation em Raincy, por Auguste e Gustave Perret.
1926 Brasil	• A Cia. Brasileira de Cimento Portland Perus foi a primeira fábrica a produzir cimento no país. Hoje, o Brasil é um dos oito maiores produtores de Cimento Portland do mundo e, detém uma das mais avançadas tecnologias na fabricação desse insumo.
1927	• Freyssinet desenvolve o concreto pré-tensionado e que já havia sido testado por ele próprio nos hangares de Orly em 1916.
1928 Brasil	• Emílio Baumgart elabora o projeto do edifício do jornal "A Noite" no Rio de Janeiro. Com 22 pavimentos e 102,8m foi o mais alto edifício em concreto armado no mundo.
1929	Pier Luigi Nervi projeta o Estádio Municipal em Florença , com uma marquise de 22 metros de balanço. • Le Corbusier projeta a Villa Savoye .
1929 Brasil	• Concluem-se as obras do Edifício Martinelli em São Paulo. Possuindo 30 pavimentos e 120m foi o segundo arranha-céu brasileiro.
1930	• Eduardo Torroja projeta a cobertura para o mercado de Algeciras, na Espanha. Com um vão de 47,62m, a cobertura possuía uma espessura de 10cm. • Brasil: o engenheiro Emílio Baumgart constrói em Erval/SC a Ponte sobre o Rio do Peixe, concretada em balanços progressivos (livre de escoras), foi o maior vão do mundo na época.
1934	• É construída pelo grupo Tecton no Zoo de Londres uma piscina para pingüins , com uma planta oval e duas rampas de concreto armado entrelaçadas.
1935	• Eduardo Torroja projeta o Hipódromo de Madrid . • Álvaro Vital Brazil e Adhemar Marinho projetam o Edifício Esther , um dos pioneiros na estrutura independente no Brasil. Este edifício, localizado na capital paulista, é o primeiro a ser analisado pela pesquisa e marco inicial do período de emergência da arquitetura moderna brasileira.
1936	• Robert Maillart projeta para uma exposição em Zurique o Hall do Cimento , estrutura abobadada de 6cm de espessura que vencia vão de 11,7m.
1936 Brasil	• Fundada no Rio de Janeiro a Associação Brasileira de Cimento Portland . Com ela surge, pela primeira vez, a definição de norma para o concreto armado no país.
1946 Brasil	• Oscar Niemeyer elabora o projeto do edifício sede do Banco Boa Vista no Rio de Janeiro, primeira obra da fase de consolidação da arquitetura moderna brasileira.
1951 Brasil	• Oscar Niemeyer, agora assistido por uma equipe paulistana, projeta o complexo do Ibirapuera, onde o Palácio das Nações é o representante do início da etapa de hegemonia da arquitetura moderna local.
1960 Brasil	• Ano de conclusão da nave principal da Catedral de Brasília , exemplar que encerra a lista de 47 obras pesquisadas.



17



18



19



20

CRONOLOGIA GERAL - REFERÊNCIAS DE IMAGENS

FIG. 1 - Disponível em <<http://passwww.passcal.nmt.edu/~bob/passcal/china/images/0517.jpg>> Acesso em 08 ago. 2003

FIG. 2 - Disponível em <<http://www.bellavistatours.com/pyramids.jpg>> Acesso em 08 ago. 2003

FIG. 3 - Disponível em <<http://imagecache2.allposters.com/images/ARC/200HC.jpg>> Acesso em 08 ago. 2003

FIG. 4 - Disponível em <<http://www.carfree.com/postcard/post1905/horiz/rome-pantheon.jpg>> Acesso em 09 ago. 2003

FIG. 5 - Disponível em <http://www.bsci.auburn.edu/heinmic/concrete-history/images/Medium/m_saxon_mixer.jpg> Acesso em 10 ago. 2003

FIG. 6 - Disponível em <<http://www.anvilfire.com/bookrev/pawpaw/moxonf1.jpg>> Acesso em 25 set. 2003

FIG. 7 - Disponível em <http://www.lhl.lib.mo.us/pubserv/hos/civil/images/eddystone_cross_450.jpg> Acesso em 09 ago. 2003

FIG. 8 - Disponível em <<http://www.bocomo.org/pictoral/cent1906/p051p.jpg>> Acesso em 25 set. 2003

FIG. 9 - Disponível em <<http://baudok.ethz.ch/beton/betontech/b/faksimle.gif>> Acesso em 25 set. 2003

FIG. 10 - Disponível em <<http://www.nbm.org/Exhibits/current/images/Turner/JB%20King.jpg>> Acesso em 25 set. 2003

FIG. 11 - Disponível em <<http://www.npg.si.edu/exh/brady/gallery/images/74.gif>> Acesso em 25 set. 2003

FIG. 12 - EMPERGER, 1912, p.45

FIG. 13 - Disponível em <http://www.ohioconcrete.org/Bellefontaine_4.jpg> Acesso em 25 set. 2003

FIG. 14 - Disponível em <<http://baudok.ethz.ch/beton/betontech/b/ingalls.gif>> Acesso em 25 set. 2003

FIG. 15 - Disponível em <http://miszkur.arip.com.pl/hala/galeria/hala29_.jpg> Acesso em 25 set. 2003

FIG. 16 - Disponível em <<http://www.futurism.org.uk/architecture/arch06.jpg>> Acesso em 25 set. 2003

FIG. 17 - Disponível em <<http://www.rootsweb.com/~usgenweb/tx/dallas/postcards/medart.jpg>> Acesso em 08 ago. 2003

FIG. 18 - Disponível em <<http://www.skyscrapers.com/files/transfer/6/2001/04/107736.jpg>> Acesso em 28 jul. 2003

FIG. 19 - CURTIS, 1996, p.328

FIG. 20 - Disponível em <<http://www.epdlp.com/fotos/niemeyer01.jpg>> Acesso em 08 ago. 2003

Capítulo 1 - Os primórdios do concreto armado

Origens da técnica construtiva

É freqüente remontar os antecedentes do concreto armado ao romano *opus caementicium* como não é menos comum situar o momento de sua invenção nos barco de Louis Lambot (1849) ou nos vasos de flores de Joseph Monier (1867), demonstrando um grande número de experiências e tentativas intermediárias – William B. Wilkinson, Françoise Coignet, John Smeaton e outros – tratando de ressaltar o instante genial do descobrimento por um lado ou por outro, de vinculá-lo a uma tradição construtiva romana. Na realidade o nascimento dessa técnica se produziu de forma paulatina e simultânea em muitos lugares, quando o desenvolvimento tecnológico do cimento e dos modos de aplicação na obra permitiram.

A idéia de associar barras metálicas à pedra ou argamassa com a finalidade de aumentar a resistência às solicitações dos esforços realmente remonta ao tempo dos romanos. Durante a recuperação das ruínas das termas de Caracalla em Roma (fig. 1.01), notou-se a existência de barras de bronze dentro da argamassa de pozolana⁰¹ em pontos onde o vão a vencer era maior do que o normal na época. A associação do aço com a pedra natural aparece pela primeira vez na estrutura da Igreja de Santa Genoveva, hoje Pantheon (figs. 1.02 e 1.03). Segundo as próprias palavras de seu criador, o arquiteto Jacques-Germain Soufflot, a intenção era de reunir nesta obra a leveza do gótico com a pureza da arquitetura grega. Existindo poucas colunas na fachada, era necessário executar grandes vigas capazes de efetuar a transferência das elevadas cargas da superestrutura para as fundações. Com o senso admirável de Jean-Baptiste Rondelet foram executadas em pedra lavrada, com barras longitudinais retas na zona de tração e barras transversais de cisalhamento. As barras longitudinais eram enfiadas em furos executados artesanalmente nas pedras, uns em seguida aos outros e os espaços vazios eram preenchidos com uma argamassa de cal: trabalho para operários cuidadosos e de excepcional habilidade.



Fig. 1.01 - *Termas de Caracalla*, Roma, 212 a 216 d.C. [Disponível em <<http://www.geh.org/taschen/m197600200005.jpg>> Acesso em 20 set. 2001]

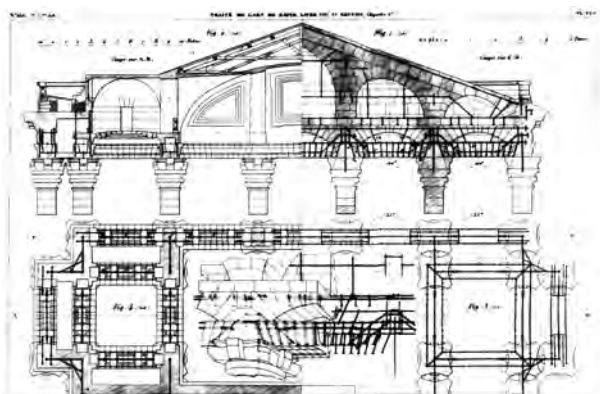


Fig. 1.02 - *Jacques-Germain Soufflot, Maximilien Brébion e Jean-Baptiste Rondelet: Pantheon de Paris, 1757-1790. Detalhe do frontão com a armadura oculta.* [FRAMPTON, 1995]: 43

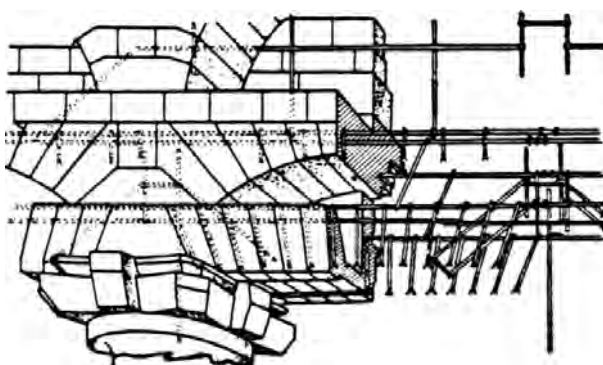


Fig. 1.03 - *Jacques-Germain Soufflot, Maximilien Brébion e Jean-Baptiste Rondelet: Pantheon de Paris, 1757-1790. Detalhe da alvenaria de pedra armada com ferro forjado.* [VASCONCELOS, 1985]:08

01. Produto de origem piroclástica (sedimentos originários das atividades vulcânicas explosivas) e que, misturado com cal, se usa como cimento hidráulico. **Vitrúvio** no *Livro Segundo*, cita a sua utilização na construção, classificando-o ao mesmo nível de importância que a areia, cal e pedra: “*Há uma espécie de pó que, por sua natureza, possibilita coisas admiráveis[...] Misturado à cal e ao pedrisco, não somente confere firmeza a todo edifício, como, também, ao se construírem diques no mar, solidificam embaixo d’água.*” [VITRÚVIO, 1999]: 76



John Smeaton

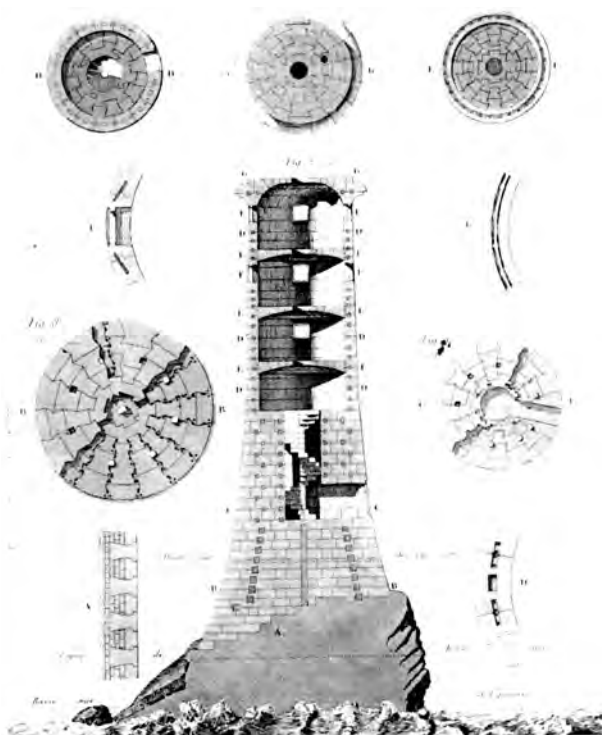


Fig. 1.04 - **John Smeaton**: Farol de Eddystone, 1756-1759. Seção e planos de arranjo da alvenaria de pedra. [PARICIO, 1999]: 79

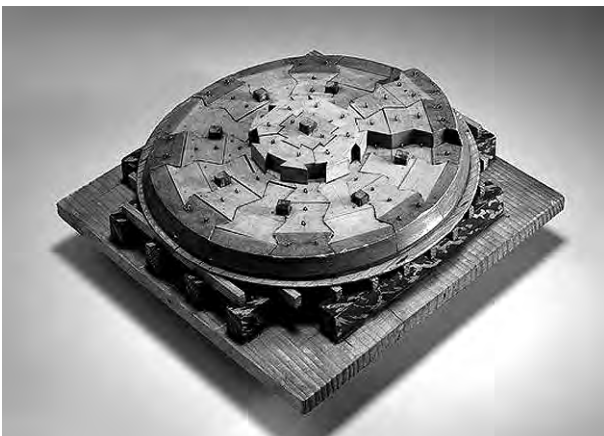


Fig. 1.05 - **John Smeaton**: Farol de Eddystone, 1756-1759. Maquete demonstrando a primeira fiada de pedras. [Disponível em <<http://www.nga.gov/exhibitions/2000/baroque/img/475.jpg>> Acesso em 10 jul. 2003]

As experiências de Smeaton

Para compreender as origens e a evolução do concreto armado, é necessário primeiro elucidar as precedências em termos do início da produção de suas matérias primas, principalmente o cimento que desde o século XVIII tem algumas aplicações a partir do trabalho do engenheiro inglês John Smeaton (1724-1792) que foi o desenvolvedor do primeiro cimento hidráulico do mundo, através da mistura entre águas doces e salgadas e que endureciam através da mistura de pedra calcárea com altos índices de argila. Este pesquisador marcou o “antes e depois” na história deste material, quando misturou uma pedra calcárea do sul de Gales com pozolana italiana obtida na localidade de *Civitavecchia*.

A primeira realização em concreto “não-armado” após a queda do império romano aconteceu em Inglaterra em 1756, através do projeto do *Farol Eddystone* de Smeaton. O farol de 22m de altura, concluído em 1759, utilizava na ligação da alvenaria de pedra um “cimento” composto de cal, argila, areia e escória de ferro em pó.

Os dois faróis construídos anteriormente neste local⁰² tinham sido destruídos devido a sua exposição às tempestades e a fúria do mar. Porém, neste projeto, Smeaton empregou um sistema tal na obra de alvenaria (no corpo do farol) resultando em um sistema extremamente coeso, como explica PARICIO (1999, p.79): “*Smeaton agrupou as pedras de maneira geométrica, talhando os blocos e colocando-os de forma diferente em cada fiada, porém sempre travados, como em um quebra-cabeças*”.

Os experimentos de Smeaton começaram por volta de 1750, após tentativas de misturar cal e areia, produzindo uma substância que se endurecia com adição de água. Como escreve GIEDION (1978, p.335) “*fô o próprio Smeaton que se atreveu a utilizar pela primeira vez o novo material*”. O sucesso da obra de Smeaton encorajou a realização de inúmeros experimentos posteriores, como o cimento hidráulico de Louis Vicat.

02. O primeiro farol do mundo existiu neste mesmo local e foi construído por **Henry Winstanley** em 1696. Era construído em madeira e alvenaria de pedra, como o segundo, que foi erguido em 1709 por **Mr. Rudyerd**. [Disponível em <<http://www.nga.gov/exhibitions/2000/baroque/img/475.jpg>> Acesso em 10 jul. 2003]

O cimento sintético

O grande salto de qualidade do cimento é determinado em 1818, quando o engenheiro francês Louis-Joseph Vicat (1786-1861), em sua obra “*Investigações experimentais sobre a cal de construção, o concreto e as argamassas*”, divulgou um método para obter cal hidráulica de qualquer pedra calcária. O procedimento consistia em tirar a força da cal viva, misturando-a com argila pura e água, conseguindo uma massa pegajosa que era moldada em esferas. Estas, por sua vez, eram colocadas ao sol e depois em um forno, obtendo-se um material de qualidades completamente diferentes. Esta é a descoberta de um processo que permite a eliminação da dependência das variáveis e das propriedades dos materiais extraídos naturalmente das pedreiras e jazidas, concedendo ao mesmo tempo qualidade e confiabilidade à argamassa (e mais tarde ao concreto) em qualquer lugar ou momento de sua produção.

Louis Vicat dedicou sua vida a visitação de pedreiras francesas, compilando uma meticulosa tabela de propriedades geológicas dos materiais. Este trabalho de paciente observação possui um valor inestimável. Considerado um processo quase anônimo, ele revolucionou o cenário econômico da construção, tanto dentro da França como em toda a Europa.

A pedra calcária era, pelo menos até esta época, extraída da pedreira à medida que surgiam as demandas por parte do empreendedor e das exigências do edifício a ser erguido. Em 1850 havia somente quatro fábricas de cimento na Inglaterra – do famoso “Portland” uma variante do processo de Vicat, descoberto em 1824 por Joseph Aspdin⁰³ – enquanto que na França a única indústria era a *Dermale* em *Boulogne-sur-Mer*. Até a revolução industrial este quadro não se alterou muito, sendo que o nascimento da grande indústria, juntamente com o senso de economia mundial, emulou muitos investimentos pelos construtores, o que demandou uma grande utilização de equipamentos e métodos nunca imaginados nos séculos anteriores.

03. O químico britânico **Joseph Aspdin** (1778-1855) foi a primeira pessoa a fabricar cimento em bases científicas. Batizou seu produto de *Cimento Portland* devido a semelhança com uma pedra encontrada na ilha de Portland. [Disponível em <<http://www.cimento.com.br/historia.htm>> Acesso em 08 set. 2003]



Louis-Joseph Vicat



Fig. 1.06 - Placa comemorativa na Ponte de Souillac (hoje Ponte Louis Vicat) em Souillac, Lot (França), 1812. [Disponível em <<http://www.structurae.de/photos/souillac04.jpg>> Acesso em 13 set. 2003]

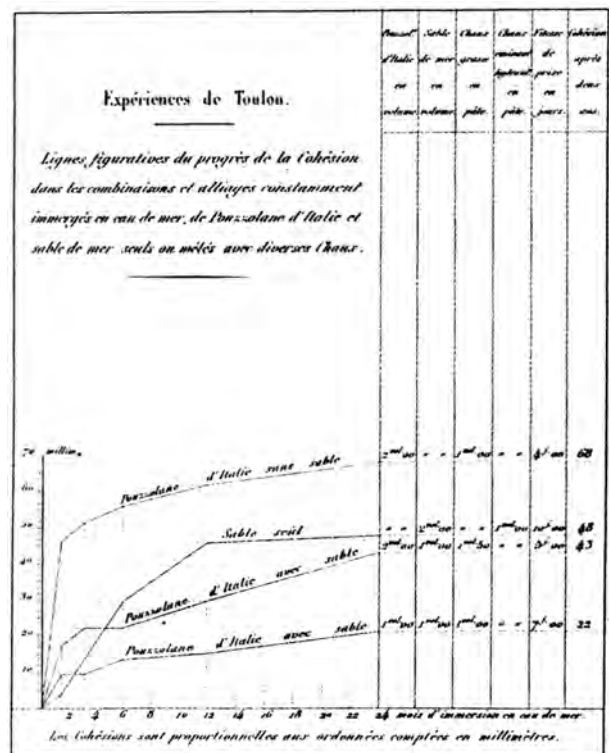


Fig. 1.07 - **Louis Vicat**: gráfico ilustrativo dos instrumentos utilizados na preparação da cal sintética.

O surgimento do concreto armado e as primeiras patentes

A possibilidade de composição pela associação do ferro e do concreto num material homogêneo e dotado com propriedades novas, é baseado numa aderência natural que lhes permite uma integração de naturezas semelhantes, pois possuem praticamente o mesmo coeficiente de dilatação com o cimento preservando a armadura da oxidação. Assim, ao introduzir-se no concreto o reforço de ferro – e posteriormente do aço – apropriado deu-lhe a capacidade de suportar não somente os esforços de compressão, mas também os de tração, mesmo consideráveis.

O concreto armado realiza sozinho o que era realizado separadamente pelo concreto resistente a compressão e pelo aço resistente a tração; e ainda mais, se transformam num material único: é uma pedra artificial que por oposição à natural possui uma capacidade incrível de absorver os esforços de tração. O segredo da performance mecânica do concreto armado encontrou-se nesta combinação harmoniosa e destes fatores – dosagem, tipo de metal, configuração – que distinguiram os vários sistemas que foram patenteados⁰⁴.

O concreto armado revelou, a partir das diferentes interpretações e execuções de cada patente uma dupla origem: de um lado, uma ruptura econômica que devolveu a função original do engenheiro-consultor, ou o *bureau d'études* e suas possibilidades de uso; no outro, foi definido pelos processos de controle de registro (ao menos antes de 1906 na França) quase exclusivamente por seu inventor. O fulcro da matéria era a patente, que como um privilégio industrial de fato constiu-se em uma eficiente ligação entre o técnico e o econômico, entre a invenção e o seu uso. O concreto armado era o resultado de um conjunto de determinadas idéias, experiências e aplicações. As vicissitudes da fase inicial da exploração do concreto armado, até a sua afirmação como material utilizável em um sistema construtivo completo no fim do século XIX início do século XX devem ser interpretados neste contexto.

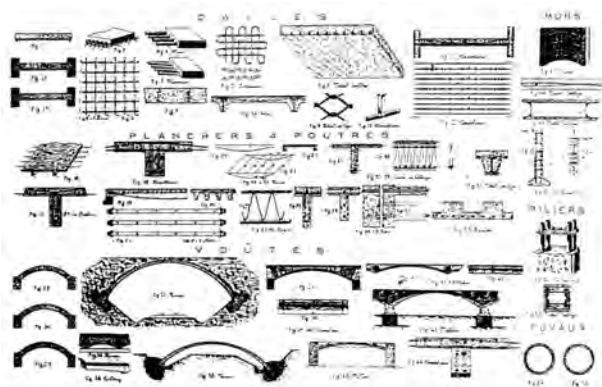


Fig. 1.08 - Tabela comparativa das distintas patentes de concreto armado no final do século XIX. [RASSEGNA n° 49]:8

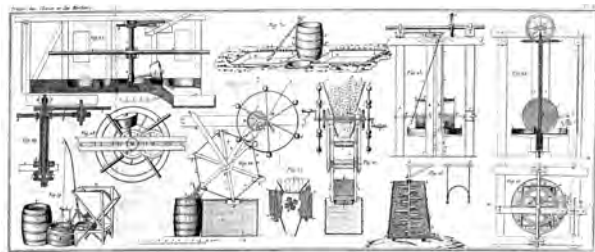


Fig. 1.09 - Os diversos instrumentos utilizados para o preparo da argamassa em 1828. [RASSEGNA n° 49]:6

04. O processo de patentes se inicia na Europa no ano de 1414 em Veneza. Em 1624 na Inglaterra é fixado o estatuto dos monopólios. Em 1790 é formulada a primeira patente na América do Norte. Entre 1800 e 1882 foram introduzidas as leis de patente na maioria dos países europeus. [Disponível em <http://www.european-patent-office.org/epo/facts_figures/hist_en.htm> Acesso em 07 set. 2003]

O barco de Lambot

A primeira publicação sobre cimento armado foi do engenheiro francês Joseph-Louis Lambot (1814-1887). Presume-se que em 1845 Lambot efetuou as primeiras experiências práticas com mobiliário para jardim utilizando a introdução de ferragens numa massa de cimento. Em 1850 realiza a construção de uma parede de argamassa nas *Forjarias Carcès*, departamento do Var, sul da França, parede essa armada com grande número de finas barras de ferro⁰⁶. Em 1854 executava, elementos de cimento armado com diversas finalidades a ponto de ser julgado na oportunidade que tais construções eram tão simples e tão naturais que não se justificava fossem tiradas patentes. Porém sua “obra” mais difundida é um pequeno barco (fig. 1.10) que fabricou em 1848 com 4m de comprimento, 1,30m de largura e uma espessura de apenas 4cm.

Lambot possuía uma propriedade no sul da França, onde existia um pequeno lago. Ele e seus filhos costumavam passear de barco, sendo provável que tivesse problemas com vazamentos de água ou apodrecimento da madeira. Resolveu executar um barco de concreto, já que estava imerso em diversas experiências com o novo material. Usou uma malha de barras finas de ferro, entrelaçadas com barras mais grossas, usando essa malha ao mesmo tempo como gabarito para se obter o formato adequado do barco. As malhas de dimensões reduzidas serviriam para segurar a argamassa em seu lugar, dispensando o uso de moldes complicados e dispendiosos. O aspecto da carcaça metálica seria parecido com o que de um barco maior, fabricado em 1877 na Holanda⁰⁷. Tendo tido sucesso com seu barco, resolveu apresentá-lo na Exposição Universal de Paris de 1855, junto com seu pedido de patente (fig. 1.11). Neste pedido, existe além da placa que corresponde à armação do barco, também consta o desenho de algo parecido com um caixa de concreto armado de seção quadrada com 4 barras longitudinais de ferro colocadas próximas às arestas e uma centralizada, de maior seção. Sabe-se que Lambot patenteou logo após o sucesso de seu barco, dutos de cimento armado e algumas peças estruturais, porém sem constituir um sistema completo.

06. VASCONCELOS, 1985. p. 8.

07. IBIDEM. p. 9.



Joseph-Louis Lambot



Fig. 1.10 - Barco de Lambot, em exposição em um museu em Paris. [Disponível em <<http://www.enpc.fr/de/trav-elev/beton/Pages/lambot.htm>> Acesso em 03 abr. 2003]

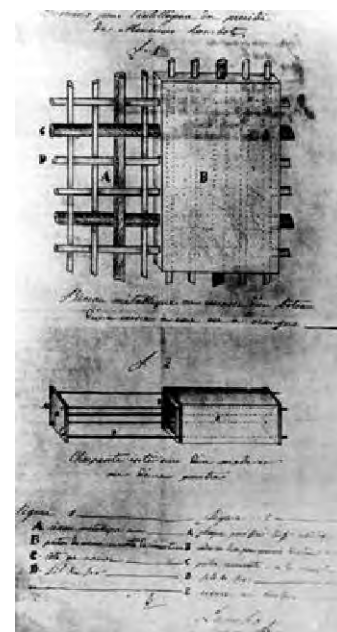


Fig. 1.11 - Joseph-Louis Lambot: registro da patente de 1855. [Disponível em <<http://baudok.ethz.ch/beton/betontech/b/faksimle.gif>> Acesso em 03 abr. 2003]

Cronologia das principais atividades de Lambot

1848	Lambot constrói o barco em cimento armado
1851	Primeira patente envolvendo o misto de aço e cimento.
1855	Barco apresentado em exposição de Paris teve grande sucesso

Dados disponíveis em <<http://www.structurae.de/en/people/data/des1189.php>> Acesso em 25 jul. 2003]

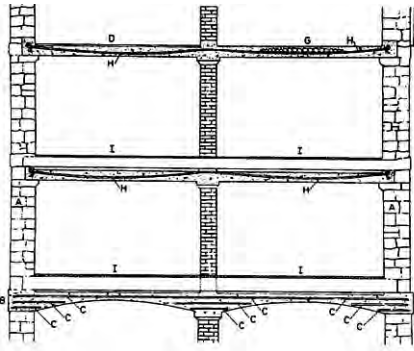


Fig. 1.12 - **William Boutland Wilkinson**: sistema de lajes armadas com ferro, 1854. [Disponível em <http://www.tecnologos.it/Articoli/articoli/numero_010/03concrete/05concrete.gif> Acesso em 01 set. 2004]

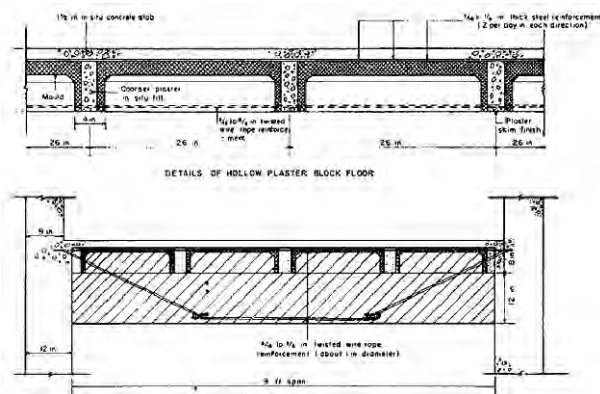


Fig. 1.13 - **William Boutland Wilkinson**: sistema de lajes com os blocos de gesso funcionando como caixões-perdidos, 1854. [Disponível em <<http://www.ing.unlp.edu.ar/construccion/hormigon/ejercicios/Sem-ha-1.pdf>> Acesso em 01 set. 2004]

As lajes de Wilkinson

William Boutland Wilkinson (1819-1902), inglês fabricante de gesso e de argamassa de *Newcastle-upon-Tyne*, patenteou um “sistema” de lajes em concreto armado (fig. 1.12). Construiu com este esquema uma casa de campo com dois pavimentos de alvenaria em que reforçou os planos de concreto (pisos e telhado) com barras de ferro e arames⁰⁸. A patente de Wilkinson foi classificada como “*melhorias na construção à prova de fogo em moradias, armazéns e outros edifícios*”. Este registro oficial é a descrição mais antiga em termos da efetiva utilização do concreto armado em estruturas de edificações, o que configura Wilkinson como o pioneiro no emprego do material com esta finalidade⁰⁹.

O surto inventivo de Wilkinson avançou em direção a outro esquema de lajes desenvolvido como demonstra a fig. 1.13. O plano de 1854 – que impressiona pelo avanço técnico na questão da tecnologia de elaboração de lajes, podendo ser considerada as primeiras lajes nervuradas da história do concreto armado¹⁰ – consistia em uma série de blocos de gesso que funcionavam como caixões perdidos que serviam de suporte para colocar o concreto de maneira uniforme, moldando uma série de nervuras com um plano de laje na parte superior. As armaduras das nervuras e das vigas de sustentação seguiam razoavelmente as trajetórias das trações. A laje possuía um vão de aproximadamente 4m em cada direção e uma malha de barras de aço era colocada na parte inferior da camada de concreto de 4cm de espessura que cobria as nervuras.

É importante perceber que, como ocorreu na origem de boa parte das estruturas de concreto armado anteriormente, Wilkinson patenteou seus entresijos para uso próprio como construções à prova de fogo mas, da mesma maneira que Lambot, não incurtiu em outro tipo de elementos de concreto armado e também nunca chegou a conceber ou elaborar um sistema integral de construção.

08. CONDIT, Carl W. “The First Reinforced-Concrete Skyscraper: The Ingalls Building in Cincinnati and Its Place in Structural History,” *T&C* 9 (January 1968)

09. CASSIE, W. Fischer. “Early Reinforced Concrete in Newcastle-upon-Tyne” *Structural Engineer*, v.33, Abril de 1955, p.134-137.

10. DIAS, Ricardo Henrique. “Sistemas estruturais para grandes vãos em pisos e a influência na concepção arquitetônica.” *Portal Vitruvius*. Fevereiro de 2004. [Disponível em <<http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/araq000/esp214.asp>> Acesso em 20 set. 2004]

O terraço de Coignet

Jean-François Coignet (1814-1888) era o filho de um fabricante de produtos químicos. Em 1853 construiu uma casa em Saint-Denis, construída inteiramente com uma pedra artificial – conhecida como “*Pedra Coignet*” que nada mais eram que blocos de concreto com cimento natural – e que possuía um terraço de concreto armado, utilizando a patente Lambot. Depois disso, François Coignet devotou-se ao estudo do concreto e à construção dos edifícios. Em 1861, desenvolve a técnica de reforçar o concreto com tela metálica. Com isso estabeleceu a primeira companhia a trabalhar exclusivamente com concreto armado.



Jean-François Coignet

Construiu conjuntamente com o arquiteto Louis-Charles Boileau uma igreja em Le Vésinet (1862–5) além do aqueduto de Vanne (1867-74), de 136 quilômetros de comprimento e com alguns arcos com mais de 40m de vão, este sob a direção de Haussmann. Apesar das várias realizações Coignet não conseguiu registrar patente e ao final do segundo Império sua empresa fechou.

O “castelo” de William E. Ward

Ao construir em 1872 uma residência em forma de castelo em *Port Chester*, às margens do Rio Hudson em Nova York (fig. 1.14), o engenheiro mecânico William Evans Ward foi, conforme escreve FRAMPTON (1997, p.34) “*o primeiro construtor a tirar pleno proveito da resistência à tração do aço, colocando vergalhões no eixo neutro da viga.*” Ward escolheu o concreto armado como técnica construtiva para executar a sua residência motivado pelo pedido de sua esposa, que desejava uma casa que fosse “à prova de fogo”.



William Evans Ward

O próprio Ward elaborou e acompanhou de perto todos os testes de carregamento das lajes e pilares e outros experimentos, utilizando a palavra em francês “*béton*” para designar o tipo de construção adotada em um artigo de 1880 intitulado “*Béton em combinação com o ferro como um material de construção*” entregue à Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos. Porém o interesse maior na época esteve relacionado ao esquema de suprimento de água da residência ou no sistema de aquecimento desenvolvido por Ward do que propriamente na combinação utilizada por ele para efetuar a construção da residência.



Fig. 1.14 - William E. Ward (engenheiro) Robert Mook (arquiteto): Castelo Ward em Port Chester, Nova York, 1872-1875. [Disponível em <http://www.bsci.auburn.edu/heinmic/concrete-history/images/Medium/m_ward.jpg> Acesso em 08 ago. 2003]



Joseph Monier

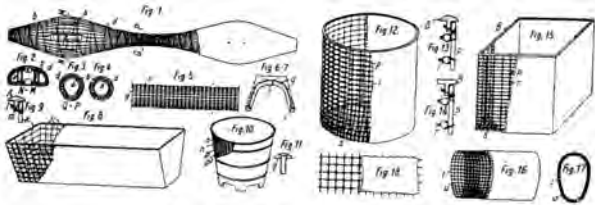
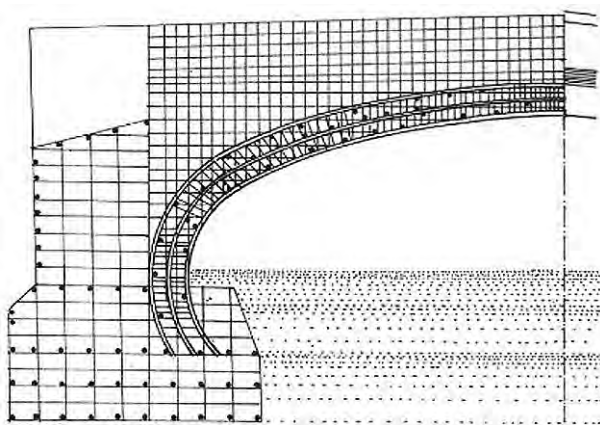


Fig. 1.15 - Joseph Monier: desenhos explicativos da patente de 1880. [TECTONICA n°03]:4b

Fig. 1.16 - Joseph Monier: Ponte de pedestres no Castelo de Chazelet, Saint-Benoît-du-Sault, Indre (França), 1875. O vão da ponte tinha 13,80m por 4,25m de largura. [Disponível em <<http://digilander.libero.it/rusmi/miowebeng/IMAGES/monier.jpg>> Acesso em 30 jul. 2003]Fig. 1.17 - Booth Street Bridge, Bendigo, 22 jun 1901. Construída a partir do arco de Monier. [Disponível em <http://home.vicnet.net.au/~aholgate/jm/bltarchpics/booth_turning.gif> Acesso em 10 set. 2003]

Cronologia das principais atividades de Monier

1867	Patente dos vasos em cimento armado
1868	Patente das tubulações em cimento armado
1869	Patente dos painéis para fachada em cimento armado
1872	Construção de um reservatório de 130m ³ em cimento armado em Bougival.
1873	Patente de pontes e fundações em cimento armado
1875	Primeira ponte em cimento armado no castelo de Chazelet.
1878	Patente de vigas em cimento armado.

Dados disponíveis em <<http://www.structurae.de/en/people/data/des0892.php>> Acesso em 25 jul. 2003

A patente de Monier

Quando Lambot expôs o seu barco na Exposição Universal de Paris, julgou provavelmente que esse barco chamaria muito mais a atenção do público do que qualquer outra peça, tendo então mais oportunidades para usar o concreto armado em obras. Este escopo não foi atingido pois Lambot nunca conseguiu convencer ninguém a fazer uso de sua invenção e os próprios funcionários da Administração da Marinha em Toulon se recusaram a aceitar o novo material por considerarem o concreto armado não apropriado para execução de navios.

Havia entretanto entre os visitantes da Exposição, um indivíduo que não era engenheiro nem funcionário público e portanto não preocupado com regulamentos: era um comerciante de plantas ornamentais, paisagista e horticultor, bem sucedido na vida, com grande espírito prático e tino para negócios. Era, o então ainda desconhecido, Joseph Monier (1823-1906). Monier só estava ligado ao cimento por causa da execução dos chamados pavilhões de jardim” (*Gloriettes*, em francês) como podiam ser vistos no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, com suas paredes de filigranas de galhos de árvore em cimento. Monier tinha grandes problemas de conservação das caixas de madeira ou cerâmica onde colocava as laranjeiras em crescimento durante o inverno, em estufas. Essas caixas, cheias de terra úmida, ou quebravam ou apodreciam, depreciando-se rapidamente.

Ao visitar a feira e vendo um barco de concreto, presume-se que tenha observado que se aquele material servia para um barco, em contato com a água, impermeável, com grande durabilidade, deveria servir também para suas caixas de terra, que igualmente estavam em contato com a água. Se Lambot não foi feliz por não possuir os recursos e a argumentação convincente, Monier possuía todas as condições reunidas para um sucesso estrondoso. Não era engenheiro e portanto não enxergava as dificuldades: não procurava a posição mais conveniente para as armações. Estas tinham para ele dupla função: dar qualquer formato à peça e segurar nas suas malhas a argamassa mole. Monier não precisava obter o beneplácito de burocratas que criavam entraves contra inovações: fabricava as caixas ou vasos para seu próprio uso. Monier era comerciante e ele próprio usava o produto ou o vendia para terceiros.

Ao contar com um sistema patenteado, Monier não só consolidou-se como construtor, mas também como um comerciante que expandiu enormemente negociando sua patente em diferentes países. Desde o ponto de vista do desenvolvimento da teoria do concreto armado não existe registros de suportes realizados pela firma de Monier nesta época. Cada elemento estrutural fundamentava seu desenho em resultados experimentais realizados sobre protótipos.

Sobre esta falta de clareza conceitual a respeito das possibilidades do concreto armado, pode-se comentar que as pontes em arco de Monier (figs. 1.18 e 1.19) se calculavam com os critérios utilizados para obras de alvenaria armada.

Monier funcionou, portanto, como grande realizador, passando a ser considerado como o criador: na França só se falava no nome de Monier e na Alemanha o termo “*Monierbau*” é ainda hoje sinônimo de concreto armado.

Cottancin, Baudot e a Igreja de Saint-Jean-de-Montmartre

Em 1890, o engenheiro francês Paul Cottancin (1865-1928) patenteou seu sistema de “ciment armé” que combinava concreto armado e tijolos, sendo estes unidos ao concreto com arame. Neste sistema híbrido, a principal função do elemento em concreto armado era manter a continuidade estrutural em áreas de alta tração. Nas áreas de compressão, o tijolo predominava naturalmente. O sistema exerceu forte atração sobre o arquiteto racionalista Joseph-Eugène Anatole de Baudot (1834-1915) que interessava-se pela estrutura aparente como única base válida para a expressão na arquitetura. Aliado aos conhecimentos de Cottancin, Baudot elabora o projeto da igreja de *Saint-Jean-de Montmartre* (fig. 1.20) que teve suas obras iniciadas em 1894 e concluídas em 1904. Executada em cimento armado, o interior da igreja possui um grande efeito visual, tanto pela iluminação zenital proporcionada pelas aberturas nas abóbadas superiores, como pelos grandes vãos proporcionados por delgadas colunas e arcos de espessura diminuta. O exterior de alvenaria de tijolos não revela toda a expressão da estrutura em cimento armado utilizada no interior, porém como diz CURTIS (1996, p.76) “*o sistema adotado deixa clara a distinção entre o esqueleto e sua vedação.*”

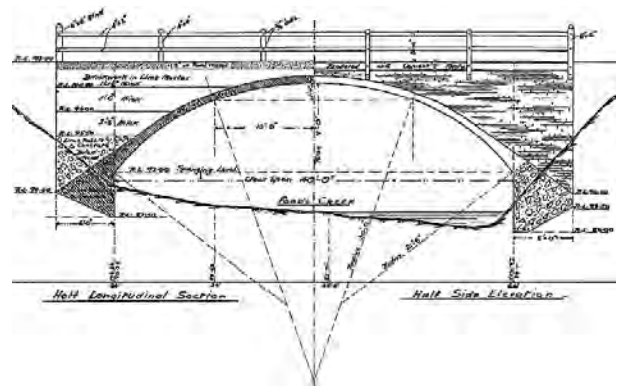


Fig. 1.18 - Ponte com Arco Monier: Ford's Creek, Mansfield, Victoria. Baseado no desenho de 23 de julho de 1903. [Disponível em <<http://home.vicnet.net.au/~aholgate/jm/bltarchdrgrs/fordelev.gif>> Acesso em 06 set. 2003]

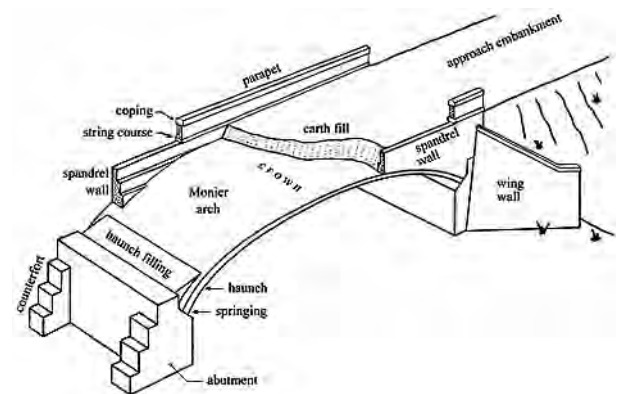


Fig. 1.19 - Ponte com Arco Monier: Esquema de construção conforme Monarsh & Anderson. [Disponível em <<http://home.vicnet.net.au/~aholgate/jm/genimages/tplclarch.gif>> Acesso em 06 set. 2003]



Fig. 1.20 - Joseph-Eugène Anatole de Baudot (arquiteto) Paul Cottancin (engenheiro): Igreja de Saint-Jean-de-Montmartre, 1894-1904. [Disponível em <<http://www.structurae.de/photos/sjmontmartre06.jpg>> Acesso em 14 set. 2003]



Thaddeus Hyatt

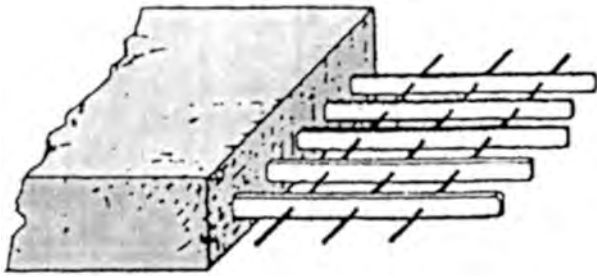


Fig. 1.21 - Thaddeus Hyatt: Laje de concreto armado, 1878. [DORFMAN, 2003]: 27

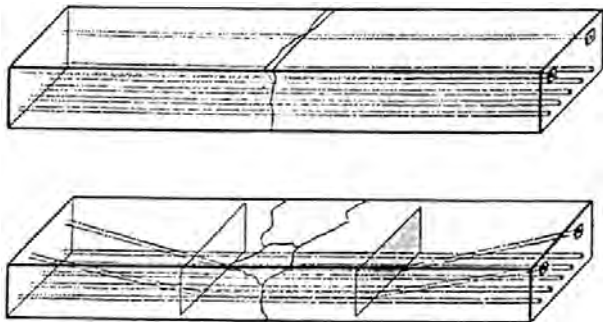


Fig. 1.22 - Thaddeus Hyatt: Ensaio de duas vigas por Hyatt. [DORFMAN, 2003]: 31

Os ensaios de Hyatt

É provável que, em termos de pioneirismo, as patentes obtidas na Inglaterra no período 1871/1881 pelo americano Thaddeus Hyatt (1816-1901) sejam mais significativas que as de Monier e Lambot. Uma série de trinta patentes distintas, muitas das quais anteciparam soluções técnico-construtivas que acabaram por se tornar correntes muito tempo depois, como o sistema de lajes de concreto armado (fig. 1.21) e vigas planas.

No campo teórico-científico, Hyatt deu um significativo passo na caminhada para o conhecimento do concreto armado em 1877 com o seu artigo *“An account of some experiments with Portland Cement concrete combined with iron as a building material with reference to economy in construction and for security against fire in the making of roofs, floors and walking surface”* (Relato de algumas experiências com concreto de cimento Portland combinado com o ferro como material de construção com referência à economia da construção e à segurança ao fogo na execução de coberturas, lajes e revestimentos de piso). Baseado nos experimentos que havia realizado anteriormente para a formulação de suas patentes, Hyatt elaborou sua teoria, onde 50 vigas haviam sido carregadas à ruptura, com o objetivo de testar a relação entre a resistência das vigas e a posição das armaduras. As vigas também haviam sido submetidas ao calor, com o objetivo de avaliar o seu comportamento em caso de incêndio (fig. 1.22).

Com o resultado de seus testes, Hyatt concluiu que a resistência à compressão da massa de concreto localizada acima da linha neutra de uma viga seria suficiente para equilibrar a resistência à tração da porção localizada abaixo da linha neutra. Ao mesmo tempo sugeriu a colocação de barras de ferro na porção inferior da viga para se garantir a resistência da peça à tração.

Hyatt contribuiu também para a verificação da resistência do concreto armado ao fogo, a qual ele atribuiu estar baseada na semelhança entre coeficientes de dilatação ao calor de ambos os materiais. Todas as suas conclusões foram demonstradas através de cálculos e desenhos, o que acentuou ainda mais o caráter científico de seu trabalho (DORFMAN, 2003. p. 26 e 30-31).

A escola alemã

Comumente se realciona a difusão do concreto armado na Alemanha e na Áustria ao desenvolvimento das patentes de Joseph Monier, porém com uma evolução totalmente singular. Em 1885 um engenheiro civil de Berlim, Gustav-Adolf Wayss, conheceu na ocasião da Expo de *Amberes* as vigas de cimento armado que Monier havia protegido em 1877 através da patente – na que havia explicitado pela primeira vez o papel do ferro no material. Pouco tempo depois adquire os direitos para a Alemanha e funda uma sociedade para a sua exploração. Através de alianças e compras de direitos de patente foi se realizando pouco a pouco com o controle do mercado do concreto armado na Europa central e, em 1893, se associa com Conrad Freytag para formar a companhia *Wayss & Freytag*. Os interesses desta se dirigem mais ao mundo da engenharia (fundamentalmente silos, pontes e depósitos) que propriamente edifícios. Seus sistemas giram em torno de elementos como lajes, abóbodas ou arcos, cujo comportamento resulta analiticamente mais complexo.

Assim sendo, tanto *Wayss & Freytag* como *Dyckerhoff & Widmann* – empresa que também explora as patentes Monier no âmbito germânico – tomam a iniciativa no campo teórico e dão máxima importância à investigação sobre o material, seu comportamento e seus métodos de cálculo. Mathias Koenen, que elabora uma teoria sobre o comportamento de lajes, Emil Mörsch¹¹ e J. Bauschinger, diretor do Instituto Politécnico de Munique, trabalham em colaboração com *Wayss & Freytag* para aplicar aos sistemas Monier uma base científica que possibilite a hegemonia comercial do concreto armado.

A Alemanha desenvolveu uma escola baseada na investigação teórica do concreto armado: seu comportamento e seus métodos de cálculo, posturas que deram lugar a duas respostas arquitetônicas opostas nas realizações de vanguarda: as estruturas reticulares – baseadas na dupla pilar e viga – frente a formalizações que expressavam as possibilidades do novo material.



Gustav-Adolf Wayss



Mathias Koenen

11. Os estudos de **Mörsch** tiveram continuação na Alemanha, onde também deve ser citado o nome de **Dischinger** e na França sobresaindo os estudos de **Freysinnet**, através de considerações quanto à pega do material e novas fórmulas de cálculo. [Disponível em <<http://www.fabricioeng.hpg.ig.com.br/serv02.htm>> Acesso em 10 set. 2003]



Ernest Leslie Ransome



Fig. 1.23 - Placa indicativa do registro da patente do Sistema Ransome. [Disponível em <http://www.cummings.com/timages/ransome_p.jpg> Acesso em 11 fev. 2004]



RANSOME BAR

Fig. 1.24 - Ernest Leslie Ransome: Barras torcidas de seção quadrada, patente de 1884. [Concrete International, maio de 1996 v. 18 issue 5]: 50

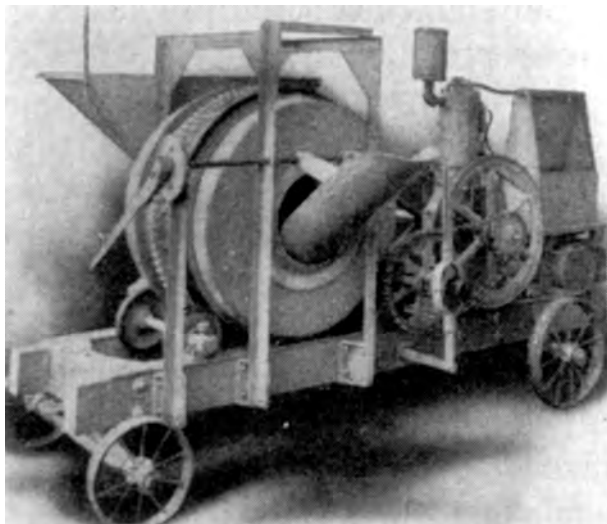


Fig. 1.25 - Ernest Leslie Ransome: Betoneira movida a gasolina. [Concrete International, maio de 1996 v. 18 issue 5]: 51

Ransome e o avanço do concreto nos Estados Unidos

Ernest Leslie Ransome nasceu em Ipswich, Inglaterra, em 1844. Em 1868 se estabelece nos Estados Unidos com a *Pacific Stone Company* em São Francisco, fabricando blocos de concreto. Percebendo o avanço e o desenvolvimento do mercado, Ransome se instala também em Chicago, um ano após o grande incêndio de 1871. Coincidentemente, 1871 também foi o ano que o Cimento Portland foi pela primeira vez produzido nos Estados Unidos, embora Joseph Aspdin tenha patenteado o produto em Leeds (Inglaterra) em 1824.

A partir deste momento, Ransome deixa de ser um mero fornecedor de material de construção para tornar-se um projetista e construtor, abrindo caminho para uma carreira de inventor de materiais, maquinário e métodos. Foi pioneiro em uma variedade de inovações tecnológicas: a questão das armaduras, equipamento de mistura e sistemas de construção. Através de suas empresas – *Ransome Concrete Co.*, *Ransome and Smith Co.*, *Ransome Concrete Machinery Co.* e *Ransome Construction Co.* – influenciou e espalhou seu conhecimento pelo país. Desde o início de sua carreira, Ransome experimentou exaustivamente misturadores de concreto e outros maquinários. A primeira de suas várias patentes para “betoneiras” foi registrada em 1884.

Barras torcidas

Em uma de suas primeiras obras em concreto armado – um templo maçônico em Stockton (California) em 1883 – as ferragens que absorviam os esforços consistiu em parafusos de 2 polegadas de espessura, com grandes arruelas unidas na extremidade para fornecer o ancoramento. Este método de ancoragem era caro, o que despertou Ransome a procurar uma maneira de fornecer um travamento contínuo ou que pudesse ser aplicado ao longo de todo o comprimento da haste de ferro. Ele Descreve: “... *subtamente a idéia de torcer barras de seção redonda ou quadrada surgiram em minha cabeça através de um atilho em meu bolso, que ficava em espiral ao girar das mãos*”¹². A patente é concedida em 1884 (fig. 1.24), quando o próprio Ransome lança o equipamento para efetuar a torção.

12. Concrete Interational, maio de 1996 v. 18 issue 5, p.50

Ransome construtor

Ransome utilizou suas barras torcidas nas armaduras da estrutura de concreto do depósito da *Arctic Oil Works* em São Francisco em 1884 e no moinho *Wheatport* em 1885, ambas com documentação publicada escassa. A mais importante estrutura, da vinícola em Santa Helena, Califórnia em 1885, Ransome projeta uma laje de concreto armado com 23x122m, formada por várias vigas contínuas e sustentada por arcos abatidos.

Em 1889 Ransome elabora a primeira ponte em arco dos Estados Unidos, a *Alvord Lake Bridge* em São Francisco (fig. 1.26). Com 6,10m de vão, é a mais antiga estrutura em concreto armado na América do Norte, estando listada pelo patrimônio histórico daquele país.

A reputação de Ransome como projetista é ampliada quando a estrutura da sede da Academia de Ciências da Califórnia (1889) passa nos testes com flecha de apenas 3mm, com um carregamento de 415psf. Na seqüência, elabora um dormitório e um museu para a Universidade de Stanford em Palo Alto, onde a grande inovação é a cobertura exposta inteiramente de concreto. Ambos edifícios superaram os abalos sísmicos do grande terremoto em São Francisco (8,3 de magnitude na escala Richter) no ano de 1906.

Em 1895 Ransome troca a Califórnia por Nova York para construir a fábrica da *Pacific Coast Borax Company* (1897-1988) em Nova Jersey. Junção de barras de armação, formas associáveis e a ligação do novo concreto com o antigo são alguns dos métodos lançados pelo inglês.

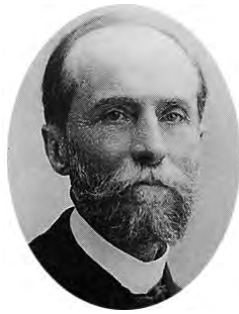
Entre 1900 e 1902 – concomitantemente à construção da Maison Hennebique – Ransome avança as lajes de piso para fora do alinhamento dos pilares, configurando “uma inovação radical na construção de fábricas”, já que o método liberava os planos de fachada para grandes esquadrias que iluminavam o interior das linhas de produção. O primeiro edifício a ser construído com esta nova patente foi uma loja de 4 pavimentos em Greensburg com 18x92m. Também em 1902 iniciaram-se os trabalhos na obra do primeiro arranha-céu em concreto armado: o edifício Ingalls de 16 andares, em Cincinnati. Esta obra não é de autoria de Ransome, porém utilizou o sistema de barras patenteado por ele.



Fig. 1.26 - Ernest Leslie Ransome: Ponte *Alvord Lake*, São Francisco, 1889. [Disponível em <<http://memory.loc.gov/pnp/habshaer/ca/ca0900/ca0929/photos/016302pu.tif>> Acesso em 11 ago. 2003]



Fig. 1.27 - Ernest Leslie Ransome: *United Shoe Machinery*, Beverly, Massachusetts, 1903-06. Com aproximadamente 1900m² foi até 1937 a maior construção em concreto armado nos Estados Unidos. [Disponível em <<http://www.cummings.com/timages/tracks.jpg>> Acesso em 11 ago. 2003]



Armand Considère

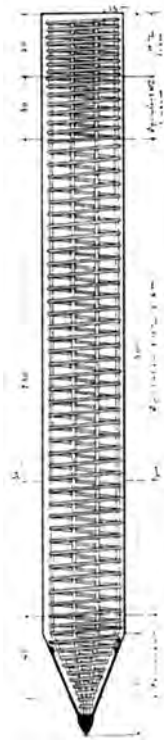


Fig. 1.28 - Armand Considère: estaca com armadura em espiral. [DORFMAN, 2003]: 28

ROYAL NATIONAL LIFEBOAT INSTITUTION—SLIPWAY AT ST. DAVID'S HEAD.
Engineer—The late Mr. W. T. Douglas, M.Inst.C.E.

Fig. 1.29 - Anúncio publicitário do Sistema Considère. [Concrete and Constructional Engineering, nov 1913 vol. VIII, nº 11]: vii

Considère e o *béton frétté*

O engenheiro francês Armand Considère (1841-1914), autoridade reconhecida no domínio de pesquisa aplicada ao concreto armado foi um dos principais organizadores da comissão instituída em 1900 pelo governo francês para estabelecer instruções em relação ao emprego, cálculo e testes do concreto armado.

Paralelamente a estes trabalhos na esfera pública, Considère efetuou uma incursão no meio ativo das empresas construtoras. Preparou assim seu ingresso na iniciativa privada e multiplicou junto das empresas – *Viennot Piketty, Ways & Freytag* – as negociações com o objetivo de explorar o seu sistema de construção, patenteado em 1901. O sistema se desenvolveu junto com suas obras, como a ponte experimental d'Ivry, edifício 7 da rua de Paradis, em Paris e a ponte do moinho Menier de Noisiel. O sistema tinha como principal novidade o aumento, por meio de um dispositivo de armaduras transversais em forma de um espiral longitudinal (fig. 1.28), a resistência das peças comprimidas – estacas e pilares inicialmente – e que foi oficialmente endossado pela circular ministerial de 1906 que incentiva este “emprego judicioso do metal”.

O “*béton frétté*”, assim denominado, constituiu um dos aspectos mais inovadores desta regulamentação que constou na base dos trabalhos da comissão do concreto armado francês, contribuindo largamente para o lançamento do “Sistema Considère”, assim como a sua utilização nas obras públicas¹³.

No momento em que o sistema entra em vigor, Considère, associado com Louis Peinard, abre o seu escritório de pesquisas. Desenvolve rapidamente as suas atividades, figurando na primeira fila no domínio e da concepção das obras de concreto armado (PICON, 1997, p. 30) e se firma como um dos nomes frequentemente citados no contexto do desenvolvimento inicial do concreto armado, associado à patente do “*béton frétté*”.

13. DORFMAN (2003, p. 27) afirma que o *béton frétté* “não chegou a representar uma autêntica novidade no acervo de recursos técnico-construtivos”, pois o tipo de armadura em espiral já havia sido patenteada por Hyatt cerca de trinta anos antes de ser concedida a patente a Considère.

Hennebique e a estrutura reticular

“O monopólio do sistema Monier estabelecido pela construtora Wayss & Freytag, cuja patente haviam comprado em 1884, não impediu que a França mantivesse sua liderança neste terreno, fato que foi decisivo com o aperfeiçoamento da construção em concreto armado por François Hennebique em 1897.” (FRAMPTON, 1999)



François Hennebique

François-Benjamin-Joseph Hennebique (1824-1921) construtor de origem belga radicado na França havia começado sua carreira restaurando os tetos de madeira das catedrais góticas, adquirindo um conhecimento arqueológico considerável. Sendo um dos pioneiros a utilizar o concreto armado na construção civil, Hennebique também desenvolveu sistemas de lajes resistentes ao fogo mais econômicas do que as praticadas até então.

Em 1892, antes de obter as patentes sobre o seu sistema na França e na Bélgica (Fig. 1.30), funda uma organização com fundamentos na descentralização da construção e a centralização de patentes, cálculo e controle das obras. O real triunfo de Hennebique aconteceu apenas cinco anos depois, graças ao emprego de estribos de ferro que resistiriam as intensas tensões nas vigas de concreto armado. Antes de Hennebique, o grande problema do concreto armado fora produzir uma articulação monolítica de seus elementos. Os sistemas compostos de concreto e ferro que haviam sido patenteados até então estavam longe de ser monolíticos. Hennebique superou essa dificuldade com o emprego de vergalhões de seção cilíndrica, que podiam ser curvados e enganchados uns nos outros.

Pouco depois de edificar sua primeira obra de concreto armado – uma casa em que introduziu inovações construtivas que seriam a base de suas posteriores patentes – inicia um ambicioso projeto de investigações com a finalidade de estabelecer um sistema construtivo completo baseado na utilização deste material. Em pouco tempo, conseguiria dominar totalmente o mercado francês e difundir-se por outros países europeus chegando até o Brasil em 1908¹⁴. Hennebique acaba por se estabelecer em Paris como engenheiro consultor.

14. Neste ano, existe registro de uma ponte de 9m no Rio de Janeiro executada pela construtora *Proença & Echeverria* (empreiteira tradicional na construção de leitos de estradas de ferro no Brasil) calculada na França por **Hennebique**. [SANTOS, 1981 apud VASCONCELOS, 1985]:14

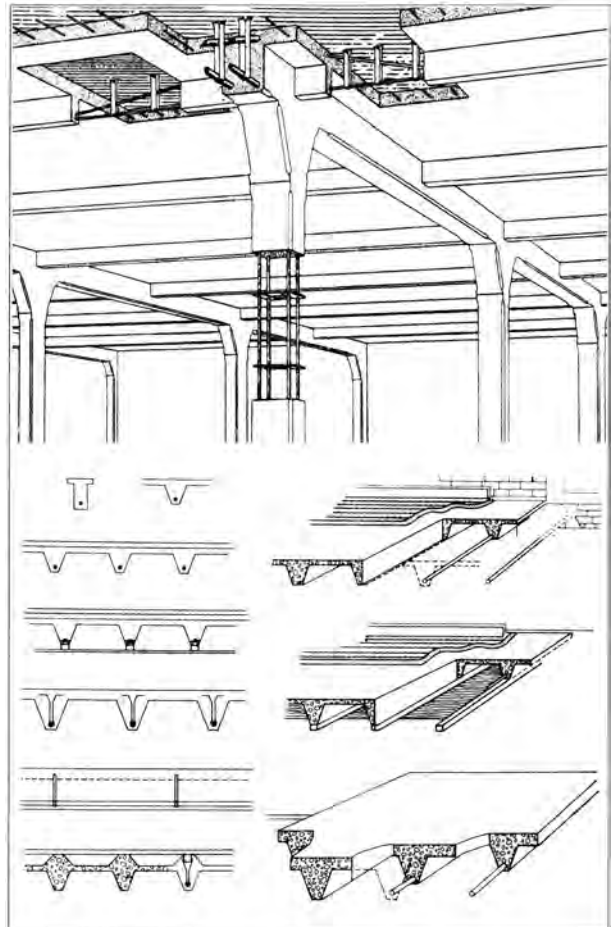


Fig. 1.30 - **François Hennebique**: Sistema construtivo em concreto armado, 1897. [FRAMPTON, 1999]: 124

Cronologia das principais atividades de Hennebique

1865	Dirige a reconstrução da igreja de St-Martin em Courtrai
1867 - 1887	Trabalha em Bruxelas
1879	Primeiro a utilizar o concreto armado
1886	Sugere que as forças de tensão devem ser suportadas apenas pela armadura
1892	Patente do concreto armado em Bruxelas
1894	Primeira ponte de concreto armado em Wigen (Suíça)
1896	Publica o jornal “ <i>Béton armé</i> ” (Concreto Armado)
1899	Proposta para a represa de Assuan
1903	Patente de 1892 invalidada, prioridade é concedida para a patente de Joseph Monier de 1878



Fig. 1.31 - *Société Anonyme de Travaux et ciments et béton armé*: Corpo de tropa montada de Comboire (Isère, França), 1901. Sistema Hennebique. [RASSEGNA n° 49]:13

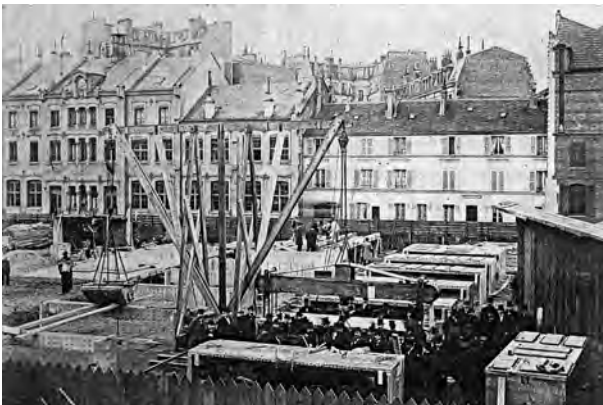


Fig. 1.32 - O "laboratório de testes de resistência" de Bon Marché em 1897. [RASSEGNA n°49]:24

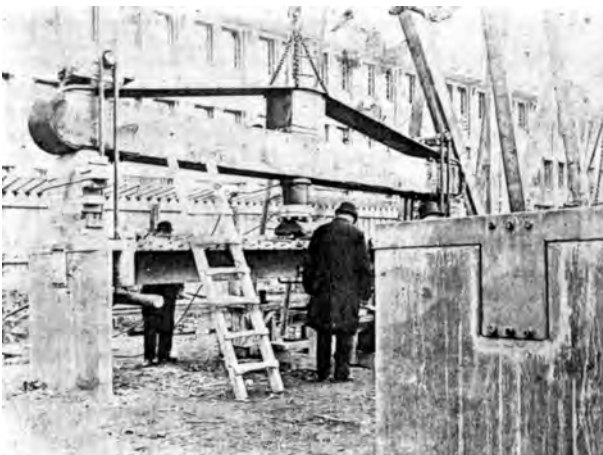


Fig. 1.33 - Experimentos de Hennebique em viga de concreto armado em Bon Marché. [RASSEGNA n°49]:25a

Hennebique foi decisivo no momento de propagar o uso do concreto armado pelo inédito desenvolvimento de uma agressiva campanha divulgadora. Todo o intenso trabalho de propagação de seu sistema resulta em mais de 17 mil projetos executados em todo o mundo até o ano de 1917. O grande instrumento desta divulgação foi, sem dúvida alguma, a publicação em junho de 1898 da revista chamada "*Le Béton Armé*", um poderoso meio de propaganda das atividades de sua empresa, além de constituir um importante veículo de registro das realizações em concreto armado. Nas páginas da revista, seus articulistas relembram as origens do material, citando os vários predecessores (Monier e Coignet), além de publicar artigos de natureza científica, técnica e artística que, no conjunto, faziam grande apologia do sistema de Hennebique.

"Hennebique conhecia as distintas características do ferro sob tração e do concreto sob compressão, sabia como fazer a combinação e como dispor as barras de ferro das armaduras: em outras palavras, conhecia perfeitamente a técnica desta nova estrutura." (GIEDION, 1978, p.336)

O domínio completo da técnica somado ao grande apelo publicitário de seu sistema, levou Hennebique a uma grande notoriedade em toda Europa. Foi ele que pela primeira vez na história concebeu e patenteou um sistema estrutural completo e, a partir disso, abriu concessão deste para todo o continente, que contavam com a garantia da matriz – que permaneceu em Paris – e levou o tema do "patenteamento" de idéias a sua máxima expressão. Produziu, ao final do século XIX, estudos e testes de carregamento em um "laboratório" à céu aberto em *Bon Marché* (figs. 1.32 e 1.33) onde vigas, pilares e lajes eram submetidos a diversos tipos de solicitações e provas de cargas dinâmicas e estáticas o que serviu, ao final, de suporte para suas decisões de projetos e patentes.

É interessante observar que as experiências de Hennebique sobre o emprego da retícula estrutural de lajes, vigas e pilares de concreto armado – como sistema fechado apto para construções industriais de pisos – lhe conduziram praticamente a redução da estrutura do edifício ao esqueleto portante, o que de alguma maneira foi iniciado pelo projeto de sua residência, a "*Maison Hennebique*".

A Maison Hennebique

“Hennebique, constructeur d’un édifice massif tout en béton armé, montra bien les possibilités du nouveau procédé en produisant des balcons, des porte-à-faux, des jardins suspendus, mais il imita les formes classiques de la pierre.” (MICHELIS, 1963, p.01)

No número 1 da Avenida *Lycée-Lakanal* em *Bourge-la-Reine, Hauts-de-Seine* (França) foi construída entre 1902 e 1903 a “*Maison Hennebique*” (figs. 1.34 e 1.35), que desde 1972 figura no inventário do patrimônio histórico mundial. Nesta obra, Hennebique demonstrou várias possibilidades do concreto armado, multiplicando as audácias técnicas que desenvolveu em seus estudos: torre-minarete, diferenças de níveis, sacadas e projeções, inéditos balanços¹⁵ apoiados por mísulas ou simplesmente protuberâncias fora das prumadas dos pilares que liberam a fachada envidraçada do grande salão.

Hennebique bem antes de Corbusier concebe o terraço-jardim – já corriqueiro na arquitetura islâmica e moçárabe¹⁶ – de grande tradição construtiva na Alemanha (inclusive antes de 1840) que leva o solo ocupado para o nível dos cômodos dando lugar para reuniões de família, preservando a intimidade e que através de um belo jardim à inglesa atua como isolamento térmico da laje de cobertura evitando grandes variações térmicas nocivas a estrutura. As paredes internas e externas também foram construídas em concreto armado, utilizando um método em que o concreto *in loco* era colocado em uma espécie de “forma” permanente de concreto pré-moldado o que confere as paredes uma alta resistência à compressão, ao mesmo tempo que o peso próprio cumulativo dos pavimentos é dramaticamente ampliado, mesmo com a utilização de uma estrutura independente.

Mesmo com os vários avanços construtivos mencionados, a *Maison Hennebique* não passou de uma “*cobaia estrutural*” (SABBAH, 2000, p.454), onde existe um enorme esforço para colocar em evidência todas as possibilidades do concreto armado, porém sem nenhuma expressão arquitetônica que não tenha sido empregada correntemente até o final do século XIX.

15. A *Maison Hennebique* é – conforme o levantamento feito neste trabalho – a primeira obra de arquitetura em concreto armado onde o balanço (ou *avançamento*) estrutural é efetivamente construído.

16. COMAS, 2002 p.20

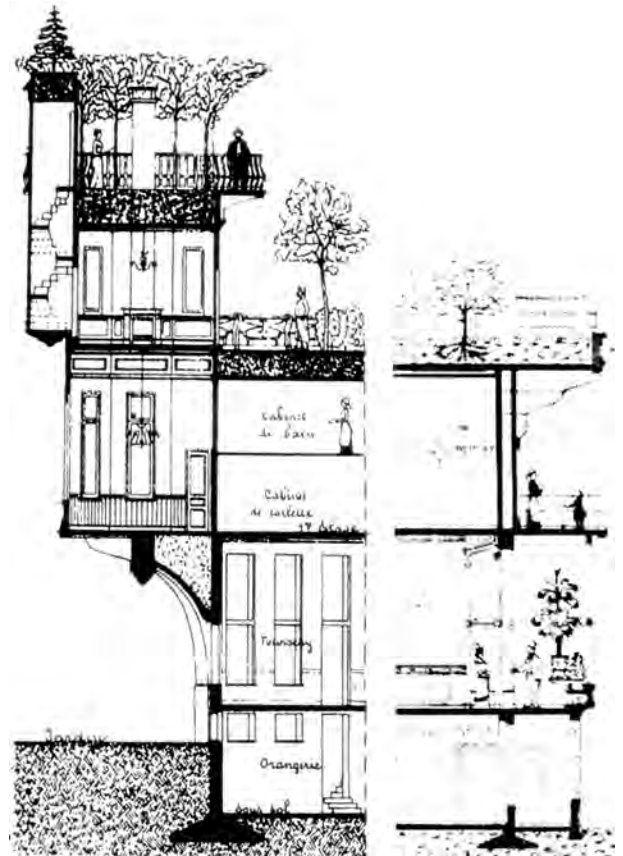


Fig. 1.34 - François Hennebique: Maison Hennebique, Bourge-la-Reine, 1902-1903. Corte pelo acesso ao terraço-jardim. [GIEDION, 1999]: 338

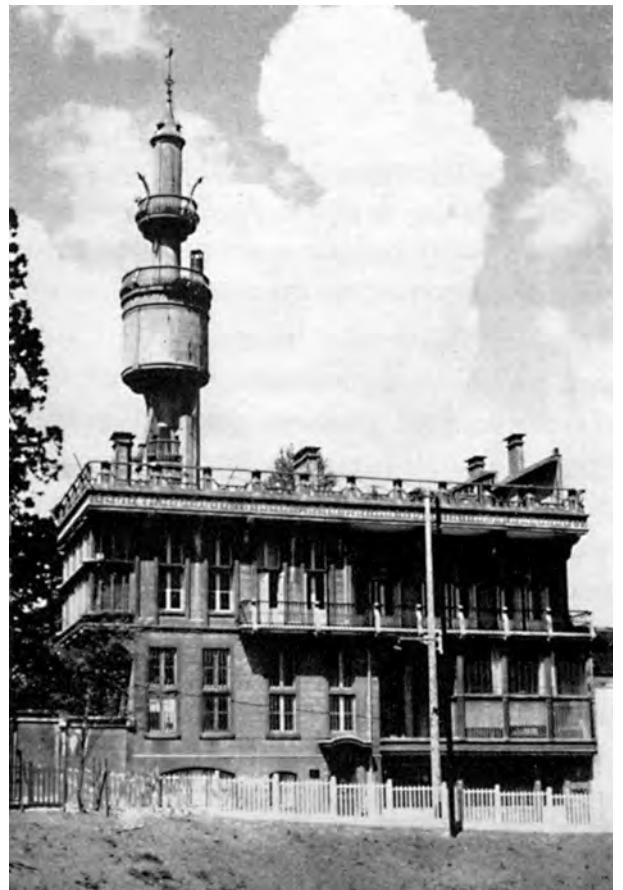


Fig. 1.35 - François Hennebique: Maison Hennebique, Bourge-la-Reine, 1902-1903. Fachada principal. [Disponível em <<http://www.structurae.de/photos/maisonhennebique01.jpg>> Acesso em 24 jul. 2003]



Auguste Perret



Fig. 1.36 - Auguste Perret: 25 bis da Rua Franklin, Paris, 1903-05. Em primeiro plano o edifício de apartamentos no contexto urbano e os recuos superiores exigidos por lei. [GARGIANI, 1994]:221



Fig. 1.37 - Auguste Perret: 25 bis da Rua Franklin, Paris, 1903-05. [Revista Tectonica nº03]:08

Perret e a tradição clássica

É o belga Auguste Perret (1874-1954) quem, com sucesso, conseguiu transpor algumas das experiências mais interessantes ao domínio da arquitetura, afastando-se das questões que dominavam o debate arquitetônico sobre o concreto armado no princípio do século XX na Europa. Em uma década o concreto armado havia passado de ser um material apto para a construção rápida e econômica de edifícios utilitários para transformar o panorama da construção, chegando a se converter, através da normalização do seu uso, em um problema especificamente arquitetônico. Discípulo de Viollet-le-duc e Julien Guadet, formado na *L'École de Beaux-Arts*, Perret é tido como o último teórico dos racionalistas clássicos, sendo autor de livros que tratam deste tema, fundamentados em princípios clássicos de composição e proporção através da análise de tipologias. A experiência adquirida através dos trabalhos desenvolvidos juntamente com seu irmão Gustave na construtora de seu pai também é uma importante observação a ser feita para compreender a sua prática e a utilização do concreto armado, como escreve Frampton:

“A carreira arquitetônica de Perret esteve inexoravelmente ligada à articulação de construção em concreto armado, último demiurgo estrutural do século. O béton armé era uma técnica sem precedentes, porém não o concreto como tal foi concebido pelos romanos[...]. Ao contrário dos edifícios góticos, estes espaços dependiam da força do próprio revestimento monolítico e não do empuxo ou equilíbrio do arco e do contraforte.” (FRAMPTON, 1995 p.124)

Perret entendia que o concreto é o material que poderia possibilitar o prosseguimento da tradição acadêmica francesa, desfigurada pelo ecletismo do século XIX, com o racionalismo estrutural gótico de Viollet. Para ele a estrutura era um esqueleto composto por elementos formalmente independentes e articulados entre si, como acontece na ordem clássica. Já nas primeiras obras, a relação entre pilar e viga – presente em quase todas as patentes até então registradas – desaparece, reforçando a independência formal de ambos elementos. Em obras posteriores, o suporte se converte em um elemento cilíndrico independente e se desliga definitivamente do fechamento, concebido já como não-portante, passando a ser um objeto isolado espacialmente.

O 25 bis da Rua Benjamin Franklin

“The famous apartment block in the rue Franklin at Passy...was also built as a family speculation, although in this case for occupation by the head of the family, and for use as the office of the firm.... [A]dvantage was taken of the 1902 decree concerning bow-windows; indeed, if we measure their width, we find that they are to within 3 centimeters of the maximum area which the law allowed. An even more ingenious interpretation of the building regulations was to be seen in the semi-octagonal recess between these projections, which formed the most novel element in the composition, since it not only allowed every room a splendid view over Paris, but obviated the need to introduce the customary interior courtyard.”
(COLLINS, 1959)

Este edifício residencial de 10 pavimentos, projetado em 1903 e concluído em junho de 1905 por Auguste Perret, pode ser considerado como um dos trabalhos canônicos da arquitetura do século 20, não somente pelo seu uso explícito e brilhante da estrutura em concreto armado (o sistema de Hennebique), mas também pela maneira em que sua organização interna antecipou o posterior desenvolvimento de Le Corbusier sobre a planta livre. Perret fez deliberadamente as paredes divisorias dos apartamentos não estruturais onde sua remoção parcial renderia um espaço aberto, pontuado somente por uma série de pilares livres¹⁷. Cada piso está organizado como um plano principal e as escadas do serviço na parte traseira (com elevadores independentes). A cozinha de um lado e os cômodos principais na parte dianteira.

A retícula estrutural patenteada por Hennebique é para Perret a transformação da construção de tramado de madeira em um organismo não perecível, igualmente ao que os templos gregos de pedra reproduzem em relação aos primitivos templos de madeira. Neste edifício o revestimento das peças cerâmicas manifesta a dicotomia entre estrutura portante e material de preenchimento, explicitando dessa maneira a utilização da estrutura reticulada com suportes pontuais que torna possível a utilização otimizada do lugar.

17. A intenção de Perret neste sentido é confirmada em 1908, quando ele elabora um projeto para a reforma do 7º pavimento (fig. 1.40) onde os pilares cilíndricos estão completamente soltos das vedações internas.



Fig. 1.38 - Auguste Perret: 25 bis da Rua Franklin, Paris, 1903-1905. [CHAMPIGNEULLE, 1959]:17

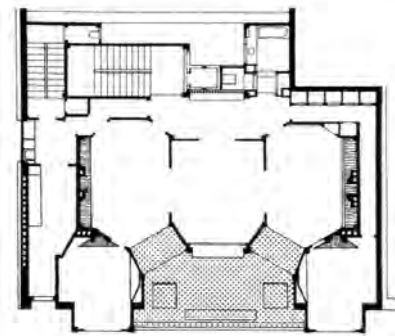


Fig. 1.39 - Auguste Perret: 25 bis da Rua Franklin, Paris, 1903-1905. Planta baixa do segundo pavimento. [CURTIS, 1996]:78

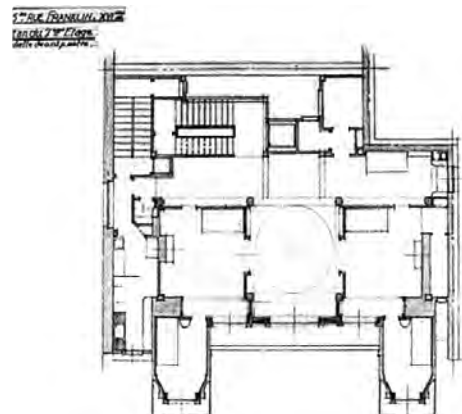


Fig. 1.40 - Auguste Perret: 25 bis da Rua Franklin, Paris. Projeto de reforma do sétimo pavimento em 1908. [GARGIANI, 1994]:310

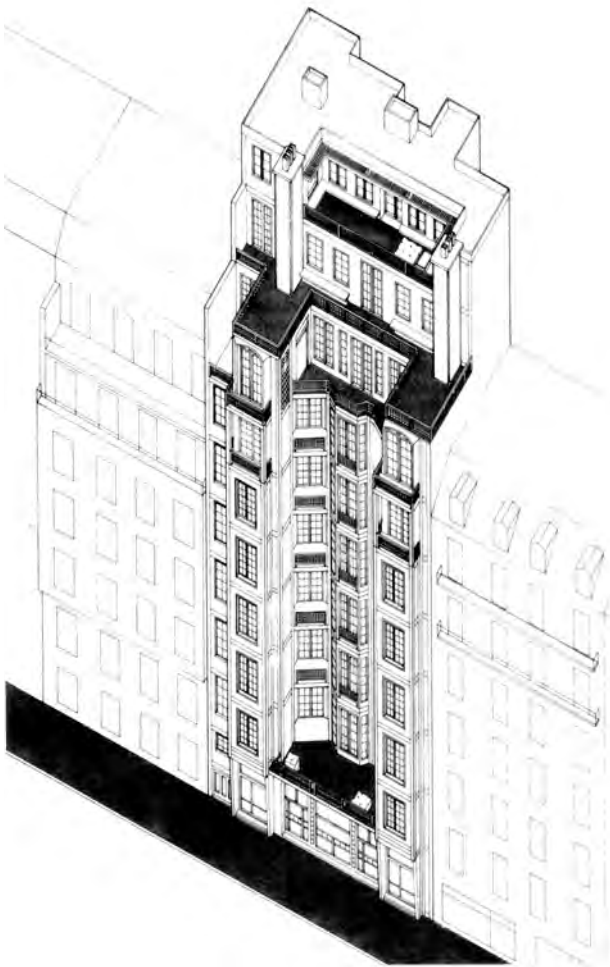


Fig. 1.41 - Auguste Perret: 25 bis da Rua Franklin, Paris, 1903-1905. Perspectiva axonométrica [FRAMPTON, 1995]:126

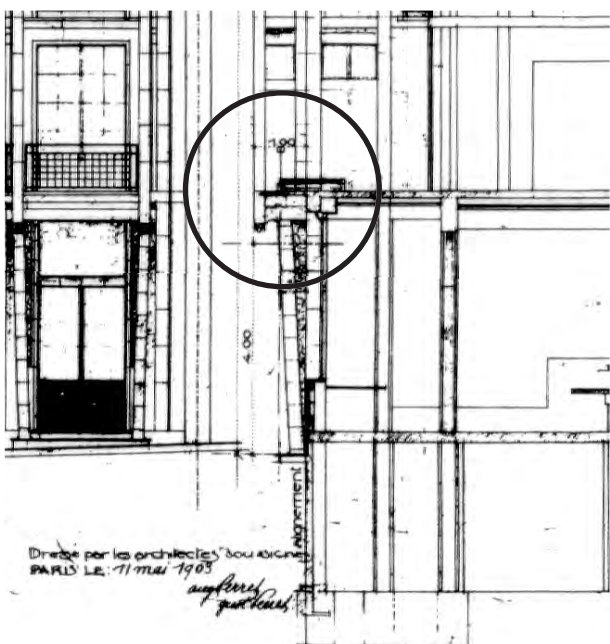


Fig. 1.42 - Auguste Perret: 25 bis da Rua Franklin, Paris, 1903-1905. Detalhe do corte transversal com a indicação do balanço de 1m em relação à linha de pilares. [FRAMPTON, 1995]:126

A adoção do concreto armado nesta obra rendeu a possibilidade de executar lajes mais esbeltas do que na época eram empregadas nas obras semelhantes, além do atrasamento progressivo dos últimos pavimentos (Fig. XX) e a extrapolação de alguns centímetros dos limites edificáveis pela legislação parisiense de 1902. Esses fatores permitiram a Perret construir um imóvel com, no mínimo, dois pavimentos a mais que os edifícios de alvenaria portante sujeitos as mesmas restrições normativas¹⁸.

Os terraços planos – presentes no edifício no segundo, oitavo, nono e décimo andar – também estão indissoluvelmente ligados à difusão do concreto armado, implantados com os mesmos princípios higienistas que marcam a divulgação do concreto, como uma alternativa à vida suburbana. Ao contrário das lajes internas dos pavimentos, estas – que se projetam e suportam os terraços – não possuem vigas no bordo frontal, configurando dessa forma um plano leve e delgado na fachada, apoiado nas outras três faces restantes. A utilização deste método, utilizado até hoje, impressiona pelo adiantamento e maturidade que a técnica do concreto armado adquiriu já no início do século XX.

As conquistas construtivas de Perret avançam ainda mais na presença de um até então inédito balanço estrutural – de aproximadamente um metro conforme indica cota do corte transversal da fig. 1.42 – entre o segundo e o sétimo pavimentos, nas duas naves laterais mais avançadas em relação ao corpo octogonal no centro do edifício¹⁹. Na fachada do sétimo pavimento revelam-se quatro pilaretes – dois em cada uma das naves laterais – que sustentam as lajes dos pisos dos balcões do oitavo andar. Estes pilaretes ficam ocultos pelas paredes dos outros pavimentos, porém não chegam até o solo, sendo descarregados diretamente na viga de bordo do balanço de cada um dos andares. Desta forma, o sétimo pavimento funciona com um piso “de arremate”, como afirma FRAMPTON (2000, p.124) antes do recuo da cobertura, não só pela configuração dos balcões, mas também pelo tratamento diferenciado do revestimento cerâmico nas paredes.

18. A altura incomum atingida pelo edifício motivou a imprensa parisiense a apelidar o 25 bis na época de “la maison géante”. [GARGIANI, 1994]:222

19. A parede que intercepta o balanço no térreo, como se fora uma mísula de apoio, **não possui função estrutural**. A confirmação é a própria seção transversal, onde o limite externo do balanço está há 1m da face da primeira linha de pilares.

“Em suas origens, a arquitetura é apenas estrutura de madeira. Para evitar os incêndios, passa-se a construir com materiais duros. E o prestígio da moldura de madeira é tamanho que se reproduzem todas as suas características, inclusive as cabeças dos pregos” (PERRET apud FRAMP-TON, 2000 p.123)

Corroborando a afirmação de Perret acima, os revestimentos cerâmicos da estrutura de concreto do 25 bis sugerem pilares, vergas e molduras das aberturas em madeira. O restante das superfícies são revestidas por rígidas placas cerâmicas com girassóis estampados – que estão presentes também na grade dos balcões e terraços – conferindo a condição fossilizada do *Art Nouveau* característico do final da *Belle Époque*. A textura resultante do conjunto destes revestimentos é traduzida por uma variação granular dentro de quadros compostos por peças lisas e modulares que são aplicadas na horizontal e vertical, formando uma marcação que não é gerada propriamente pela estrutura em concreto armado – como acontece logo após na garagem da rua Ponthieu – mas sim por um revestimento que pretende emular um esqueleto que arma e articula os diferentes planos de fachada.

Estes planos quando não recobertos por cerâmicas, dão lugar as aberturas – alargadas por Perret ao máximo permitido pelas normas – que se abrem para o Rio Sena e para uma até então privilegiada vista da Torre Eiffel. Estas janelas foram possíveis graças a estrutura independente que isenta dos planos de parede a função de suporte, como na alvenaria estruturada de Mackintosh na Escola de Artes de Glasgow em 1897, ou mais tarde na planta da Ford em Highland Park de Albert Kahn no ano de 1909²⁰.

Os cuidados com a composição e proporção destes elementos, detalhados e calculados com sobriedade já anunciavam que, apesar do enraizamento na tradição clássica do trabalho de Auguste Perret, o concreto armado se apresentava como um material pronto para ser utilizado na construção de edifícios em altura, além da clara indicação do caminho para a execução da fachada e da planta livre efetivamente realizadas quase vinte anos depois na catedral de Le Raincy.



Fig. 1.43 - Auguste Perret: 25 bis da Rua Franklin, Paris, 1903-1905. Vista inferior do balanço da laje. [Disponível em <<http://www.structurae.de/photos/paris25frank04.jpg>> Acesso em 10 ago. 2003]



Fig. 1.44 - Auguste Perret: 25 bis da Rua Franklin, Paris, 1903-1905. Vista do terraço-jardim do 10º pavimento. [CHAMPIGNEULLE, 1959]:18



Fig. 1.45 - Auguste Perret: 25 bis da Rua Franklin, Paris, 1903-1905. Vista parcial da fachada com os detalhes do balcão e revestimentos cerâmicos. [Disponível em <<http://www.structurae.de/photos/paris25frank02.jpg>> Acesso em 10 ago. 2003]

20. CURTIS, 1996 p.79



Claude A.P. Turner

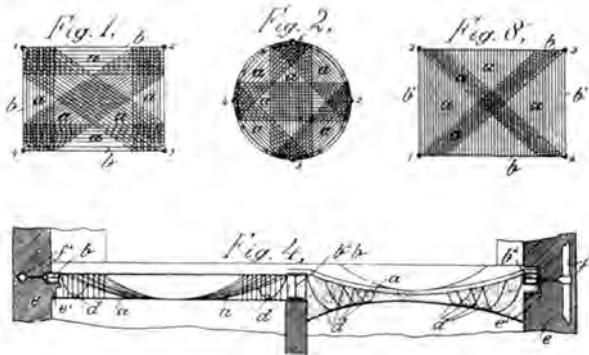


Fig. 1.46 - Alexander Matrai: "Construção de paredes, pavimentos, coberturas e etc.", 1899. [GASPARINI, 2002]:1244

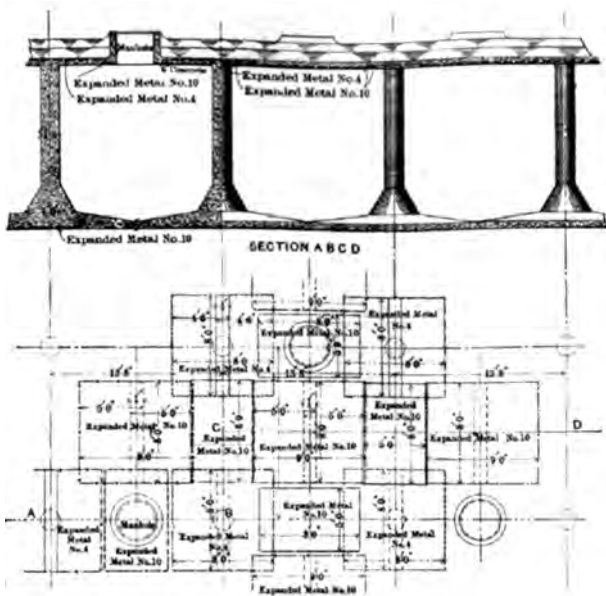


Fig. 1.47 - George M. Hill: "Projeto conceitual para a Albany Filtration Plant", 1900. [GASPARINI, 2002]:1244

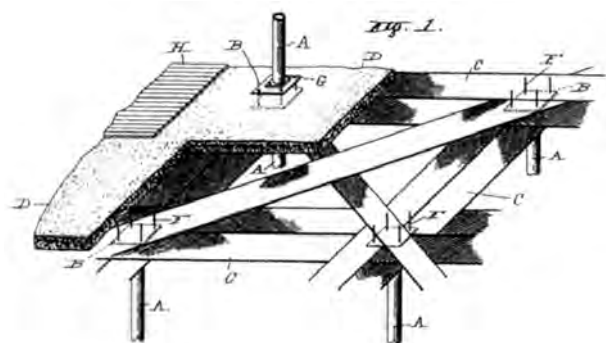


Fig. 1.48 - Orlando W. Norcross: "Pisos para edifícios", 1902. [GASPARINI, 2002]:1244

O pilar-cogumelo de C.A.P Turner

Claude Allen Porter Turner (1869-1955), engenheiro americano graduado em 1890 pela *Lehigh University*, trabalhou durante 10 anos em várias companhias de cálculo e execução de pontes, executando também alguns projetos de pequenos edifícios e residências particulares até o ano de 1904.

C.A.P. Turner revela o seu sistema de lajes planas em um artigo escrito em 19 de setembro de 1905, publicado como um "estudo" na revista *Engineering News-Record* de 12 de outubro de 1905. O conceito, ilustrado na figura 1.49, surgia como o primeiro no mundo a utilizar planos horizontais sem a presença de vigas, sendo constituído apenas de pilares e lajes. A principal realização deste estudo era a armação da laje em quatro sentidos, formando uma malha xadrez em que as faixas se cruzavam no ponto de encontro com os apoios verticais. O vão de aproximadamente 6m era suportado apenas pelo plano da laje e pelos pilares que possuíam um reforço no topo – como em um capitel dórico – só que fundido juntamente com o corpo do pilar e o plano de laje²¹.

Foi Turner que nesta oportunidade criou o termo "cogumelo" para se referir ao engrossamento do topo dos pilares em forma de meio cone raso. Em outubro de 1906 na mesma *Engineering News-Record*, ele descreve em um artigo o projeto para o primeiro edifício a utilizar este sistema, o *Johnson-Bovey Building* (já demolido) em Minneapolis. Com cinco pavimentos e panos de laje de aproximadamente 4,80m x 4,20m x 18cm de espessura, os planos eram apoiados em pilares octogonais com o "cogumelo" muito similar ao demonstrado na fig. 1.50, com duas armaduras circulares concêntricas formadas por barras de seção circular e moldados através de formas de ferro fundido contendo detalhes decorativos (Fig. XX). As formas do capitel eram fácil e elegantemente adaptáveis a qualquer tipo de pilar, independente de seu diâmetro, o que facilitava a sua utilização por diversas vezes, garantindo assim que todos os capitéis tivessem o mesmo aspecto em todos os pilares e pavimentos.

21. Alguns estudos sobre lajes planas já haviam sido efetuados, principalmente pelos americanos Alexander Matrai em 1899 (fig. 1.46), George M. Hill em 1900 (fig. 1.47) e Orlando W. Norcross em 1902 (fig. 1.48), este último, utilizando pilares de aço como suporte. [GASPARINI, 2002]:1244

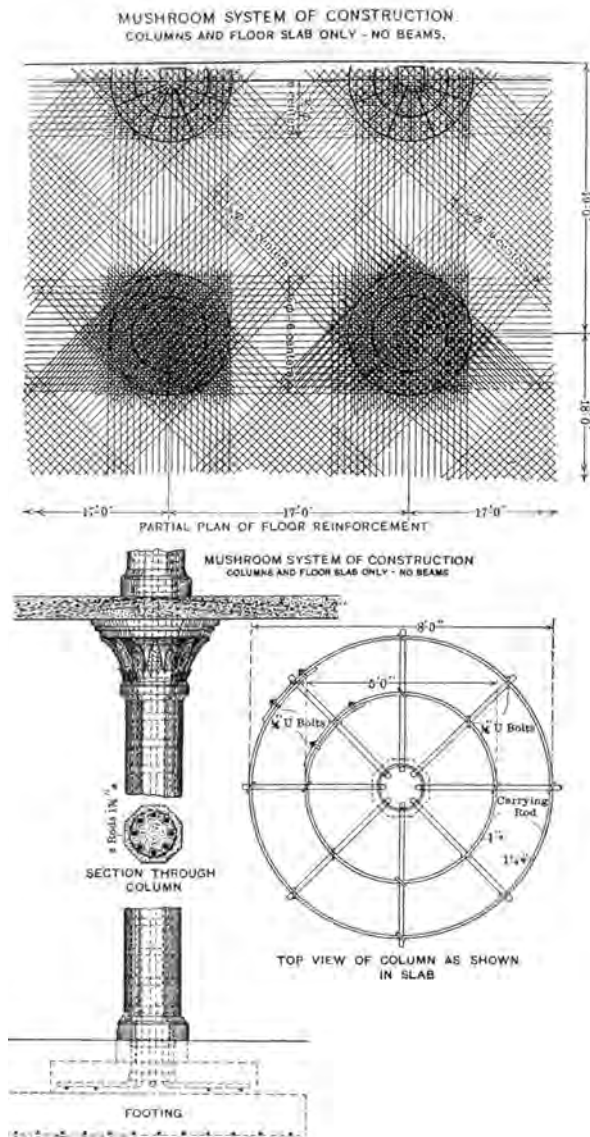


Fig. 1.49 - C.A.P Turner: sistema de laje plana "cogumelo", 1905. Detalhe da armação do plano da laje em 4 sentidos. [GASPARINI, 2002]:1246

As vantagens econômicas do sistema são evidentes: o gasto com as formas e mão-de-obra são minimizados, além de diminuir as superfícies a serem concretadas. Estes proveitos construtivos tornaram Turner um dos mais requisitados engenheiros americanos na época, desenvolvendo em um período de 2 anos (1906-08) uma dúzia de projetos de edificações para as mais variadas finalidades com as mais diversas condições de projeto de lajes planas.

O sucesso de sua patente foi fruto de inúmeras batalhas judiciais nas cortes americanas. Em 1918 já haviam nove diferentes sistemas só nos Estados Unidos. Na Europa a movimentação no sentido de simplificar o sistema de construção de lajes se inicia em 1908 com Robert Maillart, que desenvolveu um sistema de lajes planas, porém com pilares de seção menor e vãos maiores, configurando uma variação direta do sistema de Hennebique.

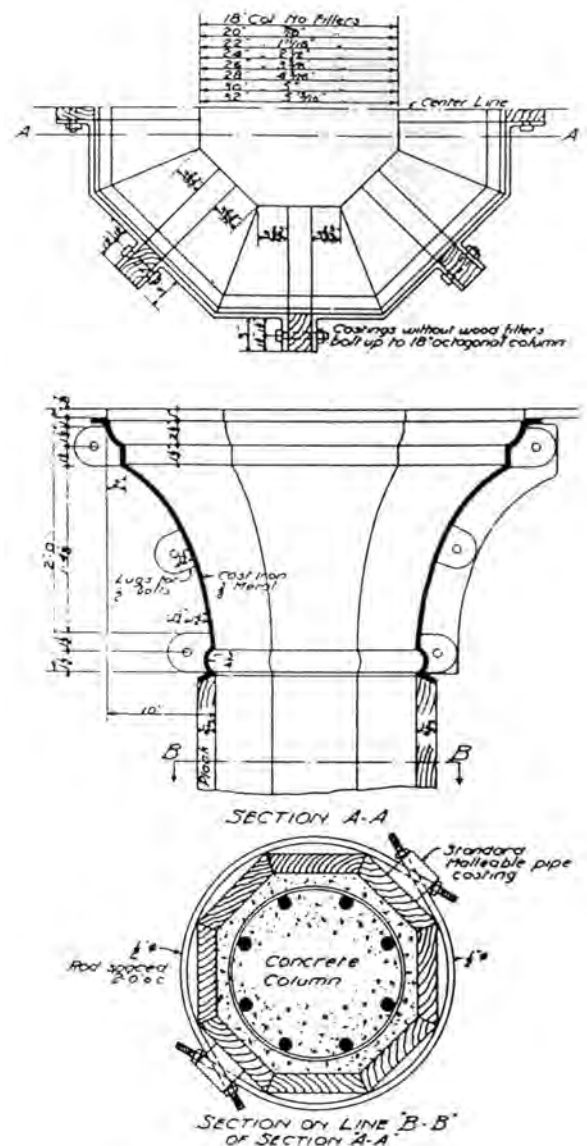


Fig. 1.50 - C.A.P Turner: formas de ferro fundido para os capitéis, 1909. [GASPARINI, 2002]:1246



Fig. 1.51 - C.A.P Turner: teste de carregamento da J. Hoffmann Warehouse, Milwaukee, 1909. [GASPARINI, 2002]:1247



Robert Maillart



Fig. 1.52 - Robert Maillart: Ponte Tavanasa sobre o rio Rhine, Tavanasa, Graubünden/Grisons, Suíça, 1906. Nota-se uma evolução no sistema de arcos da ponte empregado anteriormente por Hennebique, com a eliminação dos pilares entre os arcos e as vigas de sustentação do plano da ponte. [Disponível em <http://dgcwww.epfl.ch/guide_des_ponts/images/tavana1.jpg> Acesso em 01 ago. 2003]



Fig. 1.53 - Robert Maillart: Armazém Geisshübel, Zúrique, 1910. [Revista Tectonica nº03]:05



Fig. 1.54 - Robert Maillart: Companhia de Gás e Eletricidade, Barcelona, 1916. [Revista Tectonica nº03]:05

A laje plana de Maillart

O suíço Robert Maillart ganhou a notoriedade com seus projetos de pontes inovadoras (fig. 1.52), utilizando a força estrutural e o potencial expressivo e plástico do concreto armado para gerar o seu cálculo. Para evitar feixes estruturais, estabeleceu um método baseado no plano e curvou as vigas de concreto armado, criando apoios com três articulações.

Maillart propôs um sistema radicalmente novo baseado na superfície plana, sem vigas, sobre pilares em forma de cogumelo²². Ao contrário de Hennebique – que utilizou a técnica do concreto armado meramente aplicado como imitação das formas de um esqueleto em aço ou madeira – Maillart foi o primeiro a ver as estruturas em concreto com potencial de gerar novas formas, diferenciando esta técnica perante a aplicação das outras. A idéia principal de Hennebique estava baseada em vigas, colunas/pilares e lajes construídas de forma monolítica, moldadas como um sistema unitário. Entre 1899 e 1901, Maillart avança no desenvolvimento de formas curvas delgadas, até então não aplicáveis em estruturas com materiais tradicionais²³.

As novas fórmulas de Maillart – o arco aberto tri-articulado, o caixão perdido, a laje-cogumelo e o arco plataforma – ilustram ao menos três das idéias que ele expressou sobre as estruturas. Especificamente em 1908, é iniciado um processo renovação dos projetos de lajes em concreto na Europa, principalmente sobre os projetos monolíticos de Hennebique, que utilizavam pequenos vãos de laje suportados por vigotas apoiadas na estrutura primária (vigas maiores). Esta malha era monoliticamente conectada aos pilares que descarregavam as solicitações diretamente nas fundações. Já em 1905, na fábrica *Pfenninger* em *Wädenswil*, Maillart ampliou o vão entre apoios e eliminou as vigotas que caracterizavam o sistema estrutural secundário tornando o plano inferior da laje mais limpo e livre de nervuras. Durante dois anos ele continuou projetando e construindo

22. Os capitéis presentes no topo dos pilares nada mais eram do que reforços estruturais para absorver os momentos fletores radiais e anelares, também chamados *tangenciais*, ou ainda as tensões geradas pelo apoio da superfície da laje na extremidade do pilar, efeito este denominado *punção* (perfuração). [REBELLO, 2000]:173

23. BILLINGTON, David P. *Robert Maillart and the art of reinforced concrete*: New York, N.Y. : Architectural History Foundation ; Cambridge, Mass. : MIT Press, c1990.

pavimentos em edifícios desta maneira. Em 1908, são efetuados provas de resistência das lajes planas (Fig. XX), satisfazendo em pleno todos testes efetuados e obtendo patente suíça em janeiro de 1909, expirando em 1924²⁴.

A idéia consistia em suportar as lajes dos pavimentos apenas sobre pilares, simplificando a construção e removendo obstruções sob os tetos. Diferentemente de Turner, que utilizou um sistema de armaduras em 4 direções, Maillart desenvolveu um sistema colocando a armadura das lajes em apenas 2 direções ortogonais, se valendo também das vantagens dos códigos suíços que eram favoráveis a esse tipo de experimento. Entre o projeto da *Gieshübel Warehouse* (1910) em Zurique até o último na fábrica de tecidos *Gugelmann* (1939) em Langenthal, foi desenvolvido um grande número de edifícios com lajes planas, todas baseadas na patente de 1909. Ao contrário dos projetos de pontes, estes edifícios eram mais fáceis de projetar, já que as idéias básicas já tinham sido testadas, bastando apenas aplicar soluções semelhantes em cada caso, além de serem obras de clientes privados que não requeriam grandes detalhamentos técnicos formais.

Esta técnica, não apenas conseguiu uma execução mais rápida e econômica em termos financeiros constituindo um grande e atrativo negócio antes da Primeira Guerra em vários países da Europa, mas também consolidou a estética diferenciada do plano do teto liso, iniciada pelos estudos de C.A.P Turner e que, no trabalho de Maillart, tornam-se mais leves e econômicas, já que utilizava metade das armaduras do sistema anterior.

Dessa forma, a substituição por motivos de resistência ao fogo, de estruturas interiores usualmente empregadas em construções industriais e a conseqüente transposição dos tipos estruturais se converte em um sistema construtivo, estrutural e espacial completo, realizado inteiramente em concreto armado e que lhe permite afrontar competitivamente as demandas de qualquer tipo de edificação.

24. Não é de se estranhar que a Alemanha tenha ficado para trás no processo de desenvolvimento de lajes planas, já que naquele país **não era possível a prática de planos não estruturados por vigas**. As teorias do concreto armado que tratavam deste assunto não eram reconhecidas pelas normas germânicas e também por que todos os cálculos dos engenheiros daquele país eram fiscalizados pelas autoridades competentes de maneira incisiva. [FÜRST, 1997]:1102



Fig. 1.55 - Robert Maillart: testes de lajes planas, 1908. [BILLINGTON, 1990]:50

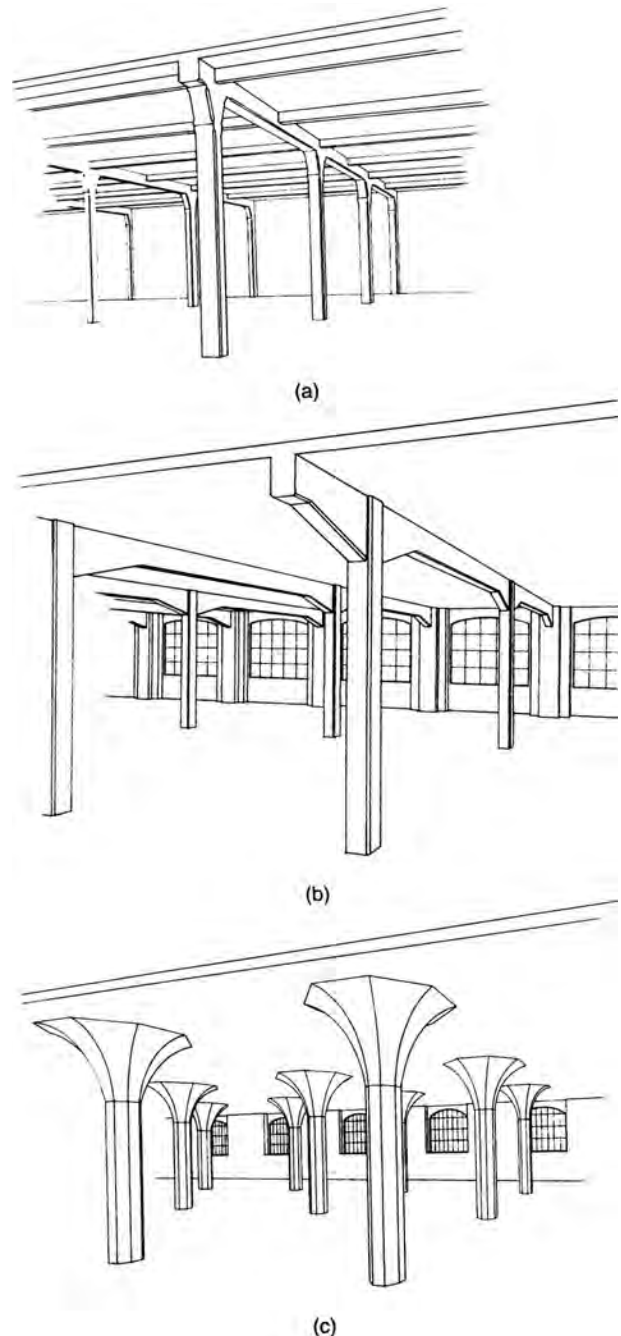


Fig. 1.56 - (a) sistema Hennebique: perspectiva dos pilares, vigas e lajes; (b) interior da fábrica Pfenninger, 1905; (c) Zurich Warehouse, 1910: perspectiva do sistema de Maillart com pilares-cogumelo. [BILLINGTON, 1990]:48



Fig. 1.57 - **Max Toltz**: *Great Northern Grain Elevator*, Buffalo, Nova York, 1897. [Disponível em <<http://ah.bfn.org/a/ganson/250/image/qstanelec1.jpg>> Acesso em 05 ago. 2003]



Fig. 1.58 - **George M. Anderson e Alfred O. Elzner (arquitetos), Henry N. Hooper (engenheiro)**: Edifício *Ingalls*, Cincinatti (EUA), 1902-03. [Disponível em <<http://www.ar.utexas.edu/AV/clearyarc328/terms1/ingalls.jpg>> Acesso em 05 ago. 2003]



Fig. 1.59 - **George M. Anderson e Alfred O. Elzner (arquitetos), Henry N. Hooper (engenheiro)**: Edifício *Ingalls*, Cincinatti (EUA), 1902-03. Detalhe do coroamento. [Disponível em <<http://www.emporis.com/files/transfer/6/2004/01/238439.jpg>> Acesso em 05 ago. 2003]

O cenário norte-americano: Edifício *Ingalls* e o *Unity Temple*

Até 1895, o uso do concreto armado na América do Norte foi inibido por sua dependência do cimento importado da Europa. Entretanto, logo depois, começou a época dos silos de cereais e das fábricas planas, primeiro com silos de concreto armado de Max Toltz (fig. 1.57), depois, a partir de 1900 com o já citado trabalho de Ransome.

A utilização do concreto armado em estruturas de grande porte inicia-se em 1902 em Cincinatti com a construção do edifício *Ingalls*²⁵ (figs. 1.58 e 1.59). Com 16 andares, o edifício de linhas neo-clássicas utilizou o sistema de barras torcidas de seção quadrada do sistema patentado por Ransome. A construção em concreto foi escolhida pelos arquitetos George M. Anderson e Alfred O. Elzner não só pelo custo mais baixo em relação ao aço, mas também pela proteção contra fogo, relevante em uma obra de grande escala. O cálculo da estrutura determinou que cada pilar dos primeiros dez andares tivesse 76x86cm de seção e que cada laje funcionasse como um diafragma rígido que contraventasse o esqueleto fundido a partir de três conjuntos de formas de laje, empregadas em diferentes partes da construção monolítica. Executada no período de 8 meses – com uma média de 3 pavimentos por mês – a obra consumiu aproximadamente 0,5% do cimento produzido nos Estados Unidos na época²⁶.

A importância do *Ingalls* no cenário construtivo estadunidense – que até então tinha como edifício mais alto um prédio de 6 andares – em termos de superação da técnica, foi decisivo para o avanço do concreto armado naquele país. Apesar das dificuldades em se convencer os técnicos e os órgãos reguladores da construção civil em Cincinatti – foram 2 anos na tentativa de aprovação do projeto estrutural – ele permaneceu como mais alto edifício em concreto armado até 1923, quando da construção do *Medical Arts Building* em Dallas, que possuía 20 pavimentos.

25. Construído por **Melville Ingalls**, presidente da *Big Four Railroad Company*, o edifício é ocupado até hoje por salas comerciais e escritórios desde sua inauguração há mais de 100 anos. Foi executado pela *Ferro Concrete Construction Company* (adquirida em 1954 pela *Turner Construction*). [Disponível em <<http://www.emporis.com/en/nc/ne/?id=100990>> Acesso em 11 fev. 2004]

26. Dados da **Associação de Cimento Portland** [Disponível em <http://concreteproducts.com/ar/concrete_up_away/> Acesso em 05 ago. 2003]

Em 1906, Frank Lloyd Wright projeta para a Igreja Unitária Universalista o *Unity Temple* (fig. 1.60): exemplar canônico não só no campo da construção, mas também na história da arquitetura ocidental. Marco da intersecção entre a filosofia artística de Wright com as tradições Universalistas de comunicação das formas, a construção deste templo procurou criar uma nova gramática em concreto armado. Impulsionado pelas inovações no design, Wright foi compelido a buscar novos métodos para a realização de suas idéias com este material. Inicialmente pensado para ser construído em alvenaria²⁷, foi convertido em concreto armado não só pelo custo mais baixo do material em relação a pedra e tijolo, mas também pelo claro interesse no potencial do novo método, principalmente em Chicago, onde a indústria da construção civil avançava exponencialmente.

Sob consultoria do engenheiro Paul Mueller, foi desenvolvido um sistema de reaproveitamento de formas, baseado na utilização de madeiras com dimensões padronizadas e encaixes tipo macho-fêmea, o que proporcionou uma superfície de fachada completamente contínua do lado externo. Trabalho minucioso, onde cada elemento era cuidadosamente estudado, analisado e testado: Mueller, por exemplo, experimentou mais de 20 tipos de cascalho até chegar no ideal que fosse de acordo com o resultado final esperado para a superfície.

As espessas lajes de cobertura – dramaticamente balançadas em 1,5m – coroam o sólido volume da base, que é elevado sobre uma faixa exposta das fundações. Pilares moldados em fôrmas de carpintaria requintada completam a ordem tectônica, separando base e coroamento.

Completado em 1909, o *Unity Temple* é obra que inaugura uma arquitetura que se preocupa com a racionalidade do ato de construir, ao mesmo tempo que indica a possibilidade de um avanço na sintaxe da construção como um todo. Exemplo disso é que, dentro e fora da casca de concreto, o templo demonstra uma tensão conceitual entre a forma construída e a forma visual, entrelaçando materialidade e estética, racionalidade e idilismo. A consistência rigorosa da igreja no concreto exterior é acompanhada de um interior que exhibe geometria imaginativa, própria do espírito inventivo de Wright.



Fig. 1.60 - **Frank Lloyd Wright**: *Unity Temple*, Oak Park, Illinois, 1906-09. Vista da fachada principal. [SIRY, 1996]: 147

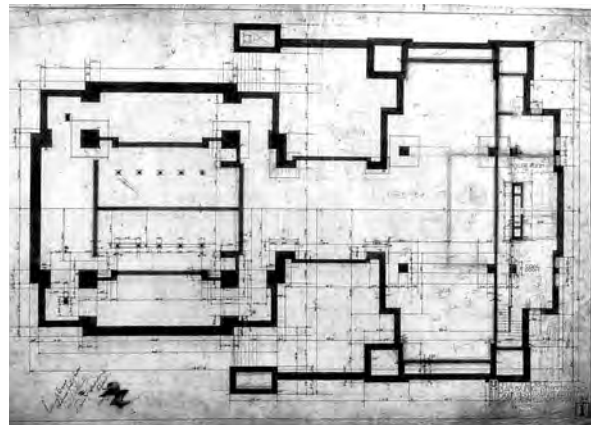


Fig. 1.61 - **Frank Lloyd Wright**: *Unity Temple*, Oak Park, Illinois, 1906-09. Planta das fundações (março de 1906). [SIRY, 1996]: 139

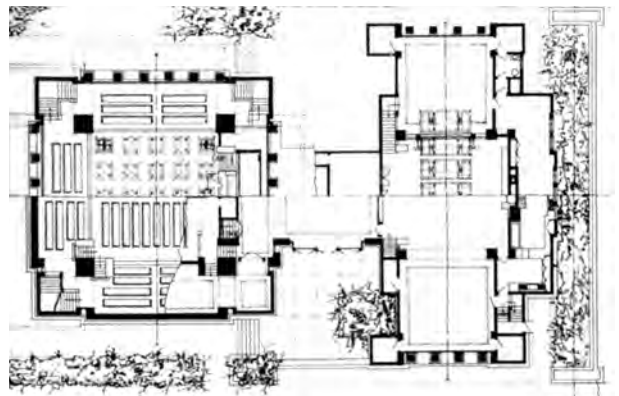


Fig. 1.62 - **Frank Lloyd Wright**: *Unity Temple*, Oak Park, Illinois, 1906-09. Planta do nível de acesso. [CURTIS, 1996]: 129

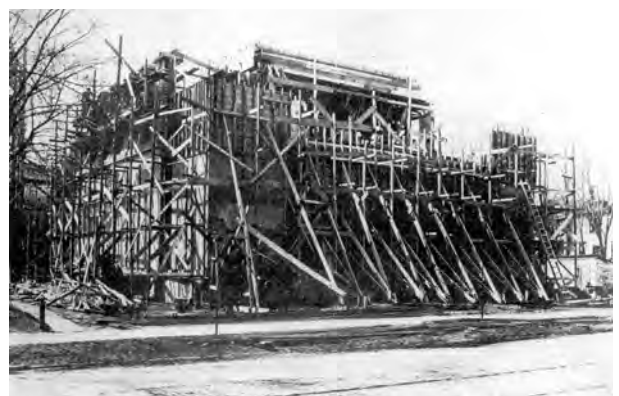


Fig. 1.63 - **Frank Lloyd Wright**: *Unity Temple*, Oak Park, Illinois, 1906-09. Vista do escoramento e fôrmas (15 de maio de 1907). [SIRY, 1996]: 143

27. Ver: SIRY, 1996, p.108



Fig. 1.64 - **Max Berg**: *Jahrhunderthalle*, Breslau (Wrocław), Polônia, 1911-13. Vista externa. [Disponível em <<http://www.saed.kent.edu/SAED/History/Modern/Berg/jahrhundertext.jpg>> Acesso em 05 ago. 2003]



Fig. 1.65 - **Max Berg**: *Jahrhunderthalle*, Breslau (Wrocław), Polônia, 1911-13. Vista interna. [Disponível em <<http://www.uibk.ac.at/c/c8/c822/untertagen/baukunst4/vl3b4/068b5gross.jpg>> Acesso em 05 ago. 2003]



Fig. 1.67 - **Giacomo Mattè-Trucco**: Fábrica da Fiat, Turim, 1915-21. [Disponível em <<http://www.rebel.net/~futurist/trucco.jpg>> Acesso em 05 ago. 2003]



Fig. 1.68 - **Giacomo Mattè-Trucco**: Fábrica da Fiat, Turim, 1915-21. Vista da estrutura interna, com as vigas furadas na linha neutra. [Disponível em <<http://www.lemeridien-lingotto.it/img/dentro-antico.jpg>> Acesso em 05 ago. 2003]

Duas mega-estruturas européias

Na Europa, a primeira década do século XIX foi dedicada aos experimentos do material em edificações de pequeno e médio porte, além das práticas de pontes estruturadas em arco. É com este elemento estrutural que o concreto avança com vãos cada vez maiores nas obras de engenharia²⁸, através de elementos estruturais de dimensões reduzidas, resultando em estruturas leves e esbeltas.

Com esse amadurecimento do arco estrutural, é que entre 1911 e 1913 o arquiteto alemão Max Berg (1870 -1947) vence o desafio do grande espaço construído em concreto armado, no *Jahrhunderthalle* (figs. 1.64 e 1.65), em Breslau (Polônia). Construído por *Dyckerhoff & Widmann* e calculado pelos engenheiros Willi Gehler e G. Trauer para a exposição de 1913, este pavilhão utilizou grandes elementos de concreto armado. Dentro do vasto salão centralizado, de 65 metros de diâmetro e 42 metros de altura, as nervuras de concreto da cúpula brotam de uma viga anular perimétrica que, por sua vez é sustentada por enormes arcos pingentes. A grande estrutura não se expressa externamente, ficando escondida por anéis concêntricos de vidro.

Na Itália, o primeiro a utilizar o concreto armado em grandes estruturas foi Giacomo Mattè-Trucco (1869-1934) com a fábrica da Fiat em Turim (1915-21): projetada em um terreno de quarenta hectares, fazia um uso inovador de sua cobertura plana de concreto (fig. 1.67) ao incorporar uma pista onde os carros eram testados dia e noite, em cima das linhas de produção. A mega-estrutura de 5 pavimentos possuía 507 metros de comprimento por 24 metros de largura. A trama compositiva da fachada externa da fábrica expressa o intenso ritmo modular da estrutura interna (fig. 1.68) que se relacionava com um ciclo produtivo linear, iluminado pela generosa fenestração. A nova fábrica representava não só uma solução racional ao problema da produção, mas demonstrava também que a cobertura plana de concreto poderia suportar a vibração de cargas móveis dinâmicas, o que contribuiu para ampliação das possibilidades arquitetônicas do concreto armado.

28. Em 1911 **Maillart** já praticava vãos que se aproximavam dos 70 metros, como no caso da ponte em *Aarburg*. [Disponível em <<http://www.geocities.com/jescud2000/lospuentes/maestros.htm>>]

As abóbadas de Perret

As abóbadas que cobrem os armazéns realizados pela empresa de Perret em Casablanca (fig. 1.69) para proteger as máquinas agrícolas da firma *Wallut* entre 1914 e 1917 merecem atenção pela seu pioneirismo na questão da cobertura abobadada em concreto armado. A partir destes armazéns, distingue-se uma “maneira Perret” de construção, onde todos os elementos do edifício, por mais singelo que seja, são integrados num conjunto onde nada está negligenciado.

A iniciativa de realizar uma obra em concreto armado ao invés de uma em madeira teve em Perret seu principal incentivador, defendendo o interesse em realizar uma obra permanente ao mesmo preço, ou quase, que uma construção provisória. O concreto armado, liberado desde 1906 da tutela das patentes, mostrou seu potencial no desenvolvimento de edifícios, aproveitando inicialmente dos “sistemas” de domínio público.

Desde uma década, substituiu-se nos mercados industriais as estruturas de concreto armado no lugar de estruturas de madeira ou de metal. As formas dispendiosas tornam os preços mais elevados, mas considera-se que estas construções são mais duradouras e sobretudo menos vulneráveis ao fogo. Em Casablanca, os vãos estruturais ficam entre 7 e 8 metros entre pilares, nas duas direções (COHEN, 2002, p.93). Telhados abobadados sem ranhuras ou nervuras permitem reaproveitamento das formas que, em todo caso, são mais simples, apesar da sua curvatura, que as dos vigamentos e lajes planas (fig. 1.70). Os tirantes metálicos se concentram em três lugares, dois integrados às fachadas e um intermediário, suficientes para equilibrar o empuxo das abóbadas.

As finas abóbadas, com apenas 5cm de espessura, são as primeiras e serem executadas em concreto armado com estas dimensões (CHAMPIGNEULLE, 1959, p. 143). Mesmo que este tipo de cobertura tenha autonomia estática, um vigamento reforça transversalmente a estrutura na junção das abóbadas (fig. 1.71) ampliando a rigidez do conjunto. Tímpanos de alvenaria vazada estabilizam as extremidades de cada nave, além de clarabóias construídas com tijolos que asseguram a aeração e a iluminação necessária.



Fig. 1.69 - Auguste Perret: Armazéns Wallut, Casablanca, Marrocos, 1914-17. [CHAMPIGNEULLE, 1959]: 36



Fig. 1.69a - Auguste Perret: Armazéns Wallut, Casablanca, Marrocos, 1914-17. Fotografia da maquete. [FOTO: ANA CAROLINA PELLEGRINI, 2004]: Exposição “Perret: la poétique du béton”, Instituto Francês de Arquitetura / Museu dos Monumentos Franceses. 30 de janeiro a 18 de abril de 2004.

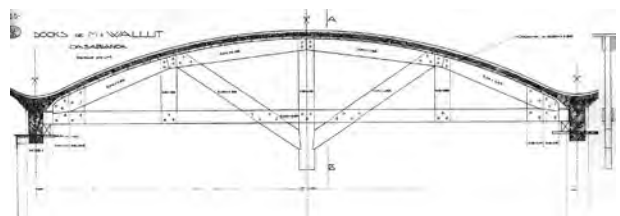


Fig. 1.70 - Auguste Perret: Docks Wallut, Casablanca, Marrocos, 1914-17. Detalhe do cimbramento. [COHEN, 2002]: 93

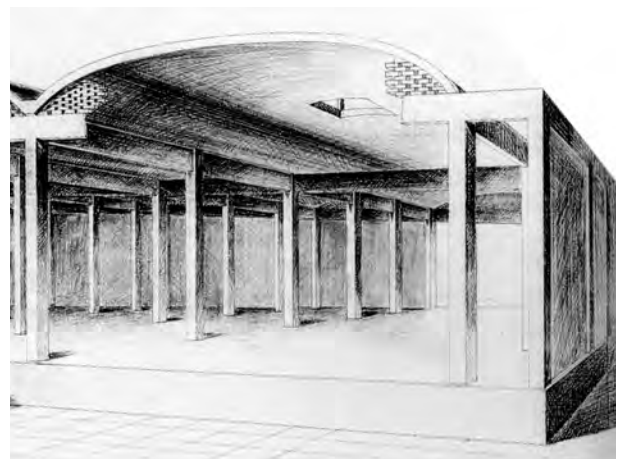


Fig. 1.71 - Auguste Perret: Armazéns Wallut, Casablanca, Marrocos, 1914-17. Perspectiva mostrando a estrutura interna. [COHEN, 2002]: 94



Fig. 1.72 - **Eugène Freyssinet**: Hangares em Orly, França, 1916-21. Vista aérea. [Disponível em <<http://www.columbia.edu/cu/gsap/BT/BSI/VAULT/orlyha-2.jpg>> Acesso em 10 ago. 2003]

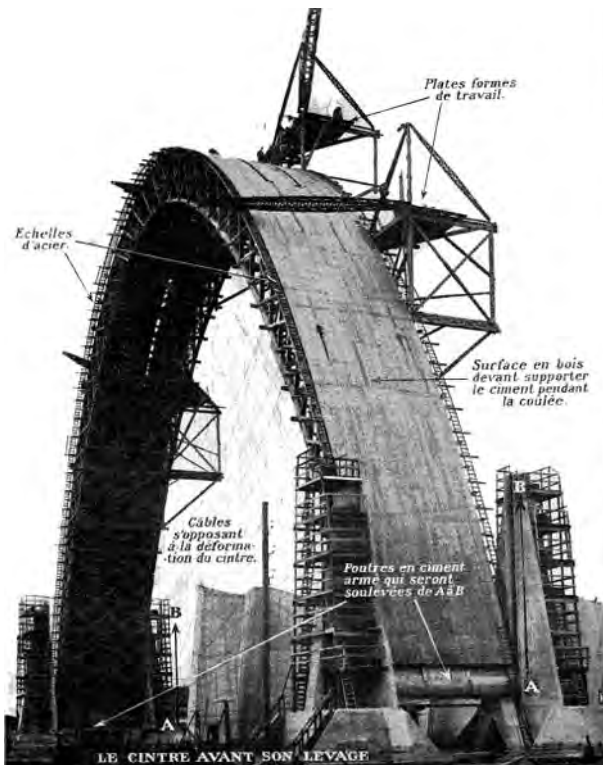


Fig. 1.73 - **Eugène Freyssinet**: Hangares em Orly, França, 1916-21. Montagem dos andaimes. [Disponível em <<http://www.structurae.net/photos/ref09116/orly02.jpg>> Acesso em 10 ago. 2003]



Fig. 1.74 - **Eugène Freyssinet**: Hangares em Orly, França, 1916-21. Montagem do cimbramento. [Disponível em <<http://www.columbia.edu/cu/gsap/BT/BSI/VAULT/img0079.jpg>> Acesso em 10 ago. 2003]

Os hangares gêmeos de Freyssinet

Entre 1916 e 1921 o engenheiro francês Eugène Freyssinet projeta e constrói dois hangares²⁹ para construção e manutenção de dirigíveis (fig. 1.72) em Orly, sul de Paris. O programa elaborado determinava que uma esfera imaginária de 25 metros de raio deveria ser inserida dentro do hangar sem obstrução alguma. As dimensões dos edifícios foram determinadas de modo que pudessem abrigar os dirigíveis sem muito espaço extra, o que resultaria em custos e solicitações adicionais desnecessárias na construção. Os hangares foram destruídos no ano de 1944 durante a segunda guerra mundial pela força aérea norte-americana.

Os dois hangares, que tinham 175 metros de comprimento, 91 metros de largura e 62 metros de altura cada, foram as primeiras tentativas – depois dos projetos de Baudot – de desenhar estruturas monolíticas cujos elementos montados fossem capazes de sustentar a si mesmos. Essas construções pioneiras de vigas dobradas, determinavam uma seqüência de arcos parabólicos que associados formavam uma grande superfície corrugada em concreto armado. Cada arco foi construído individualmente com peças pré-fabricadas de 7,5m de largura (fig. 1.73) e seção variável, iniciando com 4,4m de comprimento na base e terminando com 3,4m no topo. Entre cada arco foram colocadas janelas que começavam a 20m do solo, com vidros amarelos – utilizados para prevenir os efeitos da radiação solar sobre os dirigíveis.

O processo de construção utilizava concreto fundido em loco para conectar as peças pré-fabricadas, aplicando um pré-tensionamento nas barras transversais. Quando ocorria a cura de um dos arcos, as formas eram removidas e utilizadas para a concretagem do próximo módulo (fig. 1.74).

Estas duas obras influenciaram não só a construção de outros hangares posteriormente, mas também marcaram como o primeiro exemplo de que o concreto poderia ter plena capacidade de enfrentar grandes vãos com economia e rapidez de execução – através da pré-tensão de suas armaduras, que diminuíam as deformações do material – e do reaproveitamento contínuo das formas e andaimes.

29. Ver: ORDÓÑEZ, J.A.F. *Eugène Freyssinet*. Barcelona (Spain): Coop. Industrial Trabajo Asoc, 1979, 445 p.

Capítulo 2 - O concreto armado no Brasil

A Escola Politécnica de São Paulo e as primeiras obras

“Qualquer atividade da engenharia civil envolvendo tecnologia sucita uma prévia organização industrial da construção civil” (VARGAS, 1995, p.225)

Tanto as obras de engenharia como de arquitetura estão intimamente ligadas a um processo de apropriação de conhecimento que envolve adaptação, cognição, estabelecimento de normas e verificação. Estes elementos foram percorridos pelo concreto armado no país. A partir da criação em 1886 do *Escritório Técnico Ramos de Azevedo* pelo professor de Arquitetura da Escola Politécnica, Francisco de Paula Ramos de Azevedo³⁰ (1851-1928), já existia uma certa organização da construção civil no Brasil. Sendo um dos fundadores da Escola Politécnica, Ramos de Azevedo foi um dos organizadores do Liceu de Artes e Ofícios, cuja a finalidade era de não só preparar mestres de construção, mas também atuar como oficina implementadora da fabricação de utensílios da construção civil. De início suas obras eram essencialmente mansões de alvenaria de tijolos, porém logo apareceram construções de grande porte, como o Palácio Campos Elíseos e o Teatro Municipal e, posteriormente, estruturas de aço como o prédio de sua própria sede à Rua Boa Vista, construído em 1922.

Foi justamente com o aparecimento do concreto armado no início do século XX que se constituiu a indústria da construção civil em nosso país. O cimento importado veio a ser substituído em 1897 por uma fábrica de capital nacional, a *Cimento Rodovalho* (hoje *Votorantim*). Utilizavam-se também as chamadas barras de “ferro-pacote”, obtidas por caldeamento de arames importados.

As primeiras publicações sobre este assunto



Francisco de Paula Ramos de Azevedo



Fig. 1.75 - *Revista Polytechnica*: Capa da edição nº 99 de 1930.

30. O Arquiteto Francisco Ramos de Azevedo chefiou o escritório F. P. Ramos de Azevedo e Cia, atuando também como: Diretor da Companhia Cerâmica da Vila Prudente da Suburbana Paulista; da Companhia Mogyana de estradas de ferro; Diretor do Liceu de Artes e Ofícios; Conselheiro do Banco Ítalo-Belga; da Sociedade Paulista de Agricultura; da Caixa Econômica de São Paulo; da Comissão Administrativa do Teatro Municipal; Presidente do Instituto de Engenharia e da Comissão de Obras da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo. O Escritório técnico de Ramos de Azevedo, tornou-se famoso não apenas pelas obras que realizou, mas principalmente, pelo numeroso grupo de engenheiros e arquitetos que, em conjunto, trabalharam sob sua direção. [Disponível em <<http://www.sampa.art.br/saopaulo/Ramos%20de%20Azevedo.htm>> Acesso em 10 maio. 2003]

surgem logo no início do século. A “*Revista da Poli*” – importante por ser uma das primeiras revistas de engenharia do Brasil e principalmente por descrever as atividades da Escola Politécnica de São Paulo – publica no seu primeiro número de 1904 um relato sobre os primeiros experimentos e provas de tração e compressão no Gabinete de Resistência de Materiais, sobre algumas amostras dos cimentos existentes no mercado.

VASCONCELOS (1985, p. 13) observa que no mesmo ano de 1904, surge a primeira citação ao concreto armado propriamente dito, documentada pela *Escola Polytechnica do Rio de Janeiro*. Na publicação intitulada “Construções de Cimento Armado” são abordadas as “Aplicações no Brasil”, onde se menciona que os primeiros casos foram realizados na construção de casas de habitação em Copacabana, pela “*Empresa de Construções Civis*”. A execução esteve a cargo do engenheiro Carlos Poma que obtivera em 1892 o “privilégio da patente”, que não passava de uma variante do sistema Monier. Poma chegou a executar seis prédios, alguns com sobrados onde fundações, paredes, vigamentos, soalhos, tetos, escadas e muros eram todos de concreto armado. Tendo obtido sucesso, a mesma empresa, resolveu construir também quatro prédios de dois pavimentos em Petrópolis. Ainda em Petrópolis o engenheiro Poma foi encarregado de construir um reservatório em concreto armado, além de citar outras construções do mesmo gênero em São Paulo, Santos e Belo Horizonte. Na época da edição (1904) estavam sendo construídas no Rio outras obras, tendo sido especificada apenas a da Companhia Açucareira da Praia da Saudade.

No Rio de Janeiro, a empresa *Proença e Echeverria* (especializada em construção de estradas de ferro) teria construído em 1908 uma ponte de 9m com cálculos feitos na França por Hennebi-que. Nada resta dessa ponte, nem fotografia, nem esboços, nem localização. Supõe-se também, que as primeiras estruturas de concreto armado calculadas no Brasil são de *Carlos Euler* e de seu



Fig. 1.76 - Imagens do bairro de Copacabana no Rio de Janeiro em 1906. [Disponível em <<http://copacabana.com/images/oldcopa9.jpg>> Acesso em 20 set. 2003]

31. Pode-se destacar, como fontes principais de consulta para esclarecermos as origens e realizações iniciais desta técnica em nosso país, as revistas publicadas pelas **Escolas Politécnicas** de São Paulo e do Rio de Janeiro, algumas publicações (artigos de congressos) do **Instituto Brasileiro do Concreto** (Ibracon), além do único livro editado sobre o assunto, de autoria do engenheiro carioca formado pela Politécnica de São Paulo, **Augusto Carlos de Vasconcelos**, intitulado “*O Concreto no Brasil: records, realizações e história*”.

auxiliar *Mario de Andrade Martins Costa* que projetaram a ponte em arco de concreto sobre o Rio Maracani, anterior a 1908. A revista *Brazil Ferro Carril* de 1940 ao publicar a biografia de Carlos Euler cita como grande aplicação do concreto armado, pela primeira vez no Brasil, a monumental obra do viaduto entre São Christóvão e São Diogo, sem contudo especificar o tipo de obra e suas dimensões.

Vasconcelos ainda menciona em seu livro o jornal franco-brasileiro *Le Messager* de 18 de junho de 1909, que publica um artigo que cita o arquiteto *Francesco Notaroberto* como autor do projeto e da construção do primeiro edifício de “cimento armado” no estado de São Paulo. Localizado na esquina da Praça do Patriarca com a Rua São Bento (fig. 1.77), sua construção data de 1907 a 1908, competindo com as demais obras pioneiras mencionadas a primazia de ser a mais antiga do Brasil nesta técnica. No mesmo ano de 1908 em São Paulo, a Revista *Polytechnica* nº 22 descreve a Estação de Mairinque como “*o exemplo da mais judiciosa aplicação do cimento armado*”, mostrando que permitiu resolver um importante problema de fundação mediante a constituição de toda a obra em um bloco único, indeformável.

A primeira ponte em concreto armado executada em São Paulo foi construída na Av. Pereira Rebouças sobre o Ribeirão dos Machados (fig. 1.78). A aplicação do concreto armado de forma pioneira resultou em uma obra com preocupações extremas, seguindo as mais recentes especificações e recomendações estrangeiras da época. Concreto bem feito, a proteção das armaduras se deu com grande performance, conservando a ponte em perfeito estado até hoje. Esta ponte foi armada com barras de aço, classificando-se portanto como concreto armado nos moldes atuais.

Perante estes registros, é importante destacar que as obras até então realizadas eram de médio e pequeno porte (de um, dois ou três pavimentos). Só a partir de 1913, com a construção do Edifício Guinle, é que o concreto armado se afirma definitivamente na construção civil brasileira.



Francesco Notaroberto



Fig. 1.77 - **Francesco Notaroberto**: O primeiro edifício em “cimento armado” em São Paulo, 1909. [VASCONCELOS,1985]:16



Fig. 1.78 - **Guilherme E. Winter e Ernesto Chagas**: Primeira obra em concreto armado em São Paulo, a Ponte da Cia. Mogyana em Socorro. Com 28m, foi inaugurada em 3 de maio de 1910. [VASCONCELOS,1985]: 15a



Fig. 1.79 - **Hyppolito Pujol Junior** (engenheiro): Edifício Guinle, São Paulo, 1913 (hoje Edifício Leônidas Moreira). [VASCONCELOS, 1985]:15b

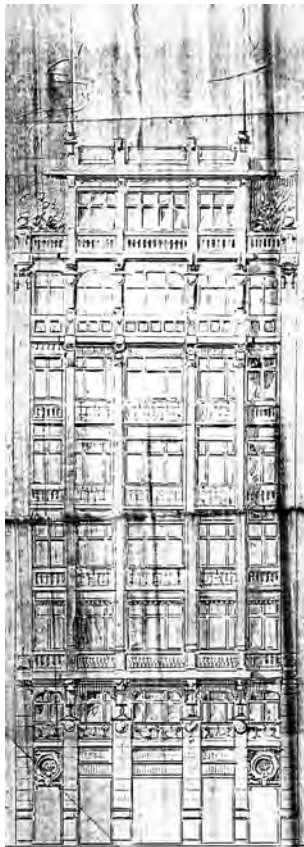


Fig. 1.80 - **Hyppolito Pujol Junior** (engenheiro): Edifício Guinle, São Paulo, 1913. Fachada principal. [IPT/SP - MEMÓRIA HISTÓRICA, 2003]

O Edifício Guinle

“Em um cenário de casas simples e sobrados de no máximo dois andares, surge, em 1913 o Edifício Guinle. Com seus sete andares, constituiu-se em um arranha céu para os padrões da época.” (GORDON, 1992, p.01)

Apesar das precedências em concreto armado citadas, o Edifício Guinle de 1913 é adotado pelos historiadores que abordam a questão do concreto armado como o primeiro edifício utilizando este material construído no Brasil. Esta edificação de função residencial e base comercial é um marco na história pelo pioneirismo na adoção da “nova técnica” que até então só aparecia na Revista Politécnica de São Paulo na seção de “Curiosidades” ou em aulas teóricas de Paula Souza³³.

Conforme CECCHETTI³⁴ *“Em uma declaração na Revista Politécnica, o professor e engenheiro Hyppolito Pujol Junior assume a construção do edifício. Diz ele: <<ousamos erguer o edifício>>, sem entrar em detalhes”*. Pujol era grande propagandista da técnica e já tinha construído em 1911 galerias de esgoto pluvial na cidade de Jaú utilizando concreto armado.

As raras informações sobre a construção do edifício não trazem grandes ilustrações sobre a técnica utilizada, tampouco os registros existentes na prefeitura de São Paulo são esclarecedores. O único desenho disponível é da fachada principal (fig.1.80) que além dos sete pavimentos, mostra cinco vãos (sendo o central maior que os outros quatro), balcões e janelas que se abrem na totalidade da envasadura. No último pavimento existem recuos laterais, criando uma espécie de pequenos terraços-jardim de cada lado do edifício.

O Edifício Guinle é, em termos da técnica, um marco importante como precursor de um processo que despertava interesse dos engenheiros e politécnicos desde o final do século XIX, mas que até então aguardava por uma obra que o comprovasse.

33. **Antonio Francisco de Paula Souza** (1843 - 1917) foi autor do projeto que criou a Escola Politécnica de São Paulo (1893), que dirigiu até sua morte. Professor das cadeiras de Resistência de Materiais e Estabilidade das Construções, introduziu pela primeira vez no Brasil, no início do século XX, o ensino do concreto armado. [Disponível em <<http://www.jorgestreet.hpg.ig.com.br/paulasouza.htm>> Acesso em 11 set. 2003]

34. CECCHETTI, David. *Re: Autor do projeto do Edifício Guinle* [mensagem pessoal] Mensagem recebida por <jcvasc@yahoo.com> em 04 set. 2003.



212a.C - 1919

Guerra, paz e transformações

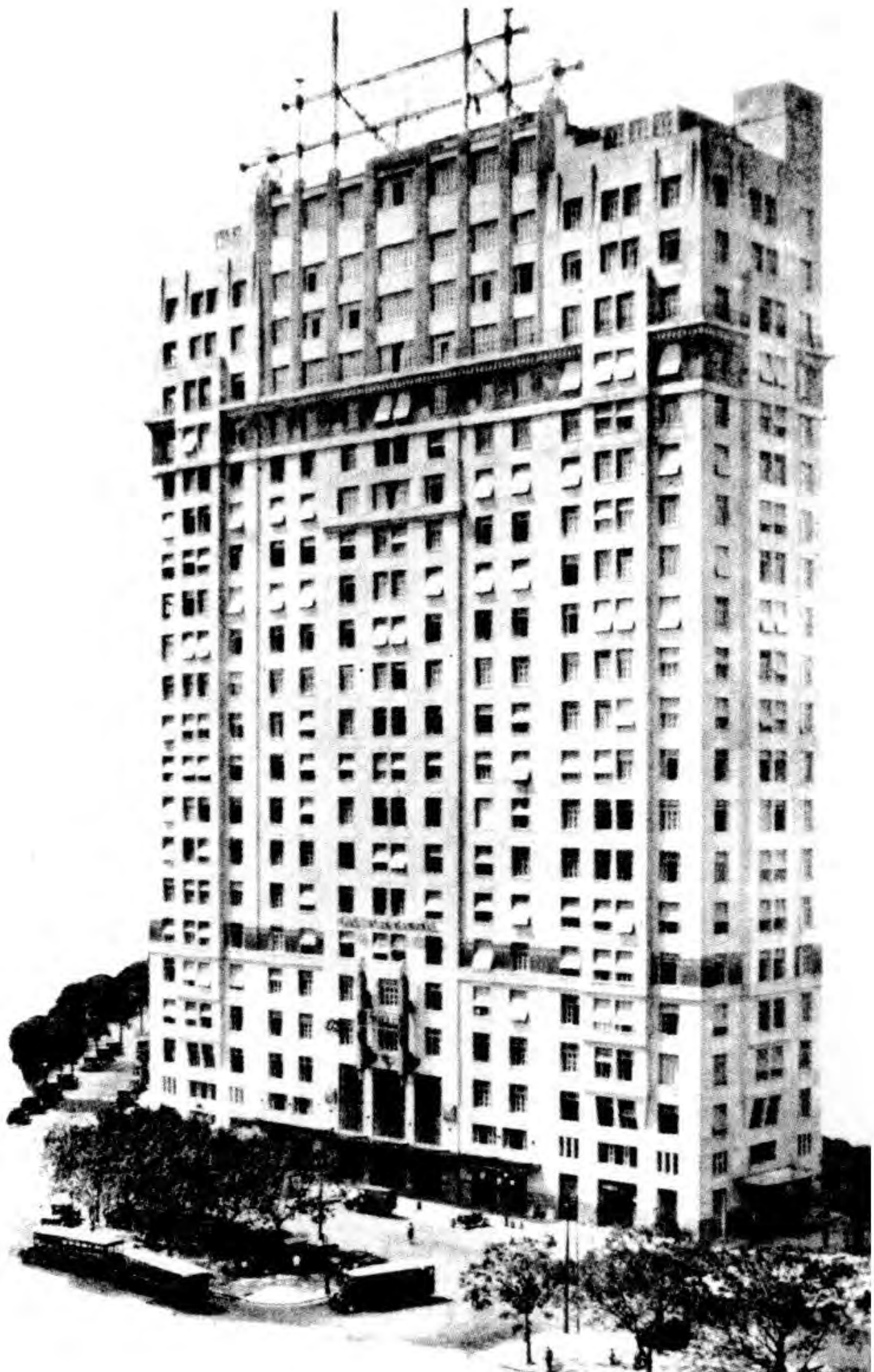
Desde as primeiras realizações efetuadas em meados do século XIX, até o final da Primeira Guerra, o concreto armado se transformou. Passou de um material utilizado preferencialmente como proteção contra incêndio em um componente primordial de um sistema construtivo completo. Ao final da grande guerra, estavam presentes a estrutura reticular consolidada por Hennebique, as lajes planas lançadas por Turner – logo depois aprimoradas por Maillart – e as abóbadas em seqüência de Perret. Mesmo com prenúncio das batalhas, o concreto armado conseguiu vencer o desafio da construção em altura com o edifício Ingalls, abriu-se caminho para a racionalização da construção com o *Unity Temple* e ultrapassou-se o limite das cargas dinâmicas com a fábrica da Fiat. Em meio aos enfrentamentos, iniciaram-se as obras dos hangares em Orly, primeiro passo para a aplicação do concreto pré-tensionado nas estruturas de concreto e sinal claro que as formas curvas tinham potencial a ser explorado.

O Brasil, que participou da guerra apenas com algumas ações no final de 1917, termina o período com pelo menos um edifício construído em concreto armado e algumas pontes. A chegada da técnica no país é marcada pela ação dos politécnicos – primeiramente de São Paulo e depois do Rio de Janeiro – que detinham o domínio tecnológico e conhecimento subjetivo dos comportamentos e a manipulação de modelos e tipos já estabelecidos fora do país.

“Em novembro de 1918, a guerra e as batalhas que dominavam o mundo desde 1914 terminam. Em julho de 1919 é assinado o tratado de Versalhes que finalmente desarma a Alemanha e impõem uma série de restrições ao país considerado culpado pela Primeira Guerra Mundial.”
(ISNENGHI, 1993, p.129 e 133)



Fig. 1.81 - Em 1916, no front francês, um soldado alemão acende o cigarro de um prisioneiro inglês. [ISNENGHI, 1993]: capa



Parte 2

Concreto Armado

Excelência estrangeira e firmação brasileira
1920-1939



“ Construir é, sem dúvida, a mais antiga e importante das atividades humanas. É a síntese mais expressiva das capacidades de um povo. ”

–Pier Luigi Nervi

Páginas anteriores:

Fig. 2.00 [fotografia] - **Eng. Emilio Baumgart**: Edifício do jornal A Noite, 1928. [SEGAWA, 1987]:65

Fig. 2.00a [pintura]- **Tarsila do Amaral**: *São Paulo*, 1920. [http://www.bichodumato.blogspot.com.br/Tarsila_Sao_Paulo.jpg]

Capítulo 1 - Planta livre e a força das curvas

Planta livre em Le Raincy

A igreja *Notre-Dame-de-la-Consolation* (fig. 2.01) em *Le Raincy* (1922-1923) de Auguste Perret é representante de uma fusão do racionalismo clássico e o ideal greco-gótico, possui 53m de comprimento e 19m de largura, alcançando 43m de altura no ponto máximo do campanário.

A estrutura da igreja – primeira a ser construída completamente em concreto armado (CHAMPIGNEULLE, 1959, p.144) – é formada por 32 pilares de 11m de altura cada, com vão longitudinal de 10m. A seção da base dos pilares possui 43cm, afunilando no topo, chegando aos 35cm. Estas colunas podem ser interpretadas tanto em termos representativos como ontológicos: primeiro, pela presença evidente de um suporte de concreto armado sem revestimento; segundo, pelas marcações estriadas na vertical produzidas pelas ripas de madeira originadas das formas das colunas. Estes filetes concedem um perfil ambíguo que conforme diz Frampton podem ser interpretados primeiramente como “caneluras da ordem dórica, ou de outra parte das formas cilíndricas apinhadas do típico pilar gótico”³⁵. Perret também disserta sobre o “efeito floresta” gerado pelo já citado ato de descolar os pilares da vedação vertical, criando efetivamente três naveis estruturais, com 4 linhas de pilares longitudinais:

“Neste edifício separamos completamente as colunas das paredes, permitindo que a vedação transcorra livremente fora delas. Ao desenhar todas as colunas soltas, formam-se quatro fileiras de colunas ao invés das duas habituais. O maior número de colunas no campo de visão tende a incrementar enormemente o tamanho aparente da igreja, produzindo uma sensação de espacialidade e grandiosidade. A esbeltez das colunas, sua maior altura e a falta de detalhes auxiliam a materializar este efeito.” (PERRET apud FRAMPTON, 1995 p.132).

A contenda de Perret para produzir o sublime efeito neo-gótico dissimula a importância da execução pela primeira vez de uma planta livre

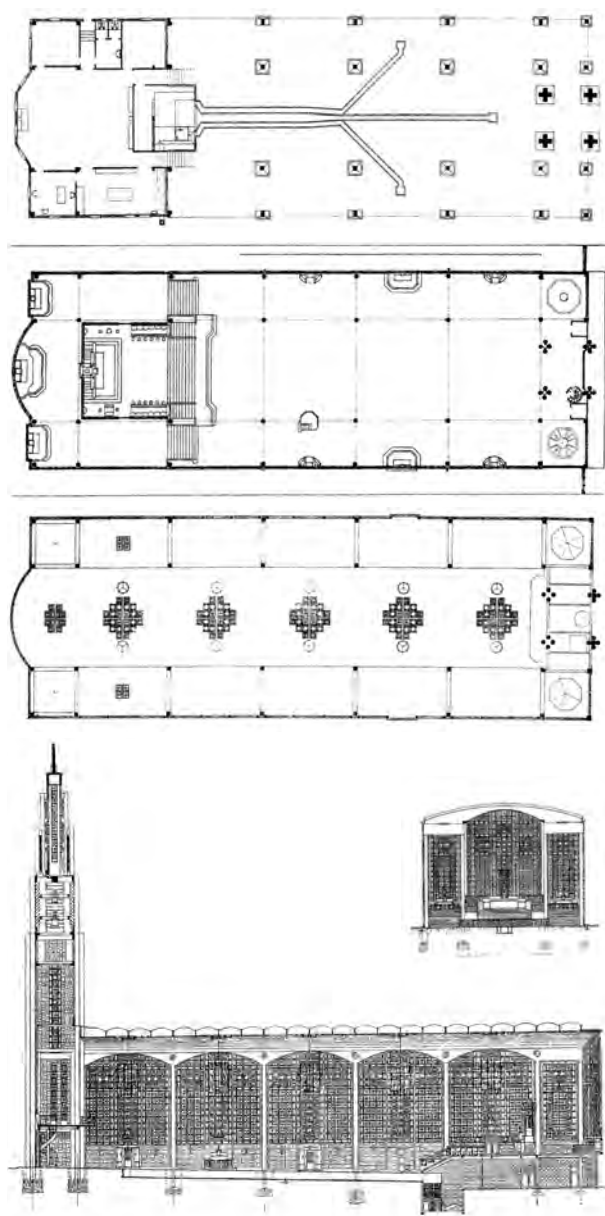


Fig. 2.01 - Auguste e Gustave Perret: Igreja *Notre-Dame-de-la-Consolation* em *Le Raincy*, 1922-23. Plantas do subsolo (com os dutos de calefação), principal e da cobertura. Cortes transversal e longitudinal. [FRAMPTON, 1995]:134



Fig. 2.02 - Auguste e Gustave Perret: Igreja *Notre-Dame-de-la-Consolation* em *Le Raincy*, 1922-23. Vista interna. [Revista Tectonica nº03]:08

35. FRAMPTON, 1995. p.134



Fig. 2.03 - Auguste e Gustave Perret: Igreja *Notre-Dame-de-la-Consolation* em *Le Raincy*, 1922-23. Fachada lateral com os módulos de concreto e vidro, estruturados por grandes “montantes” verticais em concreto armado. [Disponível em <<http://www.structurae.de/photos/raincy03.jpg>> Acesso em 05 ago. 2003]



Fig. 2.04 - Auguste e Gustave Perret: Igreja *Notre-Dame-de-la-Consolation* em *Le Raincy*, 1922-23. Vista interna da igreja em obras, com colunas de dupla altura sustentando a laje do coro. [COHEN, 2002]: 178

e das fachadas (fig. 2.03) completamente soltas dos pilares. Estas fachadas são estruturadas por montantes em concreto armado que enrijecem os planos compostos pelos elementos pré-fabricados de cimento e vidro colorido, compondo a superfície como em um grande vitral em que os módulos correspondentes a posição interna dos pilares se configuram anômalos em relação ao vão. Sobre a desvinculação da parede do suporte, escreveu Perret:

“Si nous avions noyé les poteaux dans la clôture nous aurions certainement éprouvé par la suite le besoin de réaffirmer ces poteaux par quelque ornement, nous avons préféré l'affirmer en les montrant tout entiers. C'est l'élément même de la construction qui fait ornement”. (PERRET apud CHAMPIGNEULLE, 1959, p.144)

As “paredes-vitral” – compostas por elementos geométricos – formam um padrão cruciforme no centro de cada intercolúnio e estão colocadas de forma que o seu topo coincide com o pequeno balanço provocado pela projeção da abóbada longitudinal, que se debruça sobre a vedação e conecta os seus montantes proporcionando estabilidade e rigidez ao extenso plano vertical.

As curvas das abóbadas de cobertura estão ajustadas de maneira que nos gomos longitudinais o ponto de apoio com os pilares se torna plano evitando um contato em “v” da aresta viva – como em uma cobertura abobadada convencional – com o topo das peças cilíndricas verticais. Já o encontro entre a grande abóbada da nave central com as laterais acontece naturalmente, configurando no conjunto uma grande “laje plissada” de cobertura, num jogo formal confluyente de planos convexos que se planificam ao contato dos pilares.

Em *Le Raincy*, a singeleza do acabamento é dominada pelo vigor e elegância das proporções. O resultado desta composição sintática da estrutura de concreto é, além de uma “*imagem nostálgica de um pseudo-gótico*”³⁶, um marco na questão da planta e fachada livre que Le Corbusier formularia em seus cinco pontos de 1926, dois anos depois da conclusão das obras da igreja.

36. IBIDEM p.133

Nervi e a racionalidade da curva

Foi o italiano Pier Luigi Nervi (1891-1979) que, a partir do final da década de 20 do século XX, deu continuidade a questão do arco e da abóbada nas estruturas de concreto armado. Seguindo o caminho apontado por Maillart, Max Berg e Freyssinet, Nervi torna-se o mais fiel e verdadeiro intérprete das aspirações de um racionalismo que ultrapassa a forma do diedro, do cubo, da armação ortogonal das superfícies transparentes de arestas vivas. Bastou indagar-se sobre a natureza dos materiais para Nervi perceber que, dentro do raciocínio ortodoxo, a articulação ortogonal constituída por pilastras e arquivada com teto plano não só era a única possível, mas que também nem sequer era a mais adequada as novas estruturas, nem a mais aconselhável aos novos construtores:

“Si bóvedas, cúpulas y arcos se habían hecho de piedra, de ladrillos y de puzolana, ¿por qué no habían de poder hacerse de un material más ligero, dócil y plasmable como el hormigón armado?”
(PICA, 1969 p.9)

A leitura do mecanismo construtivo destes elementos, como sugerida na pergunta acima, norteou a obra de Nervi. Em seu primeiro projeto representativo, um estádio de 35 mil lugares em Florença (fig. 2.05), cobriu a tribuna de 6 mil assentos com uma marquise de 100 metros de comprimento balançada em 22 metros, sustentada por vigas transversais de seção variável (fig. 2.07). O perfil curvado destas vigas apoiadas em dois pontos lembra o sistema estrutural da ponte Tavanasa de Maillart, agora sem carga dinâmica, mas fundida juntamente com a estrutura geral da arquibancada.

Construído com orçamento reduzido, o estádio municipal possui ainda cinco escadas helicoidais (fig. 2.08) “de excepcional hiperestaticidade, projetada por verificações aproximativas dos sistemas estáticos elementares, individualizados do sistema complexo”³⁷. Colocadas externamente em relação a estrutura, estão apoiadas no ponto médio em uma viga também helicóide, espelhada em relação ao sentido da escada, criando um cruzamento em “X” em torno de um eixo imaginário. Completa o conjunto uma torre para controle de maratonas com 55m de altura.



Fig. 2.05 - Pier Luigi Nervi: Estádio Municipal, Florença, 1929-32. Vista da marquise com 22m de balanço. [DESIDERI, 1982]:24

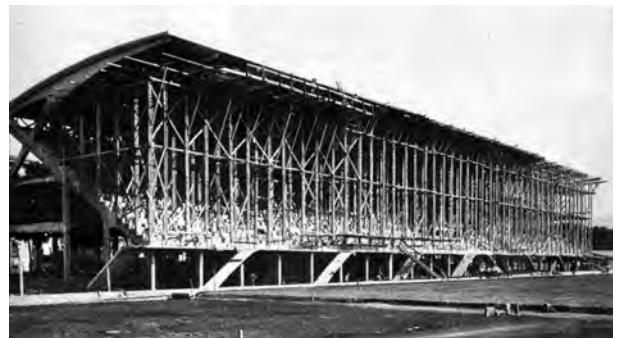


Fig. 2.06 - Pier Luigi Nervi: Estádio Municipal, Florença, 1929-32. A marquise em fase de concretagem. [DESIDERI, 1982]:25

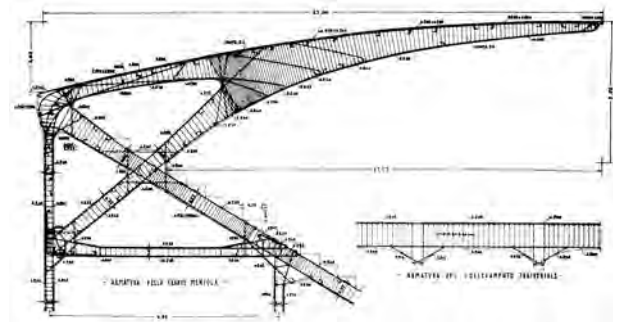


Fig. 2.07 - Pier Luigi Nervi: Estádio Municipal, Florença, 1929-32. Detalhamento das armaduras. [PICA, 1969]:55



Fig. 2.08 - Pier Luigi Nervi: Estádio Municipal, Florença, 1929-32. Estrutura da escada helicoidal. [DESIDERI, 1982]:61

37. Conforme DESIDERI, 1982, p.27



Fig. 2.09 - **Pier Luigi Nervi**: hangar em Orvieto, 1935. Vista frontal do hangar aberto. [DESIDERI, 1982]:32



Fig. 2.10 - **Pier Luigi Nervi**: hangar em Orvieto, 1935. Montagem das armaduras e cimbramento. [DESIDERI, 1982]:33



Fig. 2.11 - **Pier Luigi Nervi**: hangar em Orvieto, 1935. Vista interna da grelha rotacionada em relação ao eixo longitudinal. [DESIDERI, 1982]:28

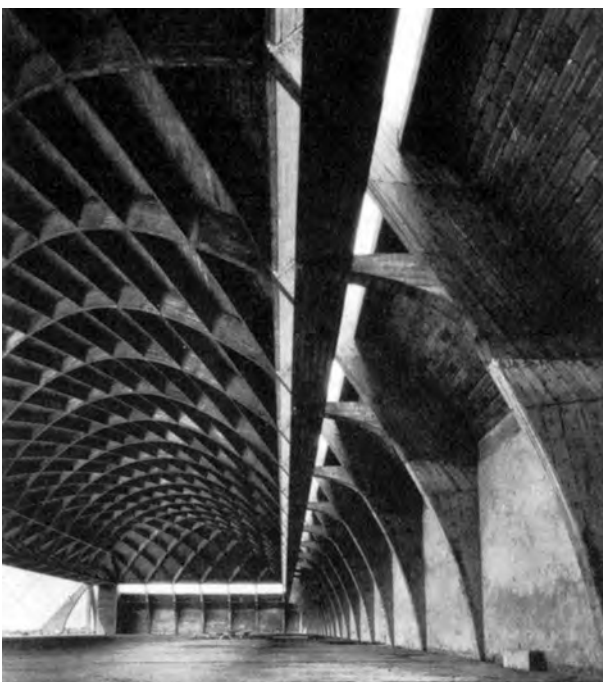


Fig. 2.12 - **Pier Luigi Nervi**: hangar em Orvieto, 1935. Vista interna da estrutura (grelha ortogonal). [DESIDERI, 1982]:33

Três anos após a conclusão do Estádio Municipal, Nervi constrói dois hangares em Orvieto (figs. 2.09 e 2.10), região central da Itália. Em um deles, a estrutura é formada por uma série dupla de arcos que se cruzam em ângulo reto, contidos em planos dispostos a 45° com o eixo longitudinal do hangar (fig. 2.11). Em planta, a estrutura assume o aspecto de um reticulado de malhas iguais. No segundo, a estrutura da malha não é rotacionada e as vigas longitudinais são mais baixas que as transversais, gerando uma leitura mais convencional de suporte da cobertura (fig. 2.12). A superfície livre de apoios dos dois hangares possui 111,50 x 44,80m, e a vedação do lado maior tem um único apoio na linha mediana e altura mínima a partir do solo de 8m. Em correspondência com as aberturas frontais, cada uma com vão livre de 50m, a estrutura está formada por um sistema reticular espacial do qual os arcos são apoiados por uma grande viga horizontal que percorre todo hangar no sentido longitudinal. Ao longo de todo o lado livre, onde só um suporte intermediário está presente, os elementos reticulares de cobertura têm a função de relevar as cargas para as partes da estrutura mais próximas aos três pontos de apoio. Obtém-se dessa forma uma colaboração de todas as partes no sentido de suportar o grande vão.

Nas duas obras está presente princípios de uma severa, porém despreocupada, elegância estática. Principalmente nos dois hangares de Orvieto onde Nervi destaca sua adesão de construtor a uma consideração não superficial da arquitetura gótica, advertido que muitas das soluções construtivas fundamentais que o gótico explicita e leva ao limite estavam já contidas como alusão e primeira aplicação naquela prática da “engenharia romana”.

Na obra de Nervi esta extroversão gótica da estrutura, isto é, o emprego de um “esqueleto exterior ao corpo” (arcobotantes, contrafortes, pináculos como contrapeso sobre os contrafortes) se contamina com a técnica de suspensão funicular das grandes pontes do século XVIII. Assim, a solução de um problema técnico ou funcional nunca é unívoca, como nas escadas do estádio de 1929, onde Nervi poderia ter adotado pilares normais para o apoio no lugar das elegantes vigas helicoidais que responde em simetria dinâmica ao ritmo da escada e denota clara e felizmente uma investigação de caráter distinto e exclusivamente figurativo.

Torroja e o Hipódromo de Madri

No mesmo ano que Nervi projeta e constrói os hangares de Orvieto, o engenheiro espanhol Eduardo Torroja y Miret (1899-1961) elabora juntamente com os arquitetos Carlos Arniches e Martín Domínguez o Hipódromo Zarzuela em Madri.

As premissas funcionais determinavam que as tribunas cobertas deveriam possuir uma visibilidade clara e desimpedida do circuito, que no lado oposto dos assentos estivesse o *paddock* e abaixo deles uma série de salas administrativas e galeria. A cobertura deveria cobrir totalmente as tribunas e a circulação superior, finalizando o perfil básico da seção do hipódromo (fig. 2.14).

A ausência de apoios verticais nas extremidades da estrutura da cobertura e o longo balanço requerido para cobrir todos os espectadores foram determinantes para a realização de um estudo apurado do sistema de lajes, sua estática e construção. O projeto foi vencedor de uma competição que durou três meses, boa parte desse tempo tomado para definir questões programáticas e funcionais. Só nos últimos dias Torroja estudou a geometria geradora da forma das lajes, passando de arcos simples e conóides, até chegar no formato hiperbolóide final.

A sensação de leveza, proporcionado pela grande estrutura em balanço, foi possível através do conjunto dos atributos geométricos tridimensionais, onde a combinação da forma da hipérbole maior (14m de balanço) com o contra-balanço oposto menor (de 7,6m), equilibrou o sistema. Juntamente com a seção variável dos pilares (que ampliaram a inércia do conjunto), um contraventamento de vigas de alta rigidez (fig. 2.17) e de um tirante na extremidade voltada para o *paddock* conseguiu-se o equilíbrio estático da laje ondulante de apenas 5cm de espessura e que, ao aproximar-se do apoio vertical, ampliava sua convexidade³⁸.

A grande particularidade desta grande estrutura é a família de arcos hiperbólicos em compressão funcionando em conjunto com uma família ortogonal de cabos em tração. Cada elemento de dupla curvatura atua transferindo sua carga aos suportes do teto, criando uma trama cooperativa de grande plasticidade no conjunto.

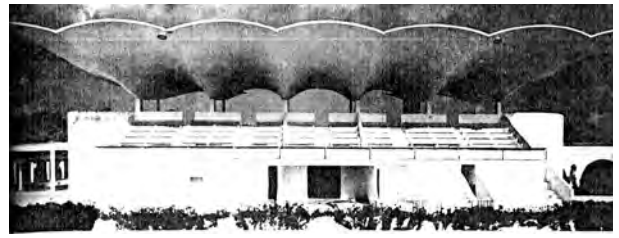


Fig. 2.13 - Eduardo Torroja (engenheiro estrutural): Hipódromo Zarzuela, Madri, 1935. Vista externa da marquise. [TORROJA, 1958]:15

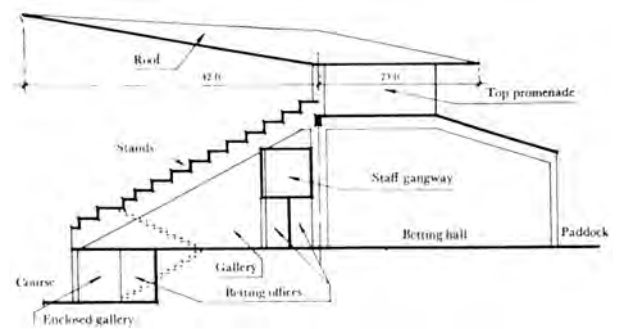


Fig. 2.14 - Eduardo Torroja (engenheiro estrutural): Hipódromo Zarzuela, Madri, 1935. Seção transversal. [TORROJA, 1958]:03

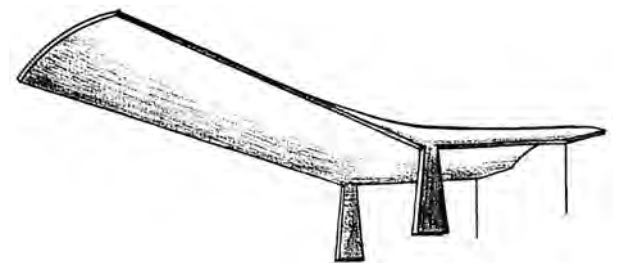


Fig. 2.15 - Eduardo Torroja (engenheiro estrutural): Hipódromo Zarzuela, Madri, 1935. Módulo de cobertura hiperbolóide. [TORROJA, 1958]:08

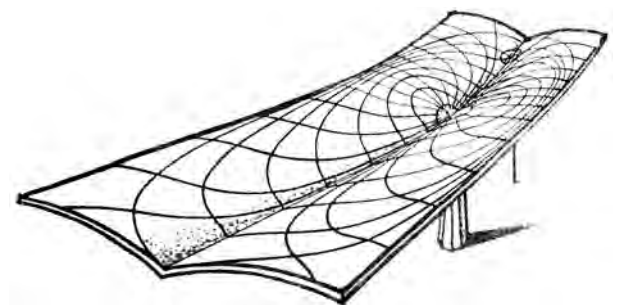


Fig. 2.16 - Eduardo Torroja (engenheiro estrutural): Hipódromo Zarzuela, Madri, 1935. Diagrama da transmissão das tensões radiais. [TORROJA, 1958]:12

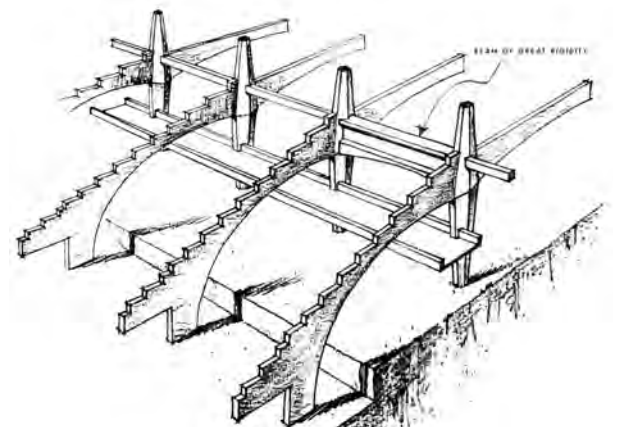


Fig. 2.17 - Eduardo Torroja (engenheiro estrutural): Hipódromo Zarzuela, Madri, 1935. Módulo de cobertura hiperbolóide. [TORROJA, 1958]:08

38. Ver: TORROJA, 1958, p.10

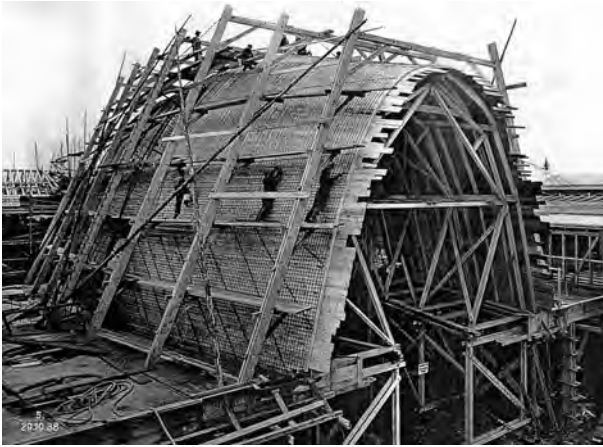


Fig. 2.18 - **Robert Maillart**: Cement Hall, Zúrique. Montagem das armaduras em 29 de outubro de 1938. [BELLINGTON, 1990]:226a



Fig. 2.19 - **Robert Maillart**: Cement Hall, Zúrique. Vista do arco parabolóide sem as formas em 1º de dezembro de 1938. [BELLINGTON, 1990]:235a

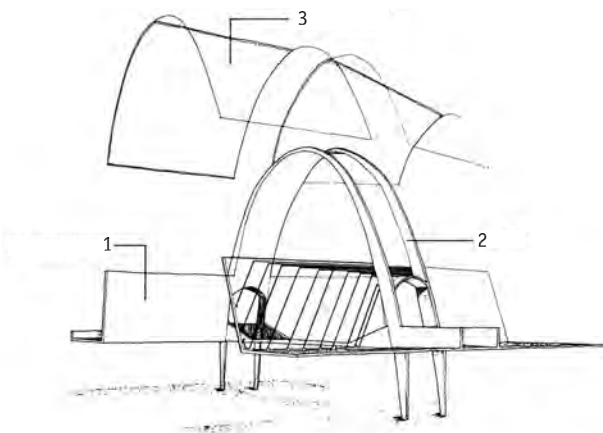


Fig. 2.20 - **Robert Maillart**: Cement Hall, Zúrique, 1938. Perspectiva explodida do sistema construtivo. 1) abas em balanço 2) arcos principais 3) cascas parabólicas [BELLINGTON, 1990]:235b

O Hall do Cimento de Maillart

A questão da curva na arquitetura em concreto armado na Europa é continuada com um pavilhão construído por Robert Maillart em 1938 para uma exposição em Zúrique. O Hall do Cimento (fig. 2.18 e 2.19) é uma obra de exceção no conjunto das obras de Maillart, composta principalmente por pontes e estruturas reticulares de lajes planas.

A busca pelos limites do concreto armado, a aplicação de novas práticas de execução das formas, a liberdade que provinha da situação normativa da Suíça e a situação política deste país no período, foram determinantes para que Maillart se tonasse um dos pioneiros em termos da renovação construtiva e formal.

Estruturalmente, este pavilhão parabólico era inédito, pois diferentemente dos hangares de Freyssinet em Orly, era constituído por uma casca em concreto armado de apenas 6cm de espessura, vencendo um vão de 11,7m. A ausência dos tímpanos de reforço³⁹ foi compensada por duas vigas transversais próximas ao eixo central que se prolongavam – elevando o abrigo do solo – e por uma laje de concreto horizontal que conectava os dois lados como uma passarela.

Maillart, avançando mais ainda em seu intento inovador, desenha os quatro apoios com seção variável, diminuindo de dimensão na razão inversa da proximidade com o solo. Juntamente com os balanços das abas laterais, a delgada estrutura de concreto armado transmitia uma incomum idéia de leveza, suspenso aproximadamente 4m do chão pelos pilares conforme ilustra o esquema estrutural na fig. 2.20.

O “Cement Hall” foi uma das mais expressivas estruturas em concreto armado do período, tanto pelas dimensões e pela técnica, como pela plasticidade do objeto. O próprio Maillart externou o sucesso de sua obra durante a feira no ano de 1939: *“tanto os técnicos como os leigos ficaram muito espantados e admirados com a estrutura.”*⁴⁰

39. “As abóbadas apresentam comportamento funicular, para qualquer tipo de carregamento, excetuando-se cargas pontuais” [REBELLO, 2000]:141. Dessa forma, a passarela central era o único elemento que absorvia as tensões de deformação, amarrando as arestas opostas da curva parabólica.

40. Ver: BELLINGTON, 1990, p.234

Capítulo 2 - A afirmação brasileira

A prática nos anos 20

“Antes de 1920 quase todos os edifícios no Brasil eram térreos ou assobradados. Para se ter uma idéia, em 1911 existiam em São Paulo 36.100 prédios urbanos dos quais apenas 159 possuíam mais de dois pavimentos” (SANTOS apud VASCONCELOS, 1985 p.38)

Esta observação de Sergio Pacheco dos Santos sobre a verticalização das cidades no Brasil pode ser explicada, entre outras razões, pela ausência de arquitetos ou engenheiros nas construções. As obras em geral eram feitas por operários que possuíam experiência no ramo da construção. Como não apresentavam interesse ou dificuldades estruturais, os técnicos não eram consultados. É claro que obras de engenharia, sempre existiu a preocupação na contratação de engenheiros nacionais ou estrangeiros que avaliavam seu cálculo e execução, porém, quando se tratava da edificação propriamente dita esta importância não era a mesma.

Como já mencionado, nos anos 20 se inicia um processo de maior participação dos brasileiros. Antonio Alves Noronha cita em um artigo de 1948⁴¹ as razões do início da contratação de obras diretamente com profissionais locais: 1) A decisão do governo brasileiro de construir na Ilha das Cobras um Arsenal da Marinha, para garantir após a 1ª Guerra Mundial de 1914/18, a segurança nacional. 2) A transformação do Gabinete de Resistência dos Materiais da Escola Politécnica de São Paulo em 1926 num laboratório de Ensaios de materiais por iniciativa de Ramos de Azevedo e Ary Torres, com a finalidade de atender a pedidos feitos por particulares do ramo de construções em geral. 3) O aprendizado por meio de estágios de engenheiros brasileiros em firmas instaladas no Brasil.

Desta forma, se iniciou no Brasil uma situação favorável para que os engenheiros locais tivessem a sua independência em termos de referencial teórico e prático e que, anos mais tarde, serviria de suporte para uma projeção internacional.



Fig. 2.21 - São Paulo: Vista da Estação da Luz em direção a Zona Sul, 1913. [Disponível em <http://www.spnoar.com.br/fotos/sp_antigas/images/luz_dir_zsul_1913_jpg.jpg> Acesso em 20 set. 2003]



Fig. 2.22 - Porto Alegre: Vista da Rua dos Andradas, 1915. [Disponível em <<http://www.fotosantigasrs.hpg.ig.com.br/portoalegre/rua%20da%20praia%20em%201915%20-%20bonde%20eletrico.jpg>> Acesso em 20 set. 2003]

41. O engenheiro **Antonio Alves Noronha** (1904-1962) realizou mais de 2000 obras vários estados brasileiros. Conhecido internacionalmente pelos cálculos do Estádio do Maracanã e da Ponte Rio-Niterói, escreve o artigo intitulado *“A construção civil no Brasil”* na revista *Concreto*, nº16 de mai/jun de 1948.



Fig. 2.23 - **Emilio Henrique Baumgart**: À esquerda, aos 18 anos de idade em sua cidade natal, Blumenau/SC. Acima à direita, em 1918 na ocasião de sua formatura pela Escola Politécnica do Rio de Janeiro. Abaixo, já como um dos maiores engenheiros da história do concreto armado no Brasil. [CONCRETO, nº75 jun de 1945]



Fig. 2.24 - **Emílio Baumgart**: Ponte Maurício de Nassau, no Recife/PE, 1913. Primeira ponte feita em viga contínua e sem juntas de dilatação. [CONCRETO nº75 jun de 1945]:195

Engenheiro Emilio Baumgart

“Baumgart não somente foi o primeiro brasileiro a participar da transferência da tecnologia do concreto armado da Alemanha para o Brasil, mas também, por sua genialidade, desenvolveu e suplantou o que na época se fazia no estrangeiro.”
(VASCONCELOS, 1985)

Emilio Henrique Baumgart (fig. 2.23), notável engenheiro brasileiro, conhecido como “o pai do concreto armado no Brasil”, nasceu em Blumenau, Santa Catarina em 25 de Junho de 1889 e faleceu no Rio de Janeiro em 9 de Outubro de 1943, vítima de ataque cardíaco ao sair de casa para o trabalho.

Na época em que nasceu, em Santa Catarina se falava mais o alemão do que o português. Por este motivo, Baumgart se expressava melhor no alemão e, em suas notas particulares, escrevia sempre em alemão. As operações aritméticas que fazia eram sempre em alemão, como havia aprendido na infância. Isto contribuiu de modo favorável ao solicitar estágios, alguns anos mais tarde, em firmas de origem alemã que construíam no Rio de Janeiro.

Era filho de Gustavo Baumgart e de Matilde Odebrecht Baumgart. Esta era filha do conhecido engenheiro do Estado, Emilio Odebrecht. A grande firma construtora brasileira, sediada em Salvador, *Construtora Norberto Odebrecht*, foi fundada por um primo de Emilio Baumgart, alcançando grande fama com seu enorme acervo de realizações em todo o Brasil. O pai de Norberto, Emilio Odebrecht Jr, era apontador de obra e também tio de Baumgart.

Baumgart fez seus primeiros estudos no Ginásio São Leopoldo, no Rio Grande do Sul, indo para o Rio de Janeiro em 1911 para ingressar na então Escola Politécnica (atual Faculdade de Engenharia da UFRJ). Custeou seus estudos lecionando ao mesmo tempo no Ginásio São Bento e trabalhando desde o segundo ano, na construtora *L. Riedlinger* (percursora da Companhia Construtora Nacional), onde em 1913 elaborou alguns dos primeiros projetos em concreto armado do Brasil, como a ponte Maurício de Nassau no Recife (fig. 2.24).

Formou-se Engenheiro Civil em 1919 e lecionou no curso de Arquitetura na Escola Nacional de

Belas Artes, ministrando a disciplina de “*Sistemas e detalhes de construção, desenho técnico, orçamentos e especificações*” no ano de 1931. Baumgart foi o segundo professor titular desta cadeira, onde se estudava a “estereotomia do ferro, da madeira, os seus diferentes sistemas de construção, aplicações e detalhes de esquadrias, tesouras, estruturas metálicas, concreto armado e suas aplicações, desenho técnico orçamento e especificações”, conforme esclarecia o respectivo programa⁴².

Seus projetos estruturais abriram novas perspectivas para a utilização do concreto armado, tendo sido autor do cálculo estrutural de obras pioneiras da engenharia brasileira. Dois de seus projetos tiveram significado mundial: o edifício A Noite, na praça Mauá no Rio de Janeiro, que com seus 24 andares se tornou na época o mais alto do mundo em estruturas de concreto armado; e a ponte sobre o Rio do Peixe, entre Herval e Cruzeiro, hoje denominada Emilio Baumgart, com o maior vão livre conhecido na época (68,5m) foi executada por um método revolucionário devido a sua altura excessiva e às repetidas cheias. A concretagem foi feita da margem para o centro em balanços progressivos, sem auxílio de andaimes e escoramentos, fato inédito na história do concreto armado.

De cerca de 300 projetos de estruturas para grandes edifícios⁴³, podem ser citados o Hotel Glória (fig. 2.25), o Copacabana Palace (fig. 2.26), O Cinema Capitólio (primeiro arranha-céu do Rio de Janeiro em 1924) o Teatro João Caetano, o primeiro hangar construído no Rio de Janeiro, no Campo dos Afonsos, Papelaria União, Edifício Guinle, Albergue Noturno, Edifício Roxy (com a cúpula de 36,2m de diâmetro e apenas 7cm de espessura) o Ministério da Educação e Saúde Pública (pioneiro sistema de lajes com cogumelo invertido), todos no Rio de Janeiro. Destacam-se ainda o Edifício Salic em Porto Alegre (fig. 2.27), o Cine Teatro Brasil em Belo Horizonte e a sede do Banco do Brasil em São Paulo.

Não obstante o grande conhecimento de Emilio, poucos queriam aceitar o concreto em grandes



Fig. 2.25 - **Emílio Baumgart**: Hotel Gloria, Rio de Janeiro, 1922. Cálculo estrutural. [Disponível em <<http://www.brazils-hotels.com/images/glorioex1.jpg>> Acesso em 17 ago. 2003]



Fig. 2.26 - **Emílio Baumgart**: Copacabana Palace, Rio de Janeiro, 1923. Cálculo Estrutural. [BOECHAT, Ricardo. *Copacabana Palace: um Hotel e Sua História*. Rio de Janeiro: DBA, 2000. 182p]

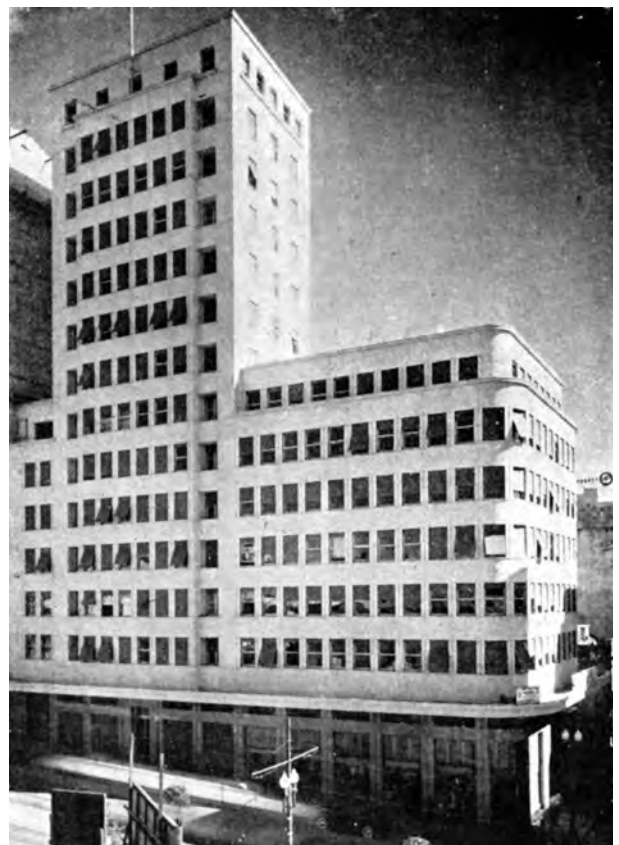


Fig. 2.27 - **Arq. Roberto Capello e Eng. Emílio Baumgart**: Edifício Salic em Porto Alegre. Cálculo e detalhes da estrutura. Execução: Companhia Construtora Nacional S.A. [CONCRETO, nº 75 jun 1945]:187

42. CONCRETO nº75, jun 1945 p.177.

43. Além dos projetos citados, Emílio Baumgart projetou as mais variadas estruturas para cerca de 500 diversas obras: reservatórios, hangares para aviões, oficinas, armazéns, flutuantes, piscinas, etc e mais de uma centena de viadutos e pontes. [CONCRETO nº55, out 1943]:107



Fig. 2.28 - **Emílio Baumgart**: Ponte sobre o Rio do Peixe, em Erval /SC, 1930. Com vão de 68,5m foi construída totalmente livre de escoras. [Engineering News-Record, ago de 1931]:209

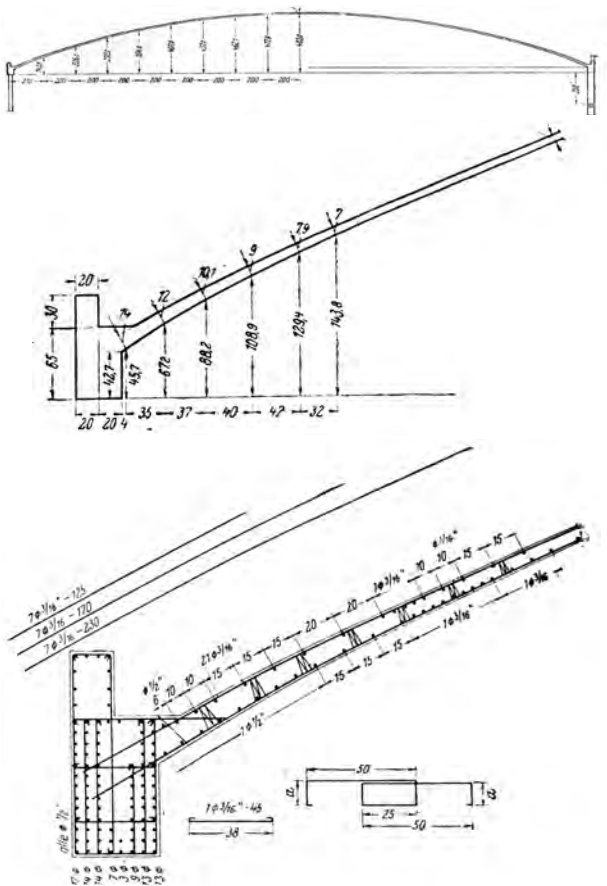


Fig. 2.29 - **Emílio Baumgart**: Cinema Roxy, Rio de Janeiro. No alto, corte. Ao centro, engaste da cúpula na cinta de contorno. Acima, detalhe da armadura. [CONCRETO nº75 jun de 1945]:198



Fig. 2.30 - **Emílio Baumgart**: Cinema Roxy, Rio de Janeiro. Cúpula em fase de concretagem. [CONCRETO nº75 jun de 1945]:197

construções. Emílio encontrou sempre enorme oposição por parte dos clientes e dos próprios engenheiros, que iriam construir seus projetos. Por isso julgou que precisaria ele próprio executar as estruturas se quisesse continuar com as obras.

“Visitando a Alemanha, em 1928, para verificar e desenvolver algumas de suas idéias sobre o concreto armado, Baumgart voltou desiludido porque chegou a convicção de que o Brasil, pelo seu adiantamento na técnica do concreto armado, começava a emancipar-se da tutela européia, que nem sempre compreendia a nova mentalidade brasileira.” (em CONCRETO nº75 jun 1945 p.175)

A fama de Baumgart se ampliava e ele recebia consultas freqüentes da Argentina para projetos, estudos, pareceres. Nos Estados Unidos despertou a atenção dos meios técnicos o método por ele empregado principalmente na já citada ponte do Rio do Peixe, merecendo publicação em reportagem especial na revista *Engineering News-Record* de 6 de agosto de 1931.

O projeto e execução da estrutura do Cinema Roxy em Copacabana (fig. 2.29 e 2.30) também teve grande repercussão no exterior. Em artigos publicados em duas revistas alemãs⁴⁴ a construção em concreto armado consistia em uma platéia, balcões em balanço palco e a magestosa cúpula com vão de 36,20m e espessura uniforme de 7cm até a proximidade da cinta de contorno. Os citados artigos apontam também o “extraordinário desenvolvimento que se operou no sul do Brasil a partir do Rio de Janeiro, além de uma viva atividade na construção motivada por uma importante industrialização”.

A firma construtora que fundou em 1923, responsável pela construção do Cine Capitólio, não teve sucesso: dois anos após a fundação foi levada à falência. Emílio retirou-se do ramo da construção, permanecendo até o final de sua vida apenas como projetista de estruturas. Montou no ano de 1925 no Rio, o primeiro escritório de cálculo de estruturas de concreto armado do Brasil, que conforme CAIXETA (1999, p.75) “passou a funcionar como uma verdadeira faculdade de pós-graduação, freqüentada por todos os engenheiros e arquitetos da época”.

44. Artigos publicados nos periódicos alemães “Beton u Eisen” e “Der Bauingenieur” em 1938. [CONCRETO nº75, jun 1945]:197

O caso do edifício “A Noite”

A atual sede do Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI no Rio de Janeiro (antigo edifício do jornal *A Noite* - fig. 2.31) é projeto arquitetônico de Joseph Gire, arquiteto francês que alguns anos antes projetara o Copacabana Palace. Tanto o hotel como o *A Noite* materializaram novas referências para o desenvolvimento arquitetônico da cidade do Rio de Janeiro.

Este edifício, calculado por Emílio Baumgart em 1928, foi construído por *Gusmão, Dourado & Baldassini*. Previsto com 22 pavimentos, teve posteriormente um acréscimo de mais 2 pavimentos, não servidos pelos elevadores.

Este edifício foi, na sua época, a maior construção estruturada em concreto armado no mundo. São art-deco as referências de sua área externa, bem como as das áreas internas de uso comum, essas últimas já bastante desfiguradas por sucessivas reformas mal-conduzidas.

A evolução do *A Noite* foi paradoxal. Da mesma forma que o Copacabana Palace, o edifício em si foi um sucesso. Associando o poder econômico das grandes empresas nele instaladas ao glamour de sediar o meio de comunicação mais poderoso da época – a Rádio Nacional, o prédio se viu revestido por um prestígio sem concorrentes. Os badalados restaurantes no térreo e no terraço superior, além da vista para a Baía da Guanabara, completavam o cenário. No seu apogeu, durante as décadas de 30 e 40, o edifício tinha, na área comercial, renome equivalente ao do Copacabana no setor de hotelaria. Esse brilho, porém, e a diferença do ocorrido com a área de entorno do hotel, não foi suficiente para gerar um núcleo de negócios sofisticado nas vizinhanças da Praça Mauá. Talvez faltasse à cidade maior força econômica ou, por outra, a consequência de sua localização se fizesse sentir. O fato é que a construção de prédios comerciais mais requintados no centro do Rio deu-se em outras paragens. A Praça Mauá foi sendo vista, progressivamente, como um logradouro de segunda classe e a decadência física do *A Noite* acompanhou esse ritmo.

O edifício possui planta retangular com 18,20 x 65m, com um eixo de simetria e apenas 3 filas de pilares. Existem diversas peculiaridades inte-



Fig. 2.31 - Arq. Joseph Gire e Eng. Emílio Baumgart: Edifício A Noite, 1928. Destoante do conjunto urbano que lhe circunda, o edifício é visto, na perspectiva aérea acima, em fase de conclusão (1930). [<http://www.inpi.gov.br/inpi/conteudo/edifici2.htm> acessado em 06.04.03.]



Fig. 2.32 - Joseph Gire e Emílio Baumgart: Em 1928, com o prédio em fase intermediária de construção, a Praça Mauá encontra-se decorada para uma recepção a navios americanos. [<http://www.inpi.gov.br/inpi/conteudo/edifici2.htm> acessado em 06.04.03.]

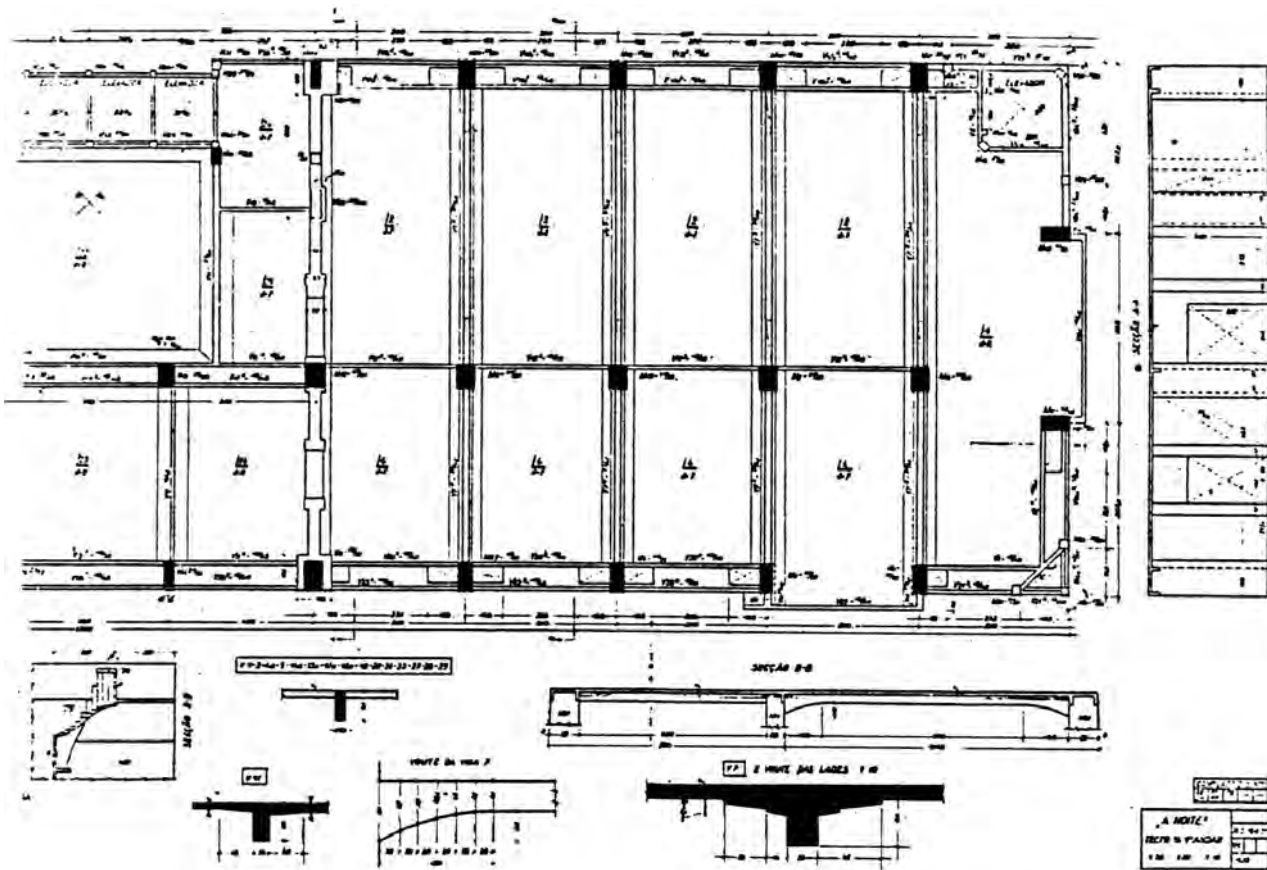


Fig. 2.33 - **Emílio Baumgart**: Edifício “A Noite”. Formas do teto do 1º andar. Desenho original de Baumgart contendo os reforços projetados em 16 de abril de 1931 para o contraventamento dos pilares. [VASCONCELOS, 1985]:190

ressantes, a respeito do projeto da estrutura, que convém lembrar: o primeiro detalhe curioso se refere às lajes. Estas são todas muito grandes, com 5 x 6,7 e 5 x 9,5m com apenas 7cm de espessura, contínuas no sentido da menor dimensão.

Pela NB-1178 a espessura mínima deveria ser 12cm para dispensa de verificação de flecha. Está portanto, em flagrante desacordo com nossa norma atual e com maior razão ainda, com as normas da época. Baumgart entretanto usou de um estratagema para redução da espessura: mísulas de 10,4 x 42cm junto às vigas de apoio. As mísulas entretanto, não são retas: apresentam dois degraus.

As lajes são armadas com barras finas de aço CA25 de diâmetro $\varnothing 1/4$ ” com pequeno espaçamento (5 cm). Uma curiosidade que atesta a intuição de Baumgart: as suas infrações às normas em vigor eram sempre cercadas de cuidados especiais mostrando completo domínio do que fazia. No caso, além das mísulas que usou também com efeito decorativo, adotou armaduras peculiares como se mostra na fig. 2.33.

Um simples cálculo mostra que as poucas barras finas acrescentadas, com reduzido comprimento

(1,60m) são suficientes para aumentar de 10% a capacidade resistente da laje.

Em razão do contraventamento Baumgart concentrou os reforços em apenas dois pórticos transversais. O edifício possui 65m de largura. Baumgart escolheu dois pórticos distantes 25m de cada extremidade. A distância entre eles ficou portanto igual a 15m. Esses dois pórticos ficaram próximos aos poços de elevadores e caixas de escada. Eram os únicos lugares onde era possível ligar transversalmente todos os pilares, deixando livres apenas duas passagens, respectivamente com 1,60 e 2,00m.

Cada laje funciona no plano horizontal como uma imensa viga de 18,20m de altura e 7cm de largura, com o comprimento total de 65m. Essa viga se apóia nos dois pórticos, com 25m de balanço de cada lado. Os pórticos enrijecidos são na verdade imensas vigas em balanço, engastadas nas fundações, possuindo em todos os pavimentos aberturas de 1,6 x 2,7 e 2 x 2,7m. A figura 2.33 mostra como foi feito o encamisamento dos pilares para a realização desses pórticos, com projeto de 16 de abril de 1931, portanto com o edifício já terminado.

O reforço da estrutura no 22º pavimento

Em 1935 a administração do edifício desejou aproveitar a laje de cobertura do prédio, sobre o 22º pavimento, como terraço acessível com restaurante e pista de dança (fig. 2.34). Mais tarde a Rádio Nacional se instalou nesse pavimento. O terraço criado na cobertura do novo andar recebeu uma pérgola e uma melhoria das instalações da casa de máquinas⁴⁵. Acima desta, na cota 104,75m acima da calçada foi construído um posto de observação do tráfego do porto do Rio de Janeiro. O acréscimo de carga na laje de cobertura, com essa reforma, foi de 300% na carga viva prevista na confecção da estrutura e quase 100% de acréscimo na carga total. Os esforços atingiam, dessa forma, valores que a estrutura não poderia suportar sem um reforço, uma vez que as lajes eram de espessuras diminutas e as vigas venciam grandes vãos.

45. As opções para resolver a questão dos dois pavimentos adicionais eram duas: a primeira seria a execução de uma nova estrutura, que apesar de aproveitar alguns elementos existentes, fosse capaz de absorver todas as cargas. A segunda seria um reforço da estrutura existente, capacitando-a para receber a sobrecarga. Através dos elementos que faziam parte do plano arquitetônico da ampliação, resolveu-se pendurar a laje do 23º pavimento nas vigas do pergolado. [CONCRETO n°75]:184



Fig. 2.34 - **Emílio Baumgart**: ampliação do edifício "A Noite". Vista da pérgola após a conclusão dos trabalhos de reforço estrutural. As cortinas das janelas ocultam o auditório da Rádio Nacional. [CONCRETO n°75 jun de 1945]:183

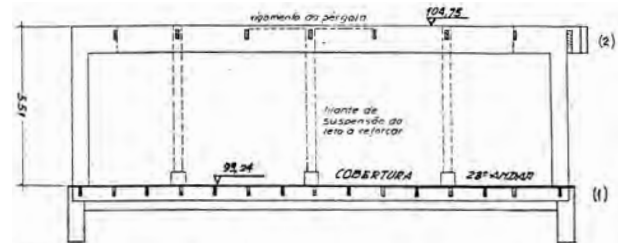


Fig. 2.35 - **Emílio Baumgart**: ampliação do edifício "A Noite". Corte da estrutura reforçada. As partes tracejadas definem os elementos a serem feitos. [CONCRETO n°75 jun de 1945]:185

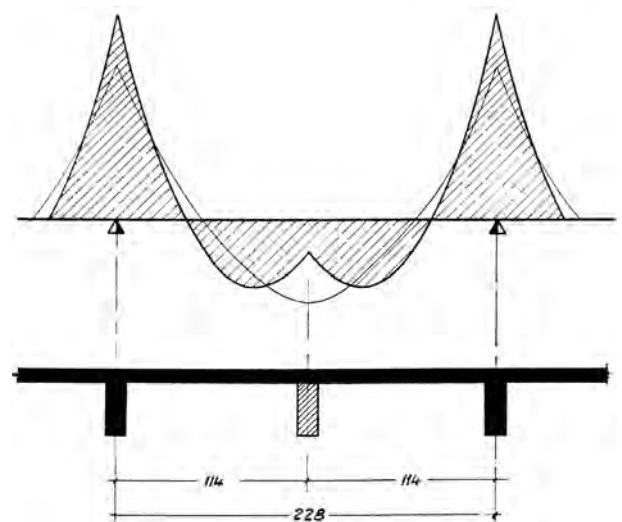


Fig. 2.36 - **Emílio Baumgart**: ampliação do edifício "A Noite". Diagrama de momentos das lajes. A linha mais delgada corresponde ao diagrama para a carga morta; a linha mais forte determina o diagrama final. [CONCRETO n°75 jun de 1945]:186

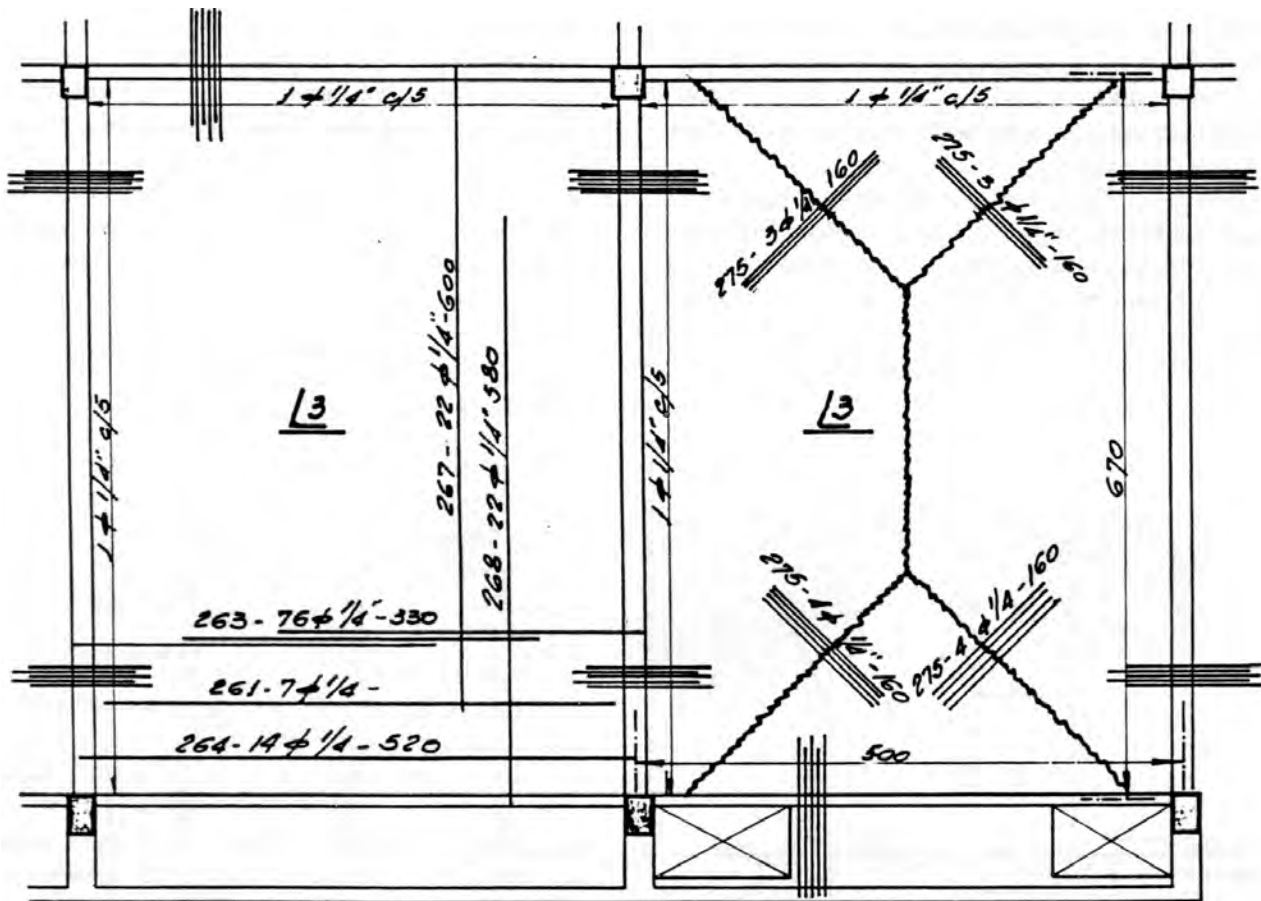


Fig. 2.37 - **Emílio Baumgart**: Edifício "A Noite". Desenho parcial reproduzido do desenho original de Baumgart com o título: "A NOITE - Lajes: armação" onde o autor superpôs as charneiras plásticas. [VASCONCELOS, 1985]:191

A solução adotada foi de suspender a laje de cobertura situada no 23º andar (cota 99,24m) nas vigas da pérgola mediante execução de 3 pilares que trabalham como tirantes. A fig. 2.35 esclarece a solução adotada fornecendo a disposição do viga-mento. A fig. 2.36 mostra a solução e o respectivo diagrama de momentos fletores, podendo-se notar que não chega a existir momento negativo no novo apoio assim criado. A laje tinha uma espessura de 6cm para um pano de 2,28m x 5m. Foi colocada uma viga dividindo este painel, apoiando-se nas vigas principais, claculadas como contínuas para receberem a carga viva das lajes. A maior dificuldade era o reforço do vão principal. Nas vigas existentes foram concretadas duas vigotas, uma de cada lado, o que permitiu trazer uma armação permitindo a viga resistir bem a tração proveniente do quadro superior. Além disto , nelas deviam ficar embutidos os ferros dos tirantes de suspensão.

Hoje em dia sabe-se qual a conseqüência da realização de um reforço nas condições mencionadas, com a redistribuição de cargas como conseqüência das deformações diferidas do concreto, mesmo para as cargas que já estavam aplicadas na ocasião. A estrutura entretanto aceitou sem apresentar qualquer defeito o reforço imaginado e executado sob a fiscalização direta de Emílio Baumgart.

Kleinlogel e a maturidade do concreto armado brasileiro

O engenheiro alemão Adolf Kleinlogel (1877-1958), formado em 1900 pela escola técnica superior de Stuttgart, foi um dos profissionais mais consagrados em relação aos estudos do aperfeiçoamento do concreto armado na Alemanha. Juntamente com Emil Mörsch⁴⁶ e de F. von Emperger, avançou nos estudos técnicos e nas possibilidades do concreto, tanto no campo teórico como no experimental. Trabalhou na construtora *Wayss & Freytag*, onde entra em contato direto com Mörsch, que proporcionou a Kleinlogel sustentar sua tese de doutorado sobre “o verdadeiro valor da aderência entre o aço e o concreto”. Em 1922 com a saída de Emperger da diretoria da revista *Beton und Eisen*, assume a direção deste que era o maior órgão de divulgação do concreto na Europa.

Visitando o Rio de Janeiro em junho de 1937, Kleinlogel concede a revista *Concreto*⁴⁷ uma entrevista onde destaca o trabalho dos técnicos locais na prática do concreto armado. A sua visita – mesmo não tendo como finalidade principal analisar as obras brasileiras – resultou em alguns depoimentos importantes sobre o concreto armado local, principalmente sob o aspecto técnico de projeto, execução e dos materiais empregados nas estruturas.

Kleinlogel afirma que os brasileiros estão desvinculados da escola alemã e “seguindo os seus próprios caminhos”, criando em relação ao concreto uma técnica inteiramente baseada nas condições particulares do país: “*pelo que vi realizado, posso concluir que o Brasil apresenta um grau de adiantamento em relação ao concreto armado muito além de minha expectativa*”. Afirmou ao mesmo tempo que enumerava alguns exemplos práticos do que diferenciava o concreto brasileiro do alemão:

“aqui são empregados de preferência ferros mais finos, o que é uma vantagem, ao passo que na



Fig. 2.38 - Saudação de próprio punho de Adolf Kleinlogel aos engenheiros brasileiros. [CONCRETO, nº09 jun 1938]:265



Fig. 2.39 - Archimedes Memória e Francisque Cuchet (arquitetos), Christiani e Nielsen (construtora): Tribuna dos Sócios do Jockey Club do Rio de Janeiro, 1924. A marquise com seus 22,40m de balanço foi uma das obras que se destacaram internacionalmente pelo arrojo estrutural. [CONCRETO, nº15 dez de 1938]:202

46. Emil Mörsch (1872-1950), engenheiro alemão (professor da Universidade de Stuttgart) publicou, em 1902, por incumbência da firma *Wayss & Freytag*, uma descrição com bases científicas e fundamentadas sobre o comportamento do “concreto de ferro” e, partindo de resultados de ensaios, desenvolveu a primeira teoria realista sobre o dimensionamento de peças de concreto armado. [Disponível em <<http://www.lem.ep.usp.br/pef605/PEF605AULA1.htm>> Acesso em 05 set. 2003]

47. A visita do professor Dr. Kleinlogel ao Brasil. CONCRETO revista técnica, nº09 junho de 1938. p.264-5.

Alemanha isso não acontece, pois os salários lá são muito elevados. No Brasil, sendo a mão de obra mais barata isso naturalmente pode ser feito. Nas vigas, o uso dos ferros mais finos obriga a deixar um espaçamento diminuto entre os ferros, o que dificulta a concretagem e encarece a mão de obra”.



Fig. 2.40 - **Antonio Alves de Noronha**: Ministério do Trabalho, Rio de Janeiro. O edifício de 12 pavimentos foi visitado por Kleinlogel em 1937, juntamente com a obra do Ministério da Educação e Saúde Pública, ao fundo na fotografia. [CONCRETO nº10, jul de 1938]:8

No Brasil, as vigas possuíam um grande número de barras de ferro numa mesma seção (fig. 2.41) e segundo informações da época, a concretagem era efetuada com grandes dificuldades. Destacou também que os materiais componentes do concreto – areia pedra – são de qualidade melhor que os da Alemanha. Chamou-o a atenção o excelente aspecto do concreto na retirada das formas, fato este comprovante da qualidade superior do concreto aqui produzido: *“a superfície surge tão perfeita que quase não necessita de revestimento. Na Alemanha, ao contrário, vêem-se comumente “ninhas” depois da retirada das formas.”*

Kleinlogel destaca a esbeltez das colunas executadas no Brasil, fato este ocasionado principalmente pela permissão das normas locais de 6% de ferro nos pilares, sendo que na Alemanha esta taxa não pode ser superior a 3%. Este fato é ainda mais impressionante quando se observa que no Brasil não se utilizam pilares com perfis siderúrgicos usinados como armaduras, sendo estes compostos apenas por barras de ferro manufaturadas.

São citadas algumas obras visitadas no período que esteve de férias no Brasil, porém sem maiores detalhes sobre cada uma. Menciona as de *Christiani & Nielsen* em Monlevade, algumas obras do escritório da *Wayss & Freytag* além das obras do escritório de Emílio Baumgart, no Rio de Janeiro.

As afirmações de Adolf Kleinlogel sobre a maturidade projetual e prática das estruturas executadas pelos engenheiros brasileiros nesta festejada entrevista, não deixa de ser mais uma afirmação do concreto armado como sendo um conjunto de conhecimentos totalmente livre de qualquer dependência ou compromisso externo. Suas palavras refletem com propriedade, um desenvolvimento técnico particular da engenharia brasileira no campo do concreto armado que, desde a sua chegada no país no início do século XX, sofreu constante evolução por mérito dos arquitetos e engenheiros locais.



Fig. 2.41 - **Antonio Alves de Noronha**: Ministério do Trabalho, Rio de Janeiro. Detalhe da armação de uma das sapatas, com o diminuto espaçamento entre as barras de ferro. [CONCRETO nº10, jul de 1938]:9

Boase e o interesse dos EUA

A revista estadunidense *Engineering News-Record*, publica entre outubro de 1944 e junho de 1945 uma série de 4 artigos (fig.2.41) de autoria do engenheiro Arthur J. Boase – conselheiro da Associação de Cimento Portland dos Estados Unidos – que visita no início da década de 40 a América do Sul (Argentina, Brasil e Uruguai) durante três meses. Com o intuito de verificar os avanços que os técnicos sul-americanos estão aplicando em suas construções – principalmente nos edifícios em altura – são levantados vários dados e avaliadas as razões de tais avanços técnicos e normativos perante a prática de projeto e execução do concreto armado na América do Norte.

Com foco claramente fixado no Brasil (leia-se Rio de Janeiro), os quatro artigos publicados possuem uma importância não só no que toca as questões meramente técnicas, como se propõem, mas também pelo interesse em relação a nossa arquitetura como aconteceu – um ano antes da publicação do primeiro artigo – a exposição *Brazil Builds* (fig. 2.42):

“Pavilhão e Ministério são as âncoras da exposição sobre a arquitetura moderna brasileira planejada pelo MoMA de Nova York desde janeiro de 1942, antes do Brasil entrar na guerra do lado dos Aliados. É notório que considerações extra-disciplinares não são alheias ao fato, a Política da Boa Vizinhança de Roosevelt e a própria carência de material para exposições. A arquitetura moderna tinha sido proscrita na Alemanha e na Rússia no começo da década. A depressão tinha diminuído o número de empreendimentos imobiliários nos Estados Unidos e Europa, a guerra praticamente paralisara a construção na Europa”. (COMAS, 2002, p.2)

Estas publicações – que marcam o início do reconhecimento do Brasil como uma nação promissora, colaborando na divulgação internacional da nossa arquitetura – aliadas ao grande interesse dos técnicos perante os resultados plásticos da prática do concreto armado em nosso país, configuram uma situação que reflete o prestígio que os brasileiros adquiriram perante os críticos estrangeiros como pólo inovador dentro do panorama da arquitetura mundial.



Fig. 1. Copacabana beach lined with new apartments typifies the results of concrete building activity in Rio de Janeiro.

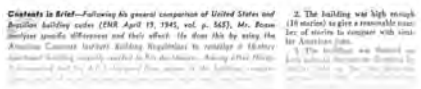
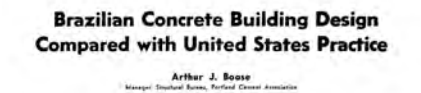


Fig. 2.41 - Reprodução parcial das capas dos quatro artigos publicados pela *Engineering News-Record* (1944-45).



Fig. 2.42 - Capa do livro *Brazil Builds* de Philip Goodwin (1943).

A visita de Boase teve grande repercussão dentro e fora do Brasil, tanto pela diversidade de informações coletadas – que seriam quase impossíveis de se obter nos dias de hoje – quanto por suas opiniões sobre o concreto armado brasileiro. Sendo assessorado pelos maiores engenheiros da época – Antônio Alves Noronha e Francisco de Assis Basílio – Boase recebeu também dos brasileiros um cálculo completo de um edifício de apartamentos já construído no Rio de Janeiro, com 16 pavimentos, assim como um exemplar da NB-1. Este material serviu para uma comparação com cálculo idêntico que ele mesmo desenvolveu com sua equipe maericana em obediência as normas em vigor naquele país.

O resultado das observações e estudos de Boase na América do Sul geraram os artigos citados que, diferentemente do padrão editorial da revista (acostumada a notícias e artigos curtos), foram publicados com 9 páginas em média. São feitas referências as normas brasileiras da NB1 a NB7 (exceto NB3). Julga que uma das coisas mais interessantes das normas locais é o que elas deixam em aberto, não cerceando excessivamente a capacidade criativa do engenheiro.

“Probably the Brazilian engineers would be the first to admit that their code is not perfect, but none can say that it is not far-seeing. Certainly the Brazilian code is less restrictive than those under which Nort American engineers practice.”
(BOASE, 1945, p.80)



Fig. 2.43 - O engenheiro americano **Arthur J. Boase** visitando a redação da revista *Concreto*, ao lado de Francisco assis Basílio em 1944. [VASCONCELOS, 1985]:64

Sobre as normas, menciona ainda que as NB1, 4, 5 tratam de edifícios e NB2 e 6 de pontes rodoviárias e NB7 de pontes ferroviárias. Desta forma o conjunto de tensões admissíveis e a maioria de detalhes contidos na NB1 vale tanto para edifícios como para pontes ou para qualquer outro tipo de estrutura. Afirma que é notável que essas normas sejam usadas por todos, sendo assim eliminada a disparidade entre as tensões admissíveis adotadas por diferentes órgãos, como acontecia nos Estados Unidos.

Em sua passagem pela editoria da revista *Concreto* (fig. 2.43), Arthur Boase se impressiona com as 5 revistas técnicas editadas pelo grupo e afirma: *“Sinto-me impressionado com a esbeltez das construções brasileiras; os edifícios nos Estados Unidos são muito mais pesados”*.

Capítulo 3 - Construtoras, normas e custos

As construtoras brasileiras

Segundo VARGAS (1994, p.227) a primeira empresa a se estabelecer no Brasil foi a *Companhia Construtora em Cimento Armado*, fundada no Rio de Janeiro, em 1913, por Lambert Riedlinger, a qual foi em 1924 incorporada a construtora alemã *Wayss & Freytag* – que se estabeleceu na América do Sul em 1909 para a construção de armazéns e do edifício da alfândega em Buenos Aires – sendo registrada no Brasil com o nome de “*Companhia Construtora Nacional S.A.*” e que funcionou até 1974 possuindo filiais em São Paulo, Recife, Salvador e Juiz de Fora.

Naturalmente houve algumas exceções que possibilitaram, mesmo após a vinda da *Wayss & Freytag*, a participação de técnicos estrangeiros em projetos, podendo citar-se o projeto do cálculo estrutural (1929) da estátua do Cristo Redentor no Corcovado (fig. 2.44), feito em Paris pelo *Bureau d'Études L. Pelnaud, Considère & Caquot*. Muito mais tarde, no campo do concreto protendido, os cálculos das pontes do Galeão (1947) e de Joazeiro (1953) foram feitos na França.

A formação de especialistas nacionais, propiciada pela firma alemã, logo liquidaria com a participação de técnicos estrangeiros no setor de projetos. Essa formação constituiu uma das grandes razões do rápido progresso do Brasil no campo do concreto armado, que a partir da década de 20 começa a ter seus escritórios de engenharia genuinamente nacionais. Desde 1924 entretanto, quase todos os cálculos de concreto são feitos no Brasil, destacando-se o nome de Emílio Henrique Baumgart como o primeiro brasileiro de destaque internacional nessa atividade.

Além da abertura da firma de Baumgart e da contratação dos brasileiros Amaral & Simões para a construção do prédio Martinelli em São Paulo, pode-se citar o trabalho que o arquiteto Samuel das Neves e seu filho Cristiano Stockler das Neves realizaram nas pioneiras obras em concreto armado nos anos 20 – como a Estação Ferroviária Júlio Prestes em São Paulo – sem qualquer participação de firmas ou construtoras de fora do país.

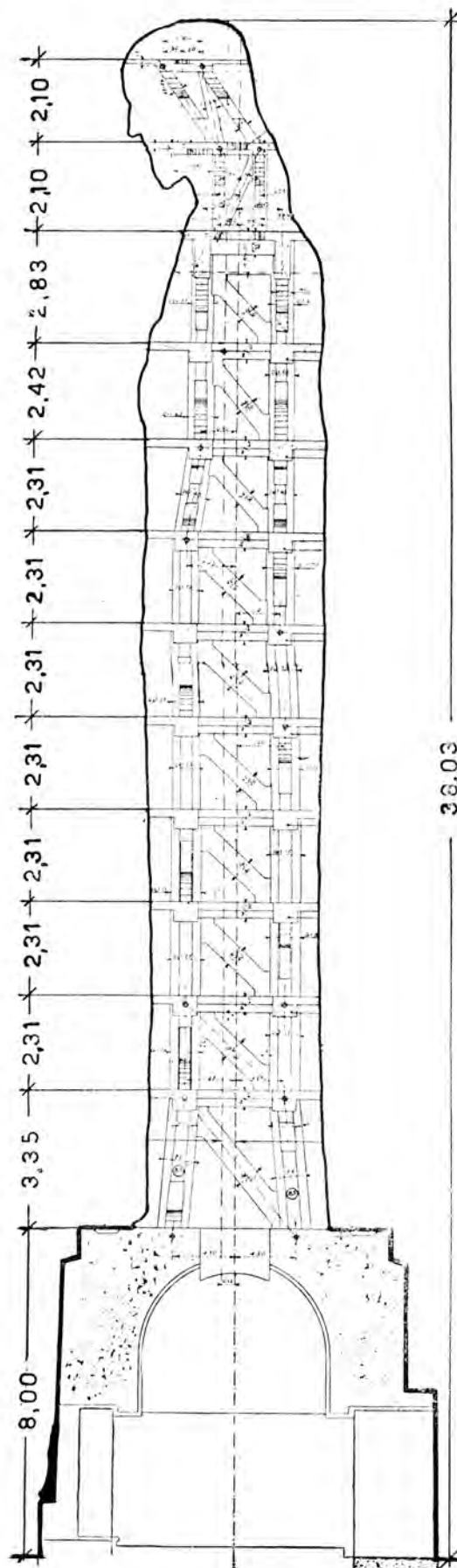


Fig. 2.44 - Heitor da Silva Costa (engenheiro), Paul Landowski (escultor): corte transversal do Cristo Redentor. [CONCRETO, nº14 nov. 1938]: 165



Fig. 2.45 - Folha de rosto da norma da ABCP em 1937. [VASCONCELOS, 1985]:59



Fig. 2.46 - 3ª Reunião dos Laboratórios Nacionais de Ensaio de Materiais. Rio de Janeiro, 1940. [VASCONCELOS, 1985]:61

As primeiras normas

“Uma norma é considerada quase sagrada pela maioria dos profissionais. [...] uma vez homologada, a norma é como uma fortaleza inexpugnável. Só pode ser alterada mediante instalação de uma nova comissão. Nenhum órgão oficial aceitará qualquer contravenção a algum parágrafo, mesmo com as melhores documentações técnicas e justificativas teóricas.” (VASCONCELOS, 1985, p.56)

A movimentação no sentido de se elaborar as primeiras normas brasileiras para o concreto armado se inicia a partir de 1929 em São Paulo com o “Código de Obras Arthur Saboya”, que constituiu o primeiro passo em direção à normalização do concreto armado no Brasil. Este código tratava de tudo o que se referia a construções, arruamentos, licenças, demolições, vistorias, embargos e penalidades. Ao concreto armado eram dedicados 25 artigos que tratavam do dimensionamento de armaduras, resistência do concreto, espessura mínima de lajes (8cm para pisos e 6cm para coberturas), altura de pilares em função de sua seção (não poderia ultrapassar 18 vezes), recobrimento mínimo de 25mm e dosagem de cimento.

No ano de 1930 surge a revista “Cimento Armado” primeira publicação técnica brasileira especializada. No mesmo ano surge a ABC – Associação Brasileira de Concreto, que edita em 1931 um regulamento ao qual se subordinavam todas as construções em concreto armado. Esta regulamentação seguiu de perto as normas alemãs, não fazendo menção aos artigos anteriores de Arthur Saboya. Em 1936 é fundada no Rio de Janeiro a ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland que, verificando existir divergências entre os diversos estados do país, lança a idéia de unificar esses regulamentos e corrigir algumas distorções (fig. 2.45). Surge pela primeira vez a definição de “norma” que passaria a ter âmbito nacional.

Em 1937, promovem-se a partir da iniciativa do Eng. Paulo Sá, reuniões anuais dos Laboratórios de Ensaio de Materiais (LEM) de todo o país (fig. 2.46). Na quarta destas reuniões foi proposta a fundação da Associação Brasileira de Normas Técnicas, que veio a substituir e ampliar as funções das reuniões dos laboratórios de ensaios.

A ABNT e o contexto mundial

Em termos de normas para o concreto armado, as primeiras ações no Brasil se iniciam em 1943 com a “NB1, *Cálculo e Execução de Obras de Concreto Armado*” organizada pelos engenheiros brasileiros através da recém fundada ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Logo após, no mesmo ano, foram editadas mais 5 normas regulamentadoras do cálculo e da execução das estruturas.

Estas normas eram aplicadas apenas aos edifícios em concreto, diferentemente das normas americanas do *American Concrete Institute Building Code* que deveriam ser aplicadas em todo o tipo de obra. Este fato permitiu que muitas das técnicas utilizadas pelos brasileiros não fossem praticadas pelos técnicos norte-americanos.

Os códigos brasileiros tiveram grande influência das normas adotadas na Alemanha, principalmente pela influência de Emílio Baumgart, o mais expressivo engenheiro brasileiro da época. Os códigos alemães datados de 1932 e toda “*Deutsche Normen*” era muito evidenciada e profusamente copiada.

As primeiras duas normas, NB1 – “Cálculo e e Construção em Concreto Armado” – e NB2 – “Cálculo e Construção de Pontes em Concreto Armado” são publicadas respectivamente em 1940 e 1941 e têm a última revisão publicada em 1943. No mesmo ano foram publicadas pela primeira vez: NB4, “Cálculo e Construção de Lajes Combinadas”; NB5, “Carregamentos para o Cálculo de Estruturas de Edifícios”; NB6, “Carregamentos Dinâmicos em Pontes de Auto-Estradas”; e NB7, “Carregamentos Dinâmicos em Pontes de Estradas de Ferro”⁴⁸.

Os valores mínimos para a construção de edifícios foram fixados na NB5. Nela, indicava-se que as cargas – a não ser que aqueles que são aplicadas em uma maneira especial – devem ser consideradas como verticais e distribuídas uniformemente.



Fig. 2.47 - Fundações circulares em concreto (sem armadura) resistentes ao carregamento de 1.600 toneladas, podendo suportar pilares de até 24 andares. [Engineering News Record, abril, 1945]:74

48. Todas as normas elaboradas tiveram a participação e o trabalho de vários técnicos e engenheiros brasileiros, além de mais de uma dúzia de escritórios de cálculo e desenho estrutural, que estudaram diferentes carregamentos e diferentes tensões para classificar corretamente cada caso, simplificando a elaboração da norma.

Toda a atenção internacional voltada para as construções brasileiras destacava a grande esbeltez das peças construtivas praticadas no país, tanto nos pilares como nas lajes e vigas. As fotografias de obras que chegavam às mãos dos técnicos estrangeiros mostravam pilares de seção muito menor do que as praticadas em outros países, o que pode ser explicado principalmente pela série de diferenciais presentes nas normas elaboradas no Brasil em relação principalmente as técnicas empregadas nos Estados Unidos⁴⁹.

Tabela 1 - Comparativo de carregamento máximo

<i>Tipo de edificação</i>		<i>Brasil</i>	<i>EUA</i>
Residencial	>40 m ²	62 kg/cm ²	82 kg/cm ²
	<40 m ²	82 kg/cm ²	
Escritórios	>40 m ²	62 kg/cm ²	103 kg/cm ²
	<40 m ²	82 kg/cm ²	
Hospitais	>40 m ²	62 kg/cm ²	82 kg/cm ²
	<40 m ²	82 kg/cm ²	
Ginásios	>40 m ²	125 kg/cm ²	206 kg/cm ²
	<40 m ²	170 kg/cm ²	

Tabela 2 - Recobrimento mínimo

<i>Elemento construtivo</i>	<i>Brasil</i>	<i>EUA</i>
Lajes internas	1cm	2cm
Lajes externas	1,5cm	2cm
Vigas internas	1,5cm	3,8cm
Vigas externas	2cm	3,8cm
Concreto em contato com o solo*	2cm	7,6cm
Pilares internos	1,5cm	3,8cm
Pilares externos	2cm	3,8cm

[*] Não são considerados nos cálculos os 5cm de concreto na parte inferior da laje.

Tabela 3 - Relação aço/concreto em edifício residencial

<i>Elemento construtivo</i>	<i>Brasil</i>	<i>EUA</i>
Vigas (pavimento tipo)	146kg/m ³	97kg/m ³
Lajes (pavimento tipo)	34,5kg/m ³	55kg/m ³
Total	180,5kg/m³	152kg/m³

Tabelas comparativas dos dimensionamentos da construção na primeira metade da década de 40. [Engineering News-Record, abril de 1945]: 70 e 72

A especificidade presentes no texto brasileiro, aliada à disposição de normas diferentes para cada tipo de construção em concreto armado é o indício de que o trabalho na confecção das regras influenciaria diretamente na imagem da arquitetura neste período, produzindo edifícios com 32% menos concreto e 26% menos aço que no mesmo tipo de construção executada nos Estados Unidos. A norma norte-americana é genérica, atacando todos os tipos de construção da mesma forma e não leva em conta as proporções das peças a serem construídas.

Na tabela 1 podemos observar que os carregamentos previstos nas normas brasileiras consideram que um pano de laje pode assumir diferentes esforços dependendo de sua dimensão, sendo que a regra equivalente nos Estados Unidos não leva em conta este parâmetro. Na tabela 2, constam valores de recobrimento mínimo para o aço em ambos os países, sendo os valores brasileiros praticamente metade dos aplicados pelos engenheiros americanos. Neste ponto é importante destacar que a norma do Brasil difere a simples proteção do aço da questão de proteção contra fogo, fato inédito tanto nos EUA quanto na Europa. Quando uma construção não estava exposta aos perigos de um incêndio, a norma simplesmente não era aplicada no cálculo.

A questão do recobrimento não era a única a transparecer a razão das seções das peças serem consideradas esbeltas. A tabela 3 demonstra valores que relacionam a quantidade de aço por metro cúbico de concreto o que, mais uma vez, é favorável ao dimensionamento mais reduzido de seções de pilares e vigas efetuados pelos brasileiros.

49. Em 1904 foi fundado o *American Concrete Institute* (A.C.I) que é o órgão responsável pela elaboração das normas naquele país. [NEWBY, Frank. *Early Reinforced Concrete*. Burlington, VT: Ashgate, 2001. 354p., illus., bibliog., index]

A preponderância do concreto armado no Brasil

“É claro que o êxito do concreto armado no Brasil não pode ser explicado unicamente por razões econômicas, mas não há dúvida de que estas tiveram um papel decisivo, pois seus componentes básicos, areia e cascalho, eram encontrados em qualquer lugar, a preços muito baixos. Além disso, a preparação do concreto no próprio canteiro de obras não exigia operários qualificados, fato importante num país onde eles são escassos mas que, em compensação, conta com uma abundante mão-de-obra não-qualificada. Portanto, independentemente de suas qualidades técnicas e plásticas, o concreto armado apresentava a vantagem de ser, de longe, o material mais barato para toda a estrutura de maior porte.” (BRUAND, 1999 p.16)

Do final da década de 30 até a primeira metade da década de 40 o Rio de Janeiro – que na época possuía aproximadamente 2 milhões de habitantes – vivia um grande momento em termos da construção civil. Só no centro da cidade podia-se contar mais de 10 obras de porte em andamento em um raio de dois quarteirões (fig. 2.48), todos com altura entre 12 e 24 pavimentos, construídos em concreto armado⁵⁰.

Alguns fatores podem ser levantados para explicar a predominância do concreto armado como solução estrutural:

- 1) Pela inexistência de uma produção de aço estrutural que atendesse a grande demanda gerada pela construção civil. O principal mercado eram as estradas de ferro que estavam sendo construídas no Brasil e que consumiam toda a produção local⁵¹.
- 2) O aço estrutural era muito escasso em toda a América do Sul (onde a importação tinha altos custos provocados pelo transporte marítimo) e como decorrência, a mão-de-obra especializada também não era muito comum.



Fig. 2.48 - Vista aérea do centro do Rio de Janeiro em 1940, com a Biblioteca Nacional em primeiro plano. Pode-se observar várias obras em andamento e a acentuada verticalização. [VESPUCCI, 1996]:70

50. Nesta época, aproximadamente 90% das construções em altura na América Latina eram construídas com estrutura independente em concreto armado e vedadas com tijolos ou blocos cerâmicos [BOASE, 1945].

51. Só em abril de 1941, após a obtenção de financiamento junto ao Eximbank, nos Estados Unidos, o Governo Vargas decidiu a criação da **Companhia Siderúrgica Nacional (CSN)**, que seria construída em Volta Redonda (RJ).

3) A cultura dos engenheiros brasileiros era tradicionalmente do cálculo em concreto armado⁵², tanto pelo próprio conhecimento dos altos custos do aço estrutural, quanto pela influência e pioneirismo das escolas alemã e francesa⁵³.

Custos de materiais e mão-de-obra

Nas estruturas de concreto armado a exigência de mão-de-obra era mais “especializada” do que na alvenaria portante (que dominava a construção até a chegada da nova técnica): pedreiro, carpinteiro, electricista, encanador, armador, apontador, além de serventes e ajudantes especiais. Já na alvenaria este elenco era bem mais reduzido pela simultaneidade das etapas de execução, a qual induz a polivalência do operário através de fácil treinamento ou pela própria experiência de quem participava da construção civil.

Os custos aproximados da construção em concreto armado da época estão colocados nas tabelas 4, 5 e 6, indicando os menores valores da América do Sul principalmente no quesito mão-de-obra. Cada dia de trabalho de um pedreiro na Argentina equivalia a dois tabalhados por um operário brasileiro⁵⁴. Mesmo com o maior número de funcionários para execução, a participação deste item é de 20% no custo total da obra de concreto armado no Brasil, sendo que nos Estados Unidos o rateio é de 50% para mão-de-obra e 50% de dispêndio em material. Estes índices representavam além de uma força operária brasileira de baixo custo, um alto preço do material em comparação com outros países em valores absolutos.

Estes fatores, somado aos outros três já citados, configuraram um panorama para que a técnica do concreto armado fosse difundida e a passos largos aprimorada no Brasil.

Material	Brasil	Argentina	Uruguai
Cimento (saco 50kg)	85¢	75¢	U\$1.00
Areia (m ³)	U\$2.30	U\$2.20	U\$2.00
Brita (m ³)	U\$2.30	U\$2.70	U\$3.70
Aço (kg)	20¢	22¢	18¢
Compensado(chapa)	35¢	52¢	56¢
Telha de barro (milheiro)	U\$40	U\$40	U\$17
Tijolo (milheiro)	U\$30	-	-

Função	Brasil	Argentina	Uruguai
Serventes (8h/dia)	80¢	U\$1.60	U\$1.60
Carpinteiros (dia)	U\$1.45	U\$2.50	U\$2.00
Ferreiros	U\$20 (ton)	U\$2.50 (dia)	U\$2.00 (dia)
Mestres	U\$75 (mês)	U\$73 (mês)	U\$2.25 (dia)
Ladrilheiros (dia)	U\$1.25	U\$2.50	U\$2.25
Pedreiros (dia)	U\$1.25	U\$2.50	U\$2.00

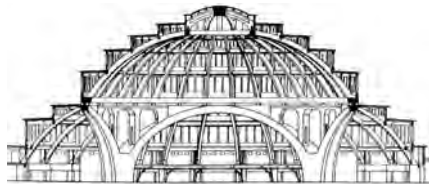
País	Custo por m ³	Mão-de-obra	Material
Brasil	U\$40	20% (U\$8)	80% (U\$32)
Estados Unidos	U\$25	50% (U\$12.5)	50% (U\$12.5)

Tabelas comparativas dos custos da construção na primeira metade da década de 40. [Engineering News-Record, outubro de 1944]:124 e 126

52. BOASE comenta no artigo de 1945 que a prática dos técnicos brasileiros era exatamente a **inversa** dos norte-americanos, que tinham como principal técnica construtiva o **aço estrutural**.

53. A maioria dos livros-texto das escolas de engenharia no Brasil eram de origem **francesa** ou **germânica** [BOASE, 1944].

54. Nessa época, o fluxo de mão-de-obra estrangeira, com exceção da japonesa, havia diminuído muito. A construção civil e a atividade industrial de grandes centros como São Paulo e Rio de Janeiro passaram a depender principalmente da mão-de-obra vinda de pequenas cidades mineiras e do Nordeste. O presidente **Getúlio Vargas** esboçou uma legislação trabalhista e foi concedendo direitos: oito horas de trabalho diário, regulamentação do trabalho noturno, regulamentação do trabalho das mulheres, dos menores, direito de férias etc. [Disponível em <http://www.mec.gov.br/seed/tvescola/historia/entrevista_4a.asp> Acesso em 20 set. 2003]



1920 - 1939

Consolidação entre-guerras

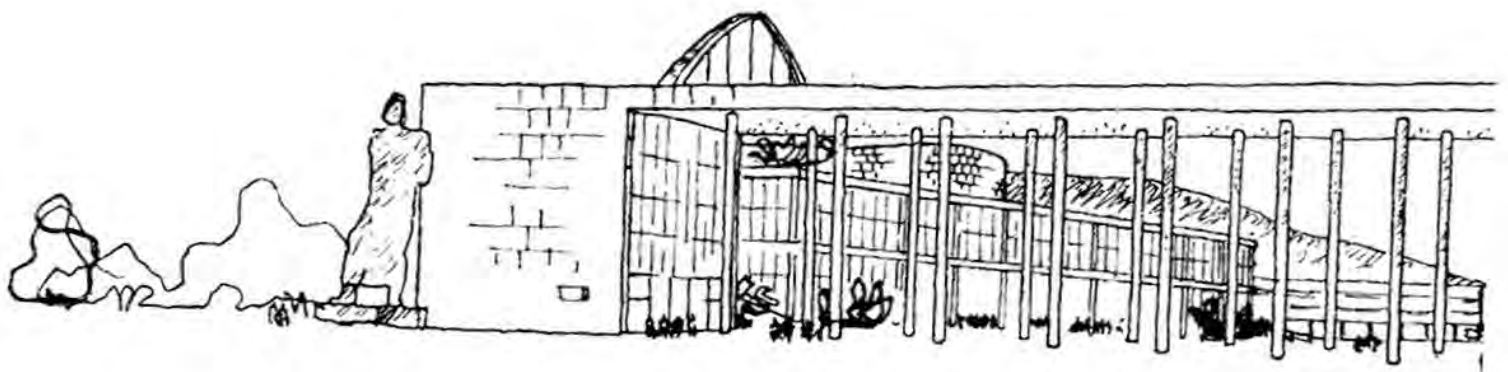
A grave crise que atravessou a Europa – e o mundo sob influência européia – logo após o término da Primeira Guerra provocou uma dificuldade de se reorganizar dos países diretamente envolvidos. É no vácuo de todos os problemas sócio-econômicos do pós-guerra que a tecnologia do concreto armado avança sob o aspecto arquitetônico. Desde Raincy, com o surgimento da planta e fachada livre, a estrutura reafirma sua característica formal não mais como coadjuvante do processo compositivo, mas como elemento decisivo na expressão do edifício. As características do concreto permitem que arcos e abóbadas vençam vãos e balanços cada vez maiores, em estruturas cada vez mais esbeltas e leves.

No Brasil, a partir da década de 20, a troca de experiências com os técnicos de firmas estrangeiras favoreceu a formação de competentes escritórios de cálculo, em um momento que o país acelerava o processo de diversificação e integração industrial. Neste cenário, Emílio Baumgart é o grande expoente da afirmação do concreto armado em terras brasileiras, com diversas obras relevantes e um recorde mundial com o edifício *A Noite*. As realizações de vulto se sucedem, o que desperta o interesse europeu e norte-americano pela construção em concreto armado no país. Visitas e publicações de artigos revelam a habilidade dos brasileiros com a técnica, além das características de suas normas e estudos comparativos dos custos de materiais e execução dentro e fora da América do Sul.

“Em abril de 1939 Adolf Hitler exige a anexação de Dantzig, o “corredor polonês”, e a concessão de uma rede rodoviária e ferroviária que cruze a província polonesa da Pomerânia. A Polônia, sem condições de resistir, é invadida por tropas nazistas no dia 1º de setembro. Dois dias depois a Inglaterra declara guerra à Alemanha: início da Segunda Guerra Mundial.” (ARNAUT, 1994, p.32)



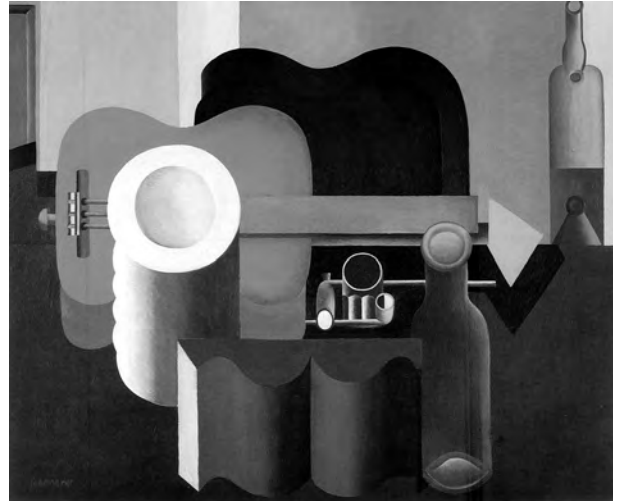
Fig. 2.49 - Tropas alemãs invadindo a Polônia em 1º de setembro de 1939. [Disponível em <<http://www.ndollar.addr.com/Other%20Events/German%20Army%20Poland%209-1-39.jpg>> Acesso em 16 out. 2004]



Parte 3

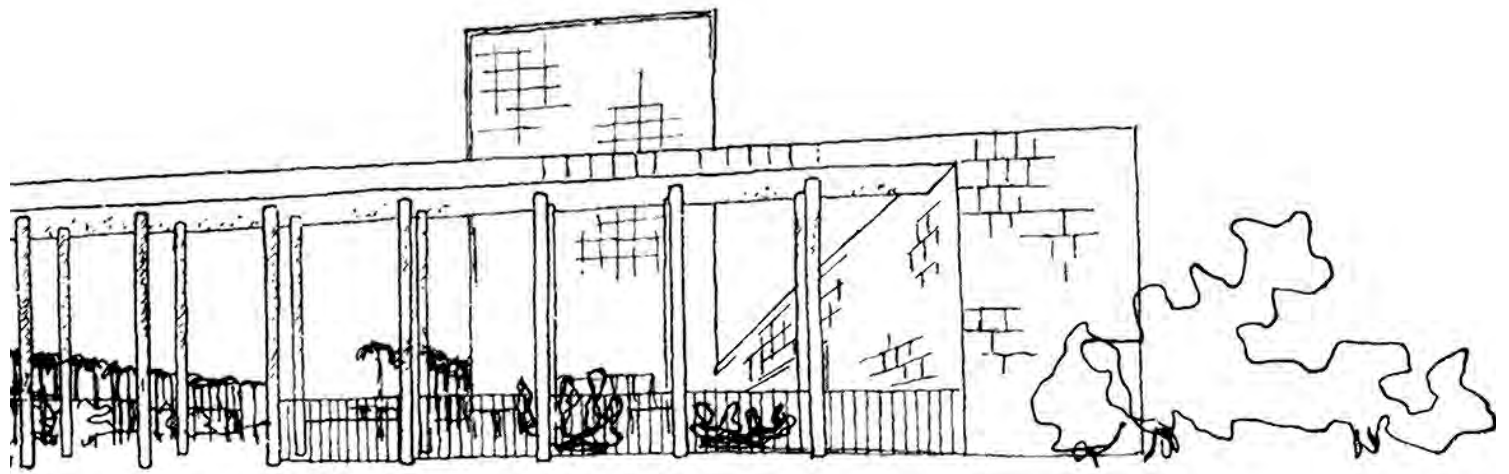
Arquitetura Moderna

Obra edificada como construção qualificada



“Arquitetura ou revolução.
Podemos evitar a revolução.”

—Le Corbusier



Páginas anteriores:

Fig. 3.00 [perspectiva] - **Lucio Costa**: Ante-projeto para a Universidade do Brasil, Rio de Janeiro, 1937. Perspectiva do pórtico de acesso. [PDF n°03, maio de 1937]:122

Fig. 3.00a [pintura]- **Le Corbusier**: *Still Life with Stacked Plates*, 1920. [CURTIS, 1986]:49

Capítulo 1 - As vanguardas e a cultura moderna

A estética da máquina

“A flor e o cristal são dois velhos motivos da iconografia romântica[...]. A flor, órgão vegetal de reprodução, reúne os símbolos sensíveis da sedução do amor e da recriação da vida. No cristal, a matéria sensível concilia-se espontaneamente com a pureza formal, cuja ordem espiritual, geométrica ou matemática, percebemos antes mesmo de conhecer objetivamente suas leis.” (SUBIRATS, 1988, p.7)

Em *“A flor e o cristal”*, Eduardo Subirats agrupa alguns ensaios que tratam de marcos relativamente fundamentais da arte e da arquitetura modernas, fornecendo um panorama explicitamente fragmentário, porém proporcionando um ponto de vista global da evolução da arte na cultura moderna. A citação da metáfora romântica e expressionista da flor e do cristal (fig. 3.01) sugere um ideal estético e cultural, onde estes símbolos poéticos articulam artisticamente uma dualidade onde o elemento orgânico da flor e a dimensão racional do cristalino se elevaram a princípio formal da nova arquitetura.

É explícito também que a idéia da representação deste mundo novo pela vanguarda europeia no período entre-guerras se fundamentava na estética da máquina, constituindo compromisso confesso e impelindo uma rejeição ao ecletismo e o revivalismo em voga. Ato contínuo, o vocabulário e a sintaxe arquitetônica precisavam de oxigenação. Em termos acadêmicos, a caracterização do espírito da era maquinista exigia a renovação do repertório de elementos, princípios e esquemas compositivos.

Dado o anti-historicismo da vanguarda, não surpreende a busca de referencial fora do território tradicional da arquitetura: na engenharia civil (a *Estética do Engenheiro* - fig. 3.02), na construção vernacular e pelo *design* de produtos – representado pelos navios, automóveis e aviões – e pela pintura, desenvolvida através da abrangente estética do Purismo. São valorizados a racionalidade técnica, a verdade dos materiais, o despojamento e simplicidade formais de componentes claramente articulados, onde movimento, serialidade e contraste são relevantes. Dessa forma, construção, indústria e pintura avaliavam a simplificação e a minimalização formal dos elementos materiais da arquitetura, repudiando o ornamento a estaticidade e centralidade clássica.

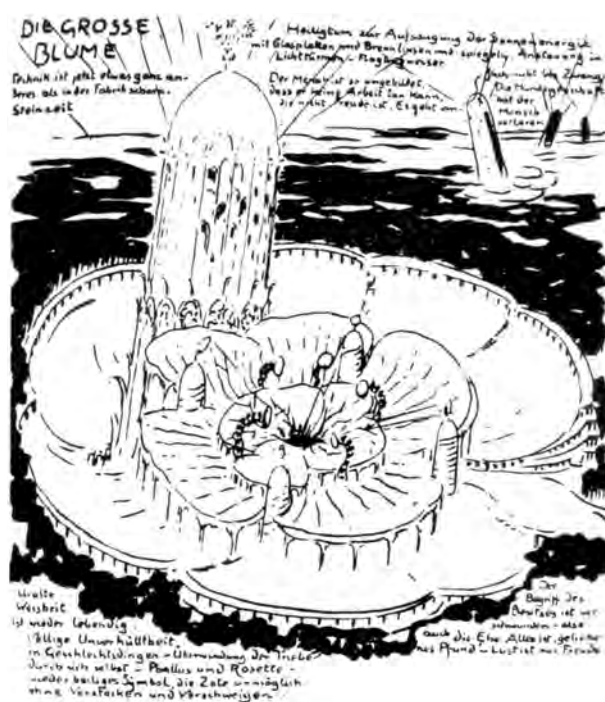


Fig. 3.01 - Bruno Taut: *A grande flor*, 1914. [SUBIRATS, 1988]:9

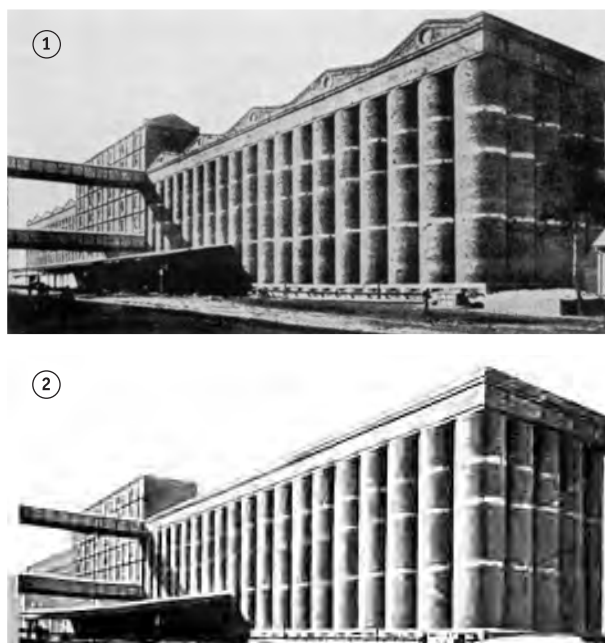


Fig. 3.02 - Silo em concreto armado de Bunge y Born em Buenos Aires, retirado da obra *“Jahrbuch des Deutschen Werkbundes”* de 1913 apresentados por Walter Gropius [BANHAM, 1986]:12. Na imagem nº1, a fotografia original da construção com os frontões decorativos. Na imagem nº2, o mesmo silo *sem os ornamentos*, editado e reproduzido por Le Corbusier em *“Por uma Arquitetura”*.

Aspectos de uma dualidade figurada

Nas *Considerações sobre arte contemporânea* de 1940 publicadas em 1952, Lucio Costa dá a arquitetura por ordenação plástica do espaço e retoma a idéia do orgânico-funcional e do plástico-ideal:

“É na fusão desses dois conceitos, quando o jogo das formas livremente delineadas ou geometricamente definidas se processa espontâneo ou intencional – ora derramadas, ora contidas –, que se escondem a sedução e as possibilidades virtuais ilimitadas da arquitetura moderna.” (COSTA, 1995, p.247)

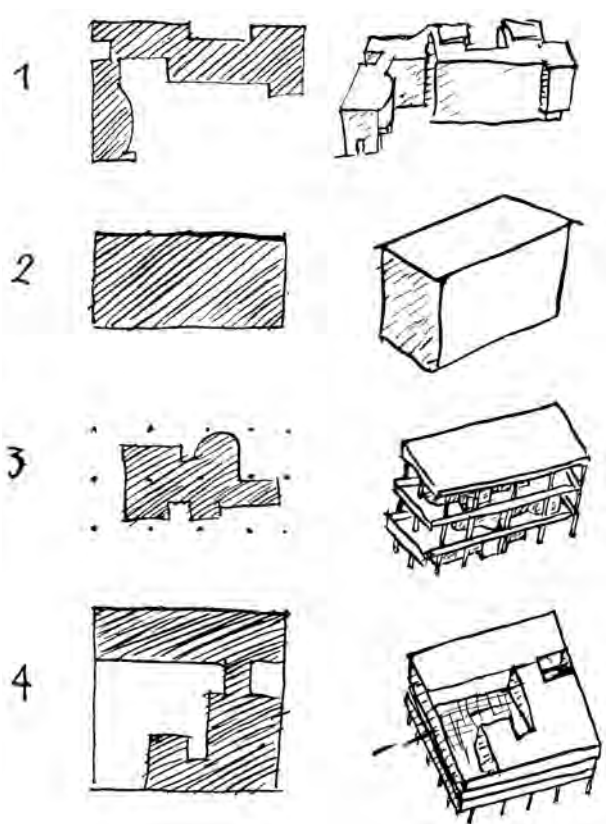


Fig. 3.03 - **Le Corbusier**: As quatro composições. 1)Exemplo Casa La Roche; 2)Casa em Garches; 3)Casa em Stuttgart; 4)Ville Savoye. [LE CORBUSIER, 1971]:45

Ampliando as questões de natureza orgânico-funcional e de natureza plástico-ideal, pode-se afirmar que elas são definidas de duas maneiras diferentes: a primeira consiste em partir da ordem funcional e desenvolver o tema plástico em consequência dela, a segunda em partir de uma concepção plástica ideal e de subordinar a ela as necessidades de natureza orgânica e funcional. No primeiro caso, a expressão plástica desabrocha (como nas plantas); no segundo ela se domina e contém (como nos sólidos geométricos).

Não custa muito associar estes aspectos a uma concepção da planta organizada de dentro para fora, à forma aberta, ao jogo de volumes aditivo, enquanto a outra se liga à planta organizada de fora para dentro, à forma fechada e ao prisma puro escavado. Le Corbusier é quem consegue fundir numa única doutrina, dois conceitos de aparência contraditória (fig 3.03).

A nova tradição é inclusiva, onde Lucio entende que as técnicas construtivas de seu tempo – que são caracterizadas pela independência das ossaturas em relação as paredes e pelos pisos balanceados, resultando daí a autonomia interna das plantas, de caráter “funcional-fisiológico” e a autonomia relativa das fachadas, de natureza “plástico-funcional” – tornaram possível a perfeita fusão das duas correntes que se encontram e se completam.

Dessa forma, o suporte para o entendimento da arquitetura como construção capaz de distingui-la das outras e de determinar sua natureza se dá no momento em que a estrutura em esqueleto – justificadamente apontada como condição normativa da construção na era maquinista – ancora

a postulação mais elaborada da renovação compositiva empreendida pela vanguarda moderna.

Em *A arquitetura da sociedade industrial*, Paulo Santos⁵⁵ argumenta que, só quando as novas formas estruturais se cristalizaram com impecável lógica construtiva é que se concretiza esse sistema isento de compromissos tradicionais em relação aos sistemas de alvenaria utilizando materiais fabricados em usina, manipulados ou montados pelos métodos industriais. Foi assim que esse novo sistema – a princípio despercebido entre a multiplicidade de outros sistemas híbridos em uso – encontrou a sua formulação doutrinária e pode ser explorado em suas conseqüências mediatas, relegando as paredes a mera função de vedação e proporcionando liberdade de planta. Nele ocorre o agenciamento das paredes de acordo com as conveniências funcionais e plásticas, sem subordinação aos elementos da estrutura com tratamento dela em razão das mesmas conveniências funcionais e plásticas, igualmente sem subordinação aos elementos da estrutura.

“Foi só então que a arquitetura da era industrial encontrando o seu verdadeiro caminho teve a oportunidade de expressar-se com originalidade através de um puro e genuíno estilo. [...] Foi no sentido da estrutura independente feita de materiais industrializados (ferro e cimento) que evoluiu o pensamento contemporâneo, de Pritchard a Le Corbusier.”
(SANTOS, 1961, p. 171)

A estrutura em esqueleto insinua uma sintaxe geométrica-construtiva aberta a uma variedade considerável de possibilidades compositivas de interior e exterior. O “jogo de volumes” pode alternar com o “prisma puro” e a fusão em única doutrina da concepção orgânico-funcional e plástico-ideal da forma arquitetônica se viabiliza. Com o advento da ossatura concebida em concreto armado – potencial latente do sistema de Hennebique – a espessura das paredes podia então reduzir-se ao essencial, com arranjo independente da localização dos apoios.

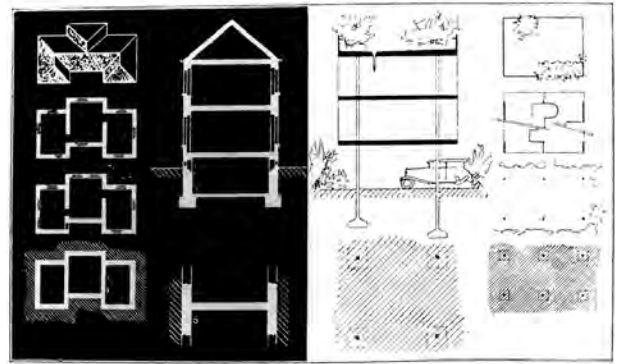


Fig. 3.04 - **Le Corbusier**: Diagrama demonstrando os princípios dos “Cinco Pontos da Nova Arquitetura”, contrastando a leveza e a ventilação do novo sistema com o tradicional esquema portante. [CURTIS, 1986]: 70

55. Engenheiro-arquiteto formado na Escola Nacional de Belas Artes em 1926, **Paulo Ferreira Santos** foi professor da Escola Nacional de Engenharia (1934-38) e da Escola Técnica do Exército, hoje IME (1934-49), ministrou diferentes disciplinas relacionadas com a construção civil. Paulo Santos foi um dos principais estudiosos da arquitetura luso-brasileira, criador e catedrático da disciplina “Arquitetura no Brasil” em curso de graduação de arquitetura (nível universitário) no Brasil. Escreveu cerca de 20 livros, destacando: *O barroco e o jesuítico na Arquitetura do Brasil* (1951), *A arquitetura da sociedade industrial* (1960), *A formação de cidades no Brasil colonial* (1963) e *Quatro séculos de arquitetura* (1977). [Disponível em <<http://www.pacoimperial.com.br/enterhtm/biblioteca/paulo.html>> Acesso em 01 mai. 2003]

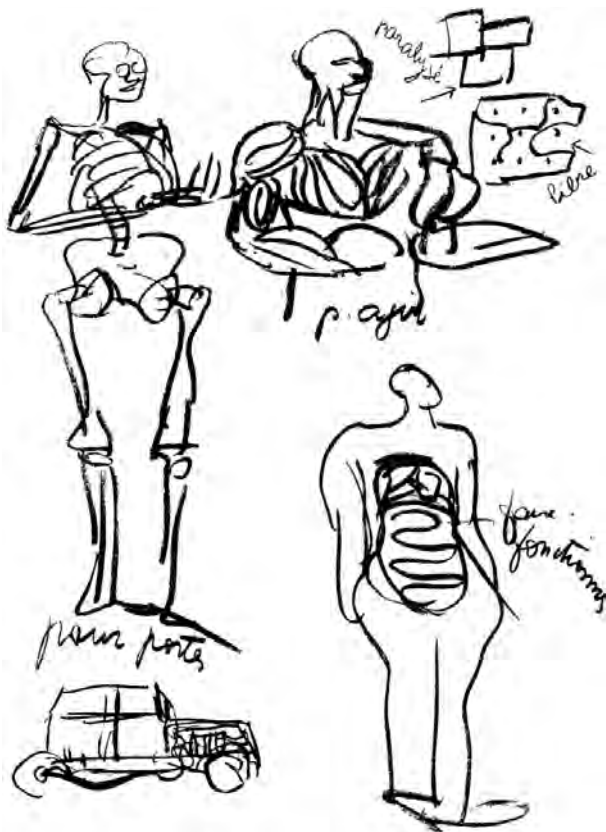


Fig. 3.05 - **Le Corbusier**: “Esqueleto para sustentar, enchimentos musculares para agir, víceras para alimentar e fazer funcionar” em comparação com o chassis, carroceria e motor de um automóvel. [LE CORBUSIER, 1930]:127

A expressão da fórmula – indicação especial para se alcançar o resultado construtivo – teve no sistema Dom-ino (1914-15) o esquema estrutural que será o ícone primário da vanguarda mencionada. Dom-ino proclama uma condição normativa que tem não só horizontalidade mas também regularidade e repetitividade como atributos – sem deixar de qualificar a hegemonia desses atributos pela introdução de um vazio vertical, intercolúnio diferenciado e balanços distintos nos lados estreitos e largos de cada laje⁵⁶.

Cabe então entender não só tecnicamente a evolução deste tipo construtivo, mas também os fatores que determinam a sua *valorização como objeto de fé atuante como garantidor de autenticidade*⁵⁷. É a ossatura independente que fundamenta os cinco pontos da nova arquitetura: o pilotis, o teto terraço, a planta livre, a janela horizontal e a fachada livre são proporcionados por um modelo iconográfico que elevou sua estrutura – neste caso de concreto armado – a se tornar uma prerrogativa da nova arquitetura na era da máquina.

Vale lembrar, mesmo com tudo o que representa, que o sistema Dom-ino teve influência relativa como modelo efetivamente concreto, tanto na arquitetura em geral quanto na própria obra de Le Corbusier a partir dos anos vinte. Abóbadas, arcos de concreto, cobertura telhada e parede portante surgem em projetos de programas variados, em contraponto a imagem propagada desde 1914, comprovando que a percepção deste modelo como solução arquitetônica universal se deu muito depois, quando se fundiu do sistema de modulação estrutural e espacial com um vocabulário representativo.

Dentro do Brasil, o debate é intenso sobre a construção de uma arquitetura moderna nos moldes propostos por Le Corbusier. Lúcio declara que a arquitetura moderna cristalizada na obra corbusiana é o estilo verdadeiro do século. Despojado de ornamentação, o seu segredo é a estrutura independente que permite uma planta livre. Três anos mais tarde Gerson Pompeu escreve artigo associando estrutura e vedação ao corpo humano, afirmando que é necessária uma análise aprofundada para que se possa fixar independência entre ambos.

56. COMAS, 1994, p.181.

57. ROWE, 1999, p. 107.

Capítulo 2 - O sistema Dom-ino

Precedências construtivas

O conceito estrutural que seria apresentado pelo sistema Dom-ino em 1914 é originado construtivamente em um princípio de utilização de elementos já perfeitamente ortodoxos naquele ano (FRAMPTON, 1979, p. 66). Além das prematuras lajes nervuradas concebidas por Wilkinson na metade do século XIX (ver página 34), as realizações de C.A.P. Turner e Maillart no início do século XX já indicavam que as vigas aparentes não eram mais elementos indispensáveis na formação do plano em concreto armado (fig. 3.07).

O sistema de lajes planas também era descrito oficialmente em um manual de 1912 – que fazia parte da biblioteca pessoal de Corbusier – publicado pela Associação de Cimento Portland dos Estados Unidos⁵⁸. Como exemplo europeu pode-se citar uma realização na Inglaterra (fig. 3.08 e 3.09) onde em 1913 foi aplicado entre outras obras no *The British-American Tobacco Co*⁵⁹.

A construção de pisos com a utilização de elementos cerâmicos ou assemelhados possibilitaram não só a construção rápida requerida, mas também o aumento da resistência dos planos referente aos esforços de punção, derivados principalmente do aumento da seção das lajes. Este fato contribuiu também para que os capitéis de engrossamento fossem gradativamente reduzidos e os pilares se tornassem cada vez mais esbeltos, ambas características importantes para um sistema que tinha como objetivo primeiro a industrialização e feitura em série, mas que avançou nos anos seguintes como um ícone representativo da nova arquitetura.

58. SLOAN, M M. *The Concrete House and its Construction*. Association of American Portland Cement Manufacturers, Philadelphia, 1912.

[De acordo com Brian Brace Taylor (apud FRAMPTON, 1979, p.80), este livro estava na biblioteca pessoal de Le Corbusier, mas não aparece no catálogo de Paul Turner até 1920. Assim sendo, não pode-se afirmar que Corbusier conhecesse o livro em 1914. Pode-se supor, entretanto, que o princípio era conhecido de maneira geral, ao menos pelos dois engenheiros que fizeram parte da equipe que elaborou o sistema, especialmente Juste Schneider.]

59. A referida obra utilizava vãos de aproximadamente 6m entre apoios, com vigas de aço mergulhadas no concreto que tinha o claro objetivo de proteção contra incêndios. Conforme pode se observar nas imagens, as vigas eram visíveis no plano inferior, o que não invalida o exemplo já que, dependendo da altura da laje e do vão suportado, as vigas ficam embutidas no plano da laje. [CONCRETE and Constructional Engineering, nov. 1913 Vol. VIII n°11]

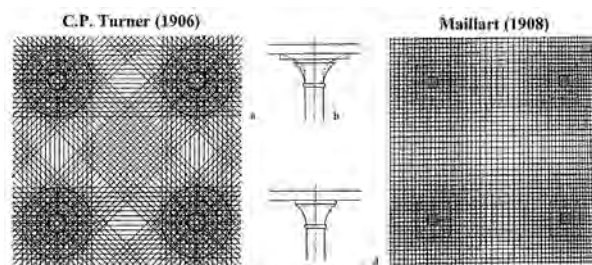


Fig. 3.07 - Esquemas comparativos entre os sistemas de armaduras e capitéis de Claude Turner [esq] e Maillart [dir] [GASPARINI, 2002]:1244



Fig. 3.08 - Gordon & Guton: *The British-American Tobacco Co., LTD.*, Londres, 1913. Lajes nervuradas compostas de elementos cerâmicos em combinação com barras de ferro e posterior aplicação de concreto *in loco*. [CONCRETE and Constructional Engineering, nov. 1913 Vol. VIII n°11]: 747



Fig. 3.09 - Gordon & Guton: *The British-American Tobacco Co., LTD.*, Londres, 1913. Distribuição das peças cerâmicas e montagem das ferragens. [CONCRETE and Constructional Engineering, nov. 1913 Vol. VIII n°11]: 750

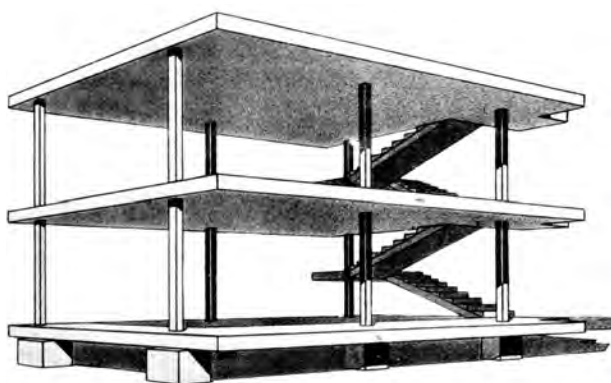


Fig. 3.10 - **Le Corbusier**: Sistema Dom-ino, 1914. Perspectiva cônica do sistema conforme foi concebido. [LE CORBUSIER, 1914]

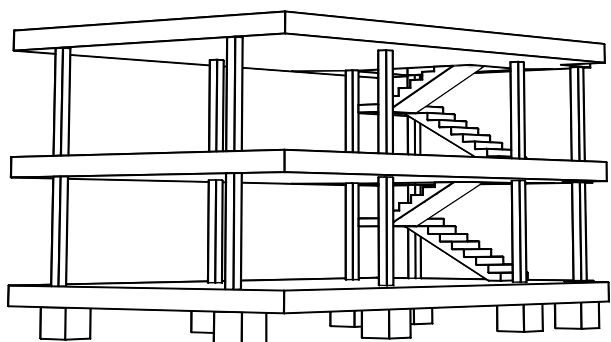


Fig. 3.11 - Perspectiva gerada por computador a partir das dimensões obtidas através das planta e cortes do esquema original. [DESE- NHO DO AUTOR]



Fig. 3.12 - **Le Corbusier**: Sistema Dom-ino, 1914. Maquete do sistema estrutural. [FONDATION LE CORBUSIER. *Le Corbusier: architecte/ artiste*. London: Infinitum publications, 1997. CD-ROM. Macintosh]

Domus de construção rápida

“Corbusier recorda que, nos idos de 1914, quando lhe ocorreu a idéia das casas Dom-ino, les inventions plastiques magnifiques de Lloyd Wright e les saines créations de Auguste Perret eram os únicos intentos a opor-se a uma renovação arquitetônica precária [...]. Deriva a idéia das casas flamengas dos séculos XV ao XVII e diz que lhe tomou quinze anos reconhecer que o esquema de ossatura então proposto era a chave duma solução unitária para a arquitetura do século, a chave duma unidade arquitetônica abarcando casas e palácios, aldeias e cidades, resultado duma abordagem disciplinar integrando coordenadas sociais, industriais e estéticas.” (COMAS, 2002)

Considerado por muitos como ponto de partida da visão pessoal de Le Corbusier sobre a nova arquitetura e da aplicação de novos materiais, o sistema Dom-ino – nome que evoca *Domus* (casa em latim) e o jogo de dominó (pela peça retangular marcada por seis pilares) – é proposta elaborada com a co-autoria dos engenheiros Max Du Bois e Juste Scheneider⁶⁰.

Concebida originalmente como um sistema estrutural válido para possibilitar a rápida construção de casas em série – um mercado aberto depois do começo da guerra de 1914, se aplica com esta finalidade somente em 1929 com a *Loi Loucheur*⁶¹. O interesse de Le Corbusier pelo concreto armado tinha origem principalmente na influência de Auguste Perret, para quem trabalhou durante sua visita a Paris em 1907. Este interesse aumentou após o contato com o engenheiro e amigo Du Bois. Em colaboração, desenvolveram o sistema construtivo que se apoiava nos princípios formulados por Emil Mörsch de quem Du Bois foi discípulo na politécnica de Zurique (FRAMPTON, 1979, p.64).

60. **Max Du Bois** (1884-19--) Engenheiro suíço de *Le Locle* (próximo a *La Chaux-de-Fonds*) relacionado com a família Jeanneret pela amizade de sua tia com a mãe de Corbusier. Graduado pela escola politécnica de Zurique, em 1907, trabalhou em Paris para *Gros e Loucheur*. Em 1909 publica a tradução de *Eisenbeton Bau* (*Le Béton Armé, Béranger, 1909*) de *Emil Mörsch* o qual ele concede uma cópia a Corbusier. Fundador da *Société d'Application de Béton Armé* (S.A.B.A) que tinha como objetivo promover o uso do concreto armado em edifícios industriais. **Juste Scheneider**, Engenheiro suíço de Genebra, juntou-se a Du Bois na S.A.B.A.

61. **Louis Loucheur** (1872-1931) Ministro do Trabalho e da Previdência Social da França no período 1926-30. A lei que levou seu nome previa a construção de 260 mil alojamentos no pós-guerra. [Disponível em <<http://perso.wanadoo.fr/chateauroux45-2000/logement/Loi%20Loucheur.htm>> Acesso em 02 mai. 2003]

O sistema consistia numa estrutura reticular simples em concreto armado, ligeiramente elevada do chão, com três lajes planas horizontais balançadas nos lados maiores, sustentadas por oito pilares equidistantes⁶² de seções idênticas apoiados em oito blocos de fundação (fig. 3.13), com quatro lanços de escada apoiados pelos patamares. A figura da laje plana direcional sem vigas aparentes foi possível através da utilização de um sistema semelhante ao caixão perdido (*hollow pots*), que proporciona que o vão maior (4m) seja vencido por uma laje de espessura de 40cm. Cada laje é dividida longitudinalmente em 10 módulos de 75cm, correspondente aos alvéolos marcados pelos vazios das formas retangulares. Esta armação da laje em módulos produz 11 “vigotas” transversais [A] de 15cm de largura entre cada cavidade.

As dúvidas sobre o sistema

Alguns aspectos sobre o sistema se mostram obscuros na descrição de 1914 publicada na *Ceuvre Complète*, principalmente sob o aspecto da execução da estrutura. Primeiramente, o texto se refere que o concreto era, pelo menos em parte, pré-fabricado – existem referências a uma indústria que entregaria parte dos elementos construtivos na obra – porém, os pilares e lajes eram, na realidade, fundidos em loco, e os únicos elementos pré-fabricados eram as formas reutilizáveis e escoras de metal. Nenhum texto até hoje esclarece esta questão, nem mesmo os arquivos da *Propriété Industrielle* (que detém o registro de todas as patentes da França). As conjecturas a partir dos poucos esboços levam a crer na seguinte descrição elaborada por Taylor (1973):

“As fundações são igualmente espaçadas no solo, e a primeira laje repousa diretamente sobre eles. Os pilares de concreto armado são concretados até o primeiro piso, utilizando (presumivelmente) tradicionais formas de madeira. Uma vez curados, são fixadas peças de metal que armam uma estrutura retangular de apoio para suportar as formas reutilizáveis. Sobre ela são colocadas vigas menores em intervalos regulares (1m) que servirão de apoio para as peças cerâmicas ocas. As ferragens são posicionadas entre as pequenas vigas I. O concreto é introdu-

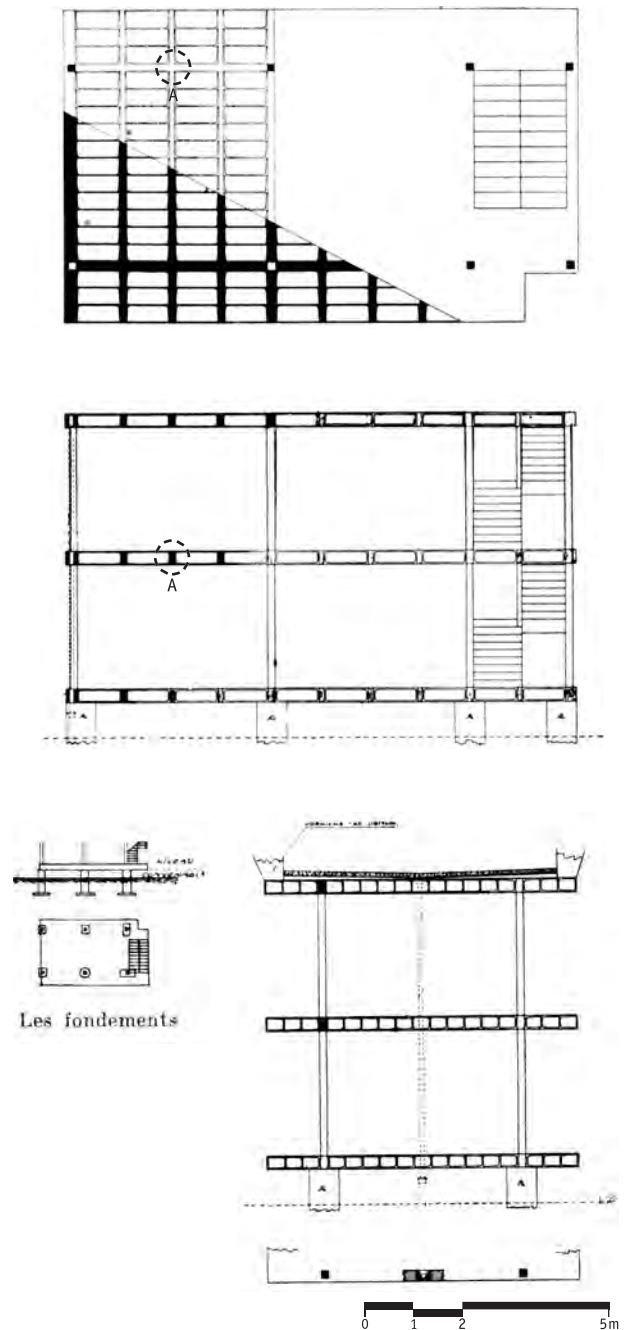


Fig. 3.13 - Le Corbusier: Planta e cortes do sistema estrutural, 1914. [LE CORBUSIER, 1914]

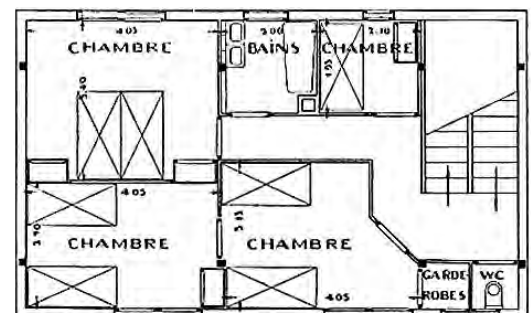


Fig. 3.14 - Planta do pavimento superior de uma unidade habitacional (sistema Dom-ino). As paredes leves, coincidentes com os pilares tinham o objetivo de compartimentação rápida. [Disponível em <http://www.geocities.com/darq_estudio/lecorbu/lcdo02.jpg> Acesso em 24 jul. 2003]

62. Os dois pilares que completam o apoio dos patamares das escadas não são representados na clássica perspectiva de 1914.

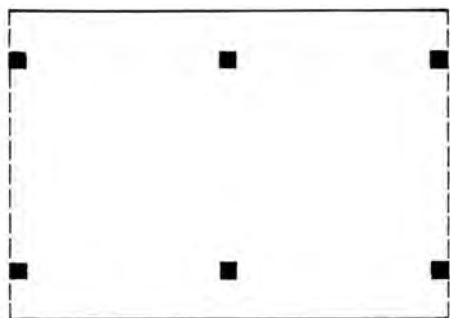


Fig. 3.15 - Planta baixa do sistema sem a porção da escada. [FRAMPTON, 1979]:69b

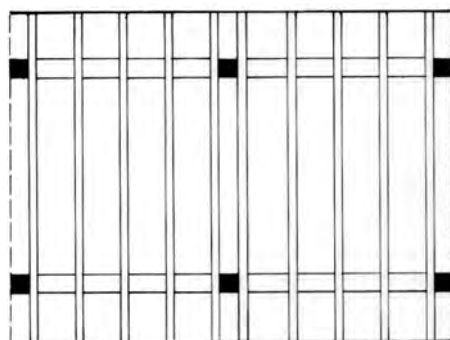


Fig. 3.16 - Planta baixa com os pilares e o sistema de suporte temporário. [FRAMPTON, 1979]:69c

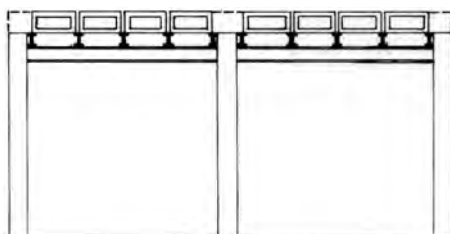


Fig. 3.17 - Corte demonstrando o sistema de suporte temporário. [FRAMPTON, 1979]:69d

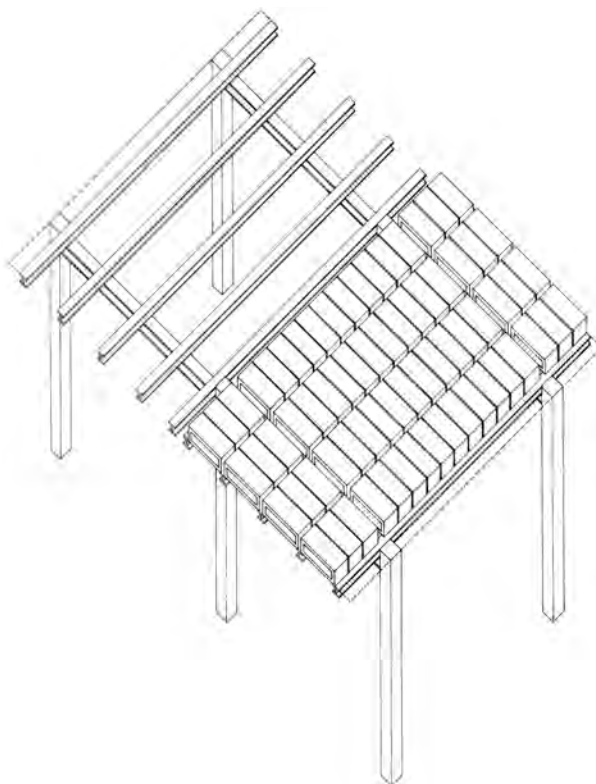


Fig.3.18 - Perspectiva axonométrica demonstrando a montagem das lajes. [FRAMPTON, 1979]:69a

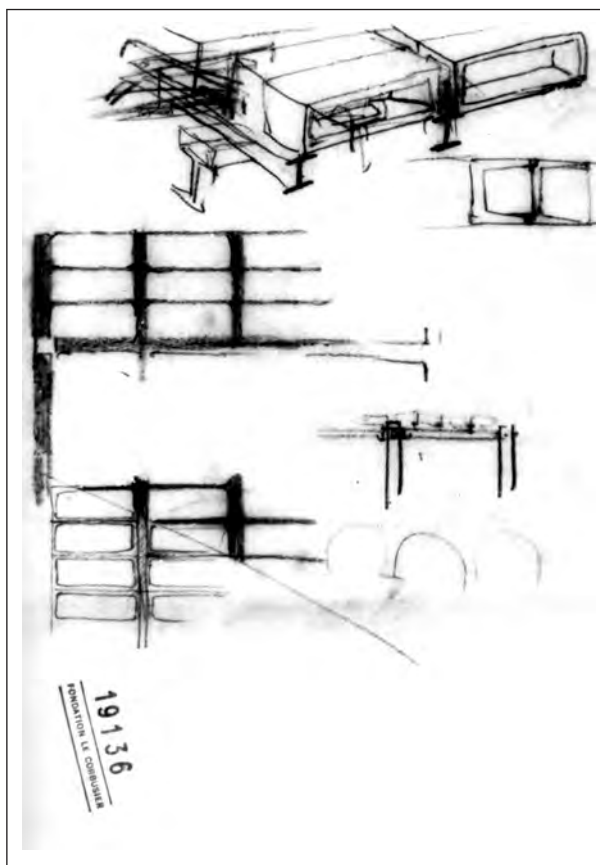


Fig. 3.19 - **Le Corbusier**: Sistema Dom-ino, 1915/1916. Croquis demonstrando os suportes temporários das lajes e suas partes constituintes. [FRAMPTON, 1979]:65a

zido preenchendo os espaços entre as peças cerâmicas, consolidando a estrutura. Assim sendo, a superfície inferior da laje coincide com o topo das vigas menores. Após a cura do concreto, toda estrutura metálica é removida, deixando assim, tanto o teto quanto o piso, completamente planos.”

Esta descrição deixa algumas questões pendentes, ou pelo menos duvidosas: 1) A necessidade de formas de bordo que aparassem o concreto nos lados menores durante a concretagem não é citada. 2) Também não são mencionadas formas – ou suportes inferiores – para as vigas longitudinais que conectam os pilares com as 11 vigas transversais. 3) Salvo as construções em grande escala, não há evidências de que o sistema de formas em aço seria realmente mais barato que o sistema tradicional em madeira. 4) A montagem e desmontagem das formas de aço levaria tempo, bem como a mão-de-obra requerida para a execução deveria ser muito mais especializada.

Os aspectos acima descritos, juntamente com o custo da produção das formas em comparação com outros sistemas estruturais, sugere alguns dos motivos pelos quais este esquema não foi implementado da mesma forma que foi concebido, mesmo que Le Corbusier tenha utilizado esta concepção semelhante de laje plana na construção de *villas* de grandes industriários – que foram seus primeiros clientes – como é o caso da *Villa Schwob* (fig. 3.21), de 1916.

Deve ser enfatizado mais uma vez que estas descrições não passam de conjecturas, já que as informações sobre o sistema não são abundantes. A falta de evidências e descrições mais detalhadas torna impossível averiguar qual das propostas era a solução final, já que dentro do mesmo conjunto de documentos publicados existem diversas inconsistências e assincronias.

Dimensões do protótipo*	
Vão maior	4m
Vão menor	2m
Balanços	1,2m
Espessura laje	0,40m
Pé-direito	2,5m
Pilares	0,15x0,15m

[*] Dimensões levantadas a partir da escala gráfica.

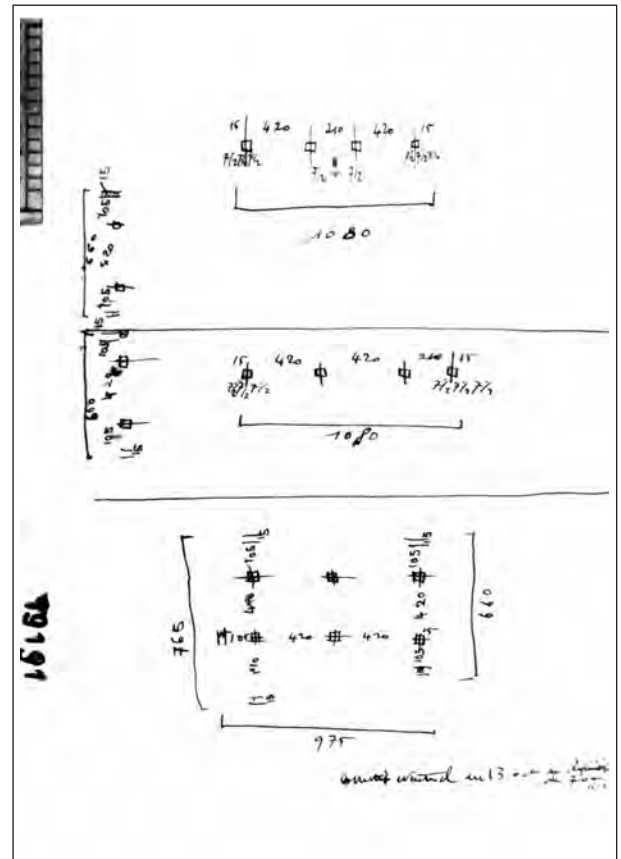


Fig. 3.20 - **Le Corbusier**: Sistema Dom-ino, 1915/1916. Croquis demonstrando as dimensões gerais do sistema. [FRAMPTON, 1979]:65a



Fig. 3.21 - **Le Corbusier**: Villa Schwob, 1916. A imagem indica um sistema construtivo de laje plana semelhante ao utilizado no sistema Dom-ino. [FRAMPTON, 1979]:64

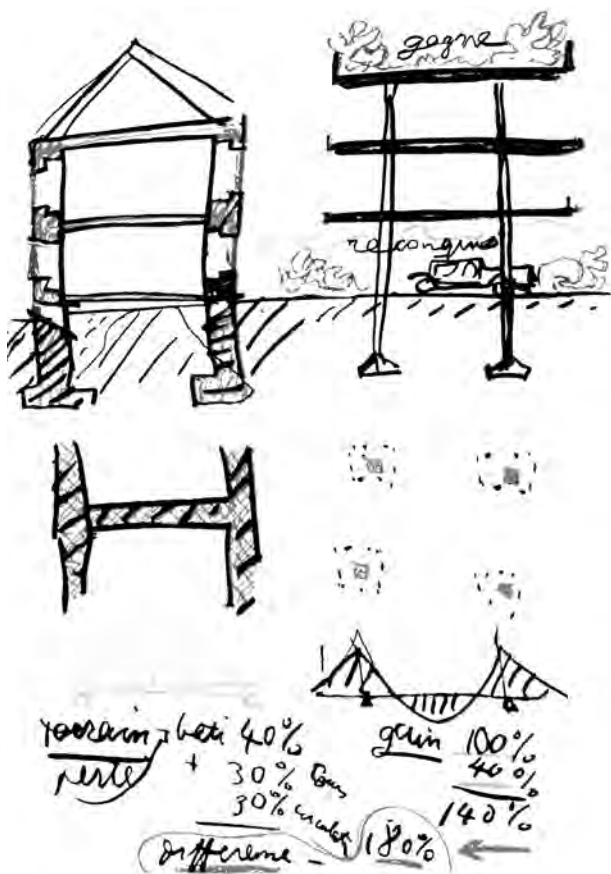


Fig. 3.22 - Le Corbusier: Esquema comparativo entre a construção com paredes portantes e o sistema de estrutura independente, através de diagramas de momento fletor. Neste desenho, Corbusier demonstra o ganho em desempenho e economia com o advento do balanço estrutural. [LE CORBUSIER, 1930]:41

O avanço do balanço

“Em nota intitulada De Joseph Monier a Le Corbusier, Tarsila do Amaral⁶³ vê a herança do inventor do concreto armado repartida entre os irmãos Perret (com Auguste à frente) e Corbusier (com o primo Jeanneret por trás) numa frente única contra o academismo sobrevivente, embora julgando que a segunda linha é a mais forte, a mais inteligente, a mais arrojada. A raiz da diferença que Tarsila não descobre, Corbusier silencia e os italianos evitam é o balanço fundamental para que a fachada possa ser livre[...]” (COMAS, 2002)

O balanço estrutural – que surgiu como um ensaio na *Maison Hennebique* de 1903 e cresceu acanhado no *25 bis* de Perret de 1905 – desponta agora completamente com força estrutural – pelos diagramas de momento fletor elaborados por Corbusier (fig. 3.22) – e formal – pela liberdade que ele outorga à fachada. Sua realização não apenas revela o controle sobre o comportamento do plano contínuo e liso de Maillart, mas também colabora – quanto maior a dimensão de seus balanços – para que o vão se amplie na razão inversa da espessura da laje.

De fato, a explicitação por parte de Le Corbusier do avançamento do plano do piso ou cobertura é muito mais que apenas uma compensação das solicitações de momento fletor ou cortante. Neste aspecto, o sistema Dom-ino incita que o plano vertical de fachada é independente da ossatura do edifício, e que o atrasamento dos seus apoios em relação à prumada da vedação acaba por libertá-la das marcações provenientes de sua presença, como se pudesse, em um estalar de dedos, as fachadas da garagem da rua Ponthieu de Perret (1905) ou da fábrica da Ford de Albert Kahn (1909) se desobrigar da forte presença da visível grelha formada pelos pilares e vigas. É evidente – pelas plantas e pelas elevações que acompanhavam o esquema – que em um primeiro momento Corbusier não percebeu os aspectos formais deste revolucionário recurso. O balanço estava ali como um elemento que colaborava estruturalmente no funcionamento estático do esqueleto independente, ampliando a projeção da laje e proporcionando que as medidas das vigas embutidas na laje fossem compatíveis com uma construção que se propunha ser rápida e econômica

63. Tarsila do Amaral, *De Joseph Monier a Le Corbusier*, in *Arquitetura e Urbanismo*, setembro-outubro 1936, pp. 185-6.

Corbusier como compilador

Em termos gerais, pode-se definir o Dom-ino como a compilação de muitas idéias represadas por um longo período. FRAMPTON (1979, p.72) elabora uma cronologia que auxilia a separar os elementos desta síntese sob o aspecto arquitetônico: 1) por razões econômicas, os arquitetos modernos seriam forçados, eventualmente, a utilizar os novos materiais e técnicas construtivas. Era uma questão urgente que os arquitetos e engenheiros cooperassem para desenvolver o vocabulário formal da nova arquitetura.

2) a revolução na indústria da construção, onde um processo agora poderia ser utilizado para qualquer tipo de edifício. Se o problema central da arquitetura moderna fosse a casa, então teria que ser considerado em termos do ambiente urbano inteiro. Deste modo, a arquitetura moderna se estende ao urbanismo, assumindo uma dimensão social nova, envolvendo estudos dos aspectos sociológicos.

3) a nova lei de decisões administrativas e econômicas para construir e o aumento inevitável dos projetos conduziria à organização comercial da arquitetura. Em seu caderno de esboços, Jeanerret visualiza a situação ideal: uma lucrativa e crescente empresa de arquitetura interessada em projetar e fabricar elementos de construção ou até mesmo cidades inteiras.

4) o avanço da economia provocariam novos agentes: industriais, homens de negócios e instituições públicas, inclusive governos. Para persuadí-los, o arquiteto moderno teria que dominar os argumentos econômicos a favor de seus projetos, explorando a publicidade e jogando em manobras políticas.

5) finalmente, apesar de todos estes aspectos, a arquitetura, útil e nobre, teria que continuar expressando valores funcionais e espirituais, e o arquiteto moderno, como todos os seus antecessores, permaneceria com um artista por definição.

Na arquitetura moderna, proporção seria essencial: elementos padronizados garantiriam uma expressão controlada de diversidade, dando ritmo, ordem e unidade a totalidade do projeto.

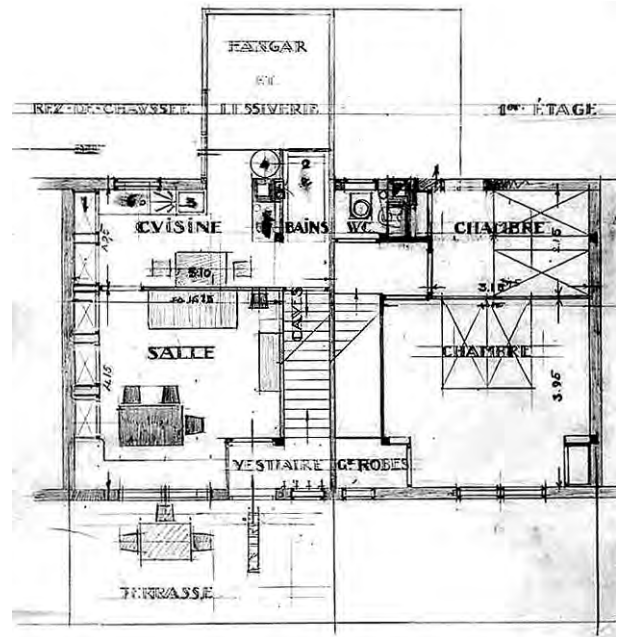


Fig. 3.23 - **Le Corbusier**: Planta associativa de 2 unidades. [FONDATION LE CORBUSIER. *Le Corbusier: architecte/artiste*. London: Infinitum publications, 1997. CD-ROM. Macintosh]

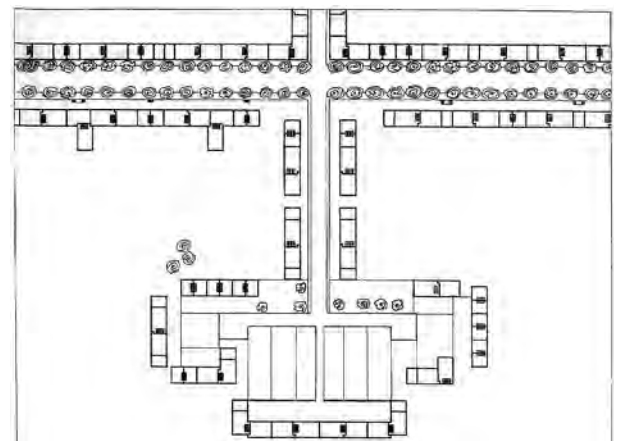


Fig. 3.24 - **Le Corbusier**: Sistema Dom-ino, 1914. Estudo associativo das unidades habitacionais. [FONDATION LE CORBUSIER. *Le Corbusier: architecte/artiste*. London: Infinitum publications, 1997. CD-ROM. Macintosh]



Fig. 3.25 - **Le Corbusier**: Sistema Dom-ino, 1914. Perspectiva do conjunto. [FONDATION LE CORBUSIER. *Le Corbusier: architecte/artiste*. London: Infinitum publications, 1997. CD-ROM. Macintosh]

O esmorecimento do processo

“Le Corbusier se deu conta que de que tal produção só seria alcançada através do exercício de muita perícia e de uma produção industrial de alto nível, uma combinação de circunstâncias que era rara na indústria da construção. Reconheceu essas limitações em sua proposta da Maison Dom-ino, que, à parte a construção das formas e a instalação das armaduras de aço, se destinava a ser construída por uma mão-de-obra não qualificada.”
(FRAMPTON, 2000, p.183)

É interessante observar que, apesar de todo o mérito e prestígio que se atribui ao sistema, ele não tenha sido aplicado de imediato na forma como se propôs desde o início de sua concepção. Não só a falta de mão-de-obra especializada e os problemas de uma industrialização quase inexistente na construção civil da época. Alguns acontecimentos da cronologia histórica e o contexto auxiliam a desvendar algumas possibilidades que motivaram a desarticulação em torno do lançamento da idéia a partir de 1916: a continuidade da Primeira Guerra até 1918 atrasa os planos de reconstrução das cidades e conseqüentemente a aplicação do sistema e seu patenteamento; a oportunidade perdida na exposição *La Cité Reconstituée*⁶⁴ (organizada pelos órgãos higienistas franceses) e falta de entusiasmo de Du Bois em relação ao registro da patente. Como engenheiro, ele considerou a idéia sob o ponto de vista da construção, não percebendo nada de extraordinário, já que sob este aspecto, o plano não tinha nada de inovador. Para ele, aquilo era “uma idéia simplista”, ao mesmo tempo que para Corbusier era algo revolucionário.

Arquitetonicamente, a idéia era revolucionária: “um toque de clarim para os arquitetos abraçar a nova revolução do edifício”⁶⁵ e dessa forma fazer parte desta revolução participando efetivamente de uma nova arquitetura. Talvez para esta razão também, Du Bois estava certo: a idéia não era material para uma patente, que por definição limita o seu uso em função do registro.



Fig. 3.26 - Maquete do casa Dom-ino em escala natural feita em madeira pelo escritório de Rirkrit Tiravanija, 1998. [Disponível em <<http://www.crousel.com/tiravanija/images/rt-dom-ino.html>> Acesso em 10 ago. 2003]

64. Exposição de projetos realizada em Paris entre maio e junho de 1916 com a finalidade de apresentar novas soluções para os problemas urbanísticos surgidos com a guerra. Tudo estava pronto para a exposição do projeto do sistema Dom-ino até que Le Corbusier abandona a idéia aconselhado por **Perret**, que propôs uma ação “privada” de divulgação por parte da S.A.B.A antes de expor o trabalho. [FRAMPTON, 1979, p.70]

65. IBIDEM p.71

Capítulo 3 - Le Corbusier e a irregularidade da regra

Monol e Citrohan

Perante os tantos percalços provocados pelo cenário político-econômico que a guerra trouxe e das impossibilidades técnicas de aplicar seu sistema na reconstrução do que havia sido destruído durante o período, Le Corbusier lança mão, com suas Casas Monol de 1919 (figs. 3.27 e 3.28), de uma “abordagem colagista”⁶⁶ da construção. Neste caso, a laje plana do Dom-ino dá lugar a uma seqüência de abóbodas de concreto – evolução construtiva das abóbodas de Perret em Casablanca (pág. 57) – revestidas com telhas onduladas de amianto, cobrindo um espaço compartimentável. Como na Dom-ino, Monol previa a construção de mais de um pavimento, com estrutura independente das vedações e balanço quase inexistente. As tentativas de Corbusier para construir com estrutura reticular e/ou independente não se concretizavam. Em 1920, com base em um pequeno restaurante para operários de Paris onde Corbusier almoçava diariamente com seu primo, é elaborado pela primeira vez o corte e a distribuição básica da *Maison Citrohan* (fig. 3.29).

“Mucho más trascendente para su obra fue la Maison Citrohan, de 1920; un tipo estructural muy simple, mucho más cercano a las estructuras de muros que la menos fértil Maison Dominó.” (PARICIO, 1995, p.54)

Mais flexível sob o aspecto da natureza da estrutura – inclusive podendo ser entendida com paredes portantes – o exemplo de sua casa unifamiliar em Weissenhof (1927) evidencia essa flexibilidade. Neste projeto (fig. 3.30), a planta do térreo está ocupada por locais de livre organização entre pilares, segundo o modelo teórico inicial. As plantas superiores estão praticamente construídas com estrutura portante, ao ponto da fachada do outro lado da escada ser literalmente uma construção feita de blocos de concreto, dentro dos quais se conforma um pilar armado (fig. 3.31).

O Pavilhão do *Espirit Nouveau* (1925), o bairro de Pessac, a *Maison Cook* (1926), a casa em Cartago (1928) se organizaram também segundo este mesmo esquema que, sob um aspecto geral, ainda tem forte influência da construção portante.



Fig. 3.27 - Le Corbusier: *Maison Monol*, 1919. Perspectiva do conjunto de dois pavimentos. [FONDATION LE CORBUSIER. *Le Corbusier: architecte/ artiste*. London: Infinitum publications, 1997. CD-ROM. Macintosh]



Fig. 3.28 - Le Corbusier: *Maison Monol*, 1919, Vista interna. [LE CORBUSIER, 1971]: 25



Fig. 3.29 - Le Corbusier: *Maison Citrohan*, 1920, Plantas baixas. [PARICIO, 1995]: 54

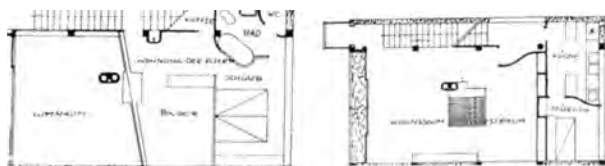


Fig. 3.30 - Le Corbusier: Residência Unifamiliar em Weissenhof, 1927, Plantas baixas. [PARICIO, 1995]: 54

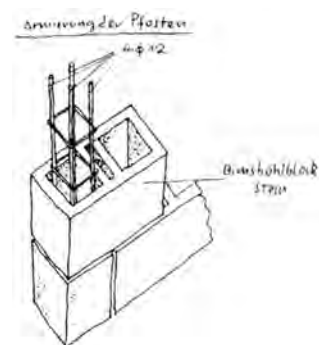


Fig. 3.31 - Le Corbusier: Residência Unifamiliar em Weissenhof, 1927, Detalhe construtivo. [PARICIO, 1995]: 54

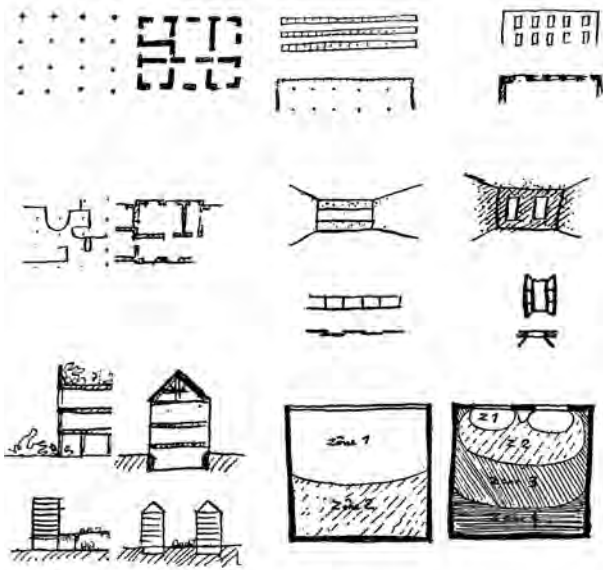


Fig. 3.32 - **Le Corbusier**: Pilotis, planta livre, fachada livre, janela em fita e teto-jardim: o concreto armado tinha participação efetiva na realização dos “Cinco Pontos da Nova Arquitetura”. [COMAS, 2002]

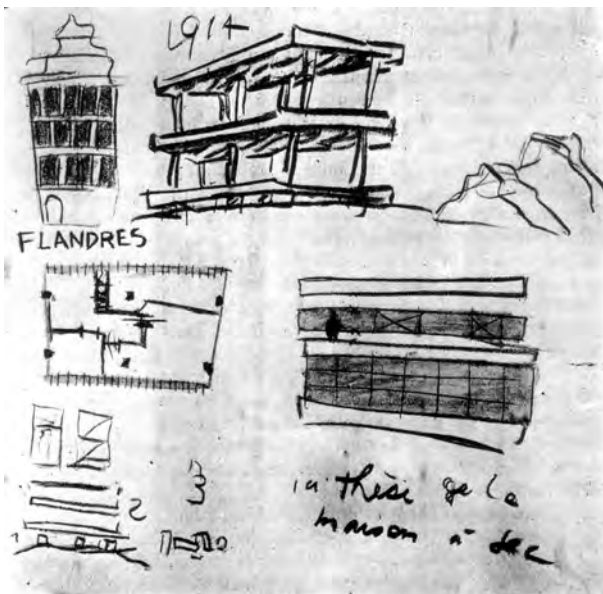


Fig. 3.33 - **Le Corbusier**: relações entre o sistema Dom-ino, a planta livre e a fachada livre. [LE CORBUSIER, 1930]:

Os Cinco Pontos da Nova Arquitetura

Após 12 anos da divulgação do sistema Dom-ino, Le Corbusier publica no final do ano de 1926 “*Les 5 points d’une architecture nouvelle*” (fig. 3.32), determinando a sintaxe da nova arquitetura que, sob algum aspecto, já estavam “profeticamente” presentes no sistema mencionado.

Corbusier na *Œuvre Complète* cita o concreto armado em quatro dos cinco pontos como recurso revolucionário que viabiliza a nova arquitetura: é ele que proporciona os pilotis, elevando a casa do solo; é o novo meio que permite a realização da cobertura plana e os tetos-jardim são consequência de um isolamento térmico que evita as brutais dilatações e contrações do material; é suporte da planta livre, que até então dependia de paredes portantes que partiam do sub-solo, constituindo a planta baixa, os pisos e chegando até a cobertura, “*escravizando a planta pelas paredes portantes*”; o concreto armado revolucionara a história da janela, que agora podem se abrir de um lado a outro da fachada. Só não cita que o balanço estrutural de laje libera a elevação, tornando “membranas” as paredes isolantes e/ou as janelas.

Desde um ponto de vista lógico, a planta livre tem uma certa prioridade dentro dos Cinco Pontos (GANS, 1987, p.19). Facilmente rastreável dentro de um passado imediato, – Perret insinua no 25 bis e realiza em Le Raincy – é parte fundamental na dissociação entre a estrutura e seu fachamento. Este elemento da equação não obedece só ao jogo formal e arquitetônico de paredes e pilares. Vai além, interferindo no traçado das relações que ligam o que representam: a ordem da estrutura regular, e a ordem do programa contingente, articulados pelo fechamento e pela circulação:

“*El gran acontecimiento de la arquitectura..., cuando se fueron los muros y vinieron las columnas*” (KAHN apud PARICIO, 1995, p. 09)

A coincidência das paredes de andares superpostos não era mais obrigatória. A nova arquitetura ensejava a autonomia da configuração da vedação em andares distintos. A concepção autônoma de vedação e estrutura precisava de um plano isento de direcionalidade visível. Este é o momento em que as vigas invertem a razão de sua inércia geométrica e são absovidas pela laje.

O “desaparecimento” das vigas

“El espacio del Estilo Internacional era un sistema que tendía a prohibir que se viesen las vigas, y que lo más importante no era que el tejado fuese llano, sino que lo fuese el techo interior, y que suelos y techos presentasen planos ininterrumpidos. Esta restricción parece deducirse del concepto de libertad de la columna, ya que la columna libre difícilmente podía asumir una relación explícita con las vigas que pudiesen descansar en ella sin llevar a una compartimentalización del espacio y, por lo tanto, a una cierta violación de la libertad del plano.” (ROWE, 1999, p.140)

Maior obstáculo no caminho para a livre organização do espaço edificado, as vigas na arquitetura moderna deveriam ser absorvidas pelo plano da laje, convertendo-se em viga plana. Essa era exatamente a conformação da estrutura no sistema Dom-ino e que prosseguiu sendo aplicada em todos os projetos de Corbusier dos anos 20 (fig. 3.34). Para existir uma planta livre o plano de laje não deveria ter estrias que pré-demarcassem uma organização espacial, como elucidada o trecho abaixo:

“Para que a afirmação da independência entre parede e estrutura fosse visualmente plena, cabia privilegiar tanto a coluna exenta, à maneira de uma linha, quanto as lajes de entepiso planas [...]; vigas aparentes sugeririam compartimentação virtual antagônica à autonomia da parede. É no espaço estratificado horizontalmente por essas lajes que uma ‘planta livre’ podia assumir dimensão arquitetônica.” (COMAS, 1989, p.92)

Porém, esta dimensão na obra de arquitetura moderna poderia ser manipulada de maneira que o plano, livre de viga aparente, pudesse ser visualizado como tal. Exemplo deste artifício é a *Villa Savoye* de 1929 (figs. 3.36 e 3.37), onde Corbusier conseguiu uma imagem quase perfeitamente isótropa do espaço, dissimulando com grande eficácia a existência de vigas no teto do pilotis. A estrutura está formada por uma sucessão de cinco pórticos: o primeiro e o último estão alinhados com a fachada (sem balanço), e neles não existe viga aparente. Os outros três pórticos centrais não estão completos, sendo interrompidos antes de chegar nas outras duas fachadas, agora apoiadas em uma laje plana que se projeta em balanço.



Fig. 3.34 - **Le Corbusier:** *Maison Cook*, 1926. Teto plano com a viga compondo pórtico com a coluna. [FONDATION LE CORBUSIER. *Le Corbusier: architecte/artiste*. London: Infinitum publications, 1997. CD-ROM. Macintosh]

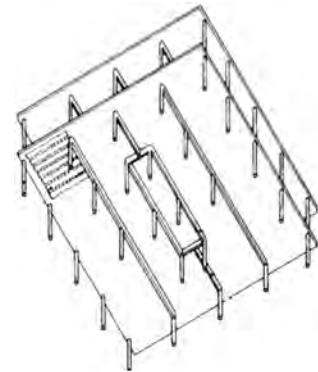


Fig. 3.35 - **Le Corbusier:** *Villa Savoye*, 1929-31. Diagrama estrutural onde se observa a eliminação das vigas nos perímetros. [PARICIO, 1995]:51



Fig. 3.36 - **Le Corbusier:** *Villa Savoye*, 1929-31. Vista dos pilotis. [PARICIO, 1995]:51



Fig. 3.37 - **Le Corbusier:** *Villa Savoye*, 1929-31. No pilotis, a esquadria é recortada para contornar o viga aparente. [KLICZOWSKI, 2003]:25



Fig. 3.38 - **Le Corbusier**: *Villa Savoye*, 1929-31. A estrutura independente pode resolver não só projetos de habitação, como também o problema universal da arquitetura. [Disponível em <<http://user.chollian.net/~ucnet2003/Europe-France/Paris/WFAeur%20France-LC%villesavoye-04.jpg>> Acesso em 21 mar. 2003]



Fig. 3.39 - **Le Corbusier**: *Plano urbanístico para o Rio de Janeiro*, 1929. [COSTA, 1995]:148



Fig. 3.40 - **Le Corbusier**: *Urbanização da cidade de Argel*, 1930-34. Estrutura robusta de concreto funcionando como arcabouço, enquadrando terrenos artificiais diversos sem prejuízo do conjunto. [COSTA, 1995]:148

A revisão dos Cinco Pontos

No mesmo ano do projeto da *Villa Savoye*, Pierre Jeanneret lê no CIAM de Frankfurt texto de Le Corbusier escrito em setembro de 29 onde ele insiste várias vezes em uma condição incontornável para abordar a padronização da habitação: a distinção entre o problema da estrutura e o problema do equipamento.

“A habitação é um fenômeno biológico. No entanto os recintos, os locais, os espaços que ela comporta são limitados por um envelope que obedece a um regime estático. Acontecimento biológico, acontecimento estático são duas coisas de ordens diferentes” (LE CORBUSIER apud TSIOMIS, 1998, p.68)

A seu ver a estrutura obedece a uma lógica independente dos projetos de habitação particulares. O texto mostra pela primeira vez que para Corbusier a questão da estrutura ultrapassa de longe o quadro dos projetos de habitação e que a ossatura independente, com a planta livre e a fachada livre, constitui um meio recorrente para desenvolver uma grande diversidade de projetos. Este *conceito técnico* possibilita tratar de todos os problemas da arquitetura, desde a casa mínima até o palácio, passando pelos edifícios comerciais e arranha-céus. Em resumo conclui que *“o homem precisa de superfícies horizontais iluminadas, abrigado da chuva, da temperatura e da curiosidade”*. Os projetos dos viadutos habitados de 1929 (fig. 3.39 e 3.40) indicam que a ossatura não se reduz mais a um esqueleto-padrão como no modelo Dom-ino de 1914: agora ela é dotada de espaços de circulação horizontais e verticais em diferentes escalas, passando de simples esqueleto para terreno equipado.

A *estrutura independente* que assim surge denominada nos textos e projetos de 29 é finalmente integrada aos cinco pontos substituindo a janela contínua⁶⁷, que conforme WEBER (apud TSIOMIS, 1998, p.67) *“desaparece não simplesmente pelos desacordos estilísticos entre os diferentes membros do CIAM”*, mas por uma simples troca onde há reconhecimento de uma nova questão importante e distinta do problema da planta livre colocados anteriormente nos cinco pontos originais.

67. Ver também: Le Corbusier, *Précisions*, op cit, p.45 e *Œuvre Complète*, 1910-29 p. 129.

Variações do plano de cobertura

Em 1953, Mayerhofer⁶⁸ afirma que a arquitetura abrange duas categorias de elementos: a primeira são os muros, traduzidos como elementos sustentantes; a segunda são os tetos, que assumem a condição de elemento sustentado, definindo o partido arquitetônico e o sistema construtivo, “conferindo expressão e caráter as elevações”. Escreve também que o estudo analítico dos tetos pode fornecer o melhor ponto de partida para a diferenciação dos sistemas e das formas de arquitetura: “mais do que qualquer outro elemento, a cobertura acusa as tendências dominantes na arte de construir.” Por fim, divide os “monumentos arquitetônicos” em dois tipos: os que possuem teto plano e os que possuem teto abobadado.

O tema, sob a ótica da habitação humana, já havia sido abordado em 1785 por Quatrèmere de Quincy, que reconhece três tipos de residências primitivas: o primeiro é a caverna do caçador, matriz da arquitetura egípcia; o segundo tipo é representado pela tenda do pastor, matriz da arquitetura chinesa; e por último cita a cabana do agricultor, matriz da arquitetura grega⁶⁹.

Le Corbusier, mesmo após a divulgação dos Cinco Pontos, prossegue no estudo dos tipos de tetos, cujo tema central é a residência unifamiliar. Desde as abóbadas em seqüência das Casas Monol e do teto curvo com zenital da “casa de artista” (figs. 3.41 e 3.42) seus projetos apresentam variações do sistema de cobertura totalmente plana, incorporando, por exemplo, o “telhado borboleta” – inversão lógica do teto da cabana primitiva do agricultor ou metáfora da tenda do pastor – aplicado no projeto para o Pavilhão Desmontável Nestlé na feira de Paris de 1928 (fig. 3.43). As abóbadas em concreto armado são retomadas por Corbusier em 1929 com o esboço para a casa-ateliê de Paris (fig. 3.44), que agrupa quatro cascas em forma de gomos com um terraço jardim. O interesse é confirmado durante a depressão no final dos anos 20 e que perdura durante os anos 30 com uma série de projetos que recapitulam a lista de Quatrèmere e reafirmam as definições de Mayerhofer.

68. MAYERHOFER, 1953, p. XIII

69. COMAS, Carlos Eduardo Dias. Domesticidade moderna, tradição arquitetônica, cultura contemporânea. Artigo a ser publicado pela revista *Arquine* em 2004.

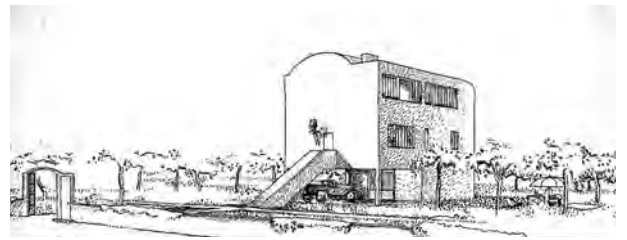


Fig. 3.41 - **Le Corbusier**: Casa de artista, 1922. [FONDATION LE CORBUSIER. *Le Corbusier: architecte/artiste*. London: Inifinitum publications, 1997. CD-ROM. Macintosh]

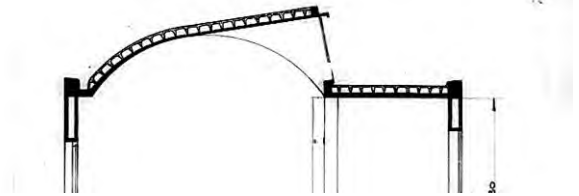


Fig. 3.42 - **Le Corbusier**: Casa de artista, 1922. Detalhe da cobertura curva abrindo em forma de *shed*. [FONDATION LE CORBUSIER. *Le Corbusier: architecte/artiste*. London: Inifinitum publications, 1997. CD-ROM. Macintosh]



Fig. 3.43 - **Le Corbusier**: Pavilhão Desmontável Nestlé, Paris, 1928. Telhado “borboleta”. [FONDATION LE CORBUSIER. *Le Corbusier: architecte/artiste*. London: Inifinitum publications, 1997. CD-ROM. Macintosh]

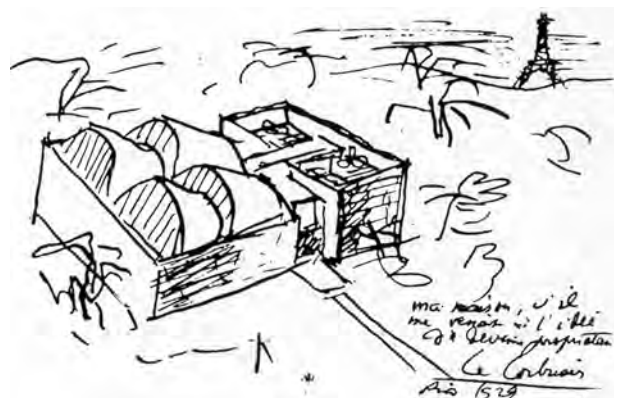


Fig. 3.44 - **Le Corbusier**: Desenho feito no Rio de Janeiro para sua residência em Paris, 1929. Cobertura abobadada combinada com terraço jardim. [BARDI, 1984]: 54

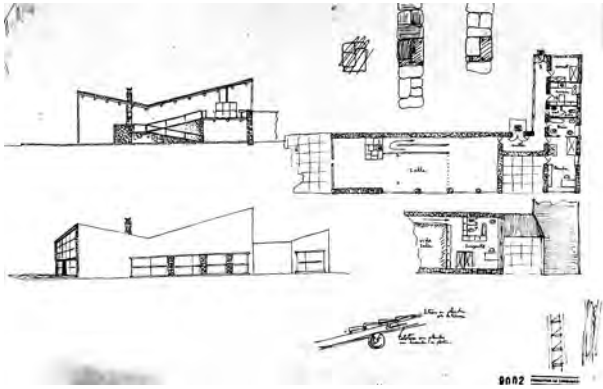


Fig. 3.45 - **Le Corbusier**: *Maison Errazuriz*, Chile, 1930. Planta, corte, fachada e esquemas de cobertura. FONDATION LE CORBUSIER. *Le Corbusier: architecte/artiste*. London: Infinitum publications, 1997. CD-ROM. Macintosh]

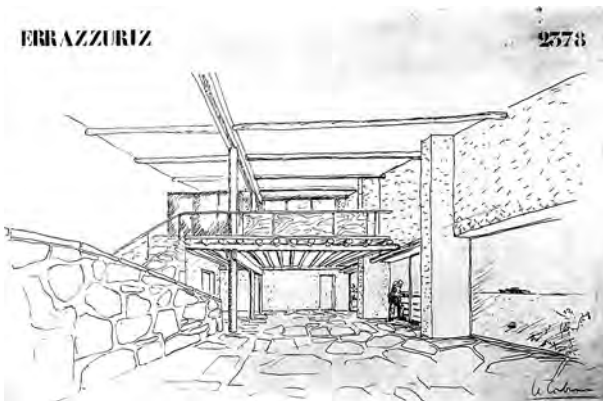


Fig. 3.46 - **Le Corbusier**: *Maison Errazuriz*, Chile, 1930. Perspectiva interna. FONDATION LE CORBUSIER. *Le Corbusier: architecte/artiste*. London: Infinitum publications, 1997. CD-ROM. Macintosh]

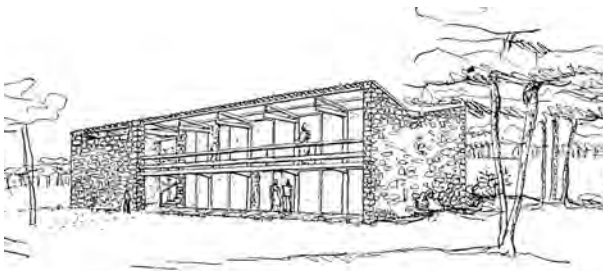


Fig. 3.47 - **Le Corbusier**: Casa em Mathes, 1935. Perspectiva. [LE CORBUSIER, 1971]: 71

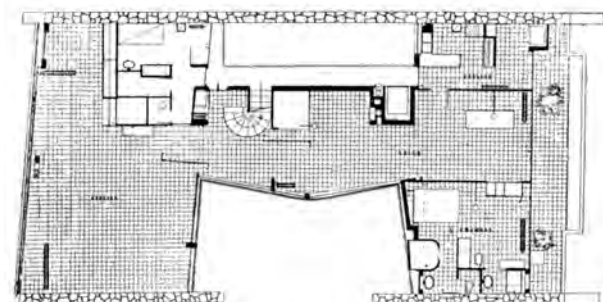


Fig. 3.48 - **Le Corbusier**: Edifício Nungesser-et-Coli [Porte Molitor], Paris, 1931-34. Planta baixa do 7º pavimento. [LE CORBUSIER, 1971]: 66

Anos 30: elementos primitivos

A grande depressão econômica que encerrou os anos vinte – que resultou no *crack* da bolsa de Nova York em 1929 – era o sinal que a industrialização pervertida e descontrolada não tinha toda aquela “capacidade inerente de criar uma ordem genuína e prazenteira” (FISCHMAN, 1977), propagada pelas vanguardas na década que se encerrava. Neste cenário, Le Corbusier reflete finalmente sua atitude de ambivalência com respeito à industrialização, começando a reagir contra a idéia de produção racionalizada da *machine à habiter*, da estética da máquina e de toda a imagem que essa arquitetura formava.

É neste momento que Corbusier, com frequência, começa a lançar mão de “elementos técnicos primitivos”⁷⁰, destoando daqueles até então utilizados nas residências da década anterior. Em 1930 surgem a cobertura em telhado borboleta, a alvenaria de pedra e a estrutura de madeira da casa Errazuriz no Chile (fig. 3.45 e 3.46) replicada em 1935 em Mathes (fig. 3.47). Em 1931 a parede de concreto ciclópico em Porte Molitor (fig. 3.48) e quatro anos depois a cobertura abobadada sustentada por paredes de pedra irregular na casa de final de semana em *Celle-St-Cloud*, Paris. Em 1937 projeta o leve *Pavillon des Temps Nouveaux*, feito em lona para a Exposição Internacional de Paris que tinha como referência um templo hebraico publicado em *Vers une Architecture* como exemplo de traçado regulador.

Apesar das referências vernaculares, ainda assim as obras desta fase exploravam aspectos de uma tecnologia relativamente avançada. Geometria primorosa e técnicas de encaixe que na época eram de domínio aeronáutico faziam parte dos últimos dois exemplares citados.

A aplicação destas técnicas parecia ser uma metáfora sofisticada de um futuro menos doutrinário, em que o homem teria liberdade de misturar técnicas primitivas e avançadas, segundo suas necessidades e os recursos disponíveis. Esta filosofia abriu caminho para a “monumentalização do vernáculo” que, em última análise, demonstrava sua desilusão com a realidade industrial e que o aproximava cada vez mais do brutalismo, determinando duas direções opostas ao mesmo tempo em sua obra.

70. Ver FRAMPTON, 2000, p.222

Capítulo 4 - Modernidade brasileira

Le Corbusier e Lucio Costa

Um ano antes do projeto não executado de Errazuriz – mais precisamente em novembro de 1929 – Le Corbusier aproveita sua viagem à América do Sul e aceita o convite para proferir conferências nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro. Em São Paulo, visita a “Casa Modernista” de Gregori Warchavchik (figs. 3.49 e 3.50), primeira construção de linhas racionais no Brasil (1928)⁷¹. No Rio de Janeiro é recebido por Morales de Los Rios e palestra no repleto salão da Escola Nacional de Belas Artes. Na platéia, Lucio Costa observa as palavras de Corbusier ainda “*alheio à premente realidade*”⁷². Realidade esta que aflora um ano depois com sua conversão ao pensamento moderno movido pelo desencanto com o neocolonial. É em 1930 que Lucio surpreende com a versão moderna da mansão Fontes (figs. 3.51 e 3.52) e que em dezembro do mesmo ano assume a direção da Escola Nacional de Belas Artes. Em entrevista após a posse, declara que o curso de arquitetura necessita de uma transformação radical:

“A orientação geral do ensino na escola é absolutamente falha. A divergência entre arquitetura e estrutura, a construção propriamente dita, tem tomado dimensões simplesmente alarmantes. Em todas as grandes épocas as formas estéticas e estruturais se identificaram. Nos verdadeiros estilos a arquitetura e construção coincidem. E quanto mais perfeita a coincidência, mais puro o estilo.” (COSTA, 1995, p.68)

Diz também que os clássicos devem ser estudados como disciplina; os estilos históricos como orientação crítica e não para aplicação direta. Chama Warchavchik para dirigir um atelier alternativo, ratificando o que o projeto da Casa E. G. Fontes já indicava: a inautenticidade do neocolonial que não tem a capacidade de expressar o espírito de modernização e articulação internacional, ao mesmo tempo que rejeitava o modernismo interpretado exclusivamente do ponto de vista da supremacia mecanicista e tecnológica.



Fig. 3.49 - Gregori Warchavchik: “Casa Modernista”, 1928. Vista Externa. [BARDI, 1984]:49

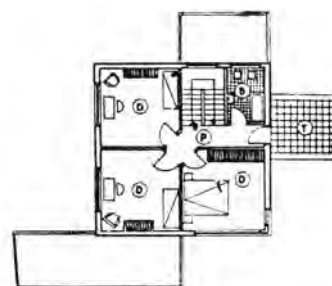


Fig. 3.50 - Gregori Warchavchik: “Casa Modernista”, 1928. Planta do pavimento superior, indicando sistema portante.



Fig. 3.51 - Lucio Costa: Casa E.G. Fontes, 1930. Perspectiva externa. A estrutura é mista, paredes e colunas são coplanares e as lajes planas. [COSTA, 1995]:60



Fig. 3.52 - Lucio Costa: Casa E.G. Fontes, 1930. Perspectiva interna. Laje plana e pilar escultórico no hall de entrada. [COSTA, 1995]:64

71. Ver BARDI, Pietro Maria. *Lembrança de Le Corbusier: Atenas Itália, Brasil*. São Paulo : Nobel, 1984

72. Segundo depoimento de Lucio Costa publicado em *Lucio Costa: Registro de Uma Vivência*, 1995, p.144-55

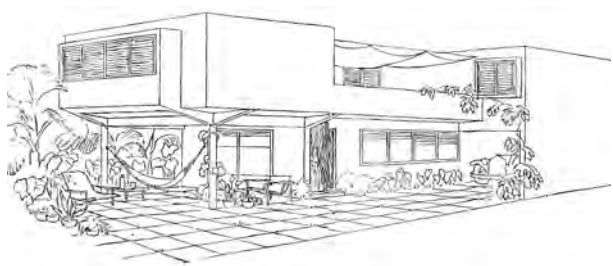


Fig. 3.53 - **Lucio Costa**: *Casas sem dono* [1], primeira metade da década de 30. Perspectiva externa. Estrutura visível, com vigas de seção variável nos balanços. [COSTA, 1995]:84

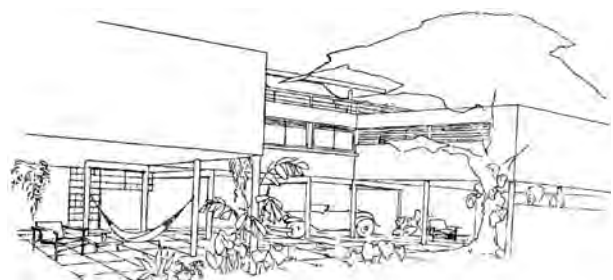


Fig. 3.54 - **Lucio Costa**: *Casas sem dono* [2], primeira metade da década de 30. Perspectiva externa. Lajes planas e vigas aparentes, pórticos isolados com vigas aparentes. [COSTA, 1995]:86

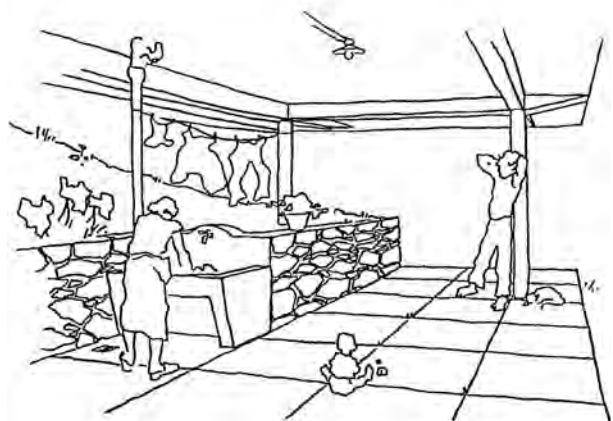


Fig. 3.55 - **Lucio Costa**: *Monlevade*, 1934. Perspectiva dos pilotis. Vigas aparentes e balanço com vigas terminando em ponta. [COSTA, 1995]:90

Profissionalmente, o rompimento de Lucio Costa com o estilo eclético-acadêmico leva a uma redução de sua clientela, que continua a querer casas de “estilo” – francês, inglês, “colonial” – coisa que já não consegue mais levar adiante. No vácuo, elabora na primeira metade da década de 30 casas para terrenos convencionais, chamadas “Casas sem dono” (figs. 3.53 e 3.54). Nestes projetos, surge pela primeira vez a estratégia da viga de seção variável nos balanços, recurso que respeita o perfil isento de topos e a natureza dos diagramas estáticos. A estrutura é independente ou pelo menos mista: em qualquer caso paredes e colunas são coplanares e as lajes planas coexistem com vigas aparentes bidirecionais ou em pórticos isolados, como na Villa Savoye, que já estava pronta ou em construção adiantada.

Em nenhum caso a planta é livre no sentido pleno, mas a independência visível de parede e coluna é exceção e não a regra na maioria dos precedentes modernos, conforme Henry-Russell Hitchcock e Philip Johnson apresentaram na mostra do MoMA de 1932. A semente plantada por Corbusier em Errazuriz germina no sentido de paredes nuas coexistindo com lambris aplicados internamente, mostrando que elementos característicos da arquitetura brasileira vernacular podem conviver com elementos da arquitetura moderna.

Em Monlevade (fig. 3.55), o concreto armado está presente nas casas como versão da taipa de mão e de pilão, a estrutura independente como pau-a-pique e o pilotis como pau-a-pique aparente. Mesmo com inflexão de racionalismo estrutural perretiano, o conjunto não abandona a estética maquinista corbusiana, a partir do vernáculo de autenticidade e simplicidade formal. Conforme COMAS (2002) “*a renovação duma tradição construtiva racional e nacional enriquece um repertório moderno de elementos de arquitetura*”. E são esses elementos que refletem um espírito já deflagrado por um Corbusier que começava a incorporar à abstração e imaterialidade das vanguardas uma sensibilidade às condições do lugar, em que os materiais texturizados votavam a ter importância. A estrutura deve ser honesta como no Parthenon, Reims ou Santa Sofia, onde as colunas suportam e os arcos trabaham. O arcabouço não deve ser escondido por nenhum meio ou modo, nem devem ser simulados por outros elementos. O arquiteto deve fazer arquitetura e não cenografia.

Dissociando estrutura e fechamento: razões brasileiras

É com total conhecimento de causa que no mesmo ano do projeto de Monlevade (1934) em *Razões da Nova Arquitetura*, Lucio Costa chama Le Corbusier de Brunelleschi do século, o gênio cuja obra cristaliza um estilo autêntico e se constitui herdeira legítima da melhor tradição acadêmica. Lucio foi o único componente do grupo brasileiro “produtor da melhor arquitetura do período 1930-60” que se dedicou à teoria⁷³. Sabia que a estrutura independente era o fundamento técnico da nova arquitetura. A “nova técnica” – repetida uma dúzia de vezes ao longo do texto – assume papel principal na expressão arquitetônica. Não cita explicitamente Dom-ino, mas traduz os *Cinco Pontos* no trecho abaixo:

“A nova técnica, no entanto, conferiu a esse jogo imprevista elasticidade, permitindo à arquitetura uma intensidade de expressão até então ignorada: a linha melódica das janelas corridas, a cadência uniforme dos pequenos vãos isolados, a densidade dos espaços fechados, a leveza dos panos de vidro, tudo voluntariamente excluindo qualquer idéia de esforço, que todo se concentra, em intervalos iguais, nos pilotis – solto no espaço – o edifício readquiriu, graças à nitidez das suas linhas e à limpidez dos seus volumes de pura geometria – aquela disciplina e retenue próprias da grande arquitetura; conseguindo mesmo, um valor plástico nunca dantes alcançado, e que a aproxima – apesar do seu ponto de partida rigorosamente utilitário – da arte pura.”
(COSTA, 1995, p.113)

Para Lucio, o segredo da nova arquitetura está na estrutura independente e, com isso bem compreendido, tem-se a chave que permite alcançar as intenções do arquiteto moderno. Ela é o trampolim que trouxe não só a liberdade de planta, mas libera também a fachada, agora livre da estrutura. Com efeito, os balanços implicam na incongruência entre o perímetro das lajes eo perímetro da malha de suportes, transferindo para o interior do edifício as colunatas que sempre se perfilaram do lado de fora. Com isso, os cantos aparentes não possuem mais tarefa de amarração, liberando os vãos para morrerem de encontro ao topo das



Fig. 3.56 - **Lucio Costa**: Chácara Coelho Duarte, 1934. Perspectiva externa. Estrutura aparentemente mista, com colunas e paredes coplanares e um interior celularizado mas sem vigas visíveis. [COSTA, 1995]:106

73. Ver: MAHFUZ, Edson da Cunha. *O sentido da arquitetura moderna brasileira*. In: Cadernos de arquitetura Ritter dos Reis. Porto Alegre Vol.4 (2002), p. 99-104 : il.



Fig. 3.57 - **Lucio Costa**: Casa Álvaro Osório de Almeida, Rio de Janeiro, década de 30. Perspectivas externas. [COSTA, 1995]:103



Fig. 3.58 - **Lucio Costa**: Clube (Monlevade), Rio de Janeiro, 1934. Perspectiva do pilotis, com a estrutura reticular aparente. [COSTA, 1995]:103

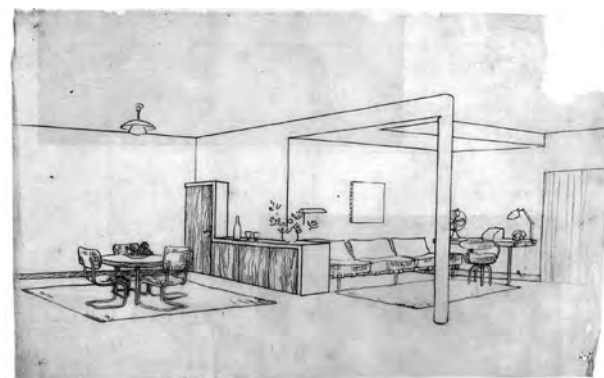


Fig. 3.59 - **Lucio Costa**: Residência Maria Dionésia, Rio de Janeiro, década de 30. Perspectiva interna. [COSTA, 1995]:102

paredes protetoras, valorizando a proporção do jogo de cheios e vazios e enriquecendo as relações entre as partes e o todo.

Lucio cita substituição da lógica construtiva em alvenaria portante, que promove a coincidência de celularização estrutural e a compartimentação espacial. Deixa claro que a lógica da nova arquitetura tem dois lados, o da configuração de vedação que se difere da lógica de configuração da estrutura. Enquanto a estrutura se delinea por raciocínio geométrico, repetitivo e unitário, como a física recomenda, a vedação pode configurar-se agora com raciocínio primariamente topológico e funcional, atendendo às particularidades da conveniência.

A ossatura independente que funda a arquitetura moderna não é uma ossatura qualquer, é uma ossatura independente qualificada. Vigas e nervuras aparentes devem ser evitadas, porque a celularização estrutural insinua uma compartimentação virtual contrária à autonomia da parede. Se as vigas por algum motivo insistirem em se revelar, será no espaço em que a presença delas não determine a repartição indesejada, como indica o pilotis do clube em Monlevade (fig. 3.58): estrutura reticular herdada de Hennebique com as vigas formando uma grelha regular sem a presença de elementos de vedação. O pilar escultórico do pavilhão do *Espirit Nouveau* pode ressurgir acompanhado de uma viga unidirecional como nos interiores para Maria Dionésia (fig. 3.59), ou formando pórtico internos como na residência Genival Londres. Em todos os casos existe a preocupação de separar a função estrutural do esqueleto e a função compartimentadora da vedação:

“Parede e suporte representam coisas diversas; duas funções nítidas, inconfundíveis. Diferentes quanto ao material de que se constituem, quanto à espessura, quanto aos fins, tudo indica e recomenda vida independente, sem qualquer preocupação saudosista e falsa superposição.” (COSTA, 1995, p. 112)

Livres do encargo rígido de suportar, as paredes agora deslizam ao lado das colunas impassíveis, param a qualquer distância, ondulam acompanhando o movimento normal do tráfego interno, permitindo outro rendimento ao volume construído; concentrando o espaço onde ele se torne necessário, reduzindo-o ao mínimo naqueles lugares onde se apresente supérfluo.

A segunda vinda de Le Corbusier

“É curioso assinalar que dasavas de colaboradores eventuais no seu atelier do 35 da rue de Sèvres não constou nenhum brasileiro, pelo contrário, foi ele que veio <<estagiar>> conosco e foi precisamente aqui que sua obra criou raízes e frutificou.” (COSTA, 1995, p.81)

É em julho de 1936 que Le Corbusier retorna ao Brasil contratado por um mês para fazer seis conferências e dar parecer sobre dois projetos: a Cidade Universitária para a Universidade do Brasil e a sede do Ministério da Educação. O Le Corbusier de 36 é um Corbusier que já havia sedimentado todos os *elementos primitivos* de Errazuriz a Mathes e de todos aqueles outros projetos dotados de elementos vernaculares do início da década. Sem deixar de reafirmar sua posição em relação aos argumentos de 1926 declara na primeira conferência:

“[...] em todos os tempos as casas foram construídas da seguinte forma: cavava-se, construíam-se fundações profundas, erguiam-se as paredes, de forma a poder assentar um piso sobre elas, depois continuava-se a levantar paredes, mas abrindo-se nelas vãos para as janelas; essas paredes davam suporte a um segundo piso, depois a operação continuava [...] depois por cima, vinha a cobertura [...] é a construção de pedra e de madeira reduzida a uma forma esquemática [...]” (conferência de 31 de julho de 1936 in TSIOMIS, 1998, p.41)

Ato contínuo, Corbusier traça o paralelo já conhecido desde os cinco pontos: desenha uma casa assentada sobre fundações profundas tanto quanto necessário sustentada sobre pilares que recomendava serem esbeltos⁷⁴. Dessa forma a cidade aparecerá de forma diferente sobre pilares (fig. 3.60) – únicos elementos que ocuparão a superfície do solo – onde o pedestre e os automóveis podem circular rodeados por espaços verdes. Os edifícios serão formados por pisos sucessivos, de 2 a 60 e a altura total pode alcançar de 20 a 600 metros. Classifica como *desvario inexplicável* a construção de dois pavimentos coberta com telhado, pois a nova técnica permite fazer uma habitação em cima da outra, liberando o solo e verticalizando a construção em uma espécie de “cidade-jardim vertical”.

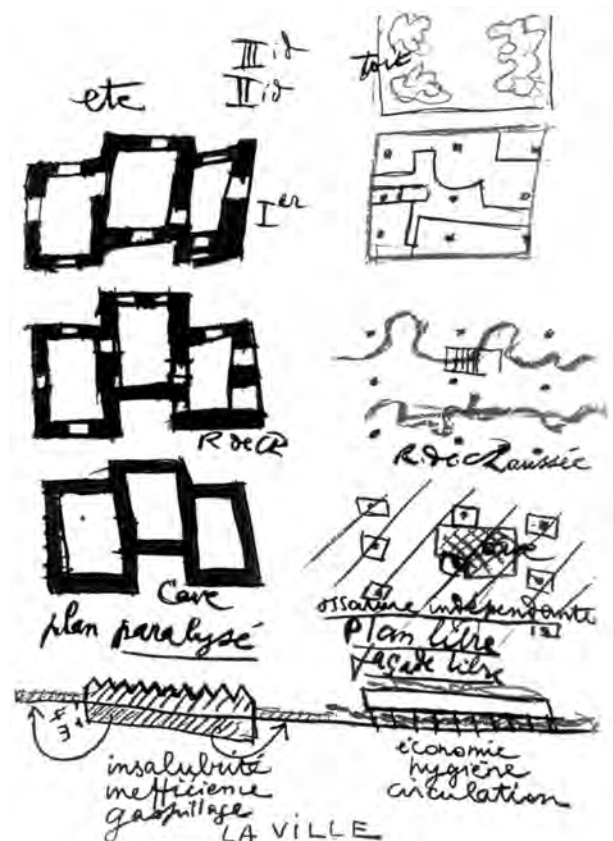


Fig. 3.60 - Le Corbusier: Lâmina comparativa entre os sistemas construtivos portante e independente para uma residência. Insalubridade e ineficiência contra economia e higiene. [LE CORBUSIER, 1930]: 55

74. É importante lembrar que em 1936 o pilotis robusto com seção em forma de osso do Pavilhão Suíço já tem quatro anos.

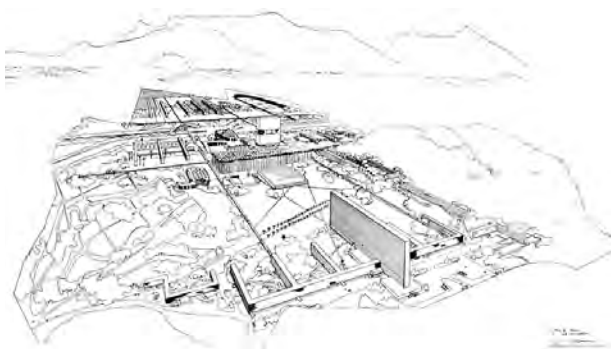


Fig. 3.61 - **Le Corbusier**: Universidade do Brasil, 1936. Perspectiva geral do conjunto. [LE CORBUSIER, 1971]: 326



Fig. 3.62 - **Le Corbusier**: Ministério da Educação e Saúde Pública [primeiro projeto], 1936. [COSTA, 1995]: 122

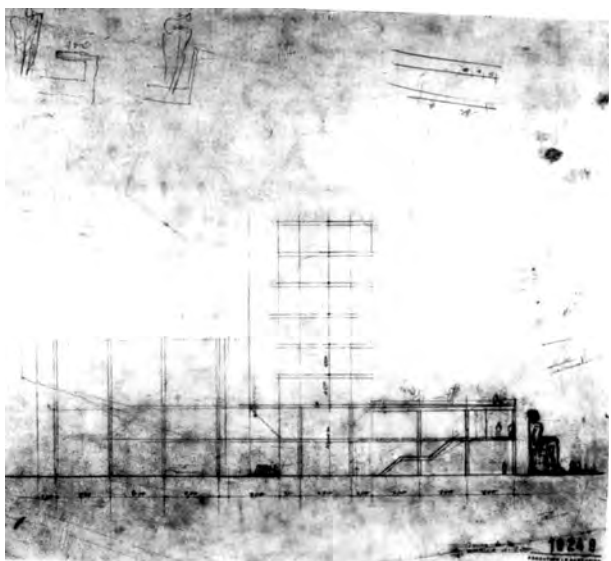


Fig. 3.63 - **Le Corbusier**: Ministério da Educação e Saúde Pública [primeiro projeto], 1936. Seção transversal. [TSIOMIS, 1998]:30

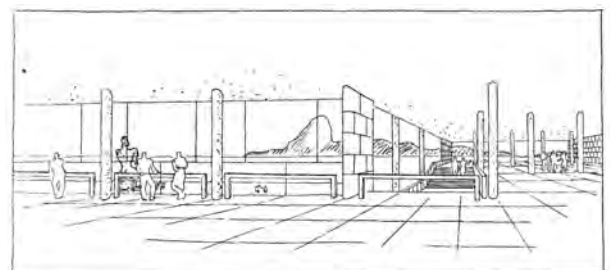


Fig. 3.64 - **Le Corbusier**: Ministério da Educação e Saúde Pública [primeiro projeto], 1936. Perspectiva interna da galeria de exposições. [LE CORBUSIER, 1929-36]:80

Cidade Universitária

O projeto da Cidade Universitária (fig. 3.61) é rejeitado. As pertinentes objeções davam conta que quatro quilômetros de viadutos, a grande plataforma, os pilotis e a orientação de algumas das edificações, seu modo de agrupamento e a morfologia geral de cada unidade são idéias que parecem não atender as condições econômicas e técnicas desejáveis. A estrutura independente neste momento se aplica como solução genérica em praticamente todas as edificações. O repertório colagista não utiliza edifícios-viaduto, porém as vias expressas estão elevadas do chão assim como a maioria das construções.

Primeiro projeto para o Ministério

O primeiro projeto para o Ministério da Educação e Saúde Pública (figs. 3.62 a 3.64), situado à beira-mar, apresenta partido em cruz assimétrica e vãos retangulares de 7,5m na maior dimensão. Na barra maior a ossatura independente em concreto armado possui 26 linhas de pilares transversais e 3 longitudinais tirando proveito de um balanço de aproximadamente 3,5m. Nas faces cegas, os pilares de seção retangular adoçada estão na face da parede, ficando embutidos nos pavimentos superiores e resultando em balanço zero. Na barra menor, transversal e marcadora da assimetria, encontram-se o auditório com vãos menores de 8m e a galeria de exposições com 7m no maior sentido. O pé-direito do pavimento-tipo no corpo mais alto é de 4,5m e no vestíbulo/exposições de 5m. A dupla altura resultante dos pilares da ordem colossal é de 10m, que se expressa na marcação do acesso e na sustentação do volume do bloco de exposições. Este inverte a lógica do balanço nos pilares perpendiculares ao corpo mais alto e tem as lajes recuadas em relação a prumada dos pilares, criando consolos que apoiam a grande escada que dá acesso ao pavimento superior. Os desenhos publicados não indicam o tipo de cobertura para o auditório, apenas alguns riscos incompletos com indicação da inclinação e disposição de apoios.

O risco à beira-mar de Corbusier é “*fecho de ciclo*” (COMAS in TSIOMIS, 1998, p.31) como um exemplo que não se repete. A ordem colossal implica em autonomia entre parede e suporte, configuração independente de lajes de cobertura e entrepiso, ampliando a sintaxe geométrico-constructiva moderna que será estudada a fundo no projeto do Castelo.

Capítulo 5 - A polêmica estrutura independente

Memória e pareceres do MESP

A memória de maio de 1936 do primeiro projeto da equipe brasileira para o Ministério da Educação e Saúde Pública, implantado no quarteirão do Castelo (fig. 3.65) é clara sobre a independência entre a ossatura e as paredes. O texto classifica de “farsa” a dissimulação estrutural vigente, onde as construções servem-se de subterfúgios “mais ou menos engenhosos” para fazer crer que as paredes tenham função estrutural, dificultando a compreensão e o desenvolvimento da nova arquitetura. Justifica o descolamento dos pilares da fachada com o aproveitamento racional da estrutura dos pisos, proporcionando planos que podem ser rasgados de extremo a extremo ou completamente fechados.

Mesmo com o argumento da equipe de que a técnica adotada permitiria atender a principal exigência do programa – a flexibilidade de compartimentação –, a planta livre com a coluna solta era motivo de controvérsia nos pareceres do ministério. Em junho de 36, Saturnino de Brito Filho⁷⁵ emite extenso documento onde analisa, dentre outras questões, a estrutura do projeto. Afirma que os projetistas “exageraram na independência da estrutura, levando-a à despreocupação com os resultados rígidos da norma, a ponto de deixar as colunas nos corredores”⁷⁶. No contraponto, cita Le Corbusier e o projeto do Centrosoyus de Moscou onde os pilares estão embutidos nas paredes da circulação.

Outro parecer para o projeto é elaborado na mesma época por Domingos da Silva Cunha⁷⁷. Neste são abordadas questões sobre o emprego de pilotis e estrutura, com claras referências as técnicas convencionais de sistemas portantes. A resistência em se considerar a nova técnica leva Lucio a escrever uma nota de próprio punho (fig. 3.66) rebatendo cada item do parecer, reforçando as características das “modernas concepções do urbanismo”, reproduzindo os diagramas comparativos entre os sistemas tradicionais e modernos.

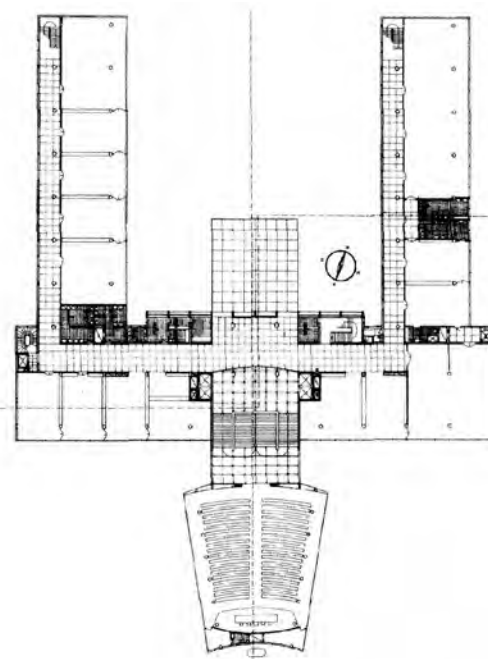


Fig. 3.65 - Lucio Costa e equipe: Ministério da Educação e Saúde Pública, 1936 [primeiro projeto]. Planta do segundo pavimento. [COMAS, 2002]

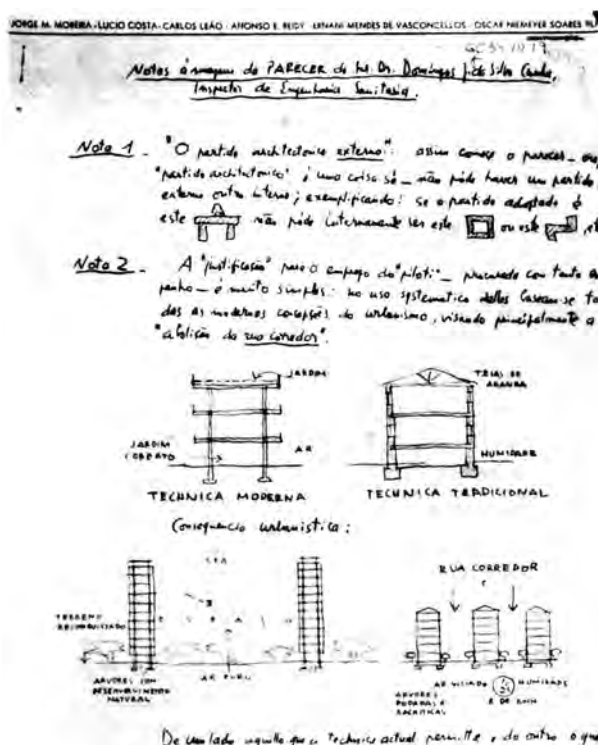


Fig. 3.66 - Lucio Costa: Notas a respeito do parecer de Domingos da Silva Cunha sobre o primeiro projeto do Ministério para o Castelo em setembro de 1936. [LISSOVSKY, 1996]: 85

75. BRITO FILHO, Francisco Saturnino Rodrigues de (1899 - 1976) – formado em engenharia civil e de minas em 1923, era responsável pelo Escritório de Engenharia Civil e Sanitária que levava o seu nome.

76. LYSSOVSKY, 1996, p. 79.

77. SILVA CUNHA, Domingos J. da – Inspetor de Engenharia Sanitária.



Fig. 3.67 - **Auguste Perret**: 51-55 da rua *Raynouard*, Paris, 1929-32. Edifício em construção, com destaque para as colunas em primeiro plano, que sustentam maiores vãos à medida que sobem em altura, diminuindo sua seção na razão inversa. [GARGIANI, 1994]:100



Fig. 3.68 - **Auguste Perret**: 51-55 da rua *Raynouard*, Paris, 1929-32. Vista interna. [PARICIO, 1995]:9

A conferência de Perret no Brasil

“Se a estrutura não é digna de ser vista, é certo que o arquiteto falhou à sua missão” (PERRET, 1936, p.239)

Em 1936 Perret vem ao Rio de Janeiro a convite do governo brasileiro para proferir conferência que é transcrita resumidamente em artigo intitulado *O que é Arquitetura?*⁷⁸, Perret define arquitetura como *a arte de fazer cantar o ponto de apoio*, encriminando quem constrói coluna sem função estrutural. Reitera sua postura racionalista, criticando o Renascimento como revivescência decorativa. Apoiado no potencial do concreto, conhecedor das condições permanentes (da arte) e compenetrado das condições passageiras (do tempo), cabe ao arquiteto criar um recinto coberto com caráter, evidência de seu destino.

Diz que o ornamento suprimido indevidamente pela vanguarda deve ser restituído, acusando os elementos construtivos, protegendo contra as intempéries: cornijas, faixas, arcos e molduras fazem com que a fachada permaneça como na vontade original do arquiteto. A *“nudez afetada”* dos novos prédios é fruto de uma mania do *“novo pelo novo”*.

Declara que o cimento armado veio para solucionar o problema do revestimento de gesso das estruturas de ferro que tiveram seu apogeu na exposição de 1889. A polêmica com Corbusier transparece na indiferença explícita aos traçados reguladores, na afirmação da estrutura feita com pilares, vigas ou abóbadas e no questionamento da independência de estrutura e vedação. Essa estrutura estará para o recinto como o esqueleto está para o animal. E do mesmo modo que o esqueleto é equilibrado e suporta os órgãos mais diversos, da mesma maneira a estrutura deverá ser composta de modo a sustentar equilibradamente os órgãos ou serviços diversos do edifício. Finalizando, Perret afirma que a finalidade da arte não é emocionar ou causar assombro: emoção e assombro são coisas passageiras, sentimentos contingentes e anedóticos.

78. PERRET, Auguste. *O que é arquitetura?* Arquitetura e Urbanismo, Novembro de 1936. p 238-9. Este artigo foi publicado pela primeira vez com o título de *“L’Architecture”* na *Revue d’art et esthétique* em junho de 1935, a partir de uma conferência de Perret no Instituto de Arte e de Arqueologia de Paris em 31 de maio de 1935. [CHAMPIGNEULLE, 1959]: 159

O artigo de Gerson P. Pinheiro

“O homem tem um esqueleto; o edifício também o possui na estrutura de ferro ou concreto. O homem tem aparelhos, respiratório e digestivo; aparelhos idênticos como função existe no edifício. Carnes e músculos vestem o nosso esqueleto, as paredes são as carnes do edifício, e as instalações mecânicas os seus músculos.” (PINHEIRO, 1937, p.173)

Em artigo intitulado *“A estrutura livre”* publicado pela revista *Arquitetura e Urbanismo* em 1937, o arquiteto brasileiro Gerson Pompeu Pinheiro⁷⁹ afirma – em contraponto ao pensamento de Le Corbusier e Lucio Costa – que a estrutura e as vedações de um edifício, assim como o esqueleto ou os órgãos do corpo humano, possuem uma lógica de disposição e configuração e que qualquer variação neste sentido leva ao antagonismo, com salas e corredores prejudicados em sua totalidade espacial com o aparecimento indesejável de suportes verticais, tornando a fachada dissociada da planta *“transformando-se em uma perfeita máscara”*, como ele próprio define.

No artigo, Pinheiro determina a estrutura livre como sistema em que o arcabouço ou esqueleto do edifício não forma corpo com as paredes. Os apoios ou suportes verticais representados pelas colunas distribuídos simétrica e regularmente recebem a sobrecarga das lajes as quais por seu turno sustentam as paredes. Assim sendo, como as paredes se tornam independentes, a estrutura aparece em posições assimétricas no interior da construção. Discute as vantagens apregoadas de economia, flexibilidade e liberdade da fachada e conclui que não se sustentam, porque a arquitetura é uma arte estática.

Fala de estrutura incorporada como a situação onde há equivalência entre o esqueleto e o órgão, enquanto a estrutura livre e a expressão da independência das paredes acarreta o emprego preferencial de apoios de seção circular, que demandam formas mais onerosas. A fachada livre suscita



Fig. 3.69 - Gerson Pompeu Pinheiro: desenhos que ilustravam o artigo de 1937. [ARQUITETURA E URBANISMO, jul/ago de 1937]:174

79. Gerson Pompeu Pinheiro (1910-1978), paulista de Campinas, formase em 1930 no curso especial de Arquitetura na Escola Nacional de Belas Artes no Rio de Janeiro como aluno destacado, concluindo o concurso final intitulado de Grau Máximo e é premiado com a *Grande Medalha de Ouro*; recebe menção honrosa na Exposição do IV Congresso Panamericano de Arquitetura. Em 1931 monta com Affonso Eduardo Reidy um escritório de arquitetura e ganha concurso público com o projeto para o Albergue da Boa Vontade. [Disponível em <<http://www.studio41.com.br/arteteste/gerson19crono.htm>> Acesso em 12 set. 2003]

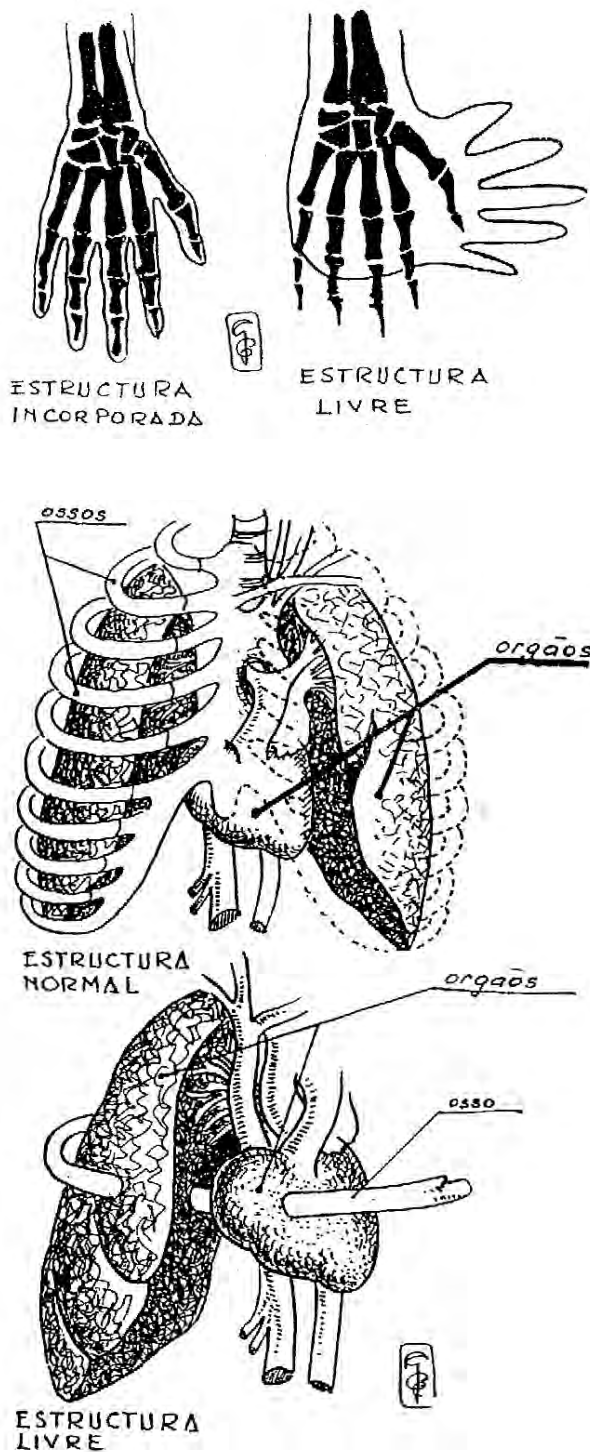


Fig. 3.70 - Gerson Pompeu Pinheiro: desenhos que ilustravam o artigo de 1937. [ARQUITETURA E URBANISMO, jul/ago de 1937]:175

um paralelo entre o corpo humano e o edifício, as paredes comparadas às carnes, as instalações mecânicas aos músculos, os recintos aos órgãos. As comparações biomórficas e arquitetônicas deixam transparecer uma desaprovação da possibilidade da dissociação das partes.

“A polêmica com Corbusier transparece na indiferença explícita aos traçados reguladores, na afirmação da estrutura feita com pilares, vigas ou abóbadas e no questionamento da independência de estrutura e vedação. Essa estrutura estará para o recinto como o esqueleto está para o animal. E do mesmo modo que o esqueleto é equilibrado e suporta os órgãos mais diversos, da mesma maneira a estrutura deverá ser composta de modo a sustentar equilibradamente os órgãos ou serviços diversos do edifício.” (COMAS, 2002)

Pinheiro afirma ainda que o elogio da flexibilidade legitima a substituição do arquiteto pelo calculista de arcabouços e o desenhista de fachadas, onde a transformação da parede em biombo passa a ser uma coisa que pode ser arranjada conforme os caprichos eventuais do locatário, e que isso desfigura e prejudica o projeto em sua essência. Pinheiro argumenta que é necessária uma compartimentação assegurada com o emprego de divisórias para poder apreciar predicados como a correta distribuição de serviços, a circulação franca, a orientação exata ou a homogeneidade das partes na formação do todo. Independente do material, as divisórias citadas são equivalentes às clássicas paredes. Pinheiro diz que o argumento não é sentimental, piegas, tradicionalista, é lógico:

“Maleabilidade, plasticidade, flexibilidade são atributos que não se coadunam com o espírito e a finalidade da arquitetura. Uma parede tem o seu lugar e um só.” (PINHEIRO, 1937, p.174)

Alargam-se os horizontes para os decoradores, os cenógrafos, os fachadistas. A seu ver o que merece maiores reparos não é tanto o sistema construtivo em si, que constitui um recurso a mais na técnica da construção, solução para dificuldades que o arcabouço incorporado eventualmente acarreta. Empregá-lo porém incondicionalmente da residência de um só andar aos edifícios de grande porte é expediente demasiado simplista para ser aceito sem maior exame.



Arquitetura Moderna

Tradição inclusiva

Desde o início da divulgação dos preceitos da era mecanicista, a partir trabalho da vanguarda arquitetônica européia dos anos 20, a abstração formal acompanhada da negação do ornamento aplicado nunca se afastou de uma atenção ao trabalho de gerações anteriores, sempre movida pelo espírito da época progressista e tecnicista.

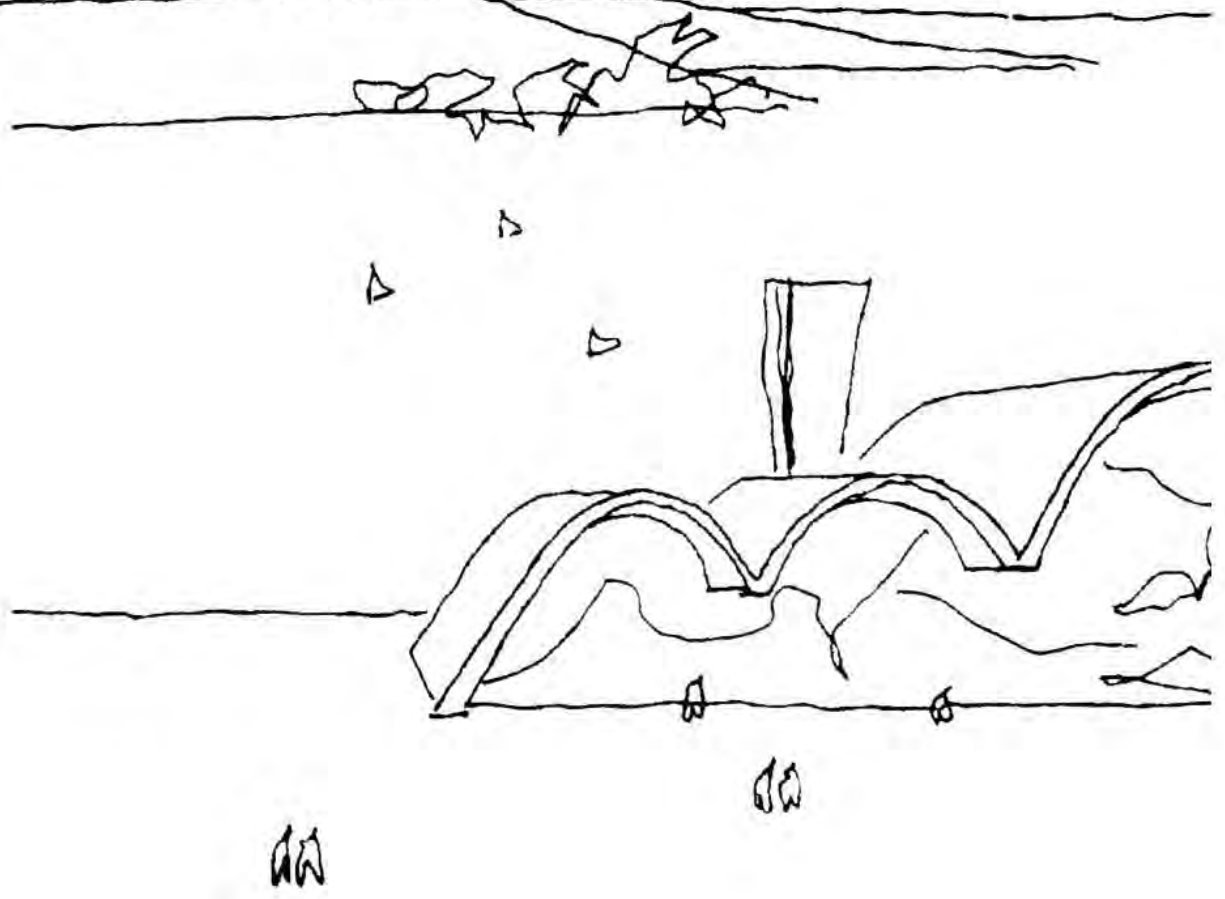
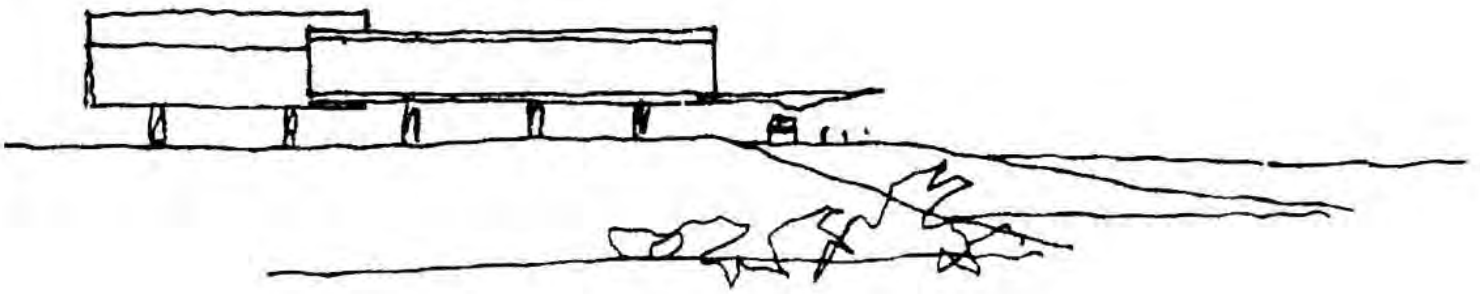
Quando da depressão provocada pela crise dos anos 30 mina a crença nas virtudes da máquina revolucionária e do espírito da época, a sobrevivência da arquitetura exige uma transformação, agregando versatilidade, onde a abstração é acompanhada de uma carga de figuratividade cujas origens não são mais estritamente utilitárias como no início, mas que agora bebem na fonte da própria tradição clássica.

No Brasil, como afirma Lucio, a arquitetura dita moderna – definida como atual, prospectiva e conhecedora do passado – resultou de raízes profundas e legítimas, “*derivada daqueles que lutaram pela abertura de um mundo moderno*”, margulhando no país à procura das suas raízes, de sua própria tradição. Valorizada como algo maduro e de dimensão disciplinar – e não como simples conformismo de uma adaptação regionalista – a arquitetura moderna brasileira, como escreve COMAS (2002) “*não é o corolário brasileiro dum teorema de Corbusier*”, é a demonstração local das virtudes de um ícone compilado por Corbusier e batizado de Dom-ino.

“A arquitetura se acha diante de um código modificado. As inovações construtivas são tais que os antigos estilos, pelos quais estamos obcecados, não podem mais corresponder a elas; os materiais empregados atualmente não se prestam às composições dos decoradores.” (LE CORBUSIER, 1923, p. 203)



Fig. 3.71 - Lucio Costa, Oscar Niemeyer e Paul Lester Wiener: Pavilhão de Exposições da Feira de Nova York, 1939. Divulgação internacional da moderna arquitetura brasileira. [COMAS, 2002]



Parte 4

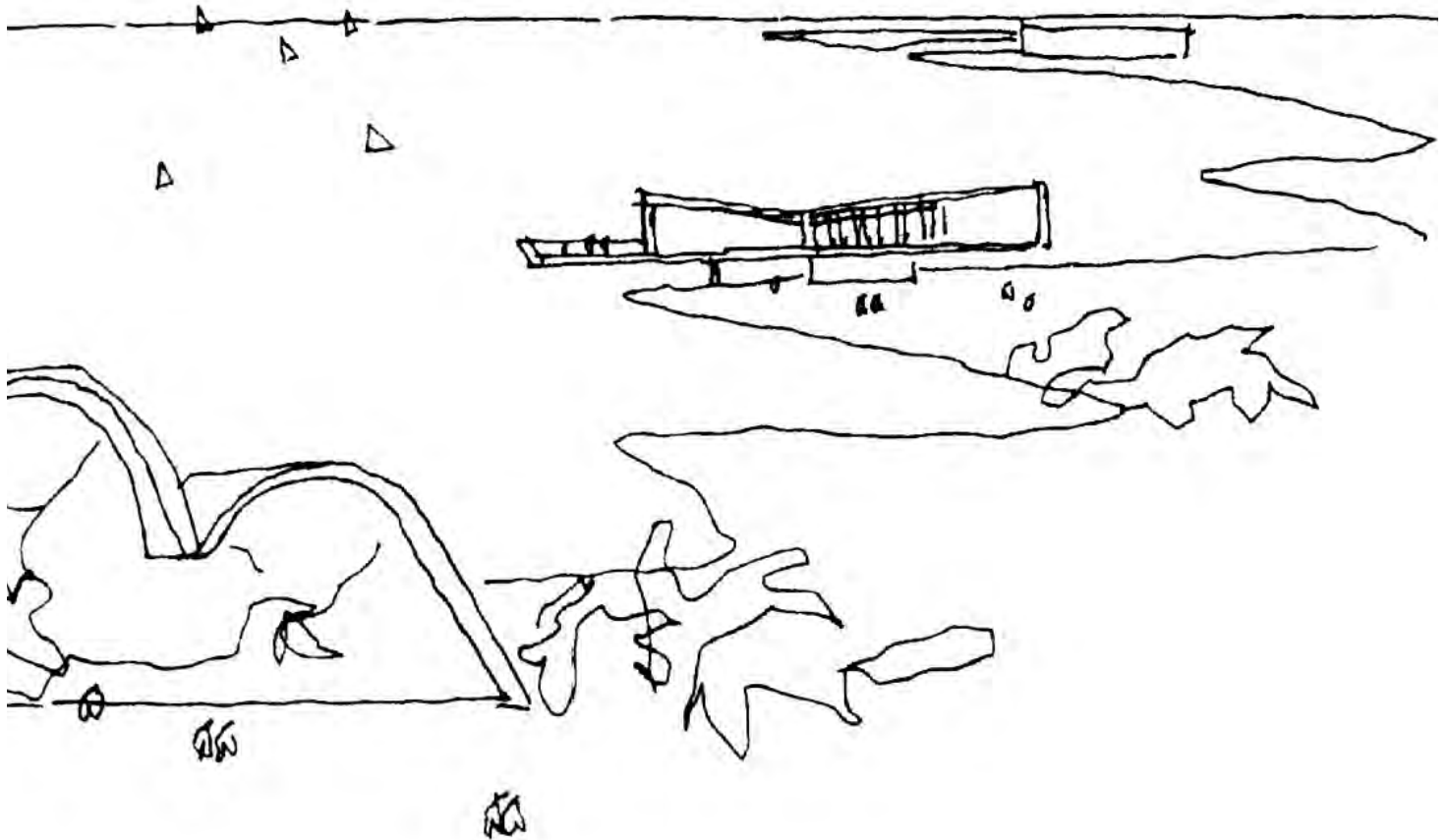
Escola Carioca

Análise de exemplares arquitetônicos
1935-1960



“Desconheço o milagre da fé, mas vivo muitas vezes o do espaço indizível, coroamento da emoção arquitetônica.”

—Lucio Costa



Páginas anteriores:

Fig. 4.00 [perspectiva] - **Oscar Niemeyer**: Complexo da Pampulha, Belo Horizonte. [CASTRIOTA, 1998]: 189

Fig. 4.00a [azulejos]- **Cândido Portinari**: Painel para o Ministério da Educação e Saúde Pública. [Módulo nº54]: 51

Introdução aos três períodos

A análise a seguir, que contempla 47 obras, está dividida em três períodos distintos (identificados como capítulos) conforme periodização sugerida por COMAS (2002, p.17): *emergência, consolidação e hegemonia*.

O primeiro período, de emergência da arquitetura moderna, apresenta 17 obras e se inicia com a visita de Le Corbusier em 1936, sem deixar de citar o projeto final do Edifício Esther, realizado um ano antes por Álvaro Vital Brazil. Dentro do período, ainda vale lembrar dois projetos de importância mais histórica do que artística: o primeiro é o projeto “proto-moderno” do Albergue da Boa Vontade (fig. 4.01) de Reidy e Pinheiro em 1931, citado por BONDUKI (2000, p. 38) como “*uma das primeiras utilizações de laje plana de concreto da arquitetura brasileira*”. O segundo é o projeto de um reservatório construído no ano de 1934⁸⁰ em Olinda (figs. 4.02 e 4.03) por Luis Nunes com assistência de Fernando Saturnino de Brito, onde uma lâmina de seis pavimentos está colocada sobre pilotis de seção quadrada e estruturada por vãos de aproximadamente 4x4m. São duas fachadas cegas e duas fachadas com textura de cobogós, ambas em balanço de 1m apoiados por vigas de seção variável. A conclusão das obras do Ministério, da capela da Pampulha e do projeto de edifício residencial dos Roberto, encerram o primeiro período, junto com a deposição de Getúlio Vargas pelos militares.

A segunda fase, de consolidação, é a mais curta das três, com 10 obras estudadas na pesquisa. Esta etapa equivale ao período do governo Dutra e tem como primeira obra projetada o edifício do Banco Boa Vista de Niemeyer em 1946. O período se encerra em 1950 com a volta de Getúlio ao poder e com o projeto da Fábrica Duchon também de Oscar, com a conclusão das obras do conjunto do Pedregulho de Reidy e a do Edifício Seguradoras dos Roberto.

80. BRUAND (1981), MINDLIN (1999) e CAVALCANTI (2001) afirmam que o ano do projeto da Caixa d'água do Alto da Sé é 1937. Na revista *Arquitetura e Urbanismo* nº51, o texto cita o ano de 1936. A indicação do ano de 1934 é da Secretaria de Obras e Planejamento da Prefeitura Municipal de Olinda, segundo texto: “*Construída em 1934, com projeto do arquiteto Luís Nunes, a Caixa D'Água do Alto da Sé é um marco da arquitetura moderna brasileira. [...] Nesse edifício foi utilizado, pela primeira vez no Brasil, o cobogó como elemento decorativo de ventilação e de iluminação.*” [Disponível em <http://www.olinda.pe.gov.br/portal/guia_monumentos.php> Acesso em 12 dez. 2003]



Fig. 4.01 - **Afonso Eduardo Reidy e Gerson Pompeu Pinheiro**: Albergue da Boa Vontade, Rio de Janeiro, 1931. Pátio interno. [BONDUKI, 2000]: 38

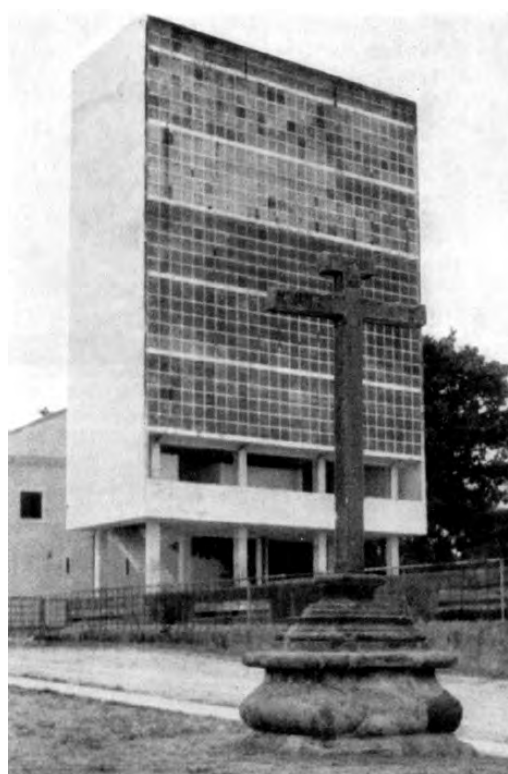


Fig. 4.02 - **Luis Nunes**: Caixa d'água do Alto da Sé, Olinda/PE, 1934. [MINDLIN, 1999]: 31

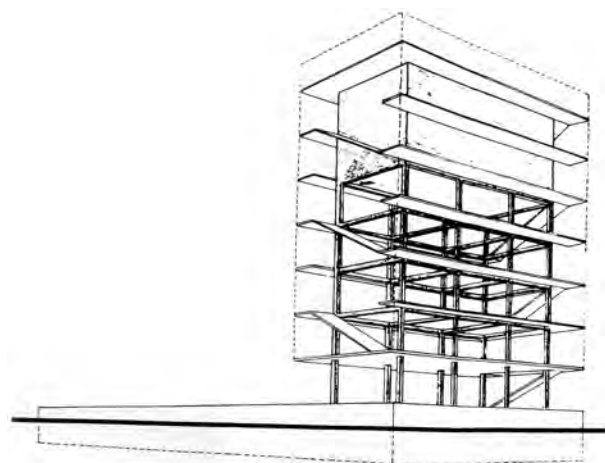


Fig. 4.03 - **Luis Nunes**: Caixa d'água do Alto da Sé, Olinda/PE, 1934. Perspectiva da estrutura. [ARQUITETURA E URBANISMO, nº51]: 72



Fig. 4.04 - Oscar Niemeyer e Carlos Lemos: Edifício Copan, São Paulo/SP, 1951-66. [BOTTEY, 1997]: 66



Fig. 4.07 - Oscar Niemeyer e Carlos Lemos: Edifício Copan, São Paulo/SP, 1951-66. [BOTTEY, 1997]: 66



Fig. 4.05 - Affonso Eduardo Reidy: Conjunto Marquês de São Vicente, Gávea, Rio de Janeiro/RJ, 1952-67. [BONDUKI, 2000]: 109

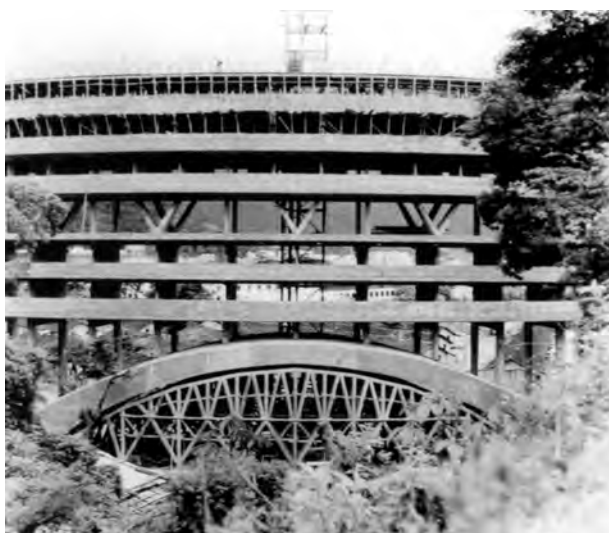


Fig. 4.06 - Affonso Eduardo Reidy: Conjunto Marquês de São Vicente, Gávea, Rio de Janeiro/RJ, 1952-67. Vista do arco-ponte de sustentação dos pilares. [BONDUKI, 2000]: 109

A terceira e última etapa, de hegemonia, é também a com maior número de obras: de 1951 com o projeto do parque do Ibirapuera, até 1960 com a conclusão das obras da nave principal da Catedral de Brasília, são listados exatos 20 projetos em concreto armado, sendo 16 de autoria de Niemeyer, que domina o período final de uma escola já não tão coesa. Dentro desta fase é importante ainda citar duas obras que, por carência de dados publicados sobre sua estrutura geral, estão fora da lista pesquisada⁸¹: o primeiro é o Edifício Copan (figs. 4.04 e 4.07), projeto de Niemeyer de 1951, que teve suas obras iniciadas em 1957 e só concluído em 1966. Maior estrutura de concreto armado do país, com cerca de 400 quilos por metro cúbico construído, o Copan tem 115 metros de altura, 120 mil metros quadrados de área construída, 1.160 apartamentos que variam de 26 a 350 metros quadrados e cerca de 5 mil moradores distribuídos em seis blocos⁸². O segundo é o bloco serpenteante do Conjunto Marquês de São Vicente no Rio de Janeiro (figs. 4.05 e 4.06), projetado por Reidy em 1952 e finalizado em 1967. Com 748 apartamentos de diversos tipos, possui um pavimento intermediário (de acesso) com alternância de pilares convergentes em V e pilares verticais, além de paredes em concreto armado que se convertem em apoios no primeiro andar.

81. Nos dois casos citados, as **plantas gerais** publicadas não esclarecem a estrutura ou simplesmente não existem de uma maneira que se possa fazer uma análise quantitativa e/ou dimensional da obra.

82. Publicação eletrônica sobre os 450 anos de São Paulo. [Disponível em <http://www.aprenda450anos.com.br/450anos/vila_metropole/2-4_edificio_copan.asp> Acesso em 12 dez. 2003]

Capítulo 1 - Emergência [1935-1945]

Edifício Esther

O Edifício Esther (fig. 4.08) é o primeiro dos exemplares analisados nesta pesquisa a ser projetado. Resultado da vitória de concurso julgado ao final de 1934 pelo industrial proprietário da Usina Esther, Paulo de Almeida Nogueira, tem autoria de Vital Brazil e Adhemar Marinho. Em 1935 o projeto é reformulado apenas por Vital Brazil e no mesmo ano se iniciam as obras. O prédio é oficialmente inaugurado em abril de 1938⁸³.

“Guiando-nos sempre a sinceridade de nosso trabalho, queremos primeiramente aqui frisar que não foi nosso desejo inovar por vontade de fazer novidade, e sim por intenso querer acertar dentro de um espírito simples e puro de ordem construtiva”. (BRAZIL, 1938)⁸⁴

O concurso se realiza no mesmo ano da publicação de *Razões da nova arquitetura*, onde Lucio Costa destaca, entre outros assuntos, a revisão dos valores plásticos tradicionais proporcionados pela introdução da nova técnica. A preocupação de Vital Brazil sobre o impacto da construção do edifício é parte de um contexto efervescente:

“Durante a construção, seus promotores foram questionados sobre a confiabilidade e decência do prédio, sobre a sua moralidade enfim, devido à extensão e dominância dos seus vãos, que tornariam o Edifício um verdadeiro mostruário da intimidade de seus habitantes.” (CONDURU apud ATIQUE, 2003)

A estrutura se desenvolve em cinco naveas longitudinais paralelas à praça e doze perpendiculares, com balanços dos quatro lados. Uma marquise à volta de todo o prisma separa corpo e base. O pano de laje mais recorrente possui 3 x 3m, sendo que as duas naveas transversais ao centro são mais largas, com vão de 4m. A nave intermediária longitudinal, correspondente ao corredor de circulação nos pavimentos superiores, é mais estreita com 2,65m de vão. Ficam aparentes na base as quatro colunas de esquina e três frente à avenida, as vitrinas se alinhando com a



Fig. 4.08 - **Álvaro Vital Brazil**: Edifício Esther, São Paulo/SP, 1935-38. [GOODWIN, 1943]:119



Fig. 4.09 - **Álvaro Vital Brazil**: Edifício Esther, São Paulo/SP, 1935-38. Vista das formas das colunas. [REVISTA POLITÉCNICA, 1938]:230

83. ATIQUE, Fernando. *Memória Moderna – a trajetória do Edifício Esther*. Editora Rima, São Carlos, 2004.

84. Artigo publicado na *Revista Politécnica*, maio-agosto de 1938.

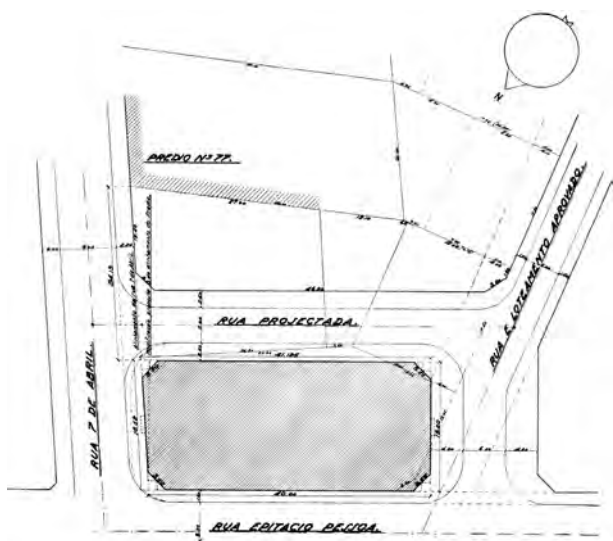


Fig. 4.10 - Álvaro Vital Brazil: Edifício Esther, São Paulo/SP, 1935-38. Implantação. [REVISTA POLITÉCNICA, 1938]:228

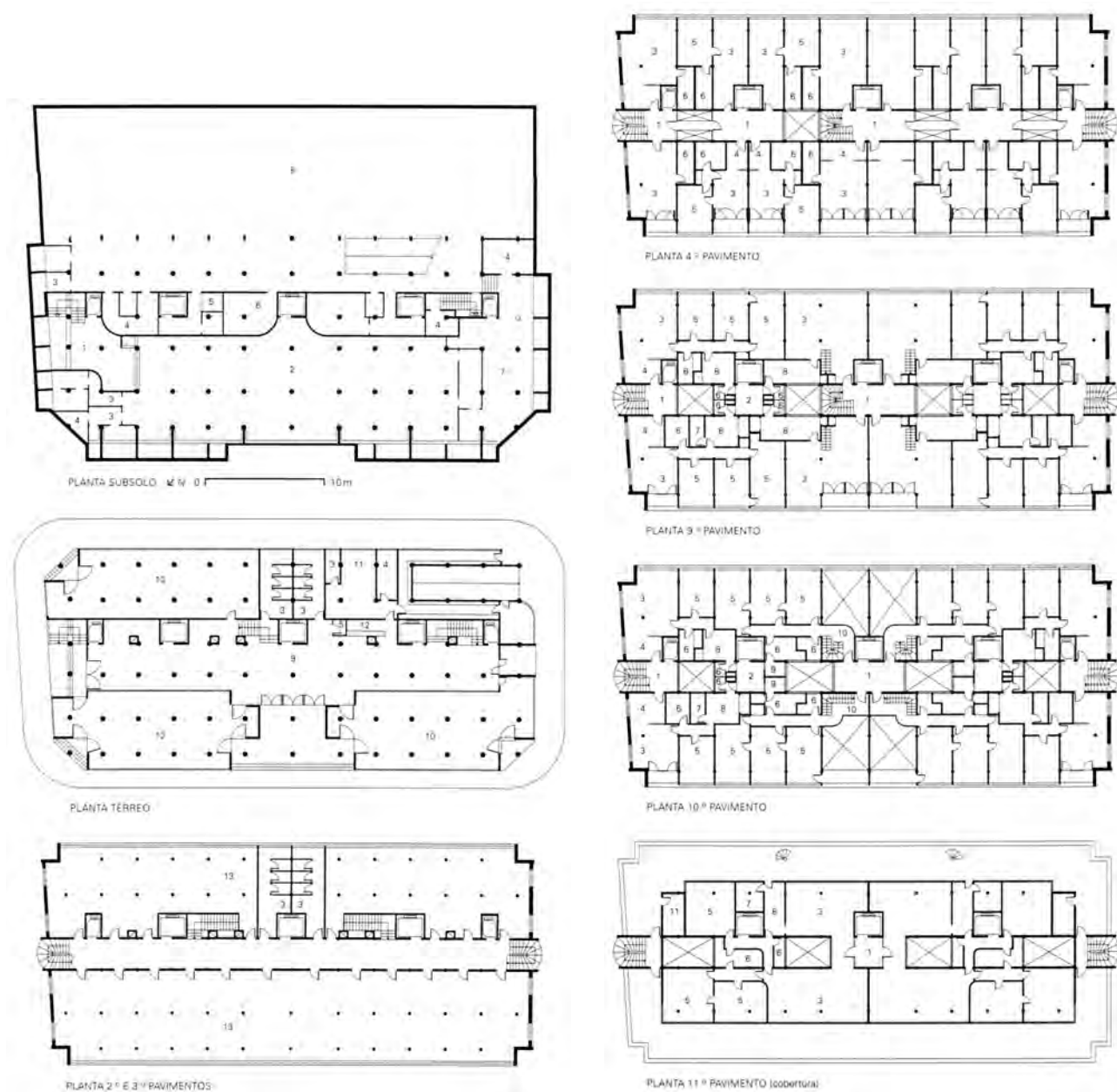


Fig. 4.11 - Álvaro Vital Brazil: Edifício Esther, São Paulo/SP, 1935-38. Plantas baixas. [CONDURU, 2000]: 58

projeção do balanço de 1,3m do corpo. As colunas de esquina ficam centralizadas no patamar triangular por onde se ingressa em cada uma das três lojas. Um quadrante se reserva para a rampa de acesso à garagem, do lado da rua menos importante. A galeria de circulação tem uma colunata aparente e outra engajada com as caixas de elevadores. A alternância de seções circulares e elípticas diversifica a colunata (COMAS, 2002). A parede entre colunas convive com a eventual coluna solta. A galeria central se perfura por quatro poços a partir do 5º andar, com o elevador central servindo os apartamentos maiores, o elevador de meio operando quase sempre como elevador de serviço, os elevadores de ponta vinculados às unidades menores. A geometria do projeto favorece a flexibilidade, permitindo variantes nas plantas dos apartamentos das pontas.

Conforme o corte da fig. 4.12 e a montagem das armaduras e formas da fig. 4.13, o teto liso foi conseguido através da simples inversão na posição das vigas, que possuem altura reduzida pelos pequenos vãos. Estas possuem seção de perfil quadrado e que junto aos pilares é ampliada, reforçando a junção entre as duas peças justamente onde o esforço de punção é maior. Ao que tudo indica, todas as vigas possuem a mesma altura, independente da dimensão do vão que elas suportam, ou do balanço existente na laje que se projeta como marquise.

Mesmo que os vãos estruturais sejam acanhados em relação aos empregados nas obras na seqüência do período analisado, o Edifício Esther não deixa de merecer interesse. Levando em conta que Vital Brazil estava lidando com cliente privado e margem de manobra muito mais limitada, conseguiu-se imprimir alguns aspectos construtivos não convencionais na época, reforçando o caráter inovador do edifício.

Ficha técnica	
Local	São Paulo/SP
Projeto arquitetônico	Álvaro Vital Brazil
Data projeto	1935
Cálculo estrutural	-
Execução	A.R.N Sociedade Construtora Ltda.
Data execução	1938
Tipo estrutural	Alto Reticular
Pilotis	Circulares
Vão maior	4m
Vão menor	2,65m
Balanço	1,3m

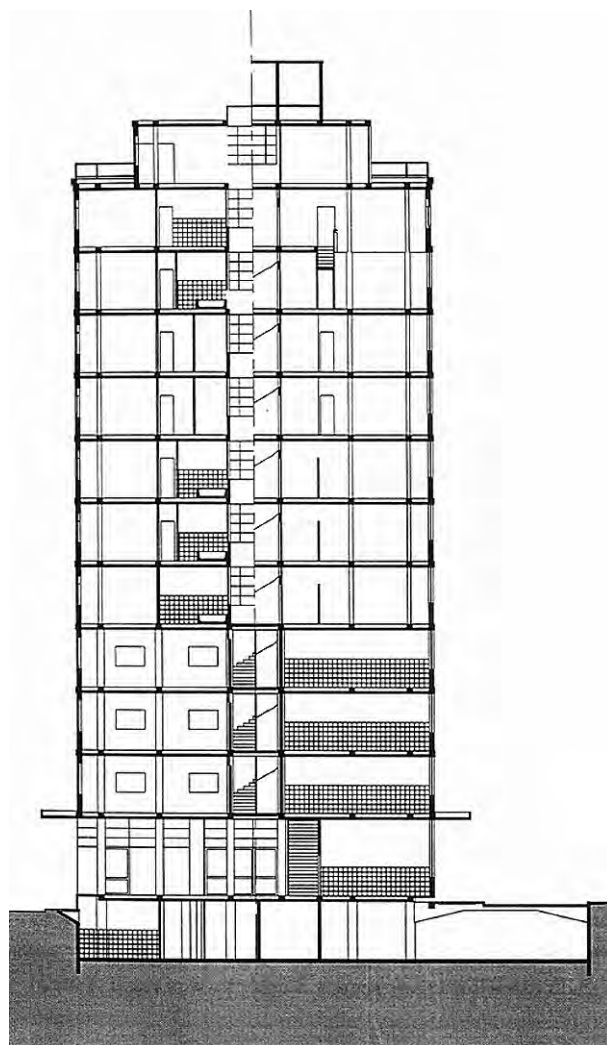


Fig. 4.12 - **Álvaro Vital Brazil:** Edifício Esther, São Paulo/SP, 1935-38. Corte transversal. [ATIQUÉ, 2004]: 163



Fig. 4.13 - **Álvaro Vital Brazil:** Edifício Esther, São Paulo/SP, 1935-38. Montagem de formas e armaduras. [REVISTA POLITÉCNICA, 1938]:229

Associação Brasileira de imprensa

O edifício da ABI (fig. XX), elaborado em 1936 pelo escritório dos Irmãos Roberto, começa a ser construído em novembro de 1937 e está praticamente pronto no fim de 1938. A obra se publica em 1940, com memorial descritivo citando os pontos já revisados por Corbusier em 29:

“Nosso trabalho é baseado nas leis imutáveis da grande arquitetura de todos os tempos e nos princípios da arquitetura moderna, frutos da técnica contemporânea: estrutura independente, plano livre, fachada livre, teto-jardim.” (ROBERTO apud PEREIRA, 1993, p.29)

A estrutura independente da ABI está baseada em uma retícula de malha quadrada com vãos de 6,8m. Cada pano quadrado de laje é composto pelas vigas primárias e duas vigas secundárias, que dividem a superfície em 4 partes iguais de 3,40m. Os balanços que ocorrem nas fachadas norte e oeste possuem 2,30m, além das divisas do edifício no lado leste (2,30m) e ao sul (3,20m de comprimento). Nesta área de laje balançada se encontram as câmaras de dispersão de calor – entre os brises e as esquadrias – que não recebem nenhum carregamento além do peso próprio do plano de laje e seu revestimento.

No térreo, *“o corpo em balanço sombreia a colunata com 8m de altura, mordida pelas esquadrias de lojas e sobrelojas ou perfilada à frente do vazio entre duas lojas na testada principal”*⁸⁵. O simples recuo das lajes de sobreloja em relação ao plano externo das colunas assegura a sugestão da ordem colossal (fig. 4.19), com menos autonomia da coluna mas sem recorrer ao efeito de consolo. Os pilares do térreo, revestidos com travertino, possuem dimensões que se inscrevem em um retângulo de 0,6m x 1m, conformando uma trama de cinco naveas do lado da Araújo Porto Alegre e três do lado da México. Internamente, algumas colunas possuem seção de 0,6m de diâmetro, sendo que a parede sul que fica voltada para o lado interno do quarteirão absorve os apoios verticais, além do conjunto de elevadores que funciona como elemento enrijecedor da estrutura.

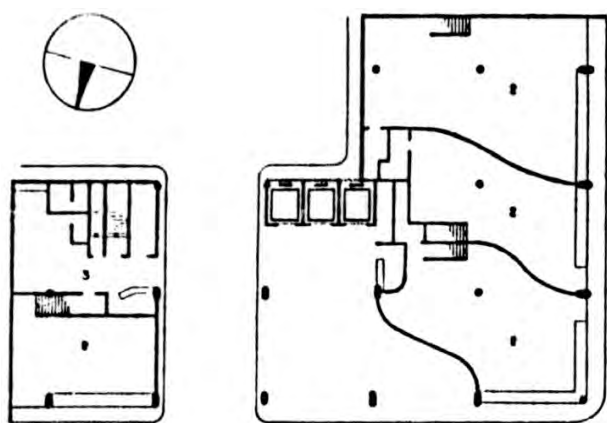
85. COMAS, Carlos Eduardo Dias. *“Questões de base e situação: Arquitetura Moderna e edifícios de escritórios, Rio de Janeiro, 1936-45”*. [ARTIGO NÃO PUBLICADO, 2001]



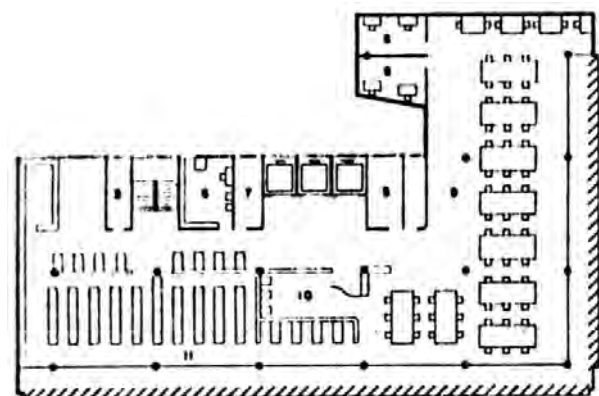
Fig. 4.18 - Marcelo e Milton Roberto: Associação Brasileira de Imprensa, 1936-38. Fachadas com base (pilotis) corpo (faixas cegas e brises) e superestrutura (volumes superiores). [GOODWIN, 1943]:113



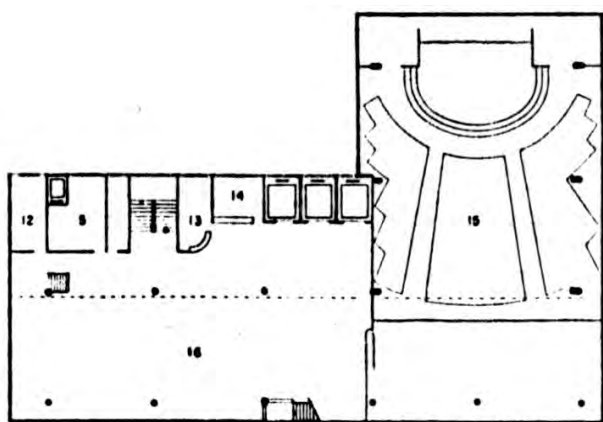
Fig. 4.19 - Marcelo e Milton Roberto: Associação Brasileira de Imprensa, 1936-38. Fachada norte. [GOODWIN, 1943]:87



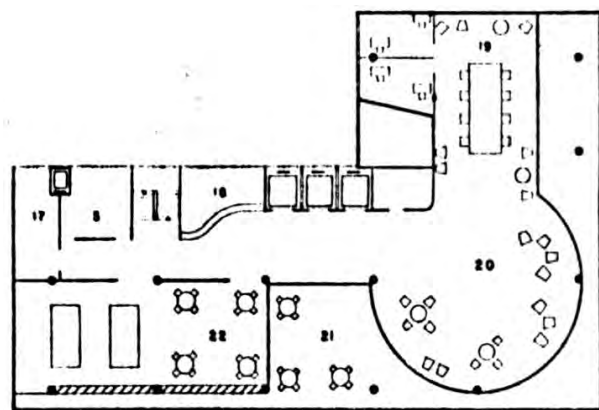
Térreo (vão do acesso de automóveis corrigido)



Sétimo andar



Oitavo andar



Décimo andar

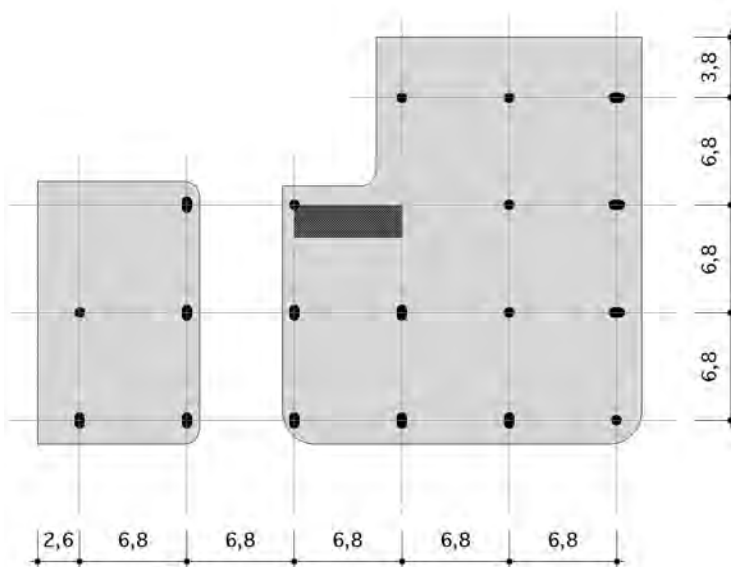


Fig. 4.21 - Diagrama estrutural do térreo. [DESENHO DO AUTOR]

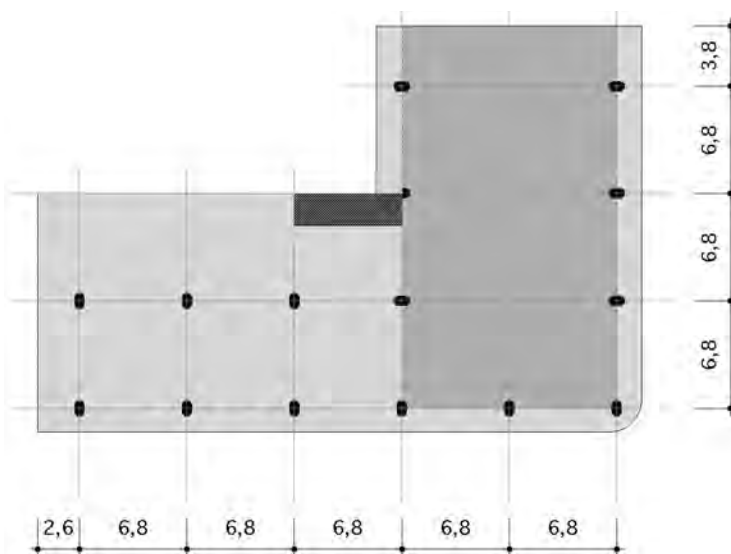


Fig. 4.22 - Diagrama estrutural do oitavo andar com indicação da laje correspondente ao teto do auditório com 27,2 x 13,6m. [DESENHO DO AUTOR]

A estrutura emprega lajes nervuradas planas de 30cm de espessura com utilização de elementos cerâmicos (fig. 4.23), semelhante ao utilizado na concepção original do sistema Dom-ino, com vigas primárias e secundárias. A estrutura primária é composta por vigas de base maior que altura e armadura contida em um quadrado centralizado no eixo dos pilares. Entre cada peça cerâmica também existe armadura positiva, conferindo um plano armado em trama. Internamente, os pilares possuem uma cavidade por onde passam as redes de água e esgoto pluvial provenientes do terraço-jardim.

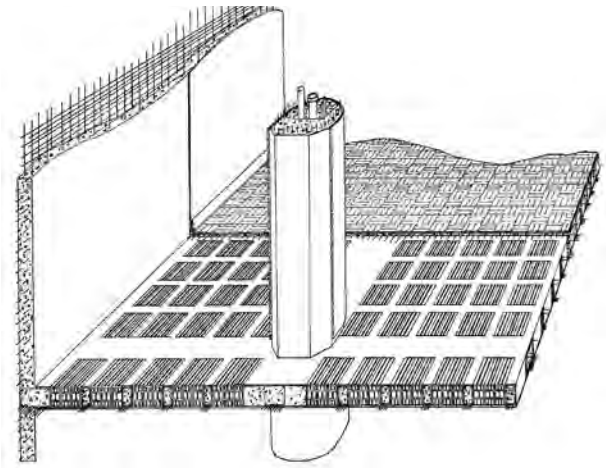


Fig. 4.23 - **Marcelo e Milton Roberto**: Associação Brasileira de Imprensa, 1936-38. Esquema construtivo de lajes, pilares e paredes. [COMAS, 2002]

Os peitoris das fachadas norte e oeste são amarrados nas lajes pelas esperas das ferragens (fig. 4.24). Concretados em separado, eles funcionam como uma grande viga de bordo ao longo de toda a fachada, ancorando-as nas paredes de concreto das divisas e na placa de concreto de 2,20m da esquina dos pavimentos tipo. As paredes em concreto armado da ABI possibilitam que as lajes sejam apoiadas diretamente no plano de parede, eliminando a presença obrigatória de pilares. Com esse recurso, a ossatura do edifício se alia com os planos verticais de concreto que também colaboram com a rigidez e inércia do sistema estrutural.



Fig. 4.24 - **Marcelo e Milton Roberto**: Associação Brasileira de Imprensa, 1936-38. Vista norte do edifício em construção. [COMAS, 2002]

No pavimento equivalente ao auditório, 3 pilares internos são eliminados gerando um pano de laje de 13,6 x 27,2m (fig. 4.22). A ausência destes pilares permite também que o pavimento acima possua um generoso salão semicircular recuado do plano da fachada e livre de apoios internos.

Os cortes transversais dos dois corpos do edifício⁸⁶ indicam uma diferença entre os pavimentos de 3,4m, com a última laje na cota 46,35m. Os pilotis possuem 6,4m a partir do nível do solo e o auditório, com pé-direito duplo de 6,9m, se expressa na fachada oeste por um grande plano de concreto de aproximadamente 10m de altura. A fig. 4.25 mostra este plano e o restante das superfícies ainda sem o acabamento em mármore travertino e as esquadrias superiores do lado norte.

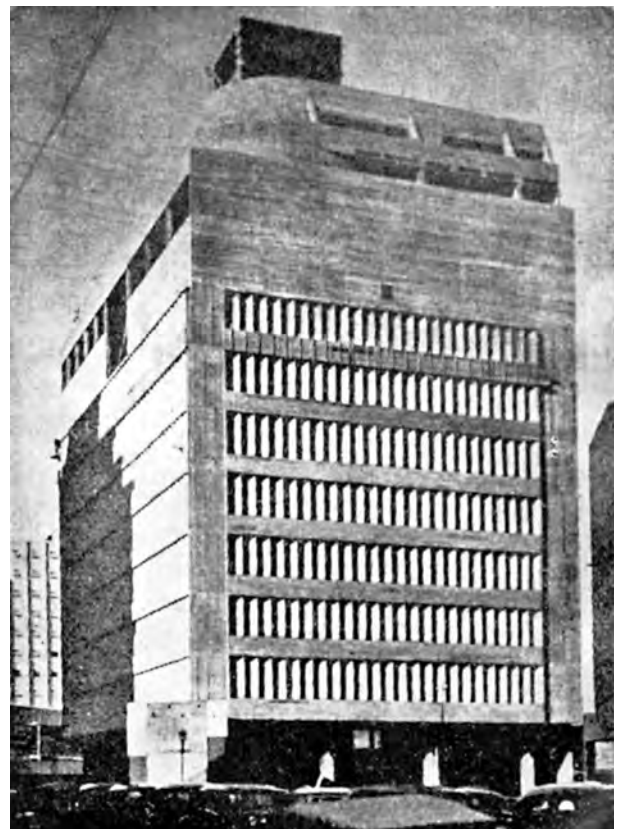


Fig. 4.25 - **Marcelo e Milton Roberto**: Associação Brasileira de Imprensa, 1936-38. As paredes de concreto do edifício ainda sem revestimentos e esquadrias. [CONCRETO nº74]: 136

86. Cabe salientar que estas imagens são desenhos produzidos por este autor e baseadas em documento gentilmente fornecido pelo Centro de Arquitetura e Urbanismo do Rio de Janeiro. Nestes, constam dois cortes de uma versão do projeto muito próxima do que está efetivamente construído. Algumas alterações foram feitas para que estes registros ficassem de acordo com as plantas publicadas.

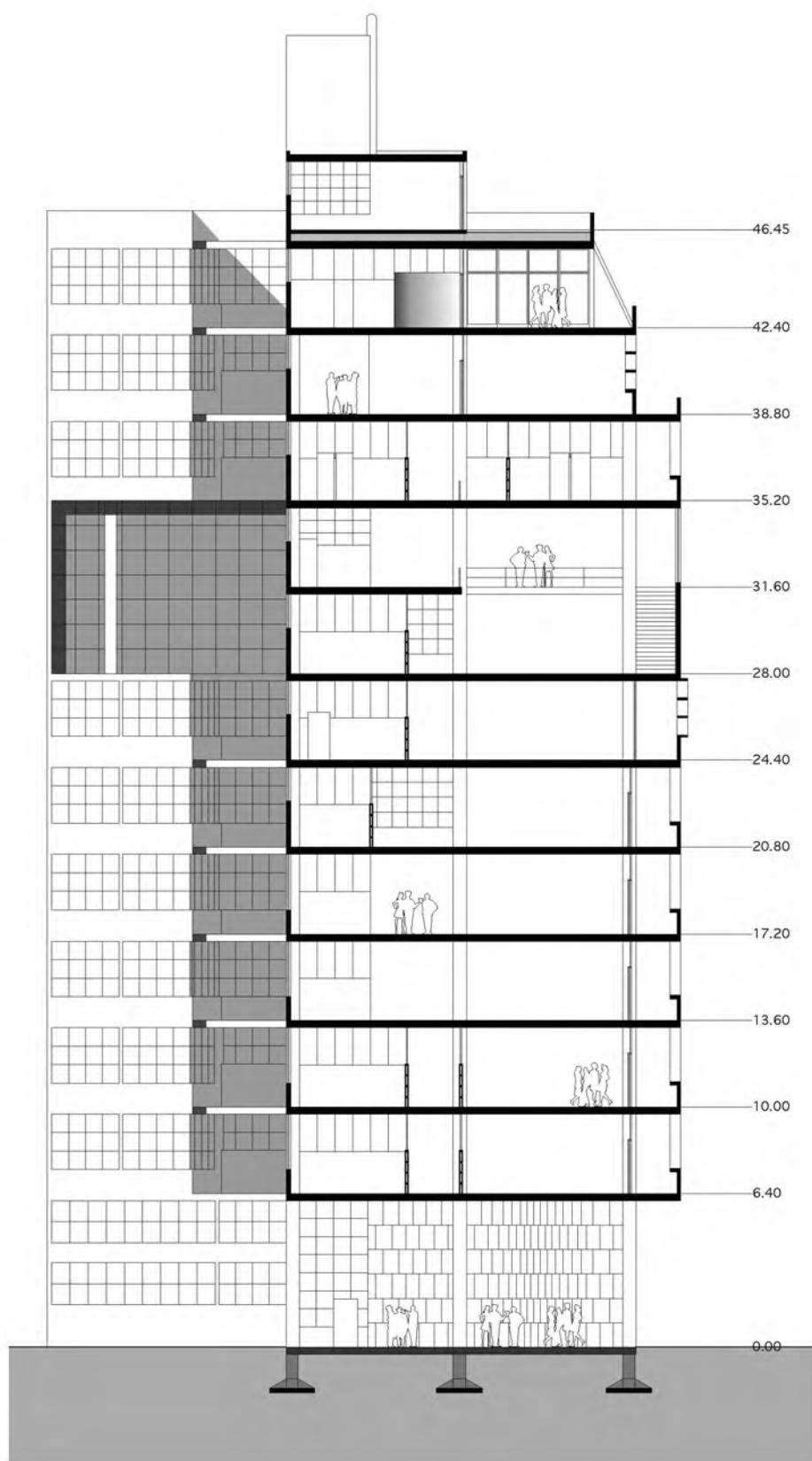


Fig. 4.26 - Marcelo e Milton Roberto: Associação Brasileira de Imprensa, 1936-38. Corte transversal. [DESENHO DO AUTOR]

O documento reproduzido na fig. 4.27 é importante não só na questão da representação estrutural, mas também como registro da evolução do projeto. Sem data identificável, é parte de uma versão anterior do projeto construído, onde aparecem cortes ampliados da laje em balanço nos lados oeste e leste (*Secção AB* e *Secção CD*) e um diagrama da junção das vigas com os pilares (*Detalhe de um nó externo*). Neles estão presentes vigas aparentes e lajes convencionais, substituídas no projeto construído pelo sistema de lajes planas. Neste já estão representados os vãos quadrados, a supressão dos pilares do auditório e o esquema de estrutura primária e secundária das lajes.

“As placas fixas em oblíqua de concreto de cimento branco, harmonizado com o travertino que reveste todas as demais superfícies opacas do corpo e do coroamento e lhes confere um caráter hermético e austero, que dialoga com a Biblioteca vizinha em silhueta, textura, opacidade e articulação, estabelecendo relação que é mais diferença de grau que de contraste.” (COMAS, 2002)

Cada placa de 5cm de espessura é fixada diretamente na borda dos peitoris e na base de cada laje superior (fig. 4.28). Espaçadas a cada 60cm elas possuem altura de 2,46m e estão colocadas engastadas no concreto de maneira que o mimetismo de cores e texturas transforma o conjunto em um corpo alternado por faixas rugosas e lisas, elevado do chão por pilotis de altura dupla e coroado por andares de recuo sucessivo. Na ABI o concreto armado – presente até então quase exclusivamente como material para se “fazer o esqueleto” – está presente também como parede que além de vedar, suporta. Marcelo e Milton Roberto concebem uma estrutura independente que utiliza a parede como elemento estrutural e que serve de referência para as suas futuras obras.

Ficha técnica	
Local	Rio de Janeiro
Projeto arquitetônico	Marcelo e Milton Roberto
Data projeto	1936
Cálculo estrutural	-
Execução	Duarte e Cia
Data execução	1938
Tipo estrutural	Alto Reticular
Pilotis	Misto
Vão maior	13,6m
Vão menor	6,8m
Balanço	2,3m

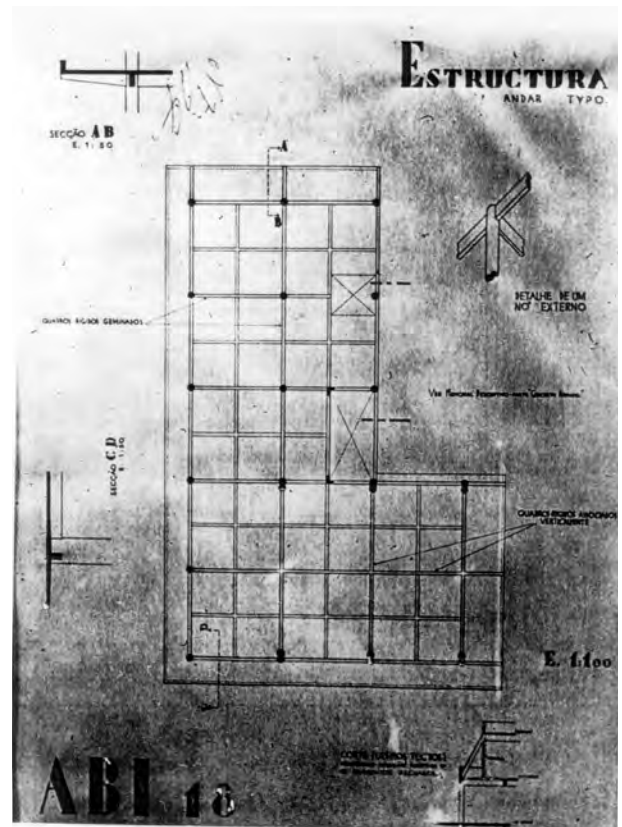


Fig. 4.27 - Marcelo e Milton Roberto: Associação Brasileira de Imprensa, 1936-38. A planta de formas original do projeto, com a marcação da estrutura primária e secundária que compõem a laje plana. [REPRODUÇÃO FOTOGRÁFICA: BAHIMA, 2000]



Fig. 4.28 - Marcelo e Milton Roberto: Associação Brasileira de Imprensa, 1936-38. Os brises fixos em concreto, engastados na vigota superior do balcão em balanço.

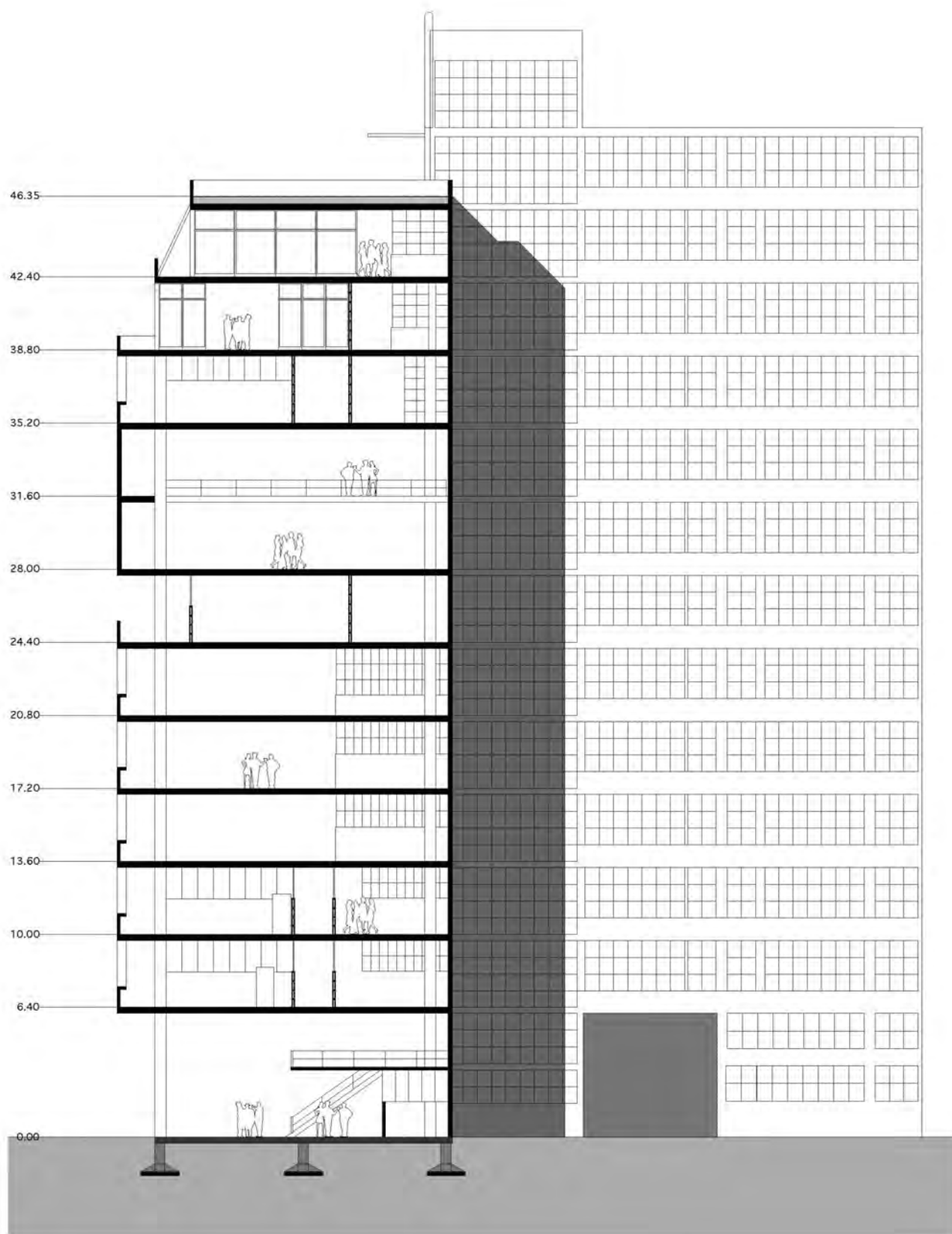


Fig. 4.29 - Marcelo e Milton Roberto: Associação Brasileira de Imprensa, 1936-38. Corte transversal. [Desenho do autor]

Ministério da Educação e Saúde Pública

“Esse belo edifício do Ministério é um marco histórico e simbólico. Histórico, porque foi nele que se aplicou, pela primeira vez, em escala monumental, a adequação da arquitetura à nova tecnologia construtiva do concreto armado.”
(COSTA 1995, p.122)

O projeto do ministério tinha como principais desafios estruturais o contraventamento do edifício, a conexão do piso com os pilotis do bloco de exposições e a espessura reduzida das lajes – maiores em área e menores em altura que as utilizadas na sede da ABI – que deveriam proporcionar um teto livre de vigamentos ou capitéis.

Segundo COMAS (1987) *“o projeto definitivo da equipe brasileira tem planimetricamente feição de T, constando basicamente de dois blocos de altura desigual.”* A análise que prossegue acompanha esta divisão, que também se fundamenta na configuração da estrutura utilizada em cada um dos blocos. A ossatura é reticular, a planta e a fachada livres em ambos, exceto no volume do auditório onde as paredes coincidem com pilares e vigas.

Bloco administrativo

Emílio Baumgart, responsável pelo projeto estrutural, teve a idéia de projetar no lugar dos capitéis apenas pastilhas de engrossamento das lajes, colocando-as na face superior. Com isso, inverteu-se a lógica de uma solução que havia sido lançada no início do século XX por Claude Turner, abrindo mão das soluções correntemente adotadas como as lajes nervuradas⁸⁷ ou planas com elementos cerâmicos como no sistema Dom-ino. Sendo batizada como “cobertura em forma de cogumelo invertido” – *piltzdecken* em alemão – foi utilizado pela primeira vez na sede do ministério. Ficou assim mantida a condição de teto liso, garantindo ao mesmo tempo a resistência em relação aos esforços de punção. Os espaços vazios entre as pastilhas seriam completados com enchimento de cortiça – por onde passam as redes de infra-estrutura – ou outro material leve isolante.



Fig. 4.30 - Lucio Costa, A. E. Reidy, Carlos Leão, Ernani Vasconcellos, Jorge Machado Moreira e Oscar Niemeyer: Ministério da Educação e Saúde Pública, 1936-45. Fachada norte. [COMAS, 2000]



Fig. 4.31 - Lucio Costa e equipe: Ministério da Educação e Saúde Pública, 1936-45. Fachada sul. [MOREIRA, 1999]:98

87. No mesmo ano do projeto do Ministério estava sendo executada no Rio de Janeiro as lajes nervuradas para o Paço Municipal. Ver: ROCHA, Anderson Moreira da. *Uma laje nervurada para o paço municipal*. Revista da Diretoria de Engenharia (PDF) nº9 volume 3 de 1936, p.212-15.

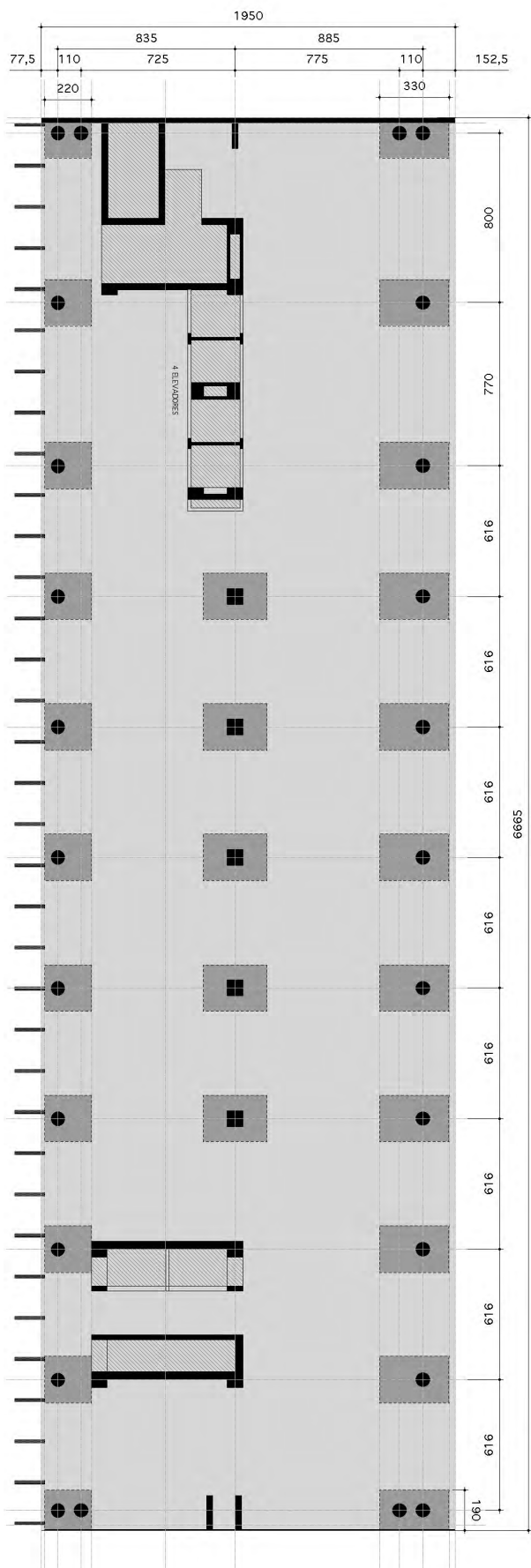


Fig. 4.32 - Lucio Costa e equipe: Ministério da Educação e Saúde Pública, 1936-45. Planta estrutural do pavimento tipo, com a indicação dos reforços em torno dos pilares. [Reprodução digital - Documento arquivado no IPHAN de autoria de Emílio Baumgart datado de 1936]: Arquivo Noronha Santos: Documento nº M6G6/ANS06231

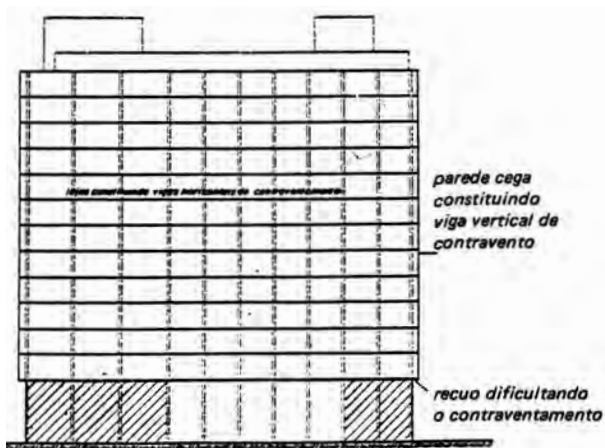


Fig. 4.33 - Lucio Costa e equipe: Ministério da Educação e Saúde Pública, 1936-45. Corte esquemático demonstrando os contraventamentos. [VASCONCELOS, 1985]:30

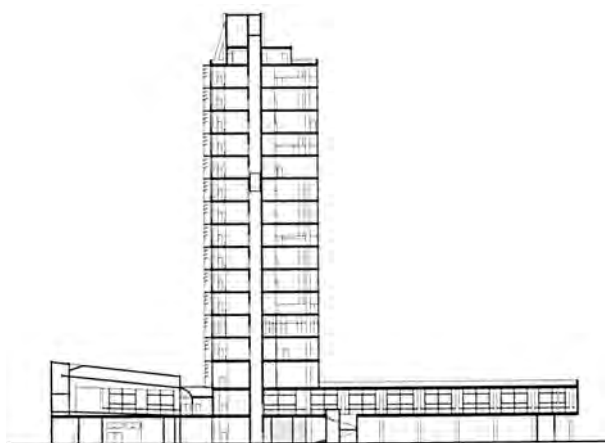


Fig. 4.34 - Lucio Costa e equipe: Ministério da Educação e Saúde Pública, 1936-45. Corte transversal ao corpo mais alto. [UNDERWOOD, 2002]:39

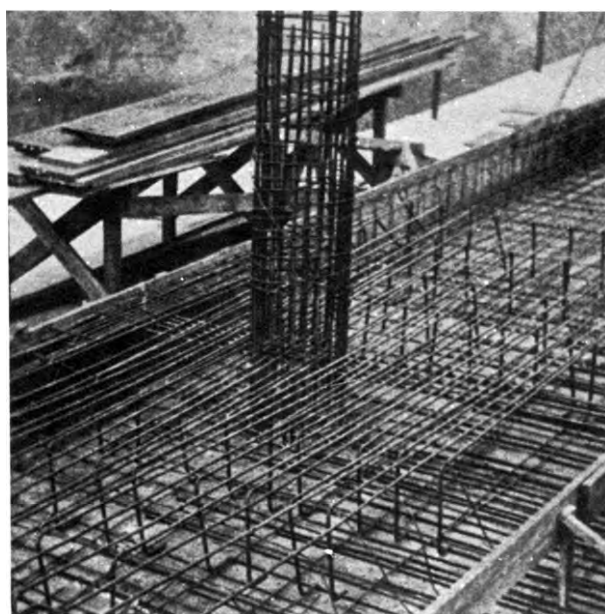


Fig. 4.35 - Lucio Costa e equipe: Ministério da Educação e Saúde Pública, 1936-45. Armadura dos pilares, com a indicação do reforço próximo à coluna. [HARRIS, 1987]:124

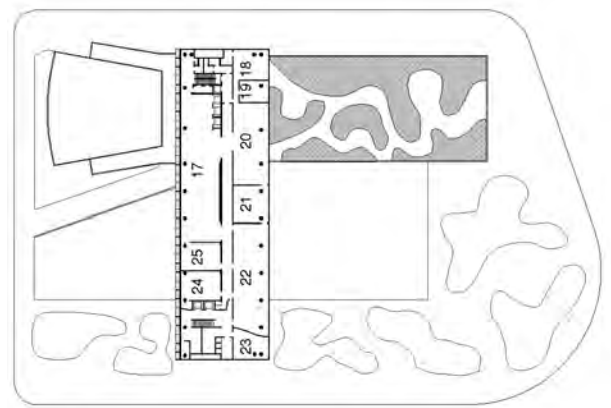
Baumgart resolveu, com muita habilidade, problemas de contraventamento devidos à altura nas extremidades dos prédios que têm colunas duplas, geminadas.” [...] “encarou aquilo com toda a simplicidade e acabou encontrando as soluções adequadas ao problema” (COSTA, 1987, p.158)⁸⁸

A experiência de Baumgart com a obra do edifício *A Noite* se manifestou também na concepção do contraventamento da obra do ministério. A utilização dos pilotis e o recuo da base impedia que se aproveitassem paredes do térreo para embutir nas mesmas elementos estruturais resistentes ao vento. As paredes das laterais cegas recuam no térreo, quebrando a continuidade necessária ao bom funcionamento como elemento enrijecedor (fig. 4.33). O raciocínio de Baumgart, hoje generalizadamente difundido, constituía na época uma novidade: as lajes eram consideradas como gigantescas vigas dispostas horizontalmente. Essas vigas se apóiam nas paredes cegas das extremidades do edifício e também no conjunto enrijecedor de escadas e elevadores (fig. 4.37). Os esforços eram todos transferidos para os elementos da base, através da laje do teto do térreo, apropriadamente engrossada para essa finalidade⁸⁹.

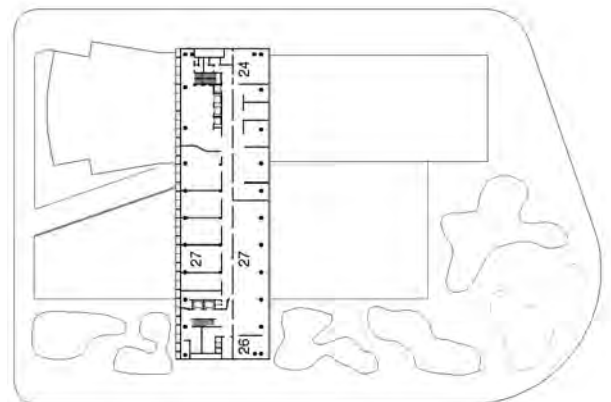
Os originais arquivados no IPHAN e assinados por Baumgart indicam que o maior vão do bloco de escritórios é de 8,85m e o menor de 6,16m. O balanço no lado norte é de 0,775m e no lado sul de 1,525m. Ao norte os reforços de 10cm de altura das lajes de 26cm possuem 2,2 x 2,2m, no centro 2,2 x 3m e ao sul, lado de maior balanço, 3 x 3,30m. São 11 linhas transversais de pilares e 3 longitudinais, sendo a linha central com seção quadrada e o restante de seção circular, com diâmetro de 0,65m. Nas extremidades do retângulo formado pela grande laje de 19,5 x 66,65m, existem quatro duplas de pilares que auxiliam no contraventamento geral e distribuem os carregamentos do primeiro teto. Com 1,4m de profundidade e 15cm de espessura, as placas verticais de concreto que suportam os brises horizontais de amianto são engastadas na laje e distribuídas a

88. *Ministério, da participação de Baumgart à revelação de Niemeyer:* entrevista de Lucio Costa a Hugo Segawa. Projeto 102: 158-160, ago. 1987.

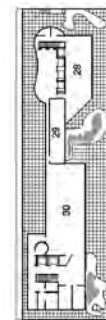
89. VASCONCELOS, 1985, p.29. Apesar do autor afirmar tal função para o aumento da seção da laje que cobre os pilotis, os documentos originais indicam que todas as lajes do bloco de escritórios possuem a mesma altura.



Terceiro pavimento



Pavimento tipo



Cobertura

Fig. 4.36 - Lucio Costa e equipe: Ministério da Educação e Saúde Pública, 1936-45. Plantas do bloco de escritórios. [COMAS, 2000]

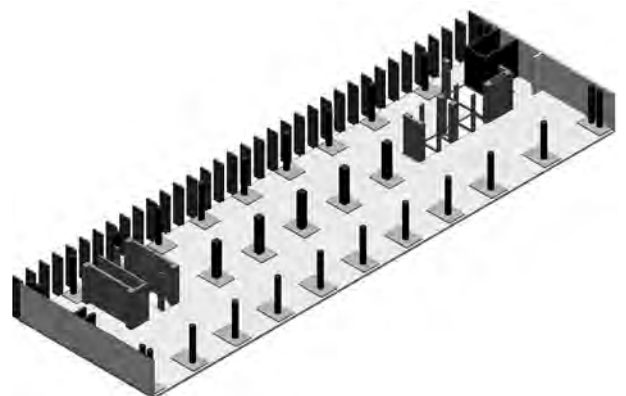


Fig. 4.37 - Esquema estrutural em três dimensões de um dos pavimentos (bloco de escritórios). [DESENHO DO AUTOR]

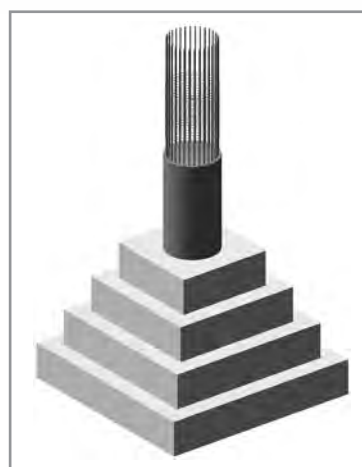
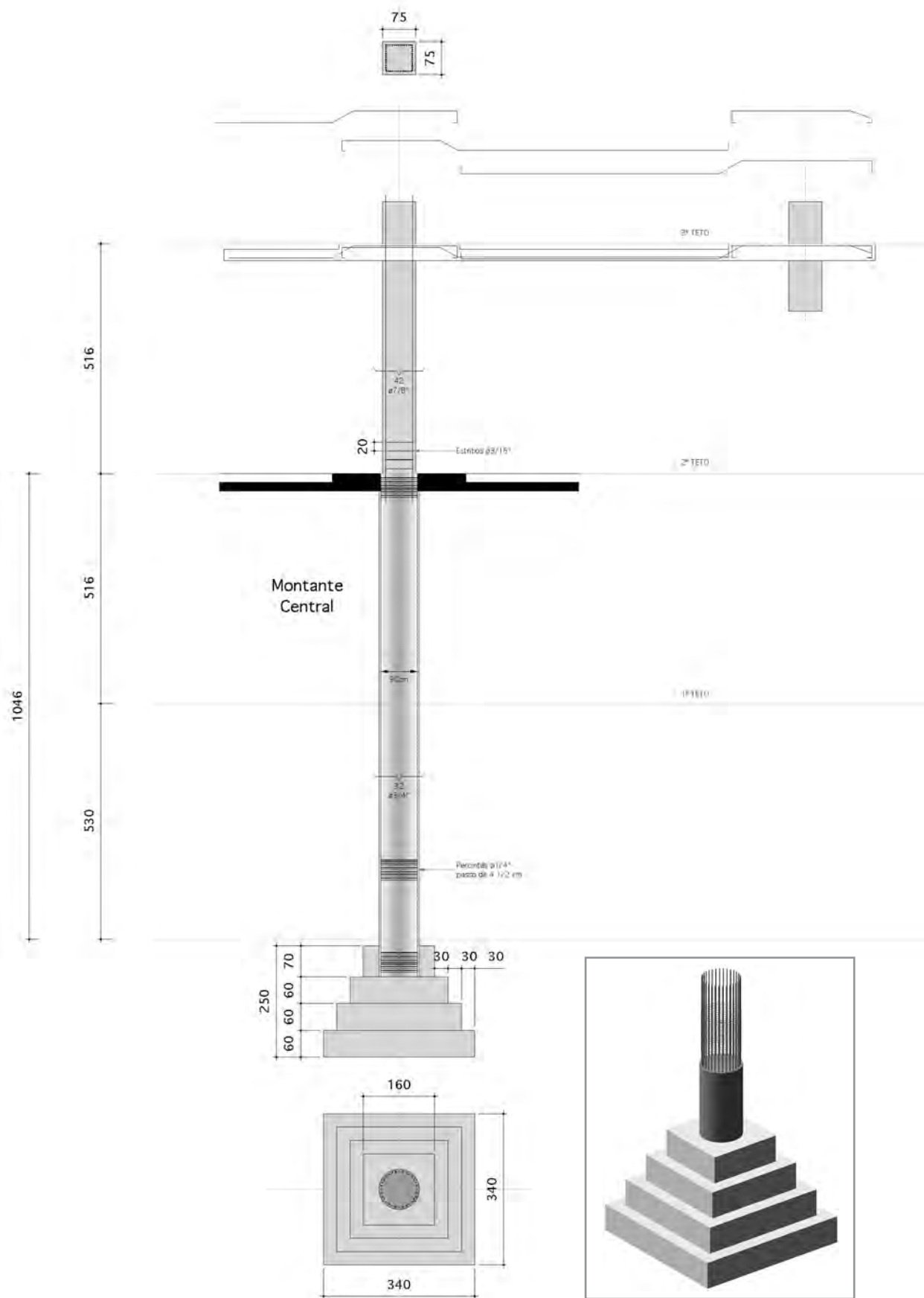


Fig. 4.38 - Esquema construtivo da execução de fundações, armaduras e seção de pilares e lajes do bloco de escritórios. [Reprodução digital - Documento arquivado no IPHAN de autoria de Emílio Baumgart datado de 1936]: Arquivo Noronha Santos: Documento nº M6G6/ANS06230

Fig. 4.39 - Detalhe genérico das fundações do bloco de escritórios, podendo se observar a grande proximidade dos estrabos (passo de 4,5cm). [DESENHO DO AUTOR]

cada 2m de fachada. Nas caixas dos elevadores não existem reforços de laje e os pilares quadrados dão lugar a um sistema de paredes-pilar, constituindo um conjunto que auxilia na rigidez do corpo do edifício.

O diâmetro dos pilares de 10,1m de altura nos pilotis é de 90cm. As fundações em concreto sem armadura ocupam aproximadamente de 2,5m de profundidade, apoiadas em terreno rochoso resultante do morro arrasado no início da década de 20. As sapatas em formato de pirâmide asteca possuem base quadrada com 3,4m de lado, recuando 30cm até chegar com 1,60m no topo (fig. 4.39). As 32 barras de ferro que formam a armadura vertical dos pilares nos pilotis no montante central estão amarradas por estribos espaçados a cada 4,5cm, o que confirma as afirmativas de Kleinlogel na visita de 1937.

A fig. 4.40 mostra posição e altura das porções de concreto e alvenaria nas fachadas cegas. Comparando-a com a fig. 4.41 pode-se concluir que as bordas menores de todas as lajes possuem maior altura para resistir ao carregamento linear da alvenaria, além de auxiliar no contraventamento da grande placa. Este artifício demonstra a interpretação de um Dom-ino normativo, presente na obra brasileira em momentos que as paredes não possuem capacidade inerente de serem dissociadas da estrutura. Na fachada cega, a alvenaria que veda é elemento definitivo, sem outra posição no edifício. Já o espaço interno, compartimentado através de divisórios leves de 2m de altura, não demanda carregamento linear que solicite reforço maior do que aquele presente nas próprias lajes de cada pavimento.

A estrutura independente do ministério lança mão de recursos que não se esgotam apenas na relação entre pilar/viga, laje/balanço: ela funciona como um sistema integrado onde elementos cooperam entre si tanto no aspecto estático quanto estético.

Ficha técnica - Bloco administrativo

Tipo estrutural	Alto reticular
Pilotis	Seção circular de 0,90m
Vão maior	8,85m
Vão menor	6,16m
Balanço maior	1,525m
Balanço menor	0,775m

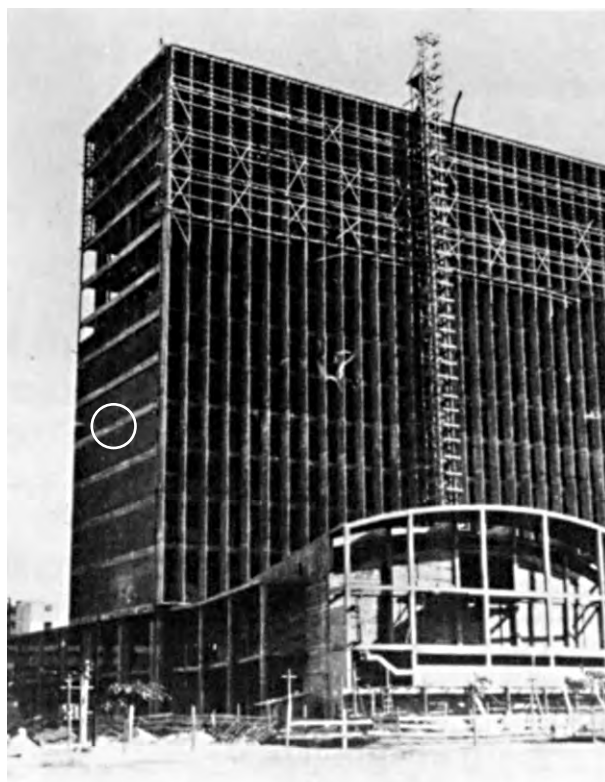


Fig. 4.40 - **Lucio Costa e equipe**: Ministério da Educação e Saúde Pública, 1936-45. Aspecto da obra em andamento, com uma das laterais cegas incompletas. O círculo indica o reforço da laje plana através de vigas. [LISSOVSKY, 1996]: 155



Fig. 4.41 - **Lucio Costa e equipe**: Ministério da Educação e Saúde Pública, 1936-45. Aplicação das esquadrias no lado sul, com as lajes expostas. [LISSOVSKY, 1996]: 155

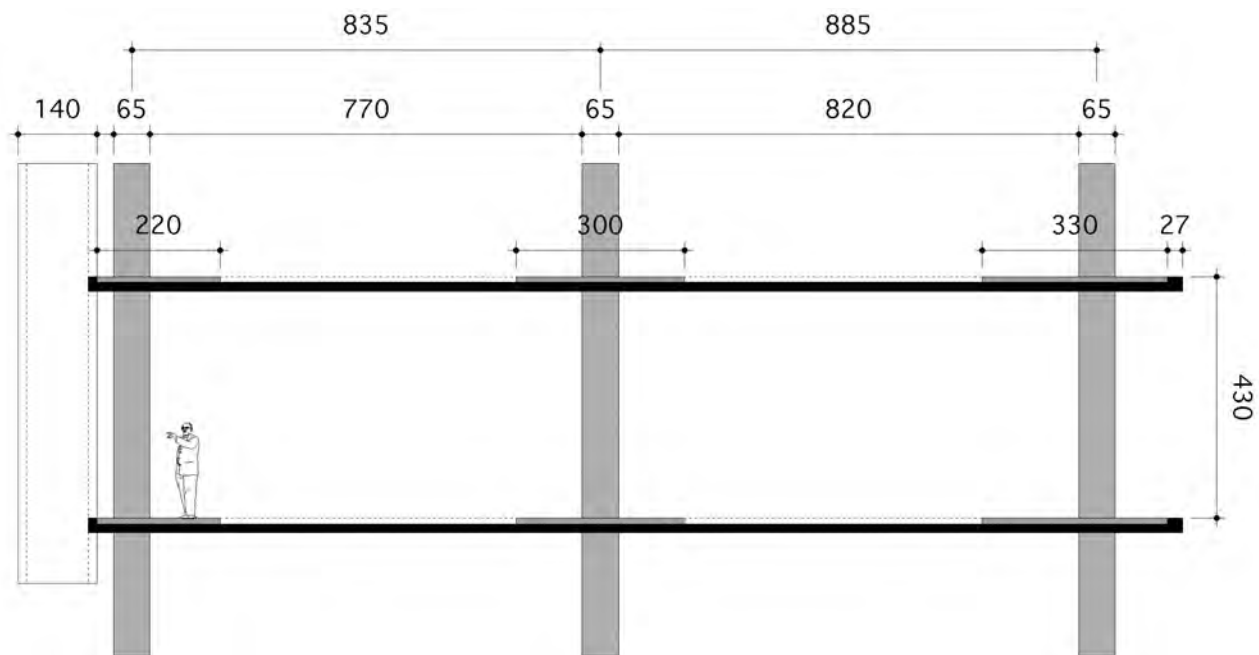


Fig. 4.44 - Corte transversal parcial do bloco de escritórios. [Reprodução digital - Documento arquivado no IPHAN de autoria de Emílio Baumgart datado de 1936]: Arquivo Noronha Santos: Documento nº M6G6/ANS06230

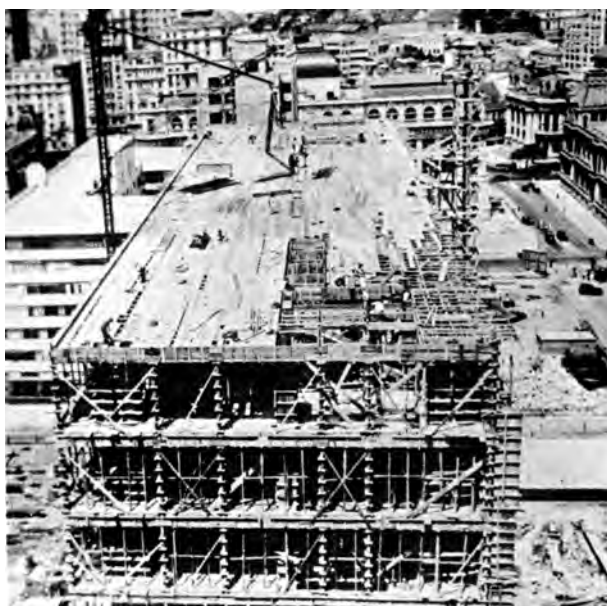


Fig. 4.42 - **Lucio Costa e equipe:** Ministério da Educação e Saúde Pública, 1936-45. Edifício em construção, podendo ser observada a montagem da forma de uma das lajes. [HARRIS, 1987]:133

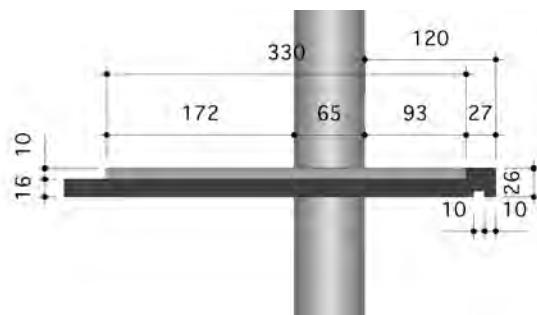


Fig. 4.45 - Detalhe parcial do bloco de escritórios, ala sul. [Reprodução digital - Documento arquivado no IPHAN de autoria de Emílio Baumgart datado de 1936]: Arquivo Noronha Santos: Documento nº M6G6/ANS06230



Fig. 4.43 - **Lucio Costa e equipe:** Ministério da Educação e Saúde Pública, 1936-45. Vista da fachada norte a partir da cobertura do auditório. [FOTO: MARCOS ALMEIDA, MARÇO 2004]

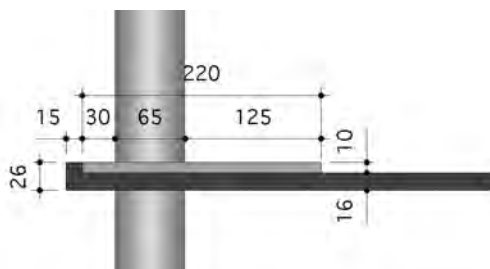


Fig. 4.46 - Detalhe parcial do bloco de escritórios, ala norte. [Reprodução digital - Documento arquivado no IPHAN de autoria de Emílio Baumgart datado de 1936]: Arquivo Noronha Santos: Documento nº M6G6/ANS06230

Bloco de exposições

A sala de exposições no lado sul e o auditório do ministério ao norte, que são partes principais do bloco mais baixo (fig. 4.47), são sustentadas por quatro linhas de pilares longitudinais e treze transversais, sendo três pertencentes também ao bloco administrativo: duas linhas a leste compostas de um lado por duplas de pilares e a central por pilares geminados. Os pilares estão assentados em fundações semelhantes aos do bloco mais alto, porém com dimensões reduzidas. A seção das colunas centrais que sustentam o terraço do ministro não é uma circunferência completa, estando uma fatia reservada para uma provável passagem da tubulação pluvial de esgotamento da superfície do terraço-jardim (fig. 4.52). É este mesmo par que se mostra no espaço interno, produzindo três naves longitudinais no braço sul, onde os vãos aproximados da estrutura reticular determinam panos de laje de 7 x 10,5m ao centro e 6,5 x 7m nas laterais.

No lado sul, correspondente ao auditório, a estrutura reticular só se revela no térreo pelas duas linhas de pilares externos, que se prolongam até morder o volume do auditório. Este possui esbeltos montantes verticais que armam o seu esqueleto, ocultado pela alvenaria que vai do chão ao teto. A cobertura é feita com uma abóbada de concreto que vence vãos transversais de 16m no lado menor até 24m no lado maior. Longitudinalmente são 17,8m de comprimento, correspondendo exatamente ao espaço da platéia (fig. 4.48). A estratégia de fragmentar a abóbada na faixa posterior do auditório reduz as dimensões finais da casca, cria uma zona de iluminação para a área técnica e revela um viga radial que insinua a montagem dos apoios da própria cobertura (fig. 4.49).

O bloco apresenta outro aspecto especial da construção em concreto armado: a conexão entre a coluna exterior e o piso do anexo no lado sul, retrasado em relação aos pilares. Esta conexão funciona como um consolo⁹⁰, onde a superfície de apoio da laje é a seção lateral e não o topo da

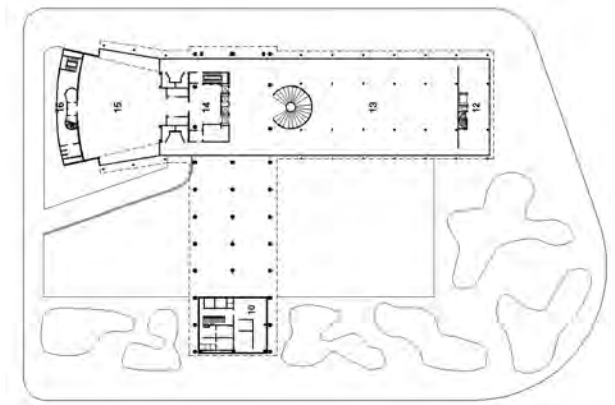


Fig. 4.47 - **Lucio Costa e equipe**: Ministério da Educação e Saúde Pública, 1936-45. Segundo pavimento do bloco de exposições. [COMAS, 2000]

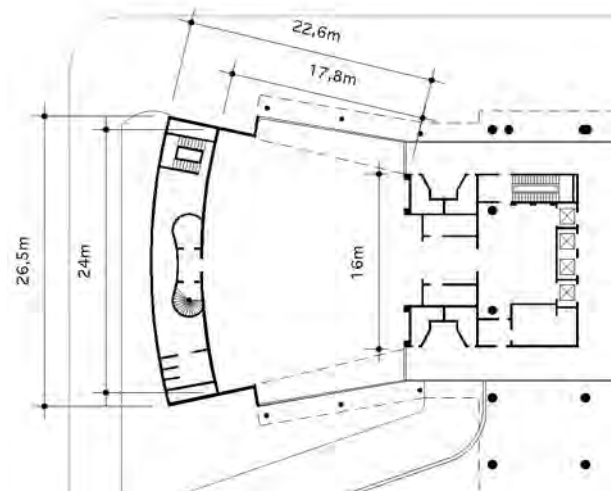


Fig. 4.48 - Detalhe do auditório, com as dimensões dos vãos da casca de cobertura. [DESENHO DO AUTOR]



Fig. 4.49 - **Lucio Costa e equipe**: Ministério da Educação e Saúde Pública, 1936-45. Vista da cobertura do auditório. [LISSOVSKY, 1996]:

90. HARRIS divulgou em seu livro que este sistema era chamado de "cão mordendo" como revelou **Artur Eugênio German** (assistente de Emílio Baumgart) em entrevista: "visto do exterior, esse bloco assemelhava-se a um cachorro mordendo um pedaço de pau, devido ao modo como o aço de reforço envolvia os pilotis." [HARRIS, 1987]:143



Fig. 4.50 - **Lucio Costa e equipe:** Ministério da Educação e Saúde Pública, 1936-45. Vista interna do auditório. [FOTO: MARCOS ALMEIDA, MARÇO 2004]



Fig. 4.51 - **Lucio Costa e equipe:** Ministério da Educação e Saúde Pública, 1936-45. Vista da cobertura do auditório. [FOTO: MARCOS ALMEIDA, MARÇO 2004]

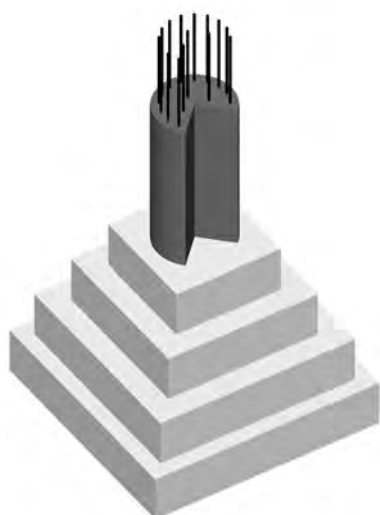


Fig. 4.52 - Detalhe das fundações do bloco de exposições, e da seção do pilar no montante central. [DESENHO DO AUTOR]

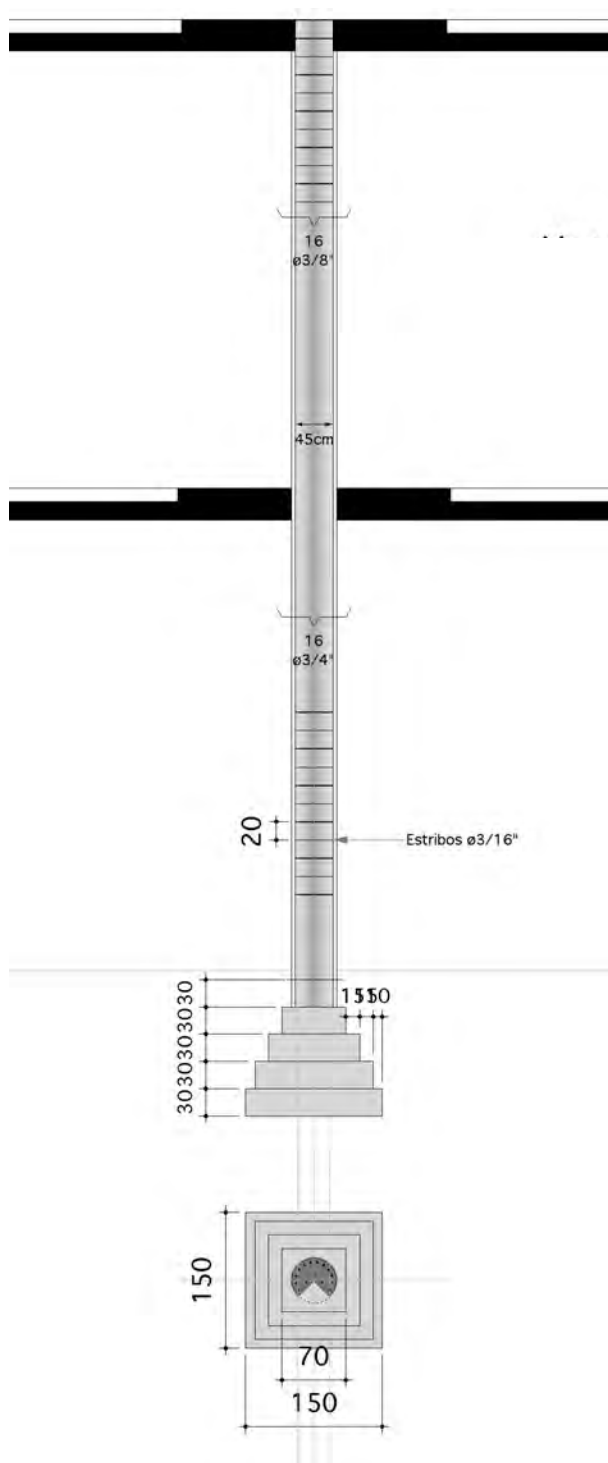


Fig. 4.53 - Esquema construtivo da execução de fundações, armaduras e seção de pilares do bloco de exposições. [Reprodução digital - Documento arquivado no IPHAN de autoria de Emílio Baumgart datado de 1936]: Arquivo Noronha Santos: Documento nº M6G6/ANS06230

peça. Este elemento surgiu como vinheta no primeiro risco de Corbusier para o projeto beira-mar e vira norma a partir do trabalho de Baumgart. Sujeito a um significativo esforço cortante⁹¹, a peça de ligação não aparece em detalhe nos documentos levantados na pesquisa, nem a forma com que ela se relaciona com a laje plana.

O topo das duas linhas de pilares exteriores é protegido pela laje que estende-se além do vidro e descansa sobre o alto das colunas. Esta laje que cobre a área de exposições é o piso do terraço do ministro e se funde com o teto do pilotis do bloco administrativo no lado norte conforme pode-se observar na fig. 4.55. A base interna da grelha dos brises coincide com topo da gola da laje, deixando abaixo da grelha uma faixa que reforça a continuidade e fluidez do plano.

No lado sul, o peitoril em alvenaria de tijolos do terraço do ministro tem altura suficiente para que possa acompanhar a faixa correspondente aos armários embutidos no lado interno do bloco administrativo (fig. 4.56). O desnível entre a parte interna e externa indica diferentes alturas para as três lajes que formam o partido em T. No lado norte a gola da cobertura auxilia a altura para que fique idêntica ao piso da área de exposições e ao teto do pilotis, ficando claro que cada elemento do T funciona independente da noção de continuidade que se tem a partir do térreo ou de dentro do espaço de exposições.

A sutileza com que se dá a junção de elementos de funções tão distintas é o ponto chave da qualidade da estrutura do ministério. Pilares de seções diferenciadas para cada corpo, alturas distintas para os panos de laje e conexões visualmente discretas para uma estrutura estaticamente complexa determinam o alcance de sua excelência construtiva.

91. Ver BRUAND, 1981, p.88.

Ficha técnica - Bloco exposições

Tipo estrutural	Baixo reticular
Pilotis	Seção circular de 0,45m
Vão maior	10,5m
Vão menor	7m
Vão maior (abóbada)	24m
Vão menor (abóbada)	16m



Fig. 4.54 - **Lucio Costa e equipe**: Ministério da Educação e Saúde Pública, 1936-45. Armadura dos pilares, com a indicação do reforço próximo à coluna. [FOTO: MARCOS ALMEIDA, MARÇO 2004]



Fig. 4.55 - **Lucio Costa e equipe**: Ministério da Educação e Saúde Pública, 1936-45. Detalhe da laje na junção dos dois blocos. [FOTO: MARCOS ALMEIDA, MARÇO 2004]



Fig. 4.56 - **Lucio Costa e equipe**: Ministério da Educação e Saúde Pública, 1936-45. Vista a partir do terraço do gabinete do ministro. Junção do peitoril do terraço com o peitoril interno, correspondendo aos armários embutidos. [FOTO: MARCOS ALMEIDA, MARÇO 2004]



Fig. 4.57 - **Lucio Costa e equipe:** Ministério da Educação e Saúde Pública, 1936-45. Detalhe do lado sul, com o balanço maior da laje. Pode-se observar, abaixo das esquadrias, a faixa que corresponde internamente aos armários e a laje propriamente dita no topo dos pilares. [FOTO: MARCOS ALMEIDA, MARÇO 2004]

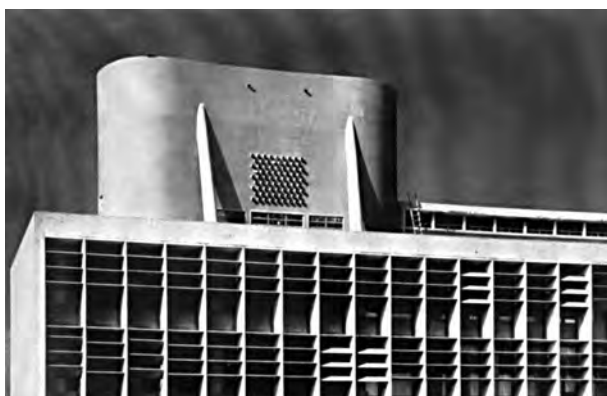


Fig. 4.58 - **Lucio Costa e equipe:** Ministério da Educação e Saúde Pública, 1936-45. As linhas orgânicas da cobertura contrastam com o volume prismático do bloco administrativo. [ARCHITECTURAL FORUM, fev 1943]:43



Fig. 4.59 - **Lucio Costa e equipe:** Ministério da Educação e Saúde Pública, 1936-45. Detalhe do pilar oblíquo que contraventa o volume superior. [FOTO: MARCOS ALMEIDA, MARÇO 2004]

O ático do ministério, que fecha a composição tripartida, é constituído pelo complexo de volumes curvilíneos e retilíneos que acomodam salões para restaurante e suas dependências, caixa d'água e casa de máquinas; sendo estes dois últimos os mais altos. Destaca-se o volume correspondente à casa de máquinas possui pelo lado norte um par de escoras que nada mais são que a extensão dos pilares dos pavimentos tipo, que se inclinam como contrafortes e garantem a estabilidade do volume (figs. 4.58 e 4.59).

Por fim, a habilidade dos brasileiros no trato com o concreto armado possibilitou realizar o melhor não só no campo da arquitetura, mas também da engenharia, tanto do ponto de vista do projeto como do da construção. A vivência prática e o conhecimento teórico dos dezessete anos de profissão permitiam que Baumgart fosse o engenheiro que, junto com a equipe de arquitetos brasileiros, possibilitou a execução prática de um edifício que calculado hoje apresenta todas as condições de resistência e estabilidade satisfeitas⁹². No ministério, se aperfeiçoam as técnicas correntes e se aplica efetivamente o que Corbusier havia riscado no projeto da praia de Santa Luzia, principalmente na questão das soluções de lajes e consolos. Da estrutura reticular em altura ao abobadado, o ministério – juntamente com a ABI – abre caminho para as realizações futuras e influencia diretamente as obras modernas brasileiras no período.

92. VASCONCELOS, 1985, p.30.

Ficha técnica geral	
Local	Rio de Janeiro/RJ
Projeto arquitetônico	Lucio Costa, A. E. Reidy, Carlos Leão, Ernani Vasconcellos, Jorge Machado Moreira e Oscar Niemeyer.
Data projeto	1936
Cálculo estrutural	Emílio Baumgart
Execução	Divisão de Obras do Ministério da Educação e Saúde, sob direção do engenheiro-arquiteto Eduardo Duarte de Souza Aguiar.
Data conclusão	1945

Obra do Berço

“A Obra do Berço distinguia-se por um jogo hábil de volumes simples, uma surpreendente pureza nas proporções de todos os elementos e uma certa leveza – que já renunciavam as qualidades pelas quais Niemeyer iria impor sua profunda originalidade.”
(BRUAND, 1981, p.105)

A Obra do Berço foi o primeiro projeto executado de Oscar Niemeyer. Situado em esquina da então deserta lagoa Rodrigo de Freitas, o prédio abriga uma obra social que funciona como creche diurna para crianças de até dois anos e para dar assistência e orientação médica a mães (durante e após a gestação). A construção se deu em dois blocos, um com dois pavimentos com cobertura ajardinada e outro com quatro que está voltado para a lagoa, cujo último andar consiste em uma grande sala, de múltiplos usos, dividida por partições móveis. Na composição, apenas o bloco mais alto utiliza uma técnica de concreto armado apurada, onde o mais baixo participa apenas com o suporte ao terraço-jardim, acessível apenas a partir do primeiro⁹³.

O primeiro projeto

Publicado em maio de 1937 na “*Revista da Diretoria de Engenharia*” (P.D.F.), o projeto da Obra do Berço tem breve texto assinado por Niemeyer, com observações programáticas, acompanhado das plantas e perspectivas. Nesta época, o primeiro bloco – com apenas o pavimento térreo pronto – já estava sendo utilizado (fig. 4.61).

As plantas publicadas revelam uma situação diversa da que foi executada. O projeto inicial não contemplava os quatro pavimentos executados, além de que a disposição da estrutura (pilares e balanços) do bloco mais alto é modificada. Inadvertidamente, perpeturam-se em todas as publicações posteriores a indicação de um balanço na porção norte, sendo que no projeto executado o par de pilares está praticamente na face da parede, sem nenhum tipo de avançamento da laje.

93. CAVALCANTI (2001, p.248) afirma que neste projeto, Niemeyer emprega “os elementos fundamentais da gramática moderna: estrutura livre, planta livre fachada livre, pilotis e terraço jardim”. Na realidade, esta edificação possui sistema estrutural misto, não utilizando na totalidade o mesmo esquema construtivo, sendo o bloco mais baixo diferenciado em relação ao mais alto.



Fig. 4.60 - Oscar Niemeyer: Obra do Berço, Rio de Janeiro, 1937-42. [PAPADAKI, 1951]:07



Fig. 4.61 - Oscar Niemeyer: Obra do Berço, Rio de Janeiro, 1937-42. Primeiro bloco, com apenas o térreo em maio de 1937. [PDF, maio de 1937]:140



Fig. 4.62 - Oscar Niemeyer: Obra do Berço, Rio de Janeiro, 1937-42. Perspectiva de 1937, com a primeira versão do projeto, notando-se a ausência do par de pilares na face da parede cega, de apenas três pavimentos e os brises alveolares, posteriormente removidos. [PDF, maio de 1937]:140

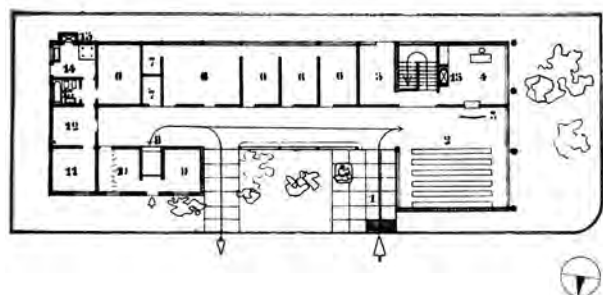
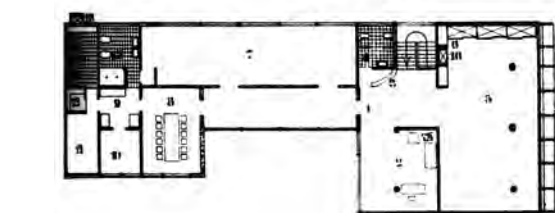
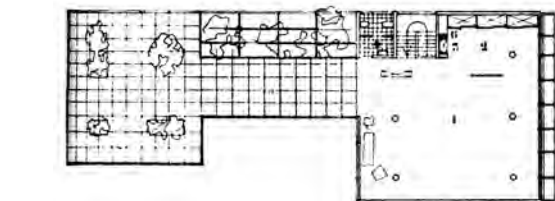
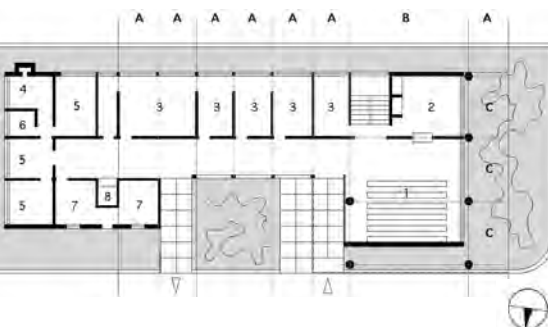
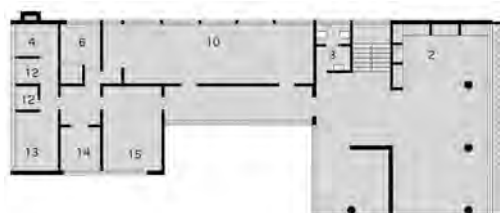
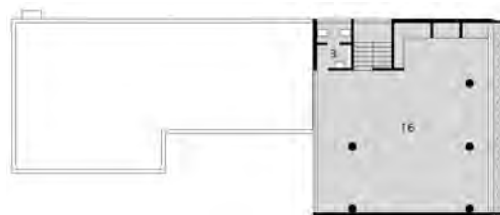


Fig. 4.63 - Oscar Niemeyer: Obra do Berço, Rio de Janeiro, 1937-42. Plantas baixas publicadas em 1937, correspondendo a primeira versão do projeto. [PDF, maio de 1937]:141

Fig. 4.64 - Oscar Niemeyer: Obra do Berço, Rio de Janeiro, 1937-42. Plantas baixas conforme a obra construída. [DESENHO DO AUTOR]



Fig. 4.65 - Oscar Niemeyer: Obra do Berço, Rio de Janeiro, 1937-42. Vista externa do térreo. [GOODWIN, 1943]:86

O projeto construído

“Projeto simples em lote pequeno de esquina, a Obra do Berço se apresenta como prisma puro de quatro andares para a avenida e como arranjo em U para a rua lateral por onde se faz o ingresso, instância prosaica de centro recessivo.”
(COMAS, 2002)

No bloco mais baixo – em formato de L, e que possui o terraço-jardim – não se pode fazer a leitura de uma planta essencialmente livre com pilares independente das vedações, nem existem balanços ou qualquer tipo de avançamento do plano de laje. Quase toda a parede sul é rasgada por aberturas que deixam surgir pilaretes espaçados em um intervalo de 2,5m, alinhados com os quatro apoios tubulares da varanda do térreo, sendo estes os únicos indícios de apoios verticais. Estes suportam uma viga aparente, insinuando um sistema de lajes convencionais.

No bloco mais alto, a estrutura com duas fileiras de oito apoios – cinco aparentes e três ocultos – tem modulação de 4 x 7,5m, com balanços idênticos de 2,5m. O térreo recua envidraçado na altura de uma colunata, revelando somente a linha frontal de 4 apoios verticais, com a outra embutida nas vedações da sala de espera e do fechamento da escada. A partir do segundo pavimento a planta começa a se mostrar efetivamente livre com a colaboração dos balanços em três faces da laje. Na porção sul dos três pavimentos superiores, existe uma faixa rígida que compreende a escada, sanitários e armários em que os pilares novamente se ocultam, deixando aparente apenas cinco dos oito apoios que a própria grelha estrutural sugere. As lajes são nervuradas, configurando um teto liso sem a presença de vigas aparentes.

Niemeyer cria – de maneira surpreendente para os padrões do concreto armado daquele período – um jogo entre os elementos de suporte vertical, onde o pilar cilíndrico tradicional que costumeiramente vai das fundações ao teto se dilui e se alonga, transformando-se em plano extenso e fino, conformando paredes de vedação ora da escada, ora da sala da diretoria. A coluna dos pilotis dá lugar a uma parede de concreto de carga linear no segundo pavimento, ressurgindo nos dois últimos como seção transmissora de carga concentrada.



Fig. 4.66 - Oscar Niemeyer: Obra do Berço, Rio de Janeiro, 1937-42. Plantas baixas do térreo, 1º e 2º pavimentos respectivamente. [MINDLIN, 1999]:166



Fig. 4.67 - Oscar Niemeyer: Obra do Berço, Rio de Janeiro, 1937-42. Fachada leste do bloco de 4 pavimentos. [GOODWIN, 1943]:139



Fig. 4.68 - Oscar Niemeyer: Obra do Berço, Rio de Janeiro, 1937-42. Fachada oeste do bloco de 4 pavimentos. [GOODWIN, 1943]:139



Fig. 4.69 - Oscar Niemeyer: Obra do Berço, Rio de Janeiro, 1937-42. Fachada oeste. [GOODWIN, 1943]:136

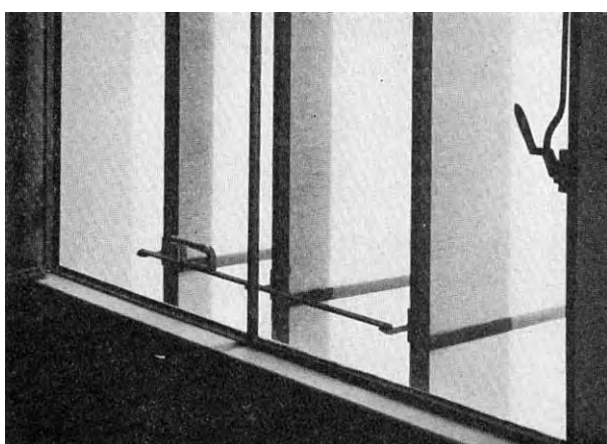


Fig. 4.70 - Oscar Niemeyer: Obra do Berço, Rio de Janeiro, 1937-42. Vista interna. [GOODWIN, 1943]:86

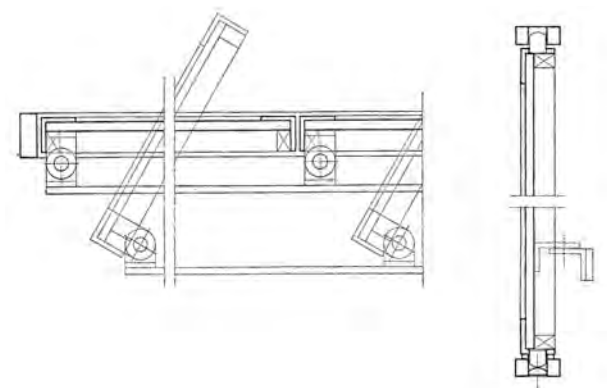


Fig. 4.71 - Oscar Niemeyer: Obra do Berço, Rio de Janeiro, 1937-42. Sistema de operação dos brises. [PAPADAKI, 1951]:09

A proteção solar

“A Obra do Berço manifestava em sua primeira proposta uma solução de brise soleil em grelha como a de Le Corbusier para a “maison locatif” de Argel. A solução definitiva adotou o brise laminaar vertical.” (FROTA, 1997, p.344)

O curioso incidente dos ineficazes brises alveolares da primeira versão – semelhantes aos utilizados no Pavilhão Brasileiro de 1939 – e que, logo após o retorno de Niemeyer dos Estados Unidos foram removidos⁹⁴, deu lugar aos painéis verticais de amianto – como os irmãos Roberto executaram na ABI um ano antes – porém operáveis através de um sistema interno (fig. 4.69) onde as extremidades das lâminas são fixadas na porção em balanço da laje por meio de pinos localizados no eixo do giro de cada uma das placas (figs. 4.70 e 4.71) sendo estas agrupadas três a três por uma barra de articulação.

Sob um aspecto geral da obra, é interessante observar as sutis diferenças entre os dois blocos, que não acontece apenas do arranjo interno ou na volumetria, mas também de uma lógica construtiva absolutamente diversa, ao mesmo tempo proporcional e coerente com os vãos e solicitações de cada um. Com um sistema que vai do portante ao independente, da laje convencional com gola aparente ao sistema nervurado, do diálogo entre as diferentes seções de colunas mutantes ou da discrição da conexão entre cada um destes sistemas, sem deixar de existir uma articulação e iconografia comum aos dois.

94. Niemeyer pagou do próprio bolso a remoção da “colméia” fixa (que foi mal executada) e a substituição pelo novo sistema de proteção solar. [CAVALCANTI, 2001]:250

Ficha técnica	
Local	Rio de Janeiro/RJ
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer
Data projeto	1937
Cálculo estrutural	Emílio Baumgart
Execução	Cavalcanti e Machado
Data execução	1942
Tipo estrutural	Reticular Baixo
Pilotis	Seção circular
Vão maior	7,5m
Vão menor	4m
Balanço	2,5m

Aeroporto Santos Dumont

“O terminal de passageiros do aeroporto Santos Dumont é uma das mais importantes expressões de maturidade dos anos iniciais da arquitetura moderna brasileira.” (PEREIRA, 1999, p.06)

A trajetória arquitetônica do Aeroporto Santos Dumont remonta a 1936, quando o então Departamento de Aeronáutica abriu dois concursos, um destinado à escolha do projeto da Estação Central, saindo vencedores os irmãos Roberto, e outro para a Estação de Passageiros de Hidroaviões, que foi entregue a Atílio Correia Lima.

Após a conclusão das fundações em 1938, a obra só foi concluída em 1944, a partir duma versão notavelmente simplificada da concepção original dos Roberto, que incorpora idéias do projeto de Correa Lima e sua equipe.

Na época em que entrou em plena operação, em 1947, a Estação Central do Aeroporto Santos Dumont possuía as características que o tornaram famoso: um grande hall longitudinal, dispondo— de um lado os balcões das companhias e os acessos à pista—, e de outro, entrada, saída, sanitários e demais serviços. Compõe ainda o projeto do Santos Dumont um grande painel de vidro sem incidência solar direta que transmite aos usuários todos os movimentos da pista, conjugados à paisagem da Baía de Guanabara.

O aeroporto ainda funciona, porém apenas em vôos de pequenas aeronaves. Uma reforma nos anos 70 descaracterizou a sua arquitetura, sobretudo no que toca o tratamento de suas fachadas. Em 1998 foi severamente danificado por um incêndio⁹⁵, o que acabou prejudicando ainda mais seu aspecto original.

O projeto da estrutura de concreto armado teve a autoria do engenheiro brasileiro Glebe Zaharov, cerca de 1938. O projeto e execução das fundações em estacas de concreto armado ficaram a cargo da firma Estacas Franki Ltda, filial da empresa belga no Brasil. Constituída por



Fig. 4.72 - **Marcelo e Milton Roberto:** Aeroporto Santos Dumont, Rio de Janeiro, 1937-44. Fachada urbana. [MINDLIN, 2000]:249



Fig. 4.73 - **Marcelo e Milton Roberto:** Aeroporto Santos Dumont, Rio de Janeiro, 1937-44. Fachada voltada para a baía e a ordem colossal da colunata. [CAVALCANTI, 2000]:210



Fig. 4.74 - **Marcelo e Milton Roberto:** Aeroporto Santos Dumont, Rio de Janeiro, 1937-44. Vestíbulo com o vão livre de 20m. [MINDLIN, 2000]:249

95. Ver: Eduardo M. Battista, Ronaldo C. Battista, et al. “Reabilitação estrutural do prédio do aeroporto Santos Dumont após danos causados por incêndio.” *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*. Maio, 2001: 51-60. [Disponível em <<http://civil.uprm.edu/RevistaDesastres/Vol1Num1/6Battista.pdf>> Acesso em 23 jun. 2003]

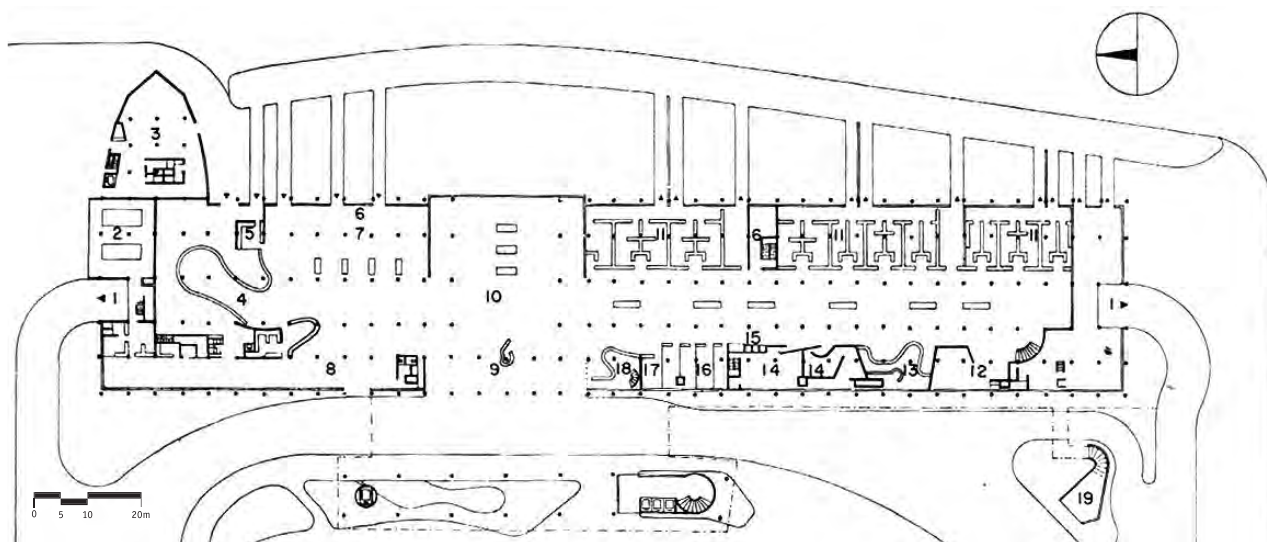


Fig. 4.75 - **Marcelo e Milton Roberto**: Aeroporto Santos Dumont, Rio de Janeiro, 1937-44. Planta do térreo. [MINDLIN, 2000]:249

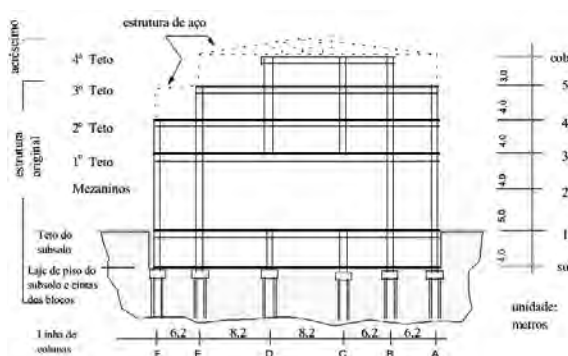


Fig. 4.76 - **Marcelo e Milton Roberto**: Aeroporto Santos Dumont, Rio de Janeiro, 1937-44. [BATTISTA, 2001]:52



Fig. 4.78 - **Marcelo e Milton Roberto**: Aeroporto Santos Dumont, Rio de Janeiro, 1937-44. Aspecto da estrutura após o incêndio. [BATTISTA, 2001]

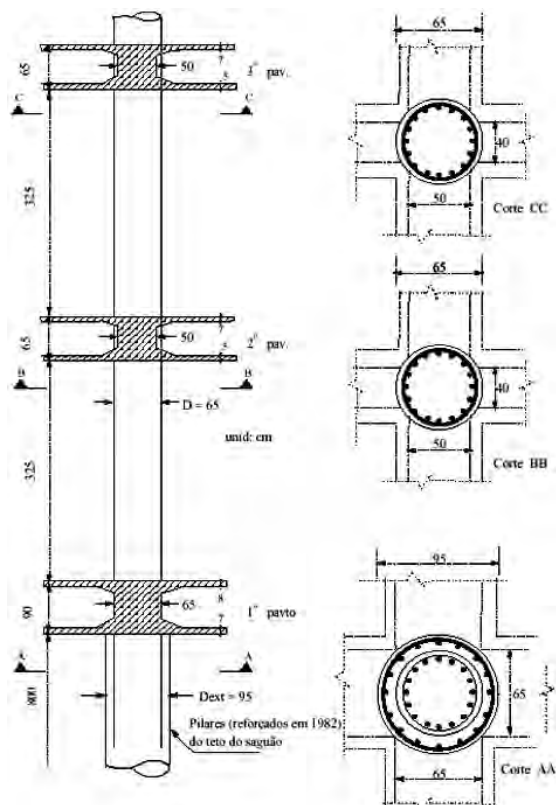


Fig. 4.77 - **Marcelo e Milton Roberto**: Aeroporto Santos Dumont, Rio de Janeiro, 1937-44. Representação da seção dos pilares e da altura das lajes [BATTISTA, 2001]:53

quatro tetos estruturais (o primeiro sendo o teto do subsolo, no nível térreo), mezaninos, laje de piso do subsolo e cintas dos blocos de coroamento das estacas das fundações. A dimensão em planta do edifício é de 35 x 195m, sendo formado por sete setores independentes, separados por juntas transversais de dilatação térmica. Cada um desses sete setores é assim constituído por uma estrutura tridimensional formada por diversos tetos de lajes em grelhas sobre pilares de seção circular. Estes pilares e vigas principais (nas direções transversal e longitudinal do edifício), se interceptando nos eixos desses pilares, formam quadros hiperestáticos⁹⁶ nas duas direções, conferindo a cada setor estrutural uma adequada rigidez lateral.

Na área projetada do saguão principal, o setor estrutural é esbelto e arrojado para a época da sua construção, já que os vãos livres da laje em grelha alcançam 28,80 x 20m, respectivamente nas direções transversal e longitudinal do prédio, onde suprimem-se duas linhas de 4 pilares criando o grande pano de laje totalmente livre de apoios. Esta laje em grelha tem uma borda livre e os pilares com seção transversal circular originalmente com diâmetro de 0,65m alcançam nesta área 8m de altura. Esta mesma altura livre é também alcançada pelos pilares de idêntica seção circular, onde não existem mezaninos de concreto armado no pavimento térreo.

Com exceção do setor do saguão principal, todos os demais setores têm a mesma modulação com vãos livres entre pilares iguais a 5m na direção longitudinal do prédio e vãos livres de 6,20m e 8,20m, na direção transversal. Com exceção do teto do subsolo, estruturado em laje cogumelo com vigas chatas, as estruturas dos demais tetos são em grelha com laje dupla e misuladas numa configuração celular. Da grelha de concreto do primeiro teto (fig. 4.81) na área do saguão principal nascem pilares de apoio dos tetos superiores, na mesma modulação dos demais setores. Estes pilares de seção transversal quadrada (25 x 25cm) e retangular (15 x 60cm), têm a função de repartir as cargas – de peso próprio e sobrecargas permanentes e acidentais – oriundas dos 2º e 3º tetos, pelas diversas vigas e pilares principais do 1º teto estrutural.

96. Estruturas hiperestáticas são aquelas submetidas à esforços cujo cálculo não pode ser efetuado por meio das leis da estática; o número de vínculos é maior que o número necessário e a estrutura não apresenta movimento mesmo retirando-se algum vínculo. [Disponível em <<http://www.vitruvius.com.br/entrevista/walker/07.asp>> Acesso em 02 nov. 2003]



Fig. 4.79 - Marcelo e Milton Roberto: Aeroporto Santos Dumont, Rio de Janeiro, 1937-44. Vista da montagem das formas do corpo principal. [VESPUCCI, 1996]



Fig. 4.80 - Marcelo e Milton Roberto: Aeroporto Santos Dumont, Rio de Janeiro, 1937-44. [VESPUCCI, 1996]



Fig. 4.81 - Marcelo e Milton Roberto: Aeroporto Santos Dumont, Rio de Janeiro, 1937-44. Armação das formas da grelha estrutural. [VESPUCCI, 1996]

“Na fachada para a pista, a colunata colossal ganha três pisos e 12 metros de altura, com proporção de ordem composta comparada à imagem do acesso. A idéia do aeroporto como pórtico da cidade se materializa vigorosamente em todos os sentidos.” (COMAS, 2002)



Fig. 4.82 - **Marcelo e Milton Roberto:** Aeroporto Santos Dumont, Rio de Janeiro, 1937-44. [MINDLIN, 2000]:248

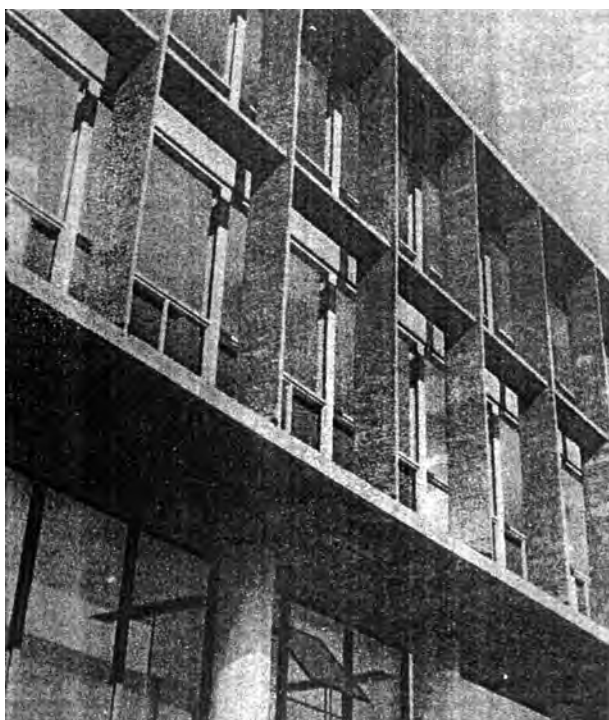


Fig. 4.83 - **Marcelo e Milton Roberto:** Aeroporto Santos Dumont, Rio de Janeiro, 1937-44. Detalhe da grelha em concreto armado. []:

A fachada para pista é composta por 26 colunas, interrompidas diante do pórtico envidraçado do vestíbulo, que corresponde à omissão de cinco colunas, oferecendo uma ampla vista panorâmica da pista com o pano de fundo da baía da Guanabara. Toda a planta do aeroporto é organizada por uma grelha ortogonal, com 38 intercolúnios no sentido longitudinal e cinco intercolúnios no sentido transversal. Nota-se que o papel do sistema colunar como definidor de planos e seqüências espaciais é realçado, tanto pela ordem colossal como no pórtico da Universidade do Brasil de Lucio Costa, onde a estrutura é expressão formal da arquitetura, tanto pela sua proporção da altura das colunas, largura de vãos ou quanto pela repetição e disposição de cada um destes elementos.

O Santos Dumont foi o primeiro aeroporto civil construído no país. Emblemático da modernidade da época, esta obra dos Irmãos Roberto é caracterizada pela afirmação de um caráter local de nossa arquitetura, onde sua sinuosa estrutura é evidência não só do rápido avanço técnico do concreto armado, mas também da consciência de que a estrutura faz parte dessa consolidação.

Ficha técnica	
Local	Rio de Janeiro/RJ
Projeto arquitetônico	Marcelo e Milton Roberto
Data projeto	1937
Cálculo estrutural	Glabe Zaharov
Execução	César Grilo
Data execução	1938 a 1944
Tipo estrutural	Reticular Baixo
Pilotis	Seção circular
Vão maior	28,80m
Vão menor	4m

Edifício Valparaíso (Liga Brasileira Contra a Tuberculose)

“A estrutura é modulada, e a localização dos pilares – afastados em relação à fachada principal – cria um jogo interessante de cheios e vazios, em composição com as varandas.” (XAVIER, 1991, p.45)

Com frentes para a avenida Almirante Barroso, rua México e travessa Heitor de Melo, o edifício da Valparaíso, mais conhecido como Edifício da Liga Brasileira Contra a Tuberculose (fig. 4.84), projetado pelos Marcelo e Milton Roberto em 1937 foi construído entre 1941 e 1944. Tem quinze andares tipo e superestrutura recuada, lote retangular de três testadas, onde a testada principal se alia ao vestíbulo aberto, entre a loja de esquina e a portaria fechada que resguarda o núcleo de elevadores. A base é porosa e recessiva. Nas outras testadas, marquises prolongam o balanço e protegem as vitrinas de lojas e sobrelojas no alinhamento, agora à frente das colunatas periféricas. O poço de ventilação na divisa arma o partido em U.

No térreo, a galeria pública é transformada em pórtico de entrada⁹⁷. Desde a galeria, o acesso é livre ao vestíbulo, limitado por parede sinuosa similar à da ABI. A continuidade do espaço sem porta se estende à portaria, aos elevadores contra a divisa e ao bloco de escada e serviços centralizados. Marquises nas outras fachadas protegem o passeio. As faixas de andares se sucedem indiferenciadas. A fachada norte para a Almirante Barroso se distingue pelo recuo do plano de esquadrias em relação ao perímetro do edifício. A galeria de dispersão de calor é aberta, traspasada por duas colunas, as esquadrias serrilhadas em planta. O acento vertical se repete em primeiro plano nas placas opacas da rua México, arredondada junto à esquina da Almirante Barroso e reta do lado oposto.

Nas outras fachadas, montantes de concreto sobre as bordas das lajes definem com estas uma trama onde se engastam as esquadrias compostas de módulos de 2 metros de largura e divididas em três partes, peitoril opaco, janela de correr e bandeira de venezianas.



Fig. 4.84 - Marcelo e Milton Roberto: Edifício Valparaíso, Rio de Janeiro, 1937-44. Fachada. [XAVIER, 1991]:45

97. Na galeria coberta a seção dos pilares é ampliada e transformada em seção quadrada, conforme podemos observar na fig. 4.84. A única planta publicada (fig. 4.85) mostra todos os pilares com seção circular.

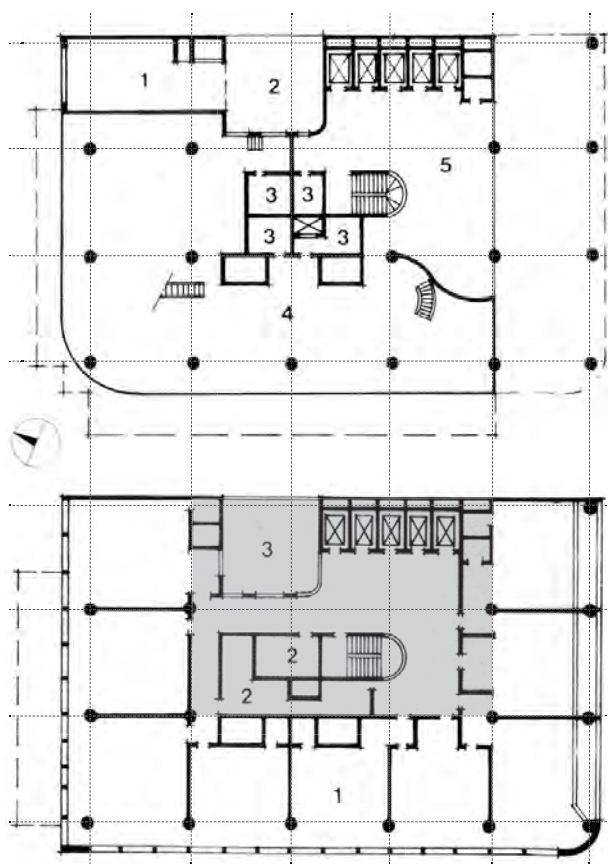


Fig. 4.85 - Marcelo e Milton Roberto: Edifício Valparaíso, Rio de Janeiro, 1937-44. Planta do térreo (cima) e do pavimento tipo com a indicação do núcleo livre de pilares. [XAVIER, 1991]:45

A estrutura reticular determina uma malha quadrada de 8 x 8m, com pilares presentes ao longo do U perimetral. O miolo da planta, com o bloco de escada e serviços – além conjunto de 5 elevadores – é elemento enrijecedor do edifício, o que acaba por liberar esta porção da presença de pilares convencionais⁹⁸. Dessa forma, no pavimento tipo, se tem a leitura de vãos que poderiam alcançar até 24m (fig. 4.85), justamente ao longo do corredor que se localiza em frente aos elevadores. Os balanços ocorrem em três fachadas, sendo que o avanço da fachada sul é mínimo, apenas liberando o peitoril dos balcões. Nas outras duas, a projeção de laje em relação à prumada dos pilares está dentro da faixa de 1/3 do vão, com 2,6m no ponto máximo.

“A extroversão do mecanismo da planta livre ganha o próprio corpo do edifício, associada a um gosto de textura mais que de imaterialidade. O arredondamento entre as fachadas adjacentes distintas insinua intento de unificação e reiteração da dualidade, enquanto a placa reta separa as fachadas homólogas segundo a hierarquia das ruas que defrontam, repetindo solução da ABI.” (COMAS, 2002)

Com vãos quase dois metros a mais que os da ABI – e muito semelhantes ao maior vão do corpo principal do Ministério – o Valparaíso é o primeiro de uma prole de edifícios institucionais – seguido do Instituto dos Industriários em 1938 e a do Instituto de Resseguros do Brasil em 1941, todos no centro do Rio – que tem em comum o lote de esquina e a elevação tripartida: corpo principal e coroamento diferenciados sobre base que inclui galerias e/ou vestíbulos abertos com colunas isentas de dupla altura e ordem colossal frente à loja e sobreloja.

98. Desde o projeto da ABI, as obras dos Roberto lançam mão de elementos que compensam a ausência de pilares ou colunas, de maneira que a estrutura é formada por uma série de elementos verticais embutidos ou completamente construídos em concreto armado.

Ficha técnica	
Local	Rio de Janeiro
Projeto arquitetônico	Marcelo e Milton Roberto
Data projeto	1937
Execução	Divisão de Eng. do IAPI
Data execução	1941 a 1944
Tipo estrutural	Alto reticular
Pilotis	Seção circular/quadrada
Vão	8m
Balanço	2,3m

Edifício Plínio Catanhede (Instituto dos Industriários)

Com frentes para as avenidas Graça Aranha e Almirante Barroso, um dos eixos transversais do centro, a sede do Instituto de Industriários (fig. 4.86), construído de 1938 a 1940, tem originalmente térreo e sobreloja, nove andares-tipo e três em recuo, que se tornaram andares tipo após 1945. Conforme COMAS (2002) *“a estrutura delimita o edifício: não há base recuada e corpo em balanço.”* Suportes e bordas de lajes formam uma trama xadrez que se encurva seguindo uma superfície cilíndrica em concreto, de raio generoso na esquina.

Pelo lado da Almirante Barroso os pilares do térreo coplanares à fachada são diferenciados: possuem seção retangular de 1,05 x 1,2m com arestas em negativo, formando cinco nave com vãos de 6,65m. O restante dos apoios tem seção circular de 0,86m de diâmetro, estabelecendo pelo lado da Graça Aranha 3 nave com vãos de 7m e uma marquise balançada 4,5m sobre o passeio. No corpo principal o tramado duplo é desenhado verticalmente pelas caneluras dos pilares e horizontalmente pelos suportes e peitoris que recuam em relação às bordas das lajes. A trama em primeiro plano é integrada pelas faces de laje, os pilares do térreo, caneluras dos suportes superiores e guarnições horizontais; a trama de fundo se compõem com os peitoris e os suportes superiores. As galerias com esquadrias recuadas se protegem por placas verticais na Almirante Barroso, a noroeste, e ficam à vista na Graça Aranha, a nordeste. Excepcionalmente, as galerias correspondendo à metade da curva junto à Almirante Barroso se fecham com painéis opacos, fazendo uma mediação vertical entre os tratamentos horizontalizados de diferente profundidade e textura.

A dupla altura do segundo andar adiciona complexidade, como a superestrutura recuada similar à da ABI. Abaixo, a vedação disposta entre pilares libera a primeira nave longitudinal para constituir a galeria pública prevista por lei.

Tecnicamente, podemos destacar que este edifício foi um dos primeiros no Brasil a utilizar nas suas lajes o então chamado *“Spugnocimento”* uma técnica de produção de superfícies que empregava blocos de um material leve para compor os espa-



Fig. 4.86 - **Marcelo e Milton Roberto**: Edifício Plínio Catanhede, Rio de Janeiro, 1938-40. Tratamento das fachadas composta com lajes e pilares formando um desenho xadrez. [GUIA DA ARQUITETURA MODERNA NO RIO DE JANEIRO, 2000]:33

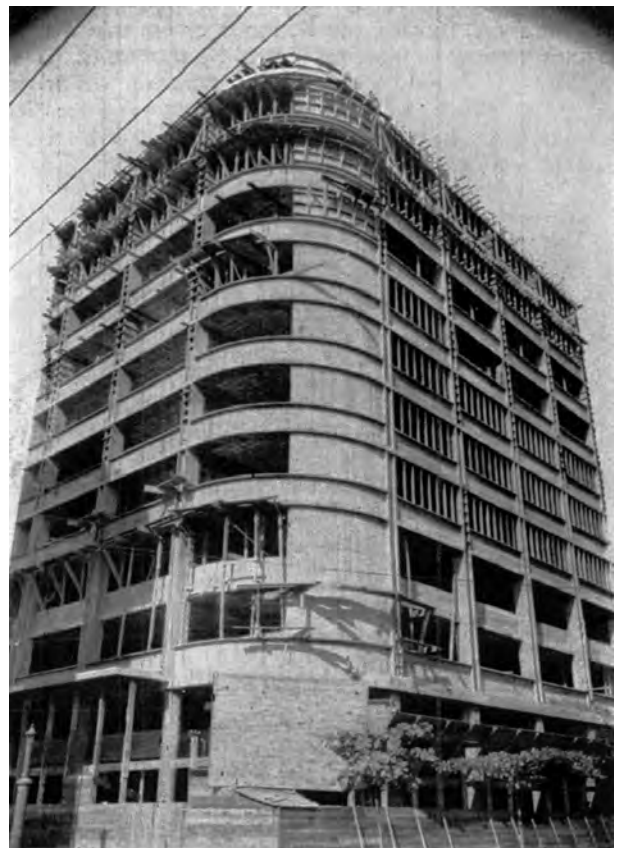


Fig. 4.87 - **Marcelo e Milton Roberto**: Edifício Plínio Catanhede, Rio de Janeiro, 1938-40. Nas lajes houve a aplicação do *“Spugnocimento”* com 20cm de espessura, em todos os pavimentos. [PDF, março de 1941]:

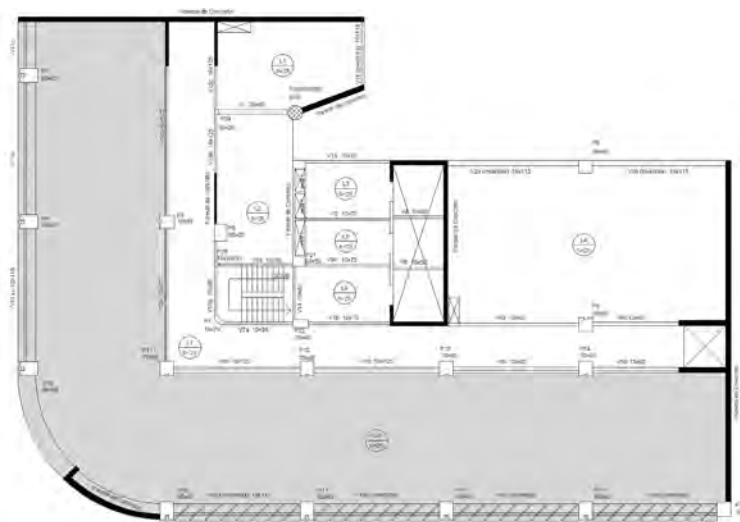


Fig. 4.88 - **Marcelo e Milton Roberto**: Edifício Plínio Catanhede, Rio de Janeiro, 1938-40. Esquema estrutural do pavimento tipo, com a indicação das paredes em concreto armado (em preto) e a laje em L com quase 340m² (em cinza). [CEDIDO PELA JFRJ]

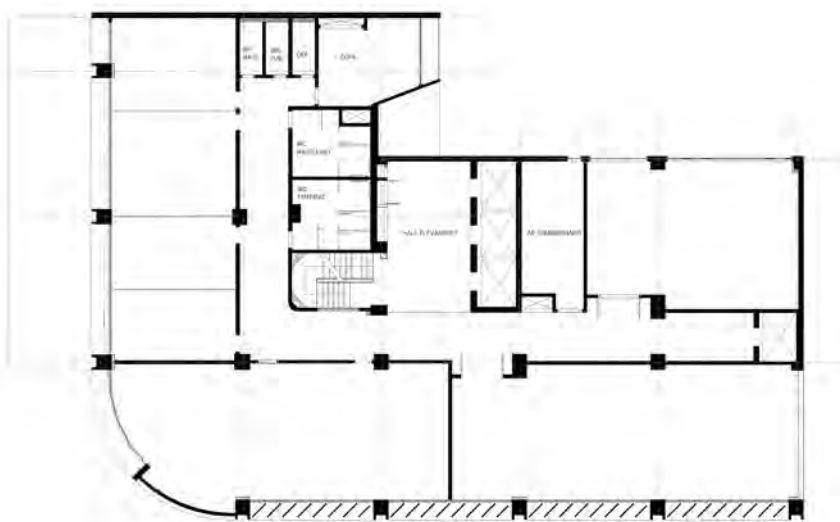


Fig. 4.89 - **Marcelo e Milton Roberto**: Edifício Plínio Catanhede, Rio de Janeiro, 1938-40. Planta baixa do pavimento tipo. [CEDIDO PELA JFRJ]

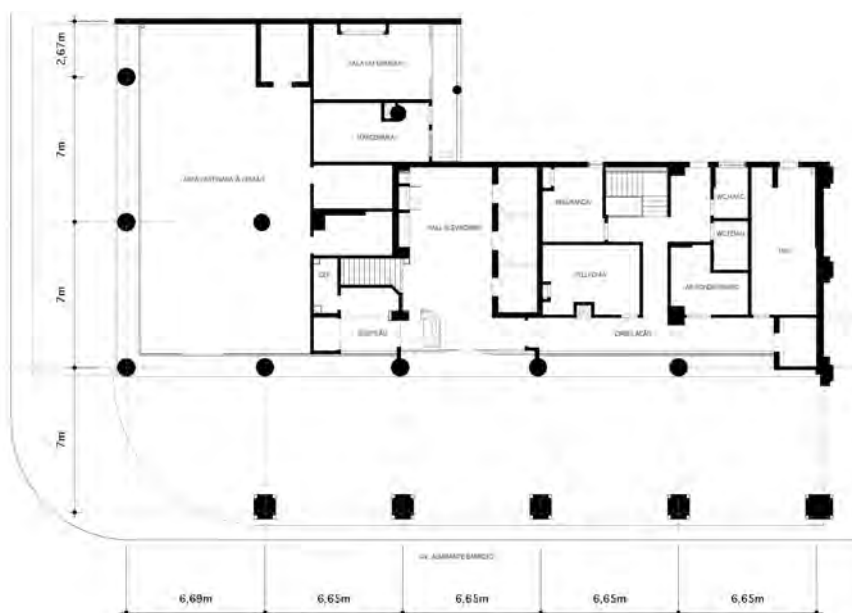


Fig. 4.90 - **Marcelo e Milton Roberto**: Edifício Plínio Catanhede, Rio de Janeiro, 1938-40. Planta baixa do térreo. [CEDIDO PELA JFRJ]

ços entre armaduras onde anteriormente eram utilizadas peças cerâmicas para deixar a laje mais leve, com a adoção da técnica as placas teriam peso próprio menor (cerca de 20%) e com um aumento significativo do isolamento acústico e térmico (nas lajes de cobertura).

Os pilotis possuem altura de 7m, medida que é rebatida para o pavimento duplo acima. A primeira laje não é totalmente plana, pois existem duas vigas horizontais que ampliam a seção próxima aos pilares em 35cm, reforçando a estrutura que recebe os carregamentos do andar de pé-direito duplo.

Os andares superiores possuem altura de 3,3m, com reforço das lajes através de uma viga invertida próxima à fachada. Como em uma adaptação da idéia de Baumgart para o MESP, elas ficam embutidas nos armários localizados abaixo dos peitoris e acima do nível do piso, mimetizadas pela diferença entre o exterior e interior.

Como na ABI, Marcelo e Milton Roberto lançam mão das paredes em concreto armado nas divisas e no corpo enrijecedor equivalente aos elevadores. As sapatas de fundação possuem base retangular, medindo 2 x 3,1m e altura de 2,1m. Como indica a memória de cálculo datada de 1939⁹⁹, as lajes nervuradas de 25cm de espessura são armadas em um só sentido, formando no pavimento tipo um plano em L que totaliza quase 340m² destinado aos escritórios.

99. O memorial de cálculo utiliza como base o *Regulamento Para Construções em Concreto Armado da Prefeitura do Distrito Federal*, já que em 1939 ainda não existiam no país normas específicas para o cálculo do concreto armado. [As plantas e cortes aqui publicados e o memorial de cálculo foram cedidos para a pesquisa pela **Justiça Federal do Rio de Janeiro**, atual proprietária do edifício].

Ficha técnica	
Local	Rio de Janeiro/RJ
Projeto arquitetônico	Marcelo e Milton Roberto
Data projeto	1938
Cálculo estrutural	Companhia Construtora Nacional
Execução	Divisão de Engenharia do IAPI
Data execução	1940
Tipo estrutural	Alto reticular
Pilotis	Seção retangular e circular
Vão maior	7m
Vão menor	6,65m
Balanço	4,5m (marquise da Av. Graça Aranha)

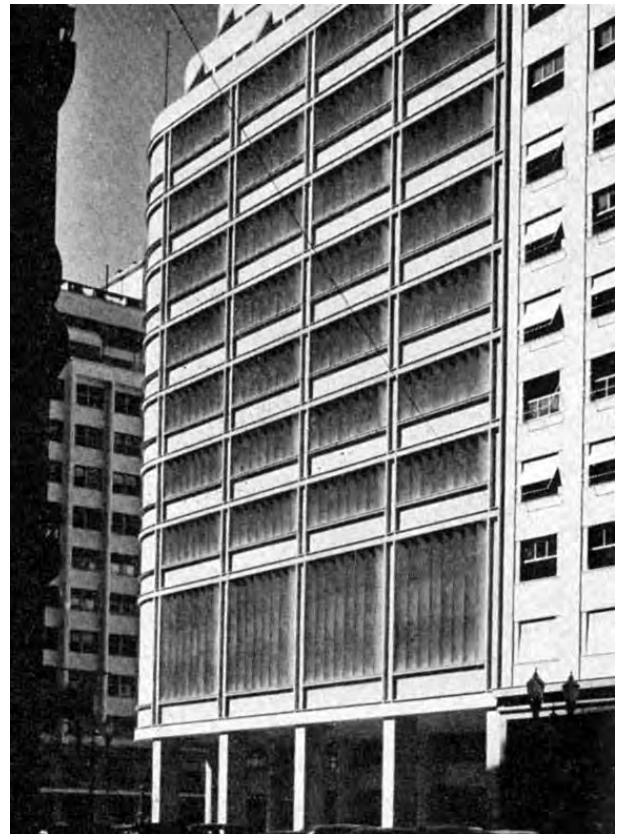


Fig. 4.91 - Marcelo e Milton Roberto: Edifício Plínio Catanhede, Rio de Janeiro, 1938-40. Fachada da Av. Almirante Barroso. [GOODWIN]:116



Fig. 4.92 - Detalhe da aplicação do "Spugnocimento" em lajes nervuradas. [PDF, março de 1941]:59

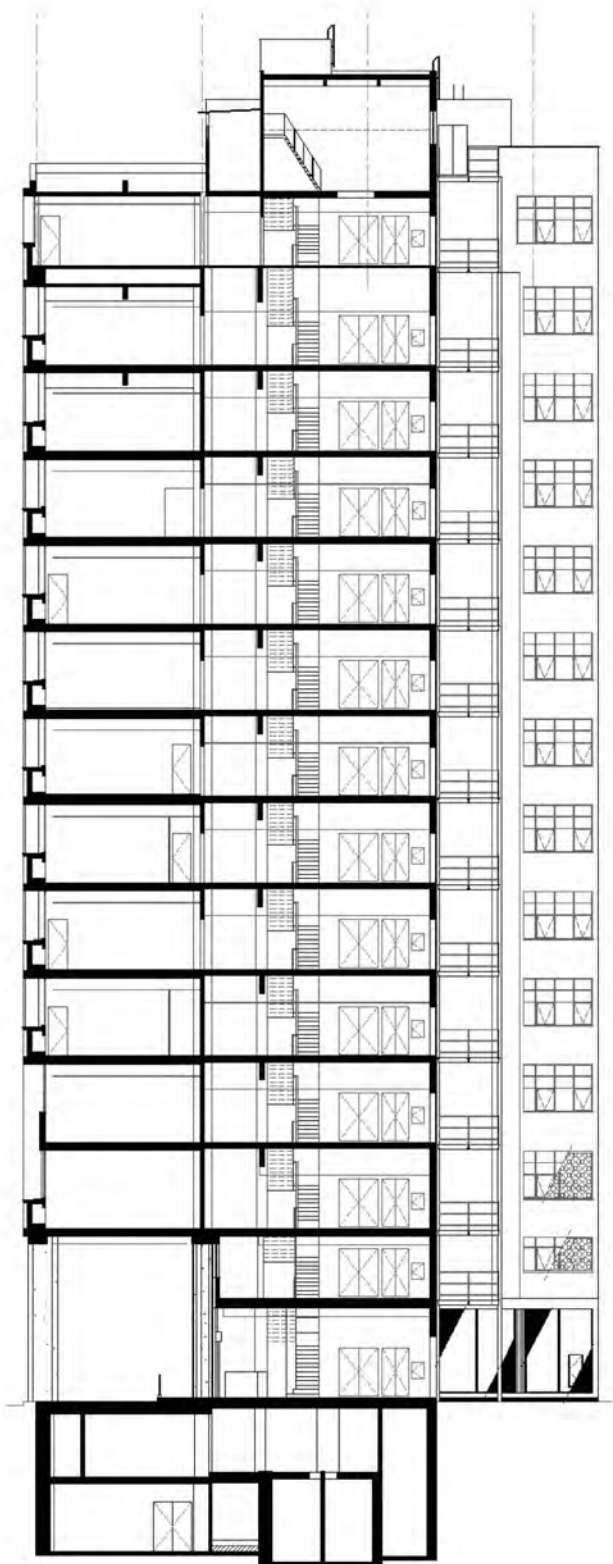


Fig. 4.93 - **Marcelo e Milton Roberto**: Edifício Plínio Catanhede, Rio de Janeiro, 1938-40. Corte transversal. [CEDIDO PELA JFRJ]

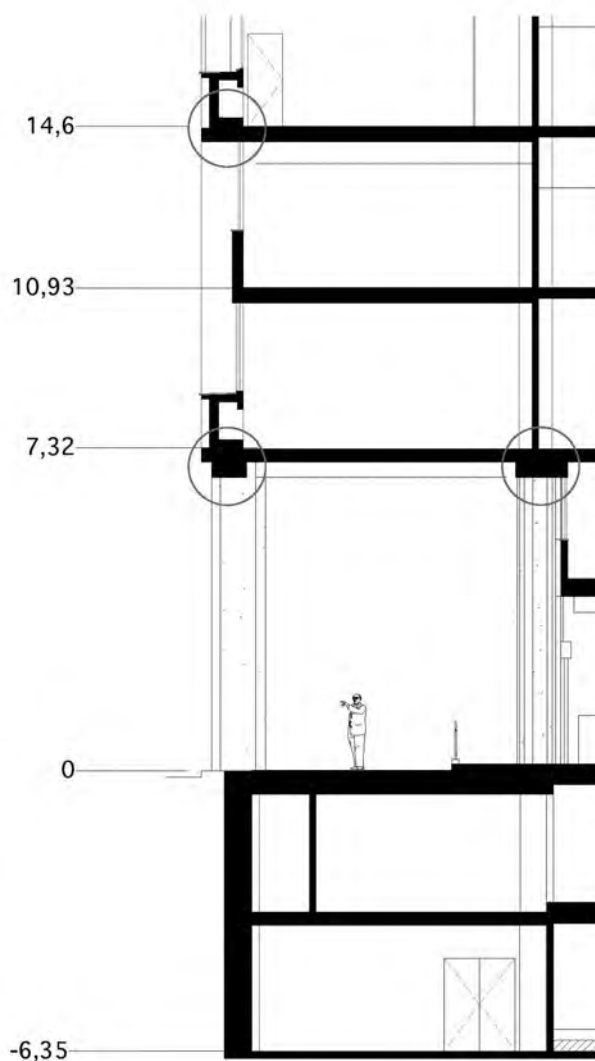


Fig. 4.94 - Detalhe do corte transversal, com as altura parciais e indicação das vigas horizontais de reforço das lajes.

Grande Hotel de Ouro Preto

Projeto de Oscar Niemeyer firmado em 1939 e cuja construção se inicia em julho de 1940. A solução moderna (fig. 4.95) é uma barra de estrutura independente com três fileiras de pilares longitudinais – afastadas por vãos de 5 e 6m – e vinte transversais – com vãos regulares de 3,6m – laje do segundo piso em balanço de 2,3m e projeção retangular. A solução final reúne elementos dos estudos anteriores e uma novidade que COMAS (2002) classifica como fundamental – o telhado colonial de uma água caindo para a rua, equacionado sem tesouras ou estrutura treliçada de madeira, literalmente apoiada em vigas de concreto coroando as paredes divisórias dos quartos.

“O azul e o marrom das portas e dos marcos das janelas que contrastam com o fundo claro das paredes, reencontraram uma função semelhante ao subliminar, de um lado a linha horizontal dos balcões e, do outro, a ossatura independente dos pilares totalmente expostos” (BRUAND, 1981, p. 107-8)

Os pilares, originalmente pintados de marrom¹⁰⁰ e que possuem seção quadrada com 35cm de lado, remetem aos apoios de madeira da construção colonial. Estes dominam o campo de visão e introduzem efeito de verticalidade contrário à tração horizontal aportada pelo patamar da rampa e pela cozinha – cujos vidros se protegem com treliças pivotantes. O isolamento dos pilares centrais envolve a definição de corredor virtual ligando recepção à restaurante, feita pelo pano de vidro no bordo da laje e pela segunda fileira de apoios. É com esta que o painel de elementos vazados abaixo se alinha, sem encostar nos volumes laterais da cozinha e da sala de jogos. No terraço do restaurante a fileira de pilares continua definindo um mirante ao longo do peitoril e uma galeria para mesas junto ao pano de vidro, mas se refina a inserção da escada entre pilar e o balanço lateral de laje. A laje das sacadas dos apartamentos cobre em balanço o terraço do restaurante e a rampa. Nas fachadas menores a laje não avança em relação à prumada dos apoios, ficando estes embutidos na parede que vai até o chão e veda o pano cego de bordas recortadas.



Fig. 4.95 - Oscar Niemeyer: Grande Hotel, Ouro Preto, 1939-40. Fachada principal. [COMAS, 2002]

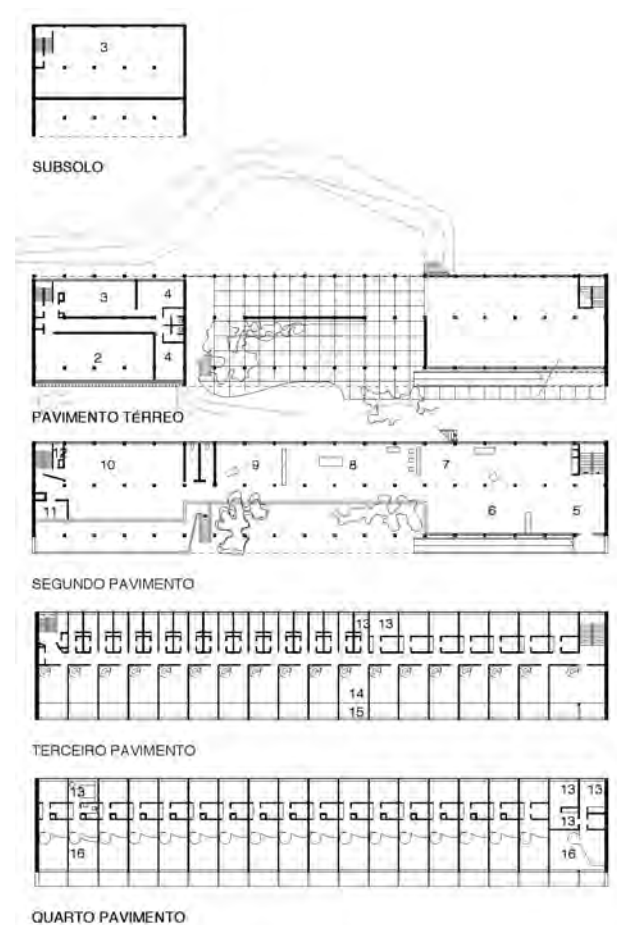


Fig. 4.96 - Oscar Niemeyer: Grande Hotel, Ouro Preto/MG, 1939-40. Plantas baixas. [COMAS, 2002]

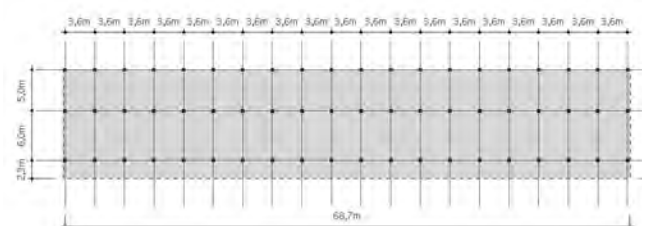


Fig. 4.97 - Oscar Niemeyer: Grande Hotel, Ouro Preto/MG, 1939-40. Dimensionamento da disposição de apoios e balanços. [DESENHO DO AUTOR]

100. A cor marrom original dos pilares foi perdida quando da pintura do hotel no final da década de 70. [BRUAND, 1981]: 108



Fig. 4.98 - **Oscar Niemeyer**: Grande Hotel, Ouro Preto/MG, 1939-40. Desenho da fachada principal. [COMAS, 2002]



Fig. 4.99 - **Oscar Niemeyer**: Grande Hotel, Ouro Preto/MG, 1939-40. Hotel em construção. [GOODWIN, 1943]: 133

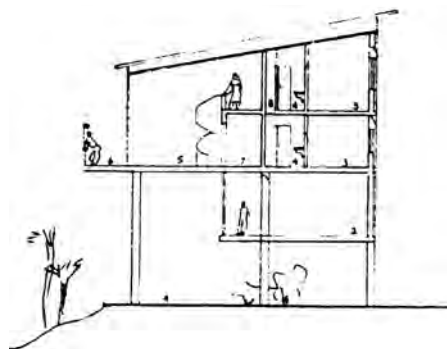


Fig. 4.100 - **Oscar Niemeyer**: Grande Hotel, Ouro Preto/MG, 1939-40. Corte transversal. [COMAS, 2002]



Fig. 4.101 - **Oscar Niemeyer**: Grande Hotel, Ouro Preto/MG, 1939-40. Hotel em construção. [COMAS, 2002]

O bloco superior é um entablamento marcadamente horizontal. Em primeiro plano, a vista da rua mostra uma grelha definida pelo topo da laje dos quartos, os topos das paredes divisórias das sacadas e verga de madeira, enquadrando a silhueta em L do painel treliçado (fig. 4.98). Atrás aparecem os pilares e a verga do telhado, emoldurando o painel superior de venezianas fixas acima das portas de correr entre a sala e a sacada. O envidraçamento fica reduzido ou velado e as paredes divisórias entre quartos permanecem inscritas nos intercolúnios transversais, não se enfatizando a independência da estrutura (fig. 4.99).

O corte transversal da fig. 4.100, que passa pelo centro do edifício, mostra o jogo entre os planos de piso e a posição de suas bordas em relação aos pilares: no térreo, a primeira linha de pilares assume dupla altura e sobe oculta até o teto, volta a ter altura simples na linha central pela laje do segundo pavimento e sustenta coplanarmente na terceira linha a parede da fachada posterior.

A linha central de pilares sustenta o balanço do espaço de leitura e sala de exposição no segundo pavimento, encontrando a parede que divide os quartos do corredor do terceiro, também escondida pela vedação. Neste pavimento a borda a laje ainda encontra, sem consolo, a face interna dos pilares da primeira linha no espaço equivalente ao salão e recepção, além de avançar em balanço na varanda do restaurante, configurando assim o pavimento com maior riqueza no jogo entre alinhamentos de pilares e lajes.

As plantas publicadas não mostram pilares no terceiro e quarto pavimentos, o que leva a crer que sua seção foi alterada para ficarem embutidos nas paredes de vedação.

Ficha técnica	
Local	Ouro Preto/MG
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer
Data projeto	1939
Cálculo estrutural	Albino Santos Froufe
Execução	-
Data execução	1940
Tipo estrutural	Baixo Reticular
Pilotis	Quadrados
Vão maior	6m
Vão menor	3,2m
Balanço	2,3m

Cassino da Pampulha

Projeto de 1940 e que teve suas obras concluídas em 1942 onde Niemeyer implanta a edificação no alto e na ponta do promontório (fig. 4.102). A situação é de um mirante 8m acima do nível da água, com vistas em 360° e visibilidade máxima desde o entorno, ocupando uma projeção horizontal de 1120 m². O partido adotado é uma composição aditiva estruturada em concreto armado, cujos elementos correspondem aos grandes setores funcionais do edifício.

Segundo COMAS (2002), “a caixa é o elemento mais complexo do conjunto”, com 787 m² de projeção horizontal. A laje de cobertura se eleva a 8m da soleira. Estrutura reticular define quatro nave longitudinais com 4,9m de vão livre e seis nave transversais com 6m. Os balanços nas bordas do volume são de 0,9m. A nave da caixa mais a oeste se reserva para a recepção de altura integral e para a espinha de circulação e apoio em três níveis. A caixa se reproporciona por dentro, com a recepção aquadrada na ponta norte se colando à área aquadrada de cassino propriamente dito, de 630m² de projeção. As peças estruturais verticais são em sua totalidade de seção circular de dimensões idênticas para todos os vãos. Na fachada de acesso (figs. 4.103 e 4.104) quatro colunas possuem dupla altura – com seus topos protegidos pelo avanço da laje, como no bloco baixo do ministério – e três com altura simples suportando a parede cega em balanço.

“Niemeyer elimina paredes, internaliza, amplia, interpola colunas, evidencia a planta livre e materializa um cenário rigorosamente faiscante para os rituais do desperdício mundano. As colunas se revestem de metal prata e cintilam.”
(COMAS, 2002)

O vestíbulo é uma sala de 6,60m de altura ocupando o quarto nordeste-noroeste adjacente à recepção de mesma altura. Tem dois vãos de largura, três de comprimento e a marquise inscrita no vão intermediário. As mesas de jogo se dispõem acima e abaixo do mezanino contíguo configurado em L 3,30m acima da recepção. A laje plana que define o mezanino intercepta ao meio as três fileiras de colunas mais ao sul e as duas fileiras mais a leste, avança em balanços similares aos da laje de cobertura.



Fig. 4.102 - Oscar Niemeyer: Cassino da Pampulha, Belo Horizonte, 1940-42. Vista posterior do edifício a partir da lagoa. [UNDERWOOD, 1994]:53



Fig. 4.103 - Oscar Niemeyer: Cassino da Pampulha, Belo Horizonte, 1940-42. Fachada principal. [COMAS, 2002]



Fig. 4.104 - Oscar Niemeyer: Cassino da Pampulha, Belo Horizonte, 1940-42. Pilares de dupla altura na fachada principal. [GOODWIN, 1943]:03

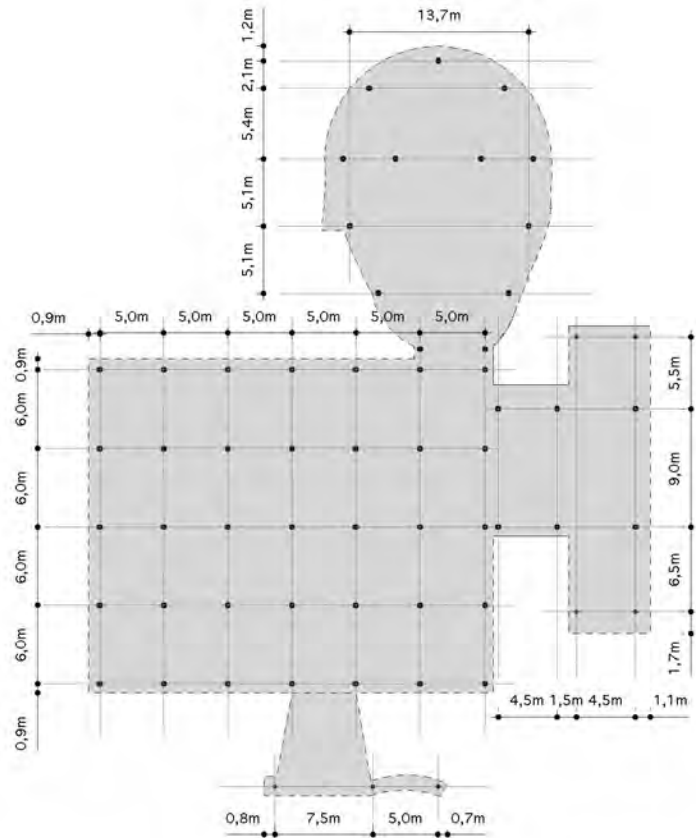
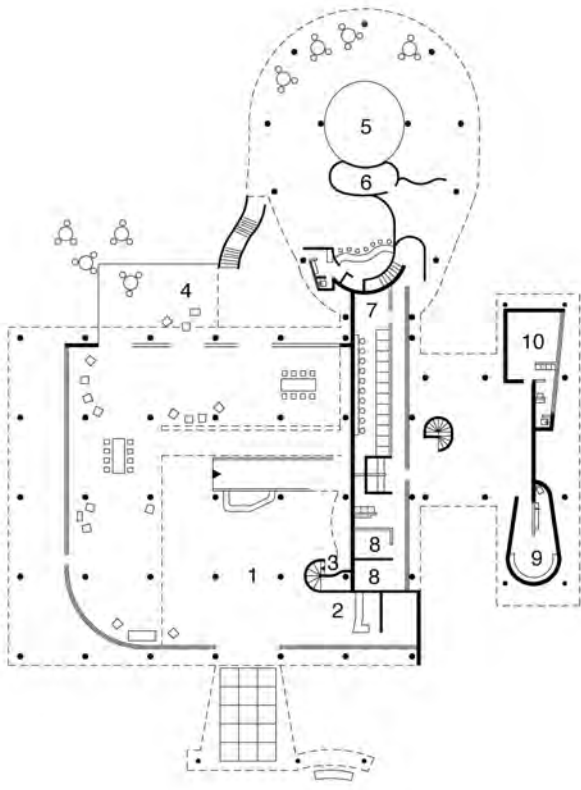


Fig. 4.106 - Oscar Niemeyer: Cassino da Pampulha, Belo Horizonte, 1940-42. Plantas baixas. [COMAS, 2002]

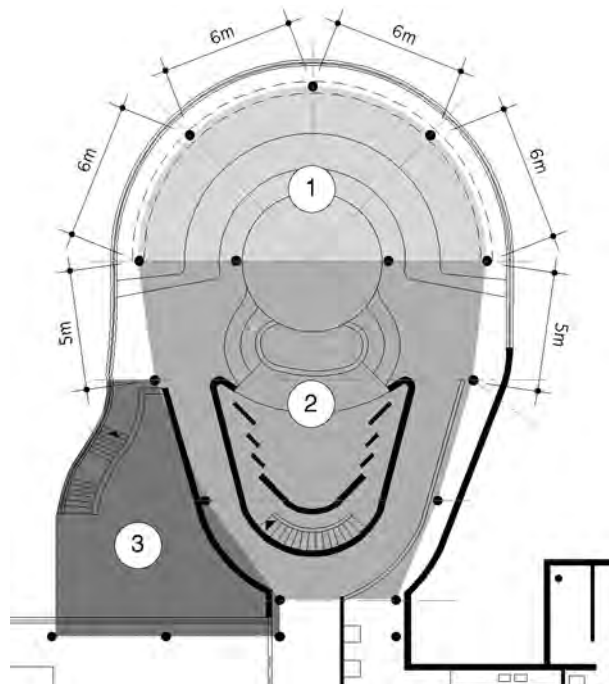
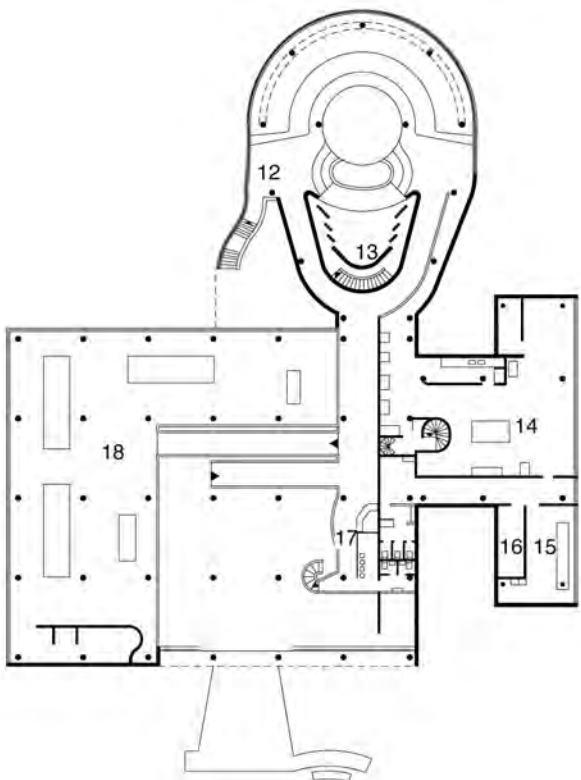


Fig. 4.107 - Oscar Niemeyer: Cassino da Pampulha, Belo Horizonte, 1940-42. Estrutura do restaurante, com a indicação das três lajes do teto. [DESENHO DO AUTOR]

Fig. 4.105 - Oscar Niemeyer: Cassino da Pampulha, Belo Horizonte, 1940-42. Plantas baixas. [COMAS, 2002]

O repertório de sistemas de apoio de lajes nos pilares se completa com um par de consolos (fig. 4.108) que sustentam o piso do mezanino próximo ao acesso do restaurante, destacando o a face do peitoril da superfície das colunas. As rampas internas são tratadas como lajes inclinadas que se apóiam nas bordas em balanço do piso do bar e do salão de jogos superior. Apesar de estar colocada exatamente entre duas linhas de estrutura, estão soltas e independem de apoios intermediários para vencer os vãos.

O bloco de serviços em formato de T possui retícula de modulação irregular, com vão maior de 9m correspondendo ao espaço da copa-cozinha, e vão menor de 1m que serve de interface de conexão com a malha regular da caixa. As bordas também balançam como ocorre em todo o edifício, projetando sombra nas colunas da fachada norte que possui janela em fita na parte superior.

O volume que abriga a sala de dança e o restaurante é mais alto e tem disposição simétrica dos apoios verticais sob um eixo longitudinal com balanço de laje nas bordas. O arco que define o meio-tambor [1] é dividido radialmente em quatro partes iguais com corda de 6m. A maior laje do edifício [2], que cobre parte do salão, palco e acessos, é também a que possui o maior vão (13,7m), além de compôr o volume, se destacando do plano de laje da caixa (fig. 4.109). Já a laje que cobre o acesso pelo lado sul [3] é apoiada em 6 pilares que formam uma espécie de V, onde o vão de 12m configura arcada de projeção sinuosa e livre de apoios. Esta laje faz a transição entre o volume regular baixo e o volume cilíndrico mais alto, juntamente com a escada que leva até ao restaurante (fig. 4.110).

Ficha técnica	
Local	Belo Horizonte/MG
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer
Data projeto	1940
Cálculo estrutural	Joaquim Cardozo
Execução	-
Data execução	1942
Tipo estrutural	Baixo reticular
Pilotis	Circulares
Vão maior	13,7m
Vão menor	1m
Balanço maior	1,7m
Balanço menor	0,9m

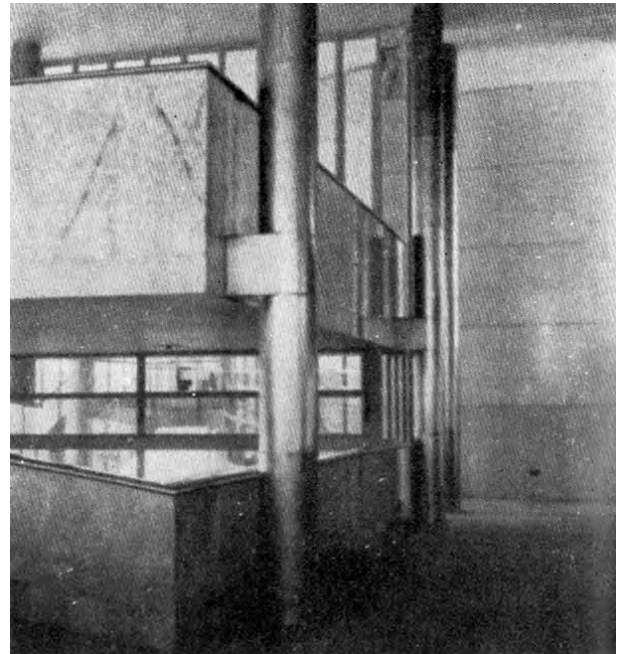


Fig. 4.108 - Oscar Niemeyer: Cassino da Pampulha, Belo Horizonte, 1940-42. Vista interna com os consolos em detalhe. [COMAS, 2002]



Fig. 4.109 - Oscar Niemeyer: Cassino da Pampulha, Belo Horizonte, 1940-42. Vista aérea do edifício, com a indicação da laje de cobertura do restaurante. [COMAS, 2002]



Fig. 4.110 - Oscar Niemeyer: Cassino da Pampulha, Belo Horizonte, 1940-42. Acesso pela face sul. [COMAS, 2002]

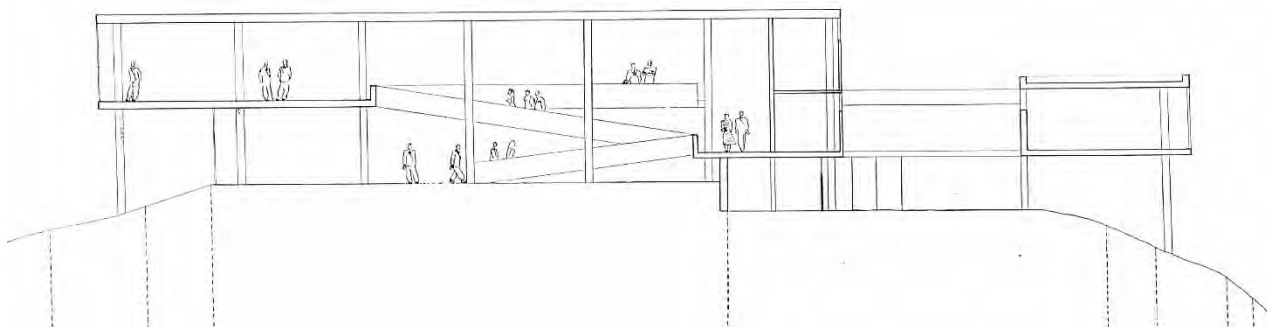


Fig. 4.111 - **Oscar Niemeyer**: Cassino da Pampulha, Belo Horizonte, 1940-42. Corte transversal. [GOODWIN, 1943]: 185



Fig. 4.112 - **Oscar Niemeyer**: Cassino da Pampulha, Belo Horizonte, 1940-42. Vista da rampa e estrutura interna. [COMAS, 2002]



Fig. 4.114- **Oscar Niemeyer**: Cassino da Pampulha, Belo Horizonte, 1940-42. Vista dos pilares externos onde pode-se perceber o balanço de laje (ao fundo o Iate Clube). [COMAS, 2002]



Fig. 4.113 - **Oscar Niemeyer**: Cassino da Pampulha, Belo Horizonte, 1940-42. Vista frontal da rampa. [COMAS, 2002]



Fig. 4.115 - **Oscar Niemeyer**: Cassino da Pampulha, Belo Horizonte, 1940-42. Duplicação da estrutura e espaço interno pela superfície espelhada. [COMAS, 2002]

Casa do Baile

Também inaugurada em 16 de maio de 1942 a Casa do Baile (fig. 4.116) toma uma ilha e a configura a partir da sucessão de três ovais que se interceptam em linha paralela à margem. O restaurante propriamente dito está à esquerda de quem chega, seus limites regulares ditando a configuração precisa da oval que ocupa (COMAS, 2002). O setor de serviço, em forma de meia-lua e 125m^2 de área, é determinado pela secante de um círculo de 24m de diâmetro, ocultando nove dos dezesseis pilares dispostos regularmente ao longo de outra circunferência de 20m de diâmetro, determinando o salão livre de apoios no seu interior motivada pela laje nervurada. Essencialmente opaco, revestido de azulejos, o setor de serviço se ilumina por linha de janelas de altura reduzida junto à laje, protegidas por elementos vazados de concreto. Uma cortina de vidro se dispõe por trás das colunas à vista do salão de 315m^2 . Estruturalmente mais arrojado do que parece, o restaurante não é pequeno, tendo área que se inscreve no salão de jogo do Cassino:

“O teto é uma placa de concreto, que se prolonga em linha sinuosa acompanhando o contorno da ilha [...] O contraste entre o bloco, parcialmente envidraçado e parcialmente revestido com um mural de azulejos, e o contorno caprichoso da marquise, com sua estrutura livre claramente visível expressa o objetivo de convivência do programa” (MINDLIN, 1999, p.188)

A laje nervurada de cobertura do ovóide tem vão máximo de 20m, com alvéolos quadrados de 80cm de lado¹⁰¹ (fig. 4.118). Esta laje é formada através da associação entre vigas de alma cheia colocadas lado a lado com espaçamentos reduzidos, resultando em um plano de altura reduzida pela quantidade de vigas sob o plano da laje. Na Casa do Baile, a placa que constitui a cobertura do restaurante e que se apóia ao nervurado é incorporada a este de maneira que as vigas passam a ter uma seção em “T”, o que faz suas dimensões em altura ainda menores. Como o plano onde as nervuras está aplicado é circular e a relação geométrica das barras nas vigas das nervuras ao se encontrar com as vigas de bordo não são orto-

101. Os dados sobre as dimensões da laje nervurada foram passados através de relato pessoal ao autor pelo arquiteto **Álvaro Hardy Filho** [ago, 2002]



Fig. 4.116 - Oscar Niemeyer: Casa do Baile, Belo Horizonte, 1940-42. [PAPADAKI, 1951]: 78

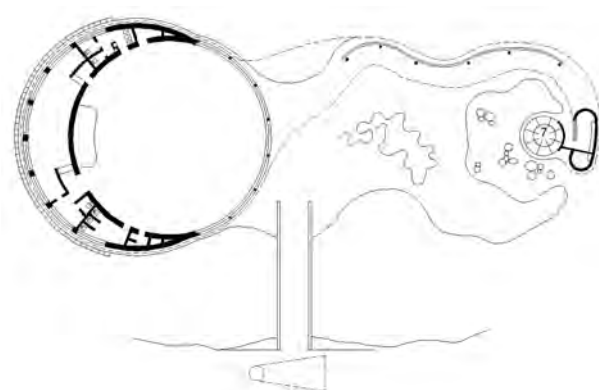


Fig. 4.117 - Oscar Niemeyer: Casa do Baile, Belo Horizonte, 1940-42. Planta baixa. [COMAS, 2002]

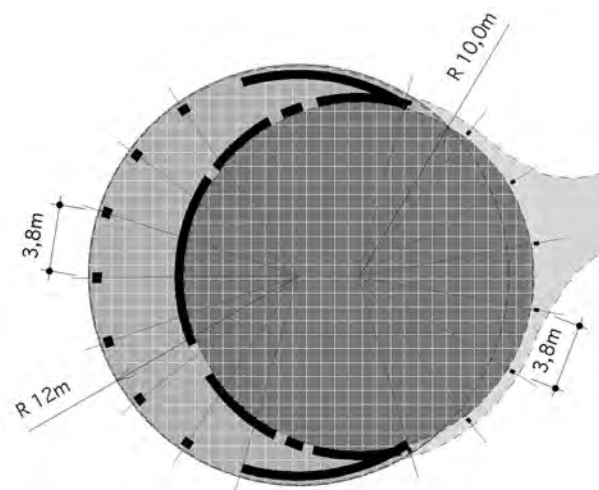


Fig. 4.118 - Oscar Niemeyer: Casa do Baile, Belo Horizonte, 1940-42. Detalhe da estrutura do restaurante e serviço. [DESENHO DO AUTOR]



Fig. 4.119 - Oscar Niemeyer: Casa do Baile, Belo Horizonte, 1940-42. [MINDLIN, 1999]: 167



Fig. 4.120 - Oscar Niemeyer: Casa do Baile, Belo Horizonte, 1940-42. Aspecto geral da marquise sinuosa. [MINDLIN, 1999]: 167

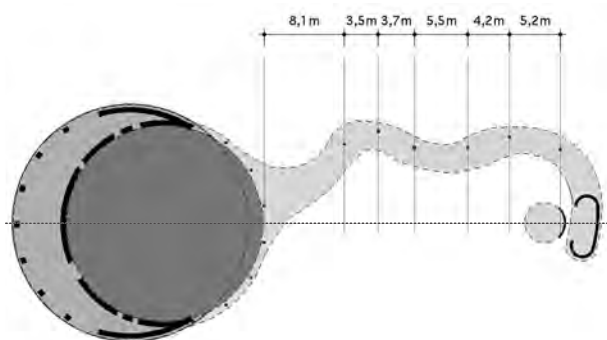


Fig. 4.121 - Oscar Niemeyer: Casa do Baile, Belo Horizonte, 1940-42. Esquema geral da estrutura, com o dimensionamento dos vãos da marquise e o eixo de simetria longitudinal da estrutura. [DESENHO DO AUTOR]



Fig. 4.122 - Oscar Niemeyer: Casa do Baile, Belo Horizonte, 1940-42. Imagem interna do restaurante. [PAPADAKI, 1951]: 80

gonais, o desempenho da estrutura é ainda mais eficiente, pois as barras inclinadas seguem a direção dos esforços de flexão, que se desenvolvem em direções ortogonais. As resultantes desses esforços é inclinada em relação as bordas. Dessa maneira as barras inclinadas encontram-se na direção da resultante, absorvendo melhor os esforços (REBELLO, 2000, p. 162).

“Utilizada pela primeira vez nesta obra, a marquise curvilínea de concreto se tornaria um tema central da obra de Niemeyer” (UNDERWOOD, 2002, p. 64)

Esta marquise é resultado da laje de cobertura do restaurante que se prolonga como um flagelo de gameta: com a mesma seção da cobertura, é apoiada por colunas dispostas em vãos irregulares (fig. 4.121) e de balanços assimétricos. Nela, a projeção do vão menor tem 3,5m e a do maior – justamente aquela que está compreendida entre o volume do restaurante e o início da colonata – possui 8,1m. A continuidade entre as lajes é clara dentro e fora do restaurante, tanto por sua indiferença entre os planos interno e externo como pela esquadria que promove transparência e leveza na transição (fig. 4.122). Na outra extremidade da laje está o vestiário, que encerra a trajetória curvilínea da marquise, funcionando como grande pilar, colocado simetricamente sob um eixo imaginário que passa pelo centro do restaurante.

Além da estrutura visível, é provável que as paredes que dividem o restaurante da parte de serviços tenha algum tipo de apoio embutido ou sirva simplesmente como elemento distribuidor da carga da laje de cobertura, reafirmando a coerência entre estrutura e a geometria determinante dos espaços.

Ficha técnica	
Local	Belo Horizonte/MG
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer
Data projeto	1940
Cálculo estrutural	Albino Santos Froufe
Execução	-
Data execução	1942
Tipo estrutural	Baixo vão livre
Pilotis	Seção circular
Vão maior	20m
Vão menor	3,5m
Grelha estrutural	80x80cm

Iate Clube

O Iate Clube (fig. 4.123) é projeto de 1940, suas obras tiveram início em 1941 e que foi inaugurado 16 de maio de 1943. Localizado na margem oposta ao Cassino, dois volumes superpostos contém os grandes setores do programa. O apoio ao esporte fica contido na caixa virtual abaixo, de 2,9m de altura. A sociabilidade vai acima, coberta por laje borboleta de projeção também retangular, que recua do perímetro da caixa em dois lados adjacentes. Assim se constitui, na frente do lago, um terraço de largura igual à da caixa; do lado do jardim, corre passadiço, cujo terço de ponta vai quebrado em rampa para ligar o nível do terraço e corpo superior com o nível da entrada e do jardim (fig. 4.124). A empena maior, frente à avenida, alcança 6,5m de altura, a menor 5,5m, o vale se mantém a 3,6m do nível do terraço.

Estruturalmente, a caixa comporta dois setores alinhados segundo o eixo longitudinal da projeção, o limite entre ambos caindo abaixo do vale do teto-borboleta. O primeiro setor, acomodando o núcleo de recepção e os vestiários, é um pilotis com quatro fileiras de colunas no sentido do comprimento e sete no sentido da largura, aquelas definindo um vão central de 3,5m de largura e dois laterais de 3,8m, estas com intercolúnio de 5,1m. O pilotis suporta canonicamente a laje e dois balanços simétricos do lado dos vestiários; do lado do núcleo de recepção, reduz-se ao mínimo o balanço encostado à rampa ao longo do jardim. Na parte superior o edifício se sustenta através de 2 linhas de pilares principais com 12 colunas de seção oval cada uma se inscrevendo em um retângulo de 40cm por 60cm. Estas suportam um vão transversal de 11,1m. Este vão tem como contrapartida um balanço simétrico de 3m no sentido da largura e de 1,45m frente à avenida e ao lago.

“As colunas exteriores envolvem o núcleo como um peristilo na frente e nos dois lados, são encobertas pela parede dos vestiários sob a borda do balanço do lado do jardim e sobrepostas à parede recuada do lado da piscina.” (COMAS, 2002)

As colunas exteriores laterais se alinham e se igualizam na seção oval e no intercolúnio com as colunas que definem o segundo setor, correspondente à garagem de barcos e sua rampa. Os cinco



Fig. 4.123 - Oscar Niemeyer: Iate Clube, Belo Horizonte, 1940-43. O Iate visto a partir da lagoa. [PAPADAKI, 1951]: 82



Fig. 4.124 - Oscar Niemeyer: Iate Clube, Belo Horizonte, 1940-43. O Iate ainda sem a aplicação dos brises. [CASTRIOTA, 1998]: 192

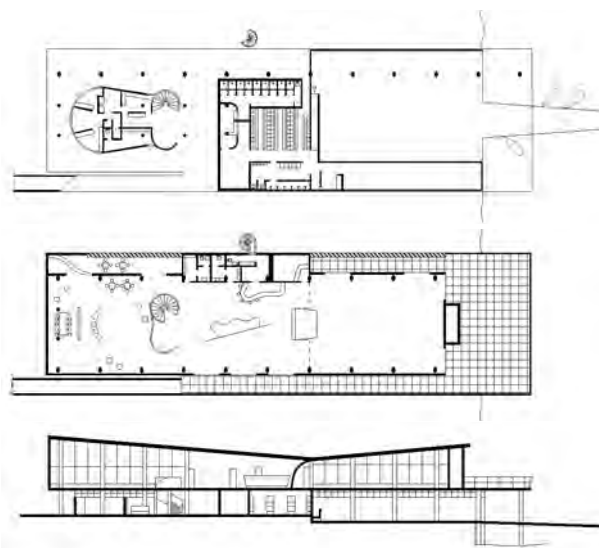


Fig. 4.125 - Oscar Niemeyer: Iate Clube, Belo Horizonte, 1940-43. Plantas baixas e corte longitudinal. [COMAS, 2002]

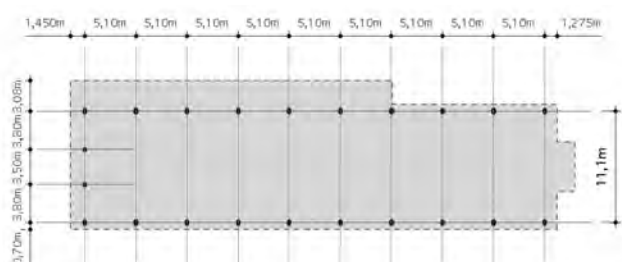


Fig. 4.126 - Oscar Niemeyer: Iate Clube, Belo Horizonte, 1940-43. Esquema da estrutura. [DESENHO DO AUTOR]



Fig. 4.127 - **Oscar Niemeyer**: Iate Clube, Belo Horizonte, 1940-43. Fachada oeste. [BOTEY, 1996]: 42

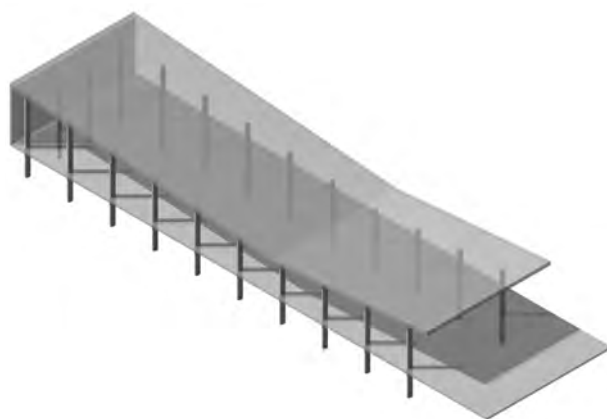


Fig. 4.128 - **Oscar Niemeyer**: Iate Clube, Belo Horizonte, 1940-43. Esquema básico da estrutura em três dimensões. [DESENHO DO AUTOR]



Fig. 4.129 - **Oscar Niemeyer**: Iate Clube, Belo Horizonte, 1940-43. Imagem interna. [BOTEY, 1996]: 43

pórticos do mesmo definem uma nave única central correspondendo ao maior vão (11,1m); quatro dos pórticos são encobertos pelas paredes alinhadas com a borda dos balanços, o outro destacado na ponta sob parte do terraço e sobre a metade inicial da rampa de barcos. A extensa fenda superior envidraçada nas paredes longitudinais deixa claro que o volume é pura vedação, salientando a escassa espessura da laje intermediária.

O corpo superior abriga área social fechada na faixa correspondente à nave estrutural. Estar e recepção se dispõem sob a asa para a terra, na outra, o salão de festas vizinha com o terraço. Sobre o balanço oeste, o conjunto de sanitários e cozinha flanqueia dois alpendres. Os painéis de vidro se estendem entre montantes de seção retangular, correspondentes à subdivisão funcional interior e deixam desde fora entrever as colunas de seção oval a que se superpõem. Uma escada em caracol projetada para fora assegura comunicação entre a cozinha e a piscina- e incidentalmente ajuda a delimitar a passagem de entrada para os vestiários abaixo.

A laje do piso elevado que avança sobre a lagoa se transforma em vedação na empena correspondente ao salão. Logo após, na cobertura, ela surge em forma de borboleta, transformando assim o corpo superior do edifício em uma peça de leitura única (fig. 4.128). A fachada menor (norte) voltada para a lagoa é transparente, se contrapondo ao peso da fachada sul cega. O teto, metáfora de tenda, inverte a lógica do telhado convencional de esgotamento para as bordas – como no pavilhão desmontável da Nestlé projetado por Corbusier para feira de 1928 – replicado também na casa de Juscelino, projeto que faz parte do complexo da Pampulha.

Ficha técnica	
Local	Belo Horizonte/MG
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer
Data projeto	1940
Cálculo estrutural	Joaquim Cardozo
Execução	-
Data execução	1943
Tipo estrutural	Baixo reticular
Pilotis	Seção oval e circular
Vão maior	11m
Vão menor	4m
Balanço	1,45m

Instituto de Resseguros do Brasil (Edifício João Carlos Vital)

“O IRB representa a exploração duma série tipológica, que vai da banalidade do edifício de escritórios de aluguel até a expressão mais monumental do edifício representativo do governo e da nação. Quase com porte de prisma isolado, a sede do IRB fecha dignamente as explorações dos Roberto sobre o tema no período.” (COMAS, 2002)

O volume construído é um paralelepípedo regular sobre pilotis cobrindo projeção de 20 x 56 metros. A estrutura independente é responsável pela organização das plantas em um sistema ortogonal de sete intercolúnios transversais (cada um com 8m) e três intercolúnios transversais (cada um com 6m), gerando uma modulação com quatro colunas frontais e oito laterais. Estas dimensões são fruto do estudo da seção áurea e que foi influenciado pela modulação dos elementos construtivos e da utilização da razão 2 como módulo. A maior incidência de balanço tem 1m de projeção (ao longo de toda a fachada sul) e 2m no balcão avançado, correspondendo ao escritório do presidente.

A entrada separada de funcionários ocupa a última nave transversal a oeste e é também aberta à rua. Entre os dois núcleos, estão o acesso para a garagem, no subsolo e duas grandes lojas para aluguel. Com exceção da escada de público na terceira nave transversal, do lado sul, cuja face externa se alinha com o bordo do balanço, os panos de vidro das lojas e sobrelojas se encostam por trás às colunatas, reiterando a noção duma ordem colossal¹⁰².

O tratamento das três fachadas é diferenciado. A norte, placas de concreto em ressaltos sobre a borda da laje alinhadas com a estrutura recebem módulos pré-fabricados de 2 metros de comprimento, integrados por balcão, janela de visualização, painel opaco e janela basculante para ventilação e iluminação do forro, empregando madeira e placas de cimento-amianto. No 8º andar, um módulo se resalta marcando o gabinete do presidente, oposto à escada de público. A leste, todo o tramo correspondente ao primeiro



Fig. 4.130 - Marcelo e Milton Roberto: Instituto de Resseguros do Brasil, Rio de Janeiro, 1941-42. [MINDLIN, 2000]:224

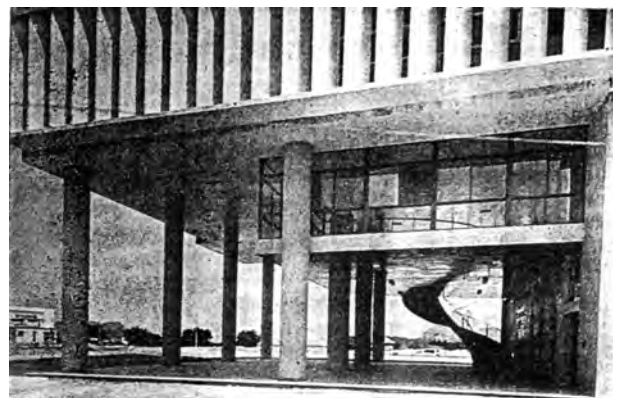


Fig. 4.131 - Marcelo e Milton Roberto: Instituto de Resseguros do Brasil, Rio de Janeiro, 1941-42. Detalhe dos pilotis e mezanino. [BOASE, 1944]:124



Fig. 4.132 - Marcelo e Milton Roberto: Instituto de Resseguros do Brasil, Rio de Janeiro, 1941-42. Terraço-jardim com o pergolado em concreto armado. [CAVALCANTI, 2001]:215

102. Em função da proximidade do aeroporto, não existe superestrutura com construção recuada. [PEREIRA, 1993]

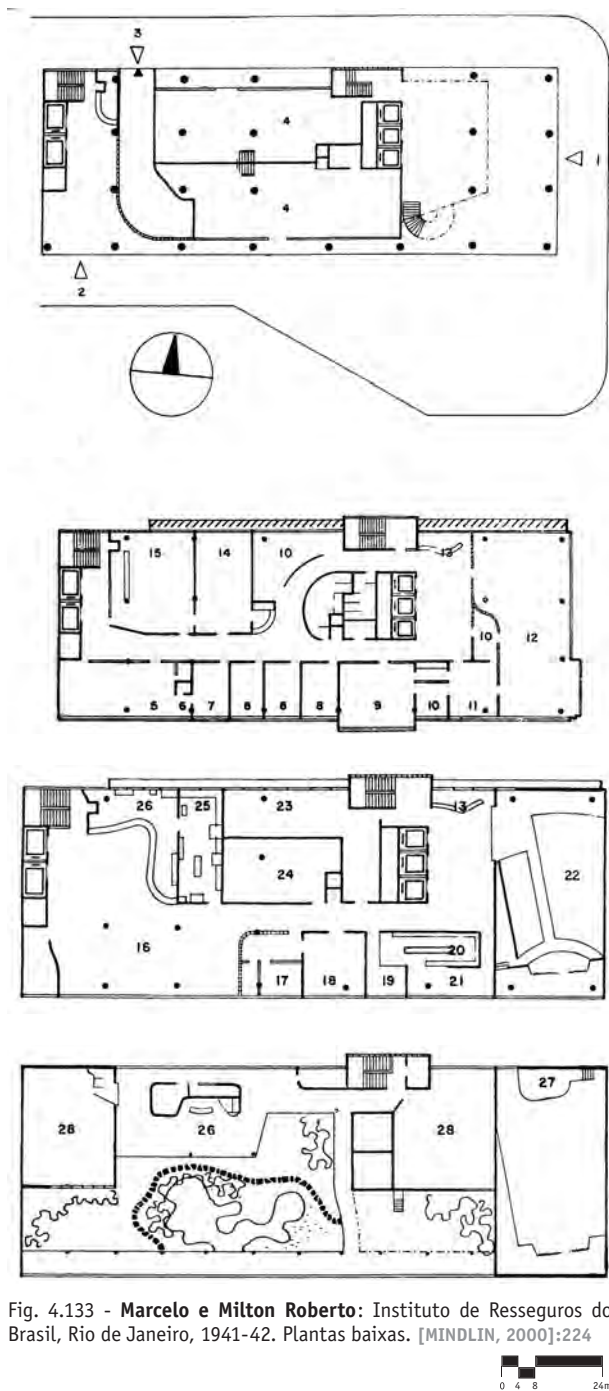


Fig. 4.133 - Marcello e Milton Roberto: Instituto de Resseguros do Brasil, Rio de Janeiro, 1941-42. Plantas baixas. [MINDLIN, 2000]:224



Fig. 4.134 - Marcello e Milton Roberto: Instituto de Resseguros do Brasil, Rio de Janeiro, 1941-42. A esbeltez dos pilotis chamou a atenção dos técnicos estrangeiros. [CONCRETO, nº74]:137

intercolúnio encontra-se em ressaltado. Na fachada norte, os vidros se protegem por placas fixas de concreto esponjoso da altura do andar, com seção em S para melhor reflexão. A textura serrilhada se interrompe à extrema direita, à frente da escada de funcionários, e na terceira nave, a partir da esquina, pela caixa de escada já mencionada. A marcação da caixa de escada coincide com a reta que divide o quadrado base de sua extensão áurea.

“O embasamento de dupla altura por força da legislação, nesse projeto ganha uma característica presente no volume baixo do Ministério da Educação: as colunas colossais externas às lajes do mezanino ligadas por consolos. Essa característica brasileira de extroversão dos pilares da estrutura, inverte o jogo do sistema Dom-ino [...]” (BAHIMA, 2001, p.82)

Esses consolos – efetivamente construídos pela primeira vez no MESP¹⁰³ – possibilitam uma ordem de dupla altura com pilares sem interrupção da superfície cilíndrica pura. É interessante observar também a utilização de paredes-pilar, como no caso do bloco de elevadores e de escada, que suprimem dois pares de apoios, se convertendo em prismas que conferem maior rigidez ao sistema.

Segundo XAVIER (1991, p.48) *“boa parte do material foi importada, com a introdução de elementos fabricados em série, como as esquadrias externas, aplicadas em apenas duas semanas, pela primeira vez em edifício de estrutura convencional.”* Todo o edifício foi executado em onze meses, e os problemas de transporte e de pré-fabricação foram objeto de estudos aprofundados¹⁰⁴.

103. Ver HARRIS, 1987, p.142

104. Ver BRUAND, 1981, p.101

Ficha técnica	
Local	Rio de Janeiro
Projeto arquitetônico	Marcelo e Milton Roberto
Data projeto	1941
Cálculo estrutural	Rui Moreira Reis
Execução	Instituto de Resseguros do Brasil
Data execução	1942
Tipo estrutural	Reticular Alto
Pilotis	Seção circular
Vão maior	8m
Vão menor	6m
Balanço maior	2m
Balanço menor	1m

Escola Raul Vidal

“Na Escola Raul Vidal, em terreno com vista para a baía de Guanabara, a simetria do bloco principal se atenua pela disposição perpendicular do bloco quanto ao acesso, o pequeno pórtico se tornando o vazio da composição ternária com o mar em foco.” (COMAS, 2002)

A escola primária que Vital Brazil projeta para a Secretaria de Viação do Estado do Rio de Janeiro em 1941 é um protótipo repetido em três terrenos distintos de Niterói. O elemento principal é um bloco de dois andares sobre pilotis de 90 metros de comprimento, uma nave única com balanço de um lado, correspondendo à circulação nos andares superiores (fig. 4.136). No lado oposto, a laje do segundo andar se prolonga em marquise apoiada nas vigas que afixam em direção à ponta. Uma água de telha de barro cobre a marquise, quatro águas com beirais protegem a laje de cobertura, reiterando a referência.

A simetria se acusa com a disposição de escada e sanitários numa torre. Flanqueado no térreo por vestiários, a torre intercepta o bloco alinhado com seu eixo transversal. Fora essas peças, o pilotis serve de recreio coberto; suas colunas ganham anéis de concreto para servir de bancos. As salas se vedam alternando peitoris e faixas com janelas corridas entre suportes, evidenciando a estrutura no plano de fachada. Os corredores se iluminam por pequenos aberturas na parede que se repetem com grande impacto visual, as superiores em correspondência com aberturas na paredes internas das salas de aula, garantindo a ventilação cruzada.

Ao total são 30 pilares longitudinais, com 3m de vão entre cada um. Só ficam aparentes nove intercolúnios de cada lado do volume da escada, sendo os restantes ocultos pelos sanitários e vestiários em simetria. A nave central possui 7m de vão, com as vigas do primeiro teto de seção contínua entre os apoios cilíndricos e variando a seção na parte dos balanços, sendo o maior deles com 2,3m de projeção.

Nos pavimentos superiores, os pilares ficam ocultos em relação à vedação que separa o corredor das salas de aula, configurando um sistema misto de estrutura independente e portante.



Fig. 4.135 - Álvaro Vital Brazil: Escola Raul Vidal, Niterói, 1941. Vista parcial da fachada. [PDF, Abr. 1944]:59

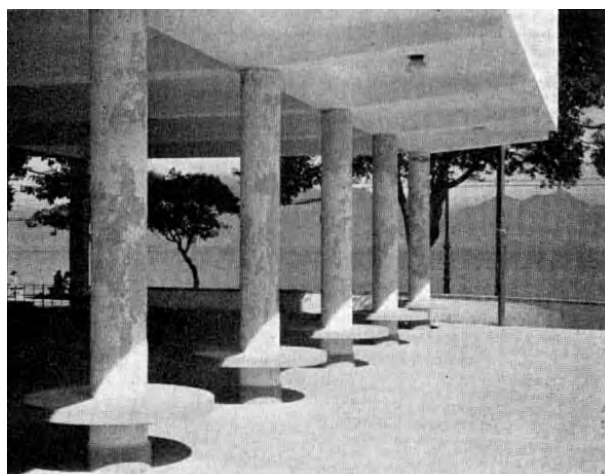


Fig. 4.136 - Álvaro Vital Brazil: Escola Raul Vidal, Niterói, 1941. Detalhe dos pilotis. [GOODWIN, 1943]:140

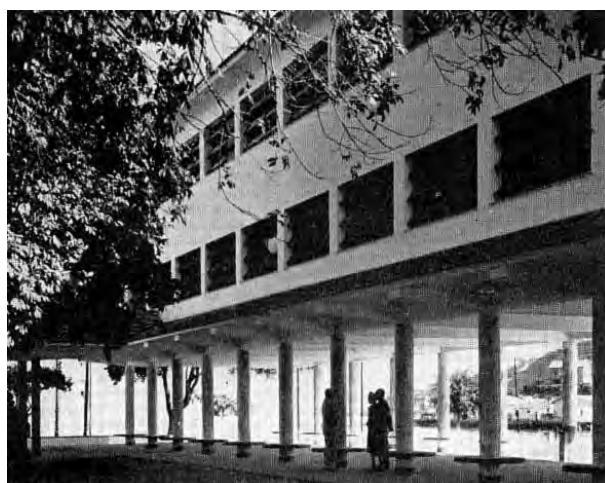


Fig. 4.137 - Álvaro Vital Brazil: Escola Raul Vidal, Niterói, 1941. Fachada interna. [GOODWIN, 1943]:140

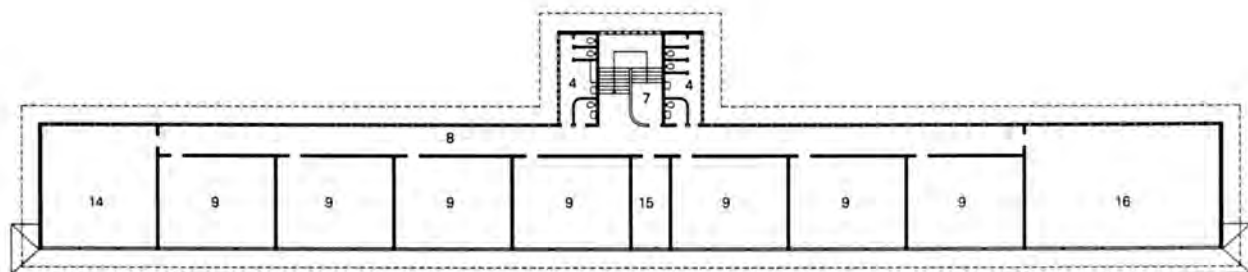
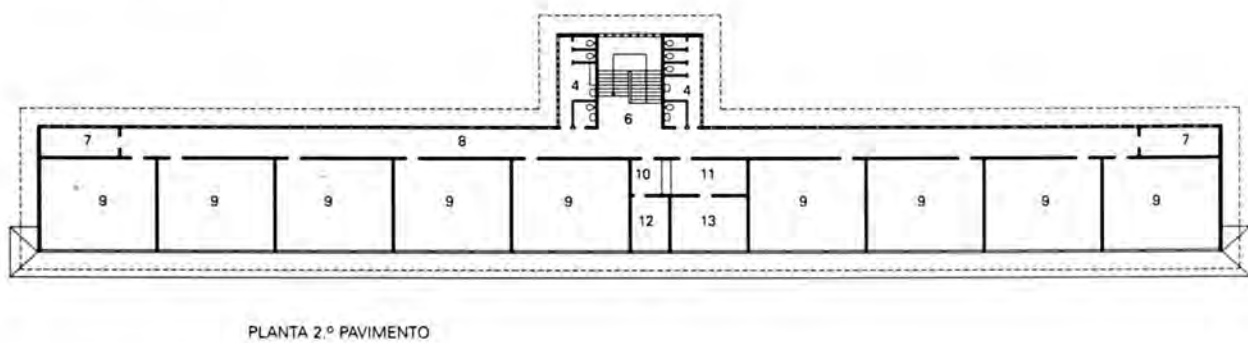
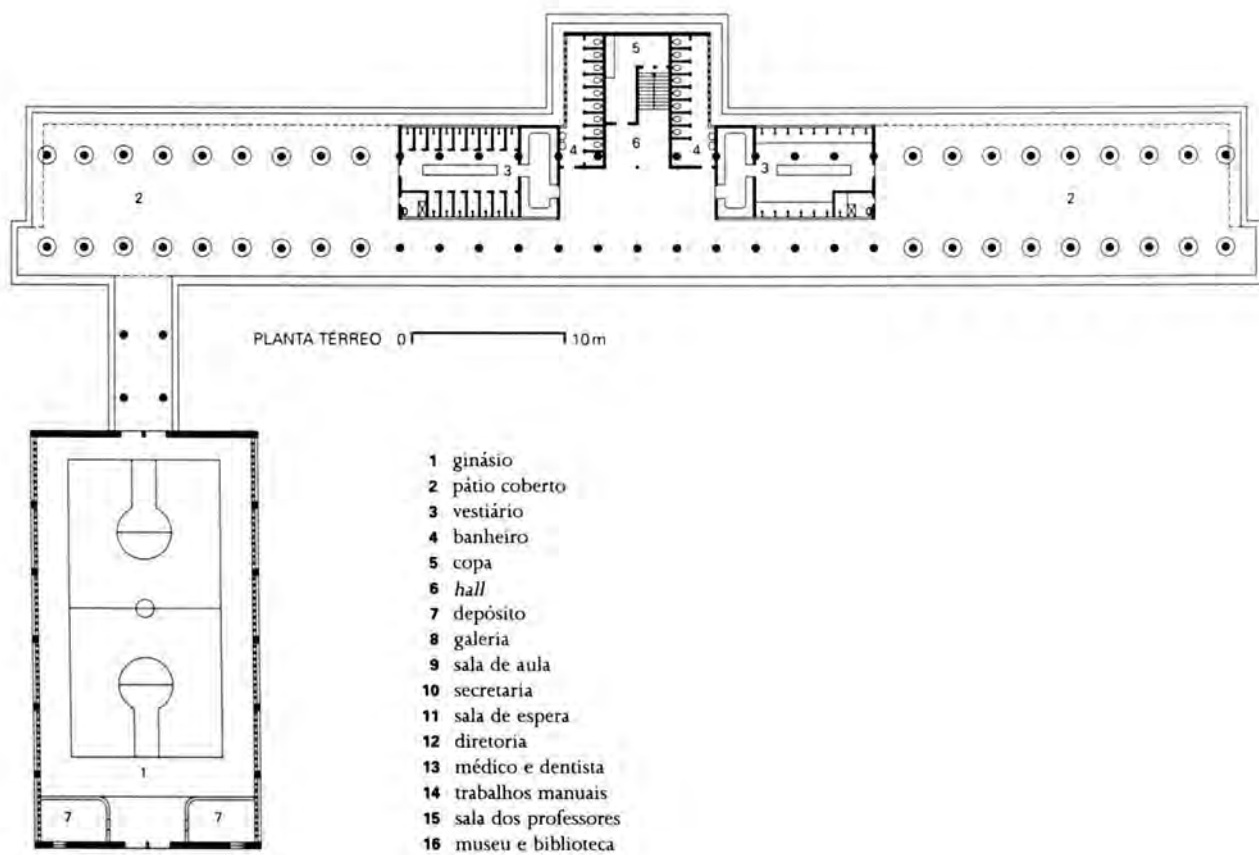


Fig. 4.138 - **Álvaro Vital Brazil**: Escola Raul Vidal, Niterói, 1941. Plan-
tas baixas. [CONDURU, 2000]:69

Nos pilotis todas as vigas são aparentes, indicando a utilização de um sistema convencional de lajes. As vigas que suportam o balanço não possuem viga de bordo, ficando o topo de cada uma aparente no plano da fachada longitudinal nos dois lados.

Internamente, as vigas não são aparentes e o plano de fachada do corredor perfurado é apoiado diretamente no balanço, que do outro lado corresponde ao beiral revestido com telhas de barro.

O ginásio independente recebe telhado com duas águas e se une por um pórtico a uma das pontas do bloco de salas de aulas, configurando assim um arranjo em L assimétrico. O vão transversal do ginásio possui 17m e os sete pilares longitudinais suportam um vão de 5m. Não existem dados para examinar com exatidão o esquema construtivo da cobertura do ginásio, mas tudo indica que a estrutura de concreto se resume aos apoios verticais.

Nesta escola, Vital Brazil não lança mão da laje plana tão característica da estética Corbusiana compilada no esquema Dom-ino, nem do terraço-jardim. No lugar deles, procura utilizar um sistema de vãos longitudinais dininutos, com panos de laje mais retangulares que aquadrados conferindo um forte ritmo marcado pelos “pórticos” no plano de acesso (fig. 4.140). Nos pavimentos superiores os pilares não são substituídos pelas paredes que descarregam esforços diretamente na laje que cobre o pilotis, como na Unité de Marselha de Le Corbusier, onde a massa construída de pilares robustos dá lugar aqui a uma sequência de pilares cilíndricos e esbeltos e a laje plana em forma de asa-delta é resumida em vigas baixas e de seção variável na porção em balanço.



Fig. 4.139 - Álvaro Vital Brazil: Escola Raul Vidal, Niterói, 1941. Vista parcial da fachada. [GOODWIN, 1943]:141



Fig. 4.140 - Álvaro Vital Brazil: Escola Raul Vidal, Niterói, 1941. Vista da parte inferior da laje do primeiro teto, com as vigas aparentes. [PDF, Abr. 1944]:60

Ficha técnica	
Local	Niterói/RJ
Projeto arquitetônico	Álvaro Vital Brazil
Data projeto	1941
Cálculo estrutural	-
Execução	-
Data execução	1941
Tipo estrutural	Reticular baixo
Pilotis	Seção circular
Vão maior	7m
Vão menor	3m
Balanço (marquise)	2m

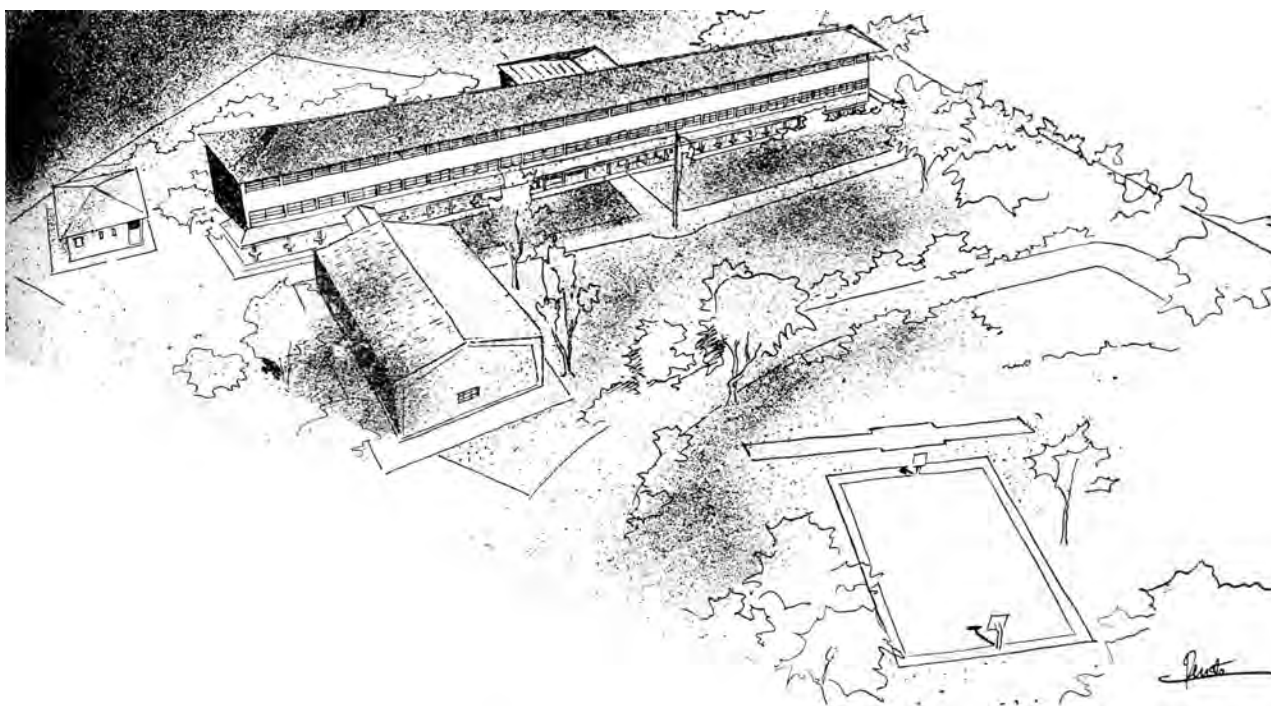


Fig. 4.141 - Álvaro Vital Brazil: Escola Raul Vidal, Niterói, 1941. Perspectiva do conjunto. [PDF, Abr. 1944]:61



Fig. 4.142 - Álvaro Vital Brazil: Escola Raul Vidal, Niterói, 1941. Vista do pilotis. [PDF, Abr. 1944]:62



Fig. 4.143 - Álvaro Vital Brazil: Escola Raul Vidal, Niterói, 1941. Vista interna da escola. [PDF, Abr. 1944]:61

Instituto Vital Brazil

“O reservatório de água no terraço e os pequenos cortes nas janelas explicam a impressão causada ao público, devido à sua composição direta e funcional, onde os elementos mais simples de uma construção em concreto armado foram usados com sucesso para dar o caráter arquitetônico a um projeto estritamente utilitário”. (MINDLIN, 2000, p.222)

O Instituto Vital Brazil é laboratório e indústria, dedicado desde 1919 à fabricação de soros, vacinas e produtos biológicos, químicos e veterinários, pesquisas científicas e profilaxia anti-rábica. O projeto e a obra atendem exigências operacionais estritas e restrições orçamentárias (COMAS, 2002). A solução é um bloco de três andares sobre pilotis com 94m de comprimento, estruturado em três naves longitudinais formada por linhas de colunas espaçadas de 3,8m, uma mais estreita a norte com 2m – correspondendo à circulação – e as outras duas, destinadas aos espaços de trabalho, constituindo panos de laje retangulares de 3,8 x 3m sobre vigas aparentes. Mais uma vez a solução econômica leva a uma redução nas dimensões de vãos e panos de lajes, como também aconteceu na escola Raul Vidal.

Não há balanços e as colunas do térreo dão lugar a pilares acima. O pano de alvenaria rebocado da fachada norte é interrompido por fileiras de pequenas aberturas quadradas, variante da solução das escolas de igual potência gráfica. O envidraçamento a sul se encaixa em montantes de concreto que dividem em três o intercolúnio, daí resultando um pano corrugado que é superposto às bordas das lajes. Para melhor assepsia, as esquadrias são herméticas, com o ar purificado e a ventilação controlada mecanicamente.

O bloco é uma extrusão horizontal, mas interceptada a norte por bloco mais alto que contém o vestibulo principal, as circulações verticais, os sanitários e a casa de máquinas no topo. Disposto no terço oeste, o bloco se alinha por aí com o bloco baixo e mais largo do almoxarifado. O arranjo configura um partido cruciforme. A comunicação entre ambos no térreo negocia a diferença de largura mediante



Fig. 4.144 - Álvaro Vital Brazil: Instituto Vital Brazil, Rio de Janeiro, 1942. Fachada norte. [PDF, Jul. 1943]

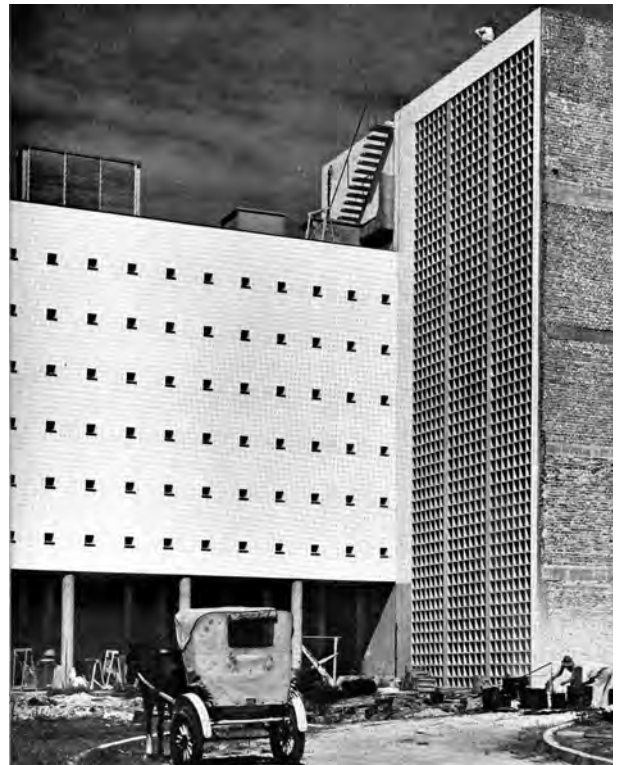


Fig. 4.145 - Álvaro Vital Brazil: Instituto Vital Brazil, Rio de Janeiro, 1942. Detalhe da face norte em construção. [GOODWIN, 1943]: 161

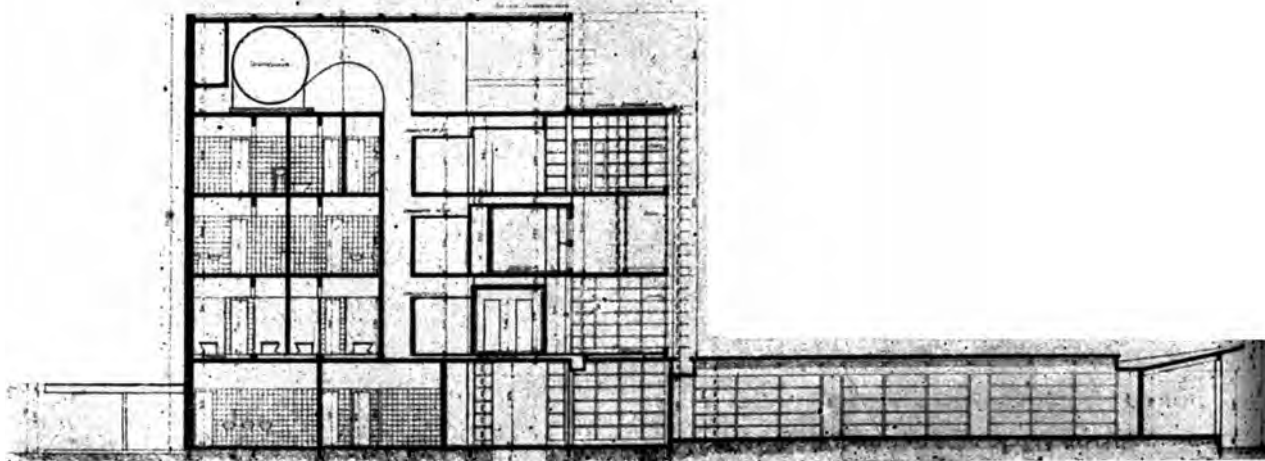


Fig. 4.146 - Álvaro Vital Brazil: Instituto Vital Brazil, Rio de Janeiro, 1942. Corte transversal passando pelo acesso. [PDF, Jul. 1943]

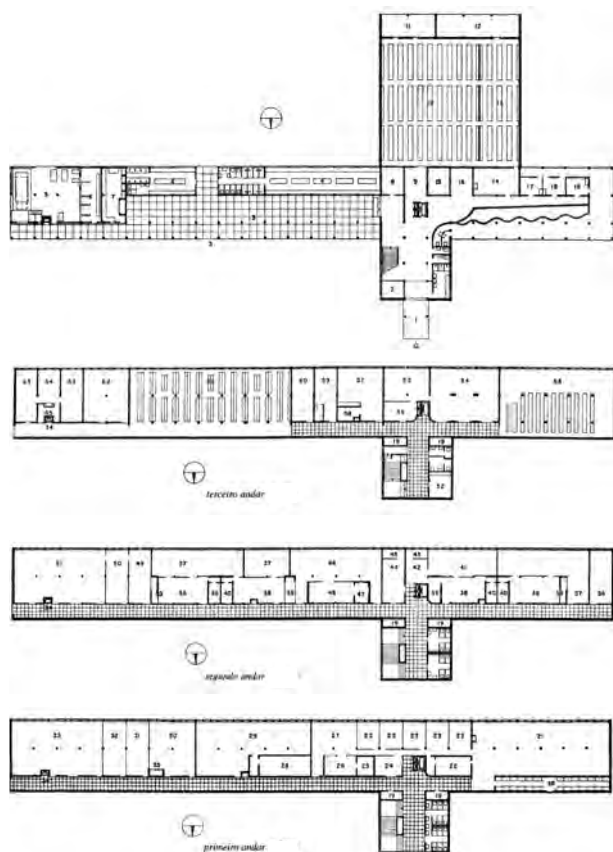


Fig. 4.147 - Álvaro Vital Brazil: Instituto Vital Brazil, Rio de Janeiro, 1942. Plantas baixas. [MINDLIN, 2000]: 223

uma parede curva que diverge do vestíbulo para o almoxarifado, inversão da estratégia dos Roberto no vestíbulo da ABI, quando a parede curva converge para os elevadores. Aqui a parede curva vai limitar o corredor da expansão trapezoidal avançando sobre a ponta oeste, onde se abriga o gabinete médico, acessível pelo pilotis aberto à sua volta. O pilotis vira sala de espera, como na Obra do Berço. Junto à parede inclinada, o canteiro limitado por mureta de planta senoidal acrescenta mais variedade ainda ao episódio excepcional onde paredes e colunas se autonomizam.

Nos dois terços do térreo para leste, a ponta abriga as casas de máquinas com duas nave de largura e cinco de comprimento, enquanto os vestiários se desenvolvem em uma nave transversal e onze longitudinais. O pilotis vira espaço de socialização junto aos vestiários, com porta própria para ingresso no vestíbulo principal. Casa de máquinas, vestiários e bloco transversal se arranjam em U, o elevador secundário da ponta oeste tem sua casa de máquinas sobre o teto-terraço associada com reservatório em volume curvilíneo como no MESP.

Ficha técnica	
Local	Niterói/RJ
Projeto arquitetônico	Álvaro Vital Brazil
Data projeto	1942
Cálculo estrutural	-
Execução	-
Data execução	1942
Tipo estrutural	Reticular Baixo
Pilotis	Seção circular
Vão maior	3,8m
Vão menor	2m
Balço	-

Capela de São Francisco

“Apesar da importância das obras já estudadas (Pampulha), nenhuma delas pode ser comparada, em valor absoluto, com a obra-prima do conjunto, sem dúvida alguma a capela de São Francisco de Assis. Este edifício diferencia-se profundamente dos anteriores: a habitual estrutura independente, constituída por lajes de concreto armado apoiadas em pilares, cedeu lugar a abóbadas parabólicas autoportantes [...]” (BRUAND, 1981, p. 112)

A Capela São Francisco de Assis (fig. 4.148), finalizada em 1945, é composta de uma nave na forma de metade de tronco de cone, tendo por seção transversal um arco parabólico e uma projeção trapezoidal com 18m de comprimento, 16m de largura maior e 8,8m de menor. O outro elemento do projeto pode ser interpretado como uma barra de 7,8m por 24,1m, coberta por uma sucessão de quatro cascas, a da capela-mor sobressaindo entre as três de mesma seção, duas à direita de quem entra com as dependências de apoio e outra à esquerda para a sacristia. A extensão das abas extremas até o solo é estruturalmente conveniente e reforça a homologia com a casca da nave, que se encaixa na abóbada da capela-mor. A nave se fecha com um pano de vidro total e uma cortina de lâminas verticais de alumínio a partir de 2,4m do chão. Similar à do Iate, a cortina amarra horizontalmente a casca vista de topo. No lado oposto, a sucessão das quatro cascas se projeta ligeiramente sobre o pano de alvenaria revestido de azulejos pintados por Cândido Portinari (fig. 4.149).

Uma marquise retangular e inclinada vincula a nave ao campanário, se alargando para cima, isolado e avançado à direita da entrada. *“Maciço pela frente quando visto flanqueando a transparência da fachada, o campanário se reduz a um marco visto de lado e sobreposto à casca opaca, uma estrutura apertada de cuja placa superior o sino pende, protegido por treliçado de ferro muito aberto”* (COMAS, 2002). A marquise – que possui a mesma espessura da casca – arranca superposta ao bordo da cortina metálica, um pouco à esquerda do seu ponto médio. A ponta mais elevada se engasta no campanário, a mais baixa se suporta em par de esbeltos tubos metálicos em forma de V curvilíneo (fig. 4.150).



Fig. 4.148 - Oscar Niemeyer: Capela São Francisco de Assis, Belo Horizonte, 1944-45. [UNDERWOOD, 2002]:66



Fig. 4.149 - Oscar Niemeyer: Capela São Francisco de Assis, Belo Horizonte, 1944-45. Aplicação dos revestimentos na nave (ao fundo). [CASTRIOTA, 1998]:194



Fig. 4.150 - Oscar Niemeyer: Capela São Francisco de Assis, Belo Horizonte, 1944-45. Detalhe do encaixe de marquise no campanário. [COMAS, 2002]

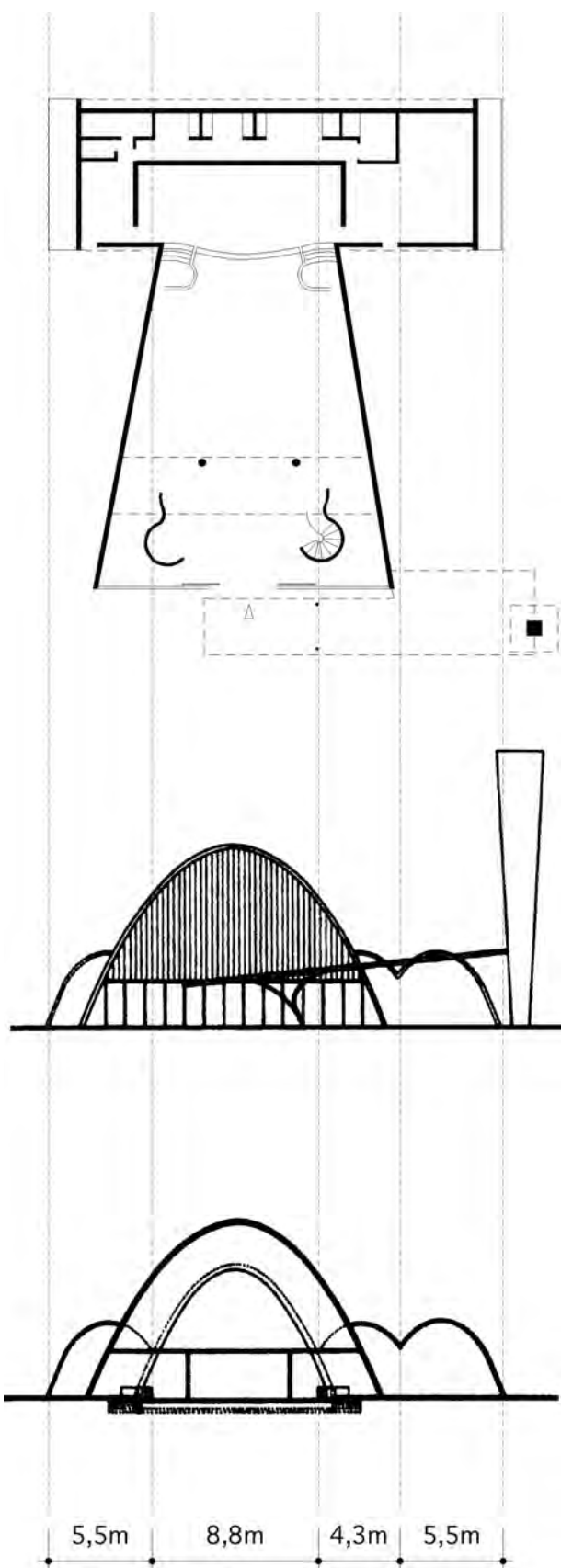


Fig. 4.151 - Oscar Niemeyer: Capela São Francisco de Assis, Belo Horizonte, 1944-45. Planta baixa, fachada e corte, com os respectivos vãos. [COMAS, 2002 - COTAS DO AUTOR]

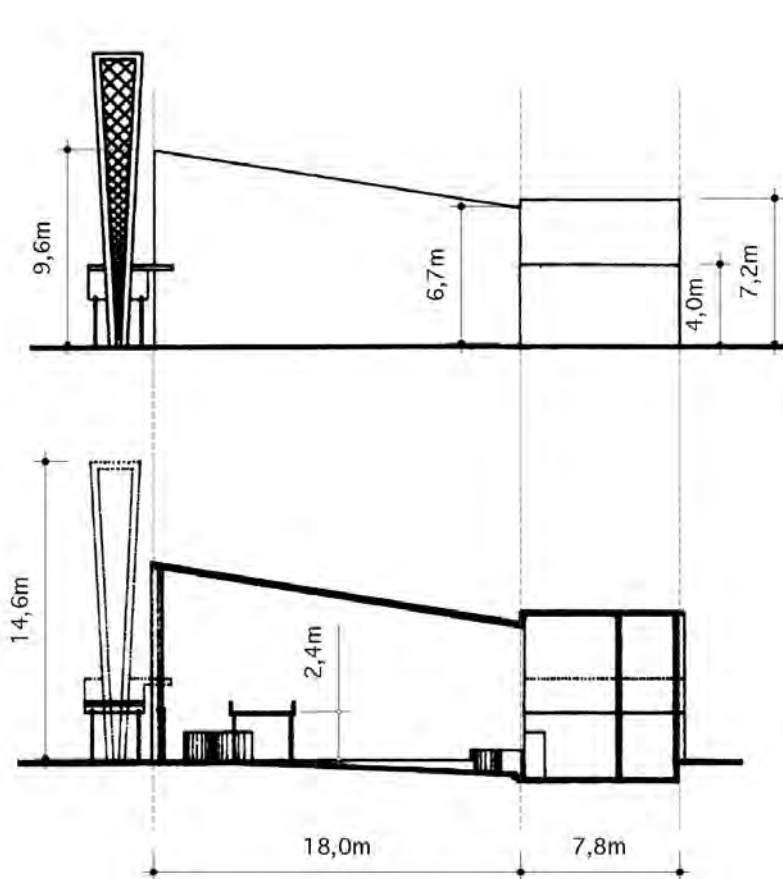


Fig. 4.152 - Oscar Niemeyer: Capela São Francisco de Assis, Belo Horizonte, 1944-45. Fachada lateral e corte longitudinal, com os respectivos vãos. [COMAS, 2002 - COTAS DO AUTOR]

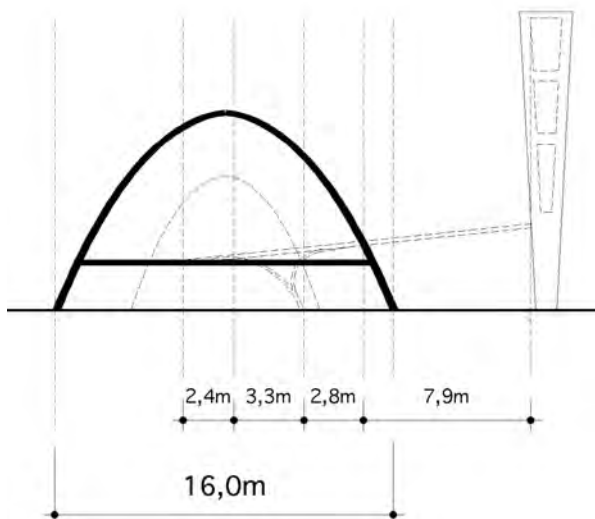


Fig. 4.153 - Oscar Niemeyer: Capela São Francisco de Assis, Belo Horizonte, 1944-45. Corte transversal com o dimensionamento dos vãos da nave e da marquise. [COMAS, 2002 - COTAS DO AUTOR]

A casca principal da capela – estruturalmente mais próxima da cobertura do Hall do Cimento (Maillart, 1938) do que a dos hangares de Orly (Freyssinet, 1916-21) – está assentada sobre uma laje de concreto armado em forma de radier, executada sobre estacas de madeira (fig. 4.154). A casca que cobre a parte principal da capela possui armação em malha quadrada de 8mm com espaçamento de 10 x 10cm¹⁰⁵, compondo um sistema estrutural com esforços de tração e compressão, tanto longitudinal como transversalmente. Além destes esforços, para o equilíbrio se complete ocorrem forças cortantes ao longo de sua espessura. Nas abóbadas curtas, como no caso da capela, a distribuição das forças de tração e compressão longitudinais sofrem grande alteração, ocorrendo tração nas fibras superiores e inferiores e compressão nas intermediárias. Assim as forças transversais comportam-se como arcos agindo em toda a superfície da casca estrutural. A ação destas forças, juntamente com a inexistência de juntas de dilatação em toda a superfície da casca¹⁰⁶, provocam as fissuras no revestimento da abóbada – sem entretanto afetar o concreto armado, conforme AGUIAR (2003, p. 10) – que podem ser observadas na fig. 4.155.

Com o afunilamento gerado pela diminuição constante de seção dos arcos que compõem a cúpula maior da capela (fig. 4.156), as forças tendem a impedir as “*perturbações de borda*” (SALVADORI, 1986, p. 202) muito comuns em abóbadas de seção contínua, pois em consequência da compressão que ocorre nas fatias transversais as abóbadas tendem se abater na porção central onde isto ocorre livremente. A parede cega de alvenaria revestida com azulejos pode ser considerada como um tímpano, que é o elemento enrijecedor da abóbada, auxiliando no travamento e evitando maiores deformações. Como a abóbada da capela pode ser classificada como curta, a estrutura se comporta como sendo uma série de placas engastadas nos apoios (REBELLO, 2000, p. 140).

105. Informações obtidas através de estudo publicado em artigo técnico: AGUIAR, José Eduardo de. *Monitoramento e avaliação estrutural da igreja da Pampulha - como resolver um problema de 50 anos*. Vitória, ES. 2003. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 45°, Vitória, 2003.

106. AGUIAR, afirma ainda em seu estudo que “*a nave central da Igreja da Pampulha apresenta patologias desde a sua inauguração em 1945. Ela foi inicialmente projetada com três nervuras que funcionariam como articulação da estrutura, mas que não foram construídas.*” [AGUIAR, 2003]: 02



Fig. 4.154 - Oscar Niemeyer: Capela São Francisco de Assis, Belo Horizonte, 1944-45. Imagem de uma das estacas de fundação em madeira. [AGUIAR, 2003]: 04



Fig. 4.155 - Oscar Niemeyer: Capela São Francisco de Assis, Belo Horizonte, 1944-45. Vista lateral. [COMAS, 2002]



Fig. 4.156 - Oscar Niemeyer: Capela São Francisco de Assis, Belo Horizonte, 1944-45. Detalhe do encaixe das duas abóbadas que cobrem a sacristia. [COMAS, 2002]



Fig. 4.157 - **Oscar Niemeyer:** Capela São Francisco de Assis, Belo Horizonte, 1944-45. A capela ainda com os andaimes. [COMAS, 2002]

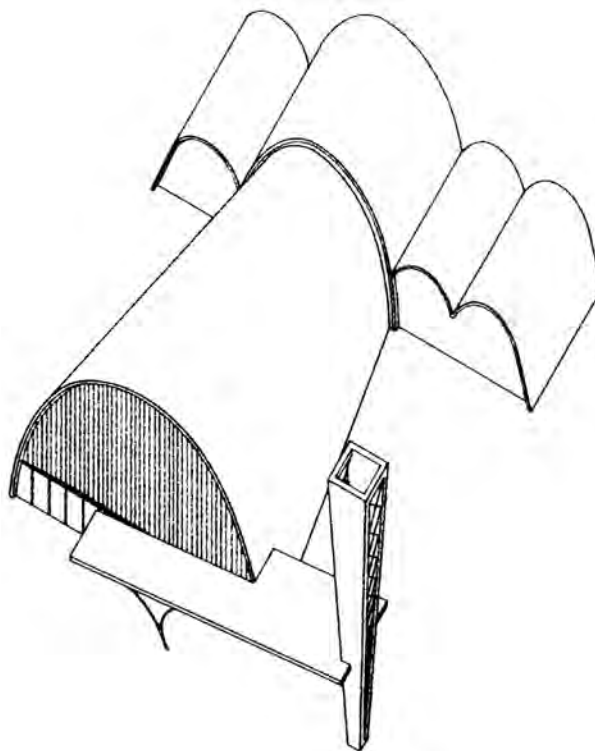


Fig. 4.159 - **Oscar Niemeyer:** Capela São Francisco de Assis, Belo Horizonte, 1944-45. Perspectiva. [COMAS, 2002]

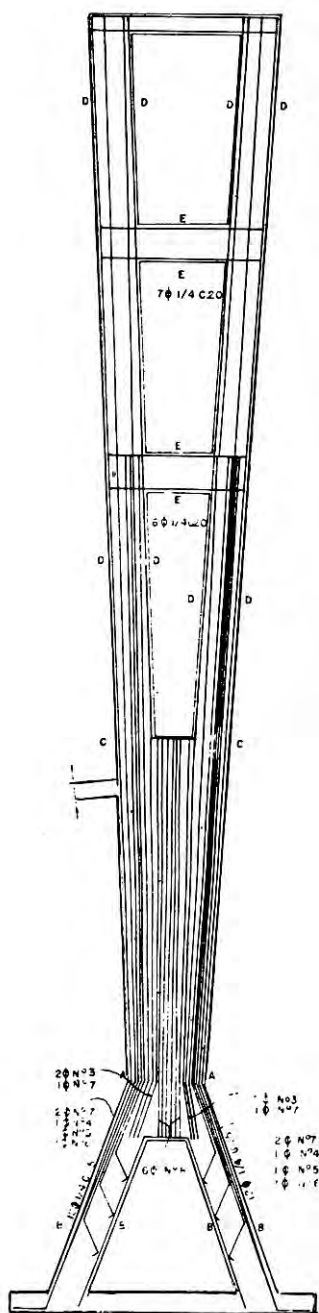


Fig. 4.158 - **Oscar Niemeyer:** Capela São Francisco de Assis, Belo Horizonte, 1944-45. Detalhe das armaduras do campanário. [PAPADAKI, 1951]: 94

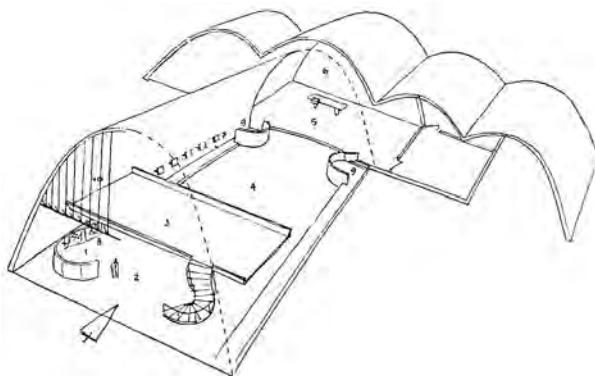


Fig. 4.160 - **Oscar Niemeyer:** Capela São Francisco de Assis, Belo Horizonte, 1944-45. Perspectiva da capela, mostrando o espaço interno. [PAPADAKI, 1951]: 94

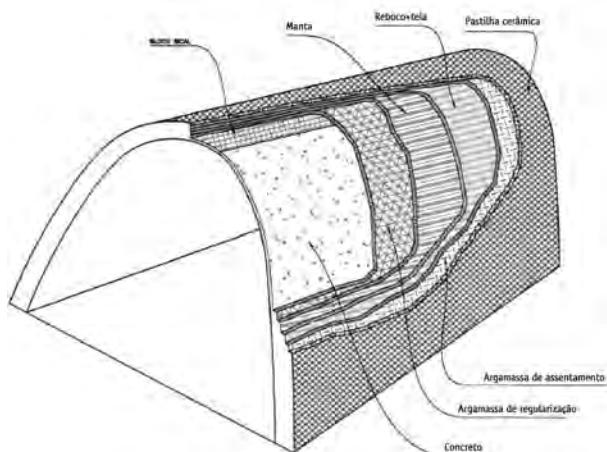


Fig. 4.161 - **Oscar Niemeyer:** Capela São Francisco de Assis, Belo Horizonte, 1944-45. As camadas aplicadas sobre a casca de concreto. [AGUIAR, 2003]: 12

O volume que se encaixa estruturalmente solto e independente da nave contém o altar, a sacristia e a sala do padre – que fica na porção noroeste da capela – é composto de quatro abóbadas unidas entre si, sendo três com altura de 4m e uma mais alta que o final da nave, com 7,2m. A casca de parábolas sucessivas formada por este conjunto tem apoio no solo somente nas extremidades, sendo que as duas parábolas internas não chegam até o chão. Suspensas apenas pelas paredes de fechamento ao fundo da capela (fig. 4.162), vencem vãos de 5,5m (nas extremidades), 8,8m (no encontro da nave) e 4,3m na que cobre parte da sacristia.

“A visão pelo vidro mostra uma nave única, cuja delicadeza e simplicidade contrasta com a retórica externa, subdividida por uma sucessão de portais. O primeiro compreende o coro que ocupa toda a largura da nave recuado do plano da fachada, a escada helicoidal que lhe dá acesso à direita e o batistério, cilindro avançando no lado oposto.” (COMAS, 2002)

A laje do coro é uma bandeja de 3m de largura por 13,6m de comprimento (na linha média) que toca as extremidades menores na casca da nave, com viga e peitoril se confundindo na função de ampliar a inércia da placa. O comprimento total é dividido em três vãos – 4,2m nas laterais e 5m no centro – por um par de colunas colocadas próximas da face mais interior da laje (fig. 4.163). Com este artifício Niemeyer consegue, além de diminuir a seção da laje, determinar dentro da nave abobadada uma tripartição estrutural ao modo de basílica, enfatizada ainda pela referida parede sinuosa do batistério – que não encosta na base da laje – e pelo volume elíptico da escada (fig. 4.164).

Ficha técnica	
Local	Belo Horizonte/MG
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer
Data projeto	1944
Cálculo estrutural	Joaquim Cardozo
Execução	-
Data conclusão	1946
Tipo estrutural	Abóbadas / Arcos parabólicos
Pilotis	-
Vão maior	16m (abóbada da nave) 5m (laje do coro)
Vão menor	4,3 (abóbada da sacristia)
Balanço	-



Fig. 4.162 - Oscar Niemeyer: Capela São Francisco de Assis, Belo Horizonte, 1944-45. Detalhe do avanço de uma das abóbadas em relação ao fechamento. [PAPADAKI, 1951]: 98

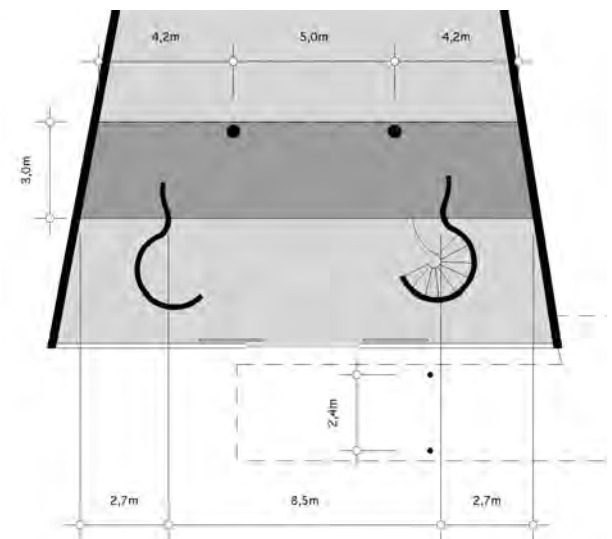


Fig. 4.163 - Oscar Niemeyer: Capela São Francisco de Assis, Belo Horizonte, 1944-45. Dimensões da estrutura do coro a marquise. [DESENHO DO AUTOR]



Fig. 4.164 - Oscar Niemeyer: Capela São Francisco de Assis, Belo Horizonte, 1944-45. Vista do nártex, com o coro e os dois pilares em primeiro plano. [PAPADAKI, 1951]: 95

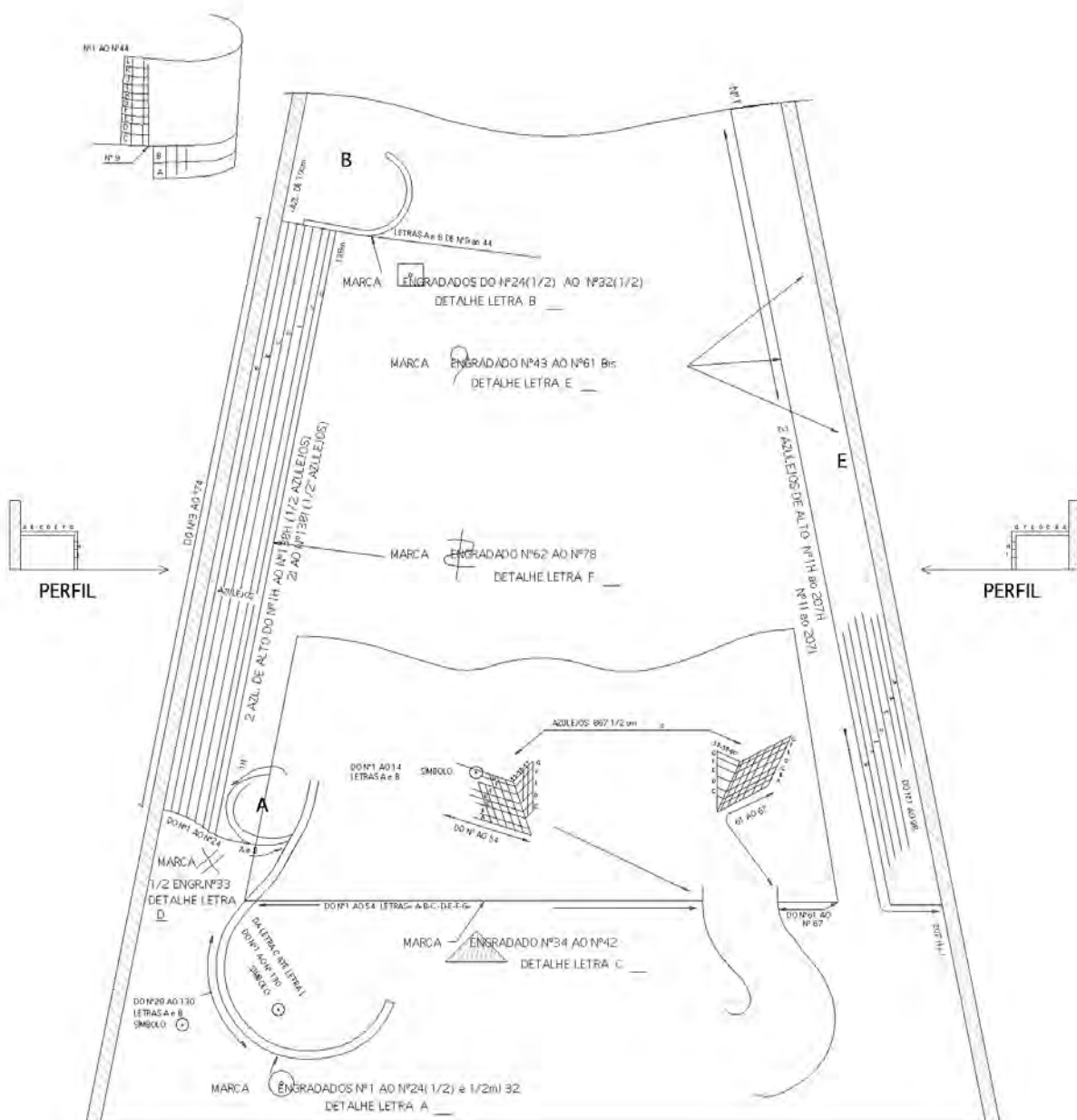


Fig.4.165 - Oscar Niemeyer: Capela São Francisco de Assis, Belo Horizonte, 1944-45. Ampliação da nave principal. [AGUIAR, 2003]



Fig. 4.166 - Oscar Niemeyer: Capela São Francisco de Assis, Belo Horizonte, 1944-45. Detalhe da fachada de acesso. [COMAS, 2002]

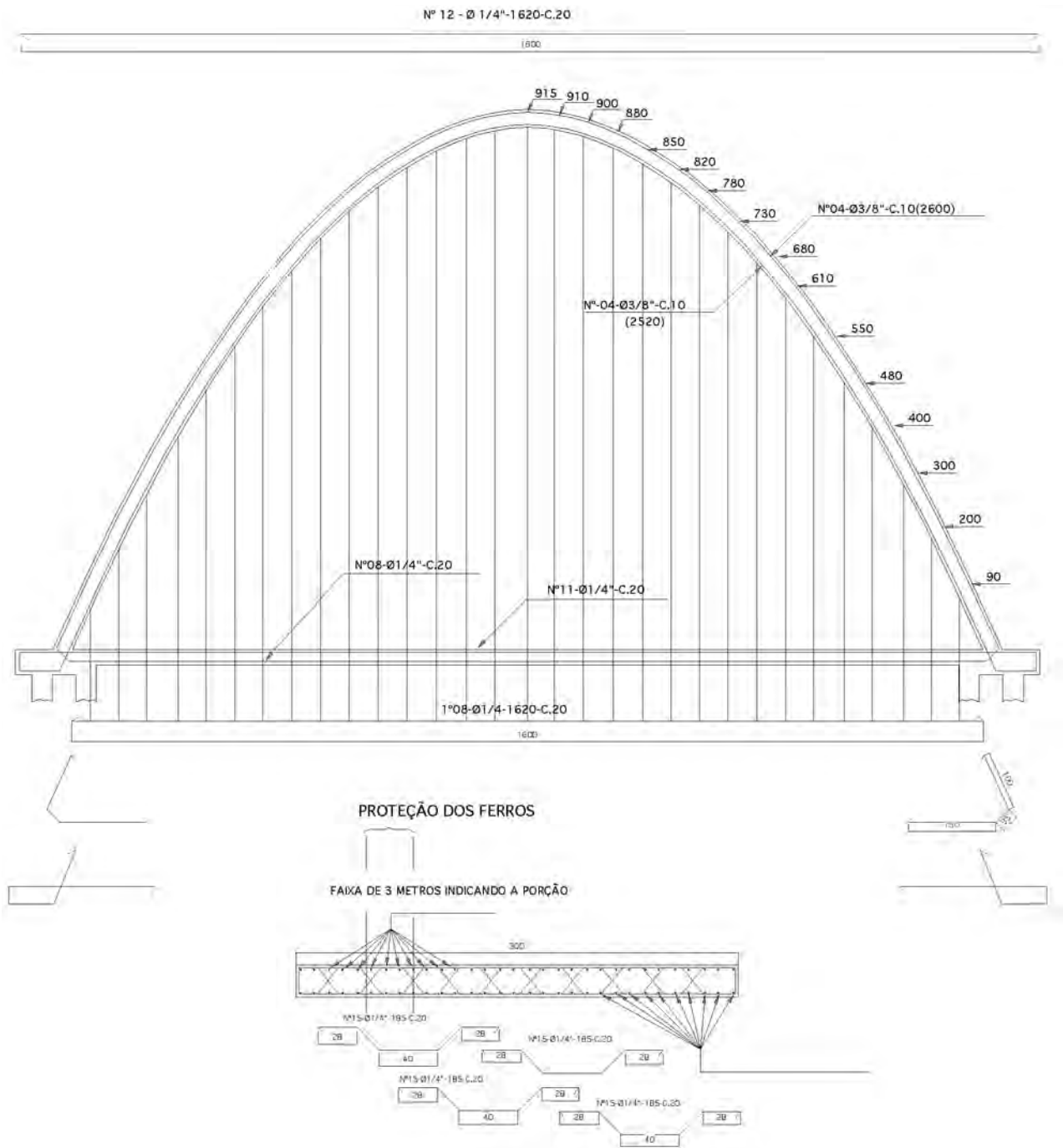


Fig. 4.167 - Oscar Niemeyer: Capela São Francisco de Assis, Belo Horizonte, 1944-45. Detalhe das armaduras da nave principal. [AGUIAR, 2003]

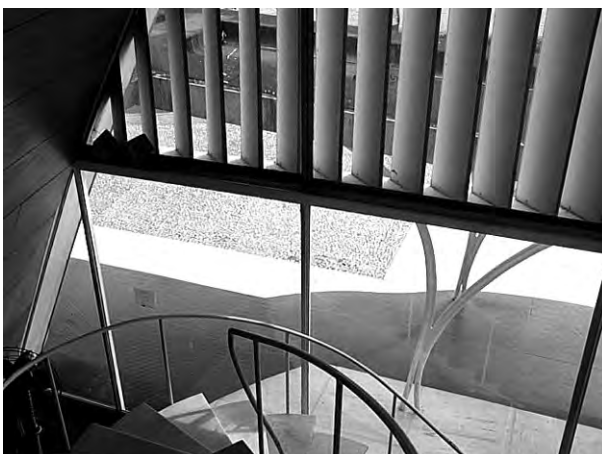


Fig. 4.168 - Oscar Niemeyer: Capela São Francisco de Assis, Belo Horizonte, 1944-45. Aspecto interno dos brises. [COMAS, 2002]

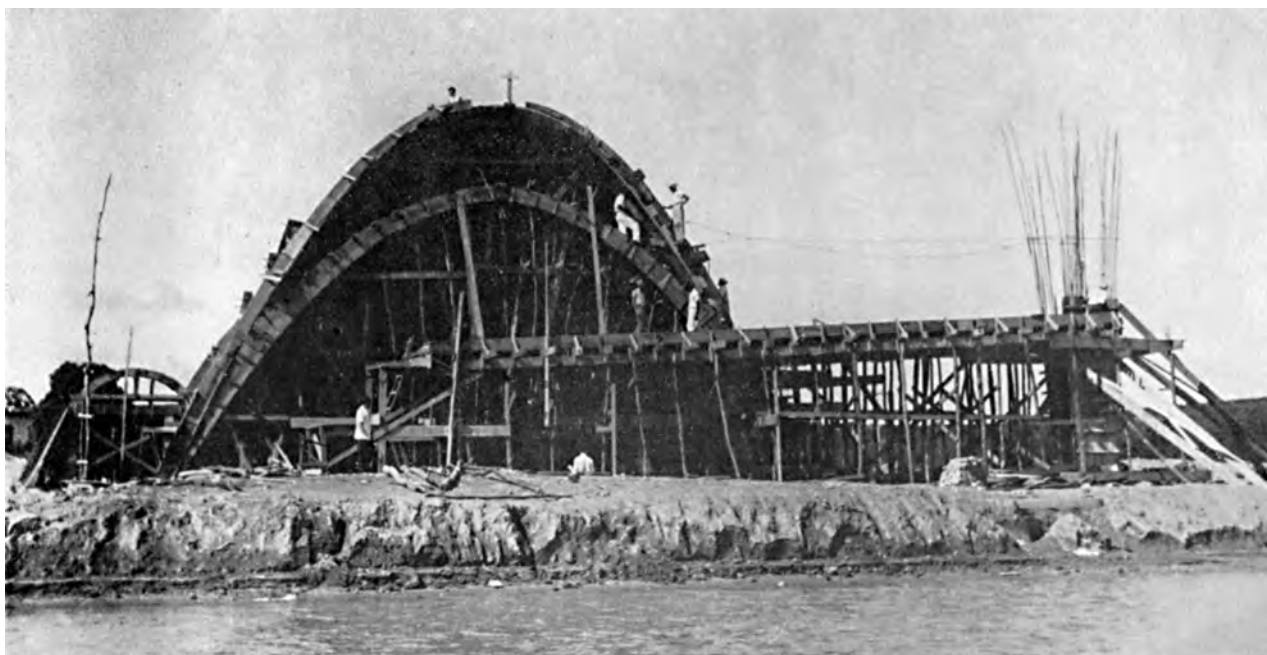


Fig. 4.169 - **Oscar Niemeyer**: Capela São Francisco de Assis, Belo Horizonte, 1944-45. Montagem das formas da capela. [COMAS, 2002]

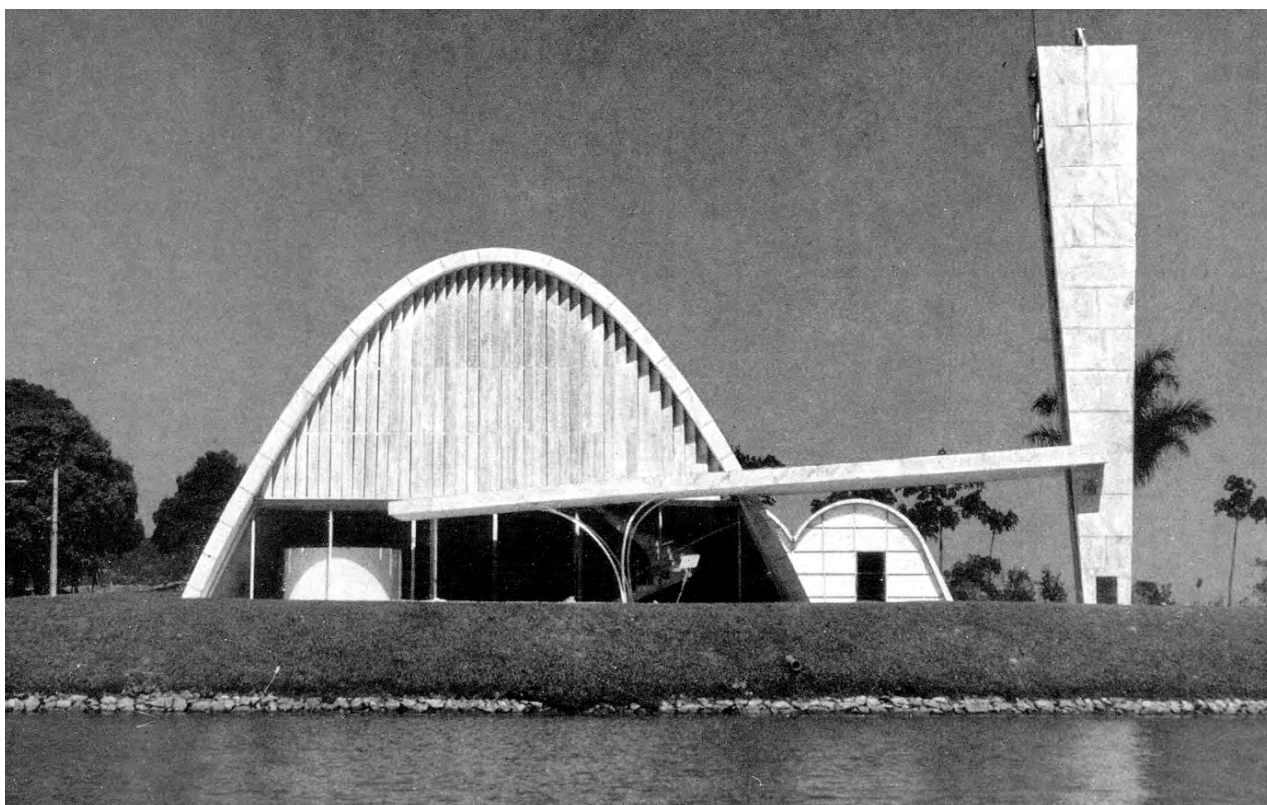


Fig. 4.170 - **Oscar Niemeyer**: Capela São Francisco de Assis, Belo Horizonte, 1944-45. Obra concluída. [MINDLIN, 1999]: 161

Colônia de férias do IRB

“Embora a influência do passado não seja tão forte quanto no caso do Park Hotel (1944), trata-se de uma tentativa deliberada de reconciliar elementos tradicionais com um desenho moderno de uma estrutura em concreto armado.”
(MINDLIN, 2000, p.130)

O edifício projetado por M. M. Roberto, que possui três andares e 87m, é formado por 29 intercolúnios de 3m longitudinalmente e 3 transversalmente, onde os vãos externos também possuem 3m e o vão central 4m.

Uma laje em balanço, suportada por vigas de seção variável (fig. 4.171) – como nas Casas sem dono, Monlevade e na Escola Raul Vidal¹⁰⁷ – constitui o corredor dos alojamentos no terceiro andar, estendendo-se por quase todo o comprimento da edificação. Suportes de madeira alinhados com a colunata de concreto abaixo se elevam para receber a meia-água de sentido inverso que cobre o corpo principal. A grelha que formam com as vigas de cobertura leva jeito de entablamento.

O terraço sobre esbeltos pilotis que então se defronta serve de pórtico, avançando do corpo principal a 9 metros da quina oeste, *“versão simplificada da galeria no risco corbusiano para o MESP na Beira-Mar”* (COMAS, 2002). No térreo se sucedem, desde aí, a garagem, o vestíbulo envidraçado e a varanda mencionada, atrás de vinte e três vãos aparentes da colunata de concreto, seguidos da parede de pedra do alojamento dos empregados à frente dos seis vãos restantes.

O vestíbulo aparece como o foco recessivo da fachada, com quatro colunas de dupla altura ao lado do terraço (fig. 4.174). A grande escadaria vista através da vidraça equilibra o volume avançado do terraço. Duas seções em balanço de comprimento desigual flanqueiam o vestíbulo, ambas fechadas com painéis corrediços e fixos de venezianas.

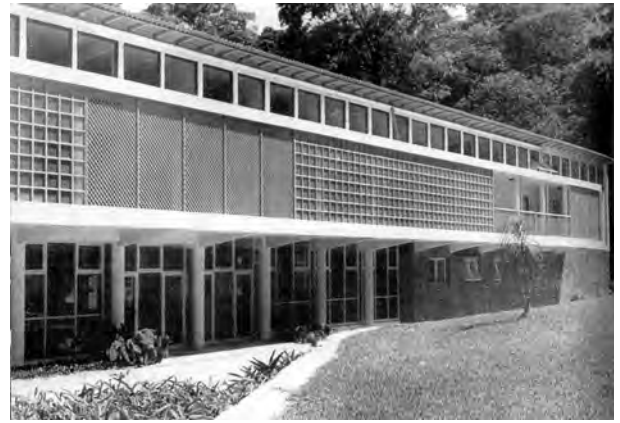


Fig. 4.171 - **MM Roberto**: Colônia de Férias do IRB, Rio de Janeiro, 1944. Fachada principal, onde pode-se observar o balanço sustentado por vigas de seção variável. [MINDLIN, 2000]: 131



Fig. 4.172 - **MM Roberto**: Colônia de Férias do IRB, Rio de Janeiro, 1944. Edifício em construção. [MINDLIN, 2000]: 130

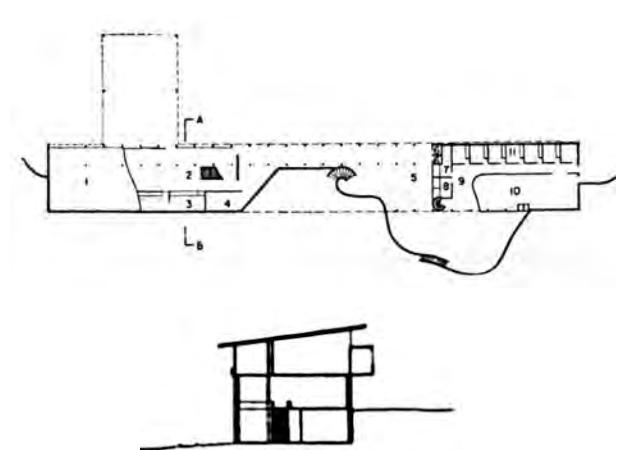


Fig. 4.173 - **MM Roberto**: Colônia de Férias do IRB, Rio de Janeiro, 1944. Planta do andar principal e corte transversal. [MINDLIN, 2000]: 130



Fig. 4.174 - **MM Roberto**: Colônia de Férias do IRB, Rio de Janeiro, 1944. Detalhe da ordem colossal. [MINDLIN, 2000]: 130

107. COMAS (2002) cita outras obras do período que adotam a solução econômica de estrutura com pequenos vãos: *“os projetos de Vital Brazil, a Colônia de Férias do IRB e o bloco habitacional do Realengo são mais representativos da solução convencional, com seus intercolúnios de 3 metros e sua vigas aparentes.”*

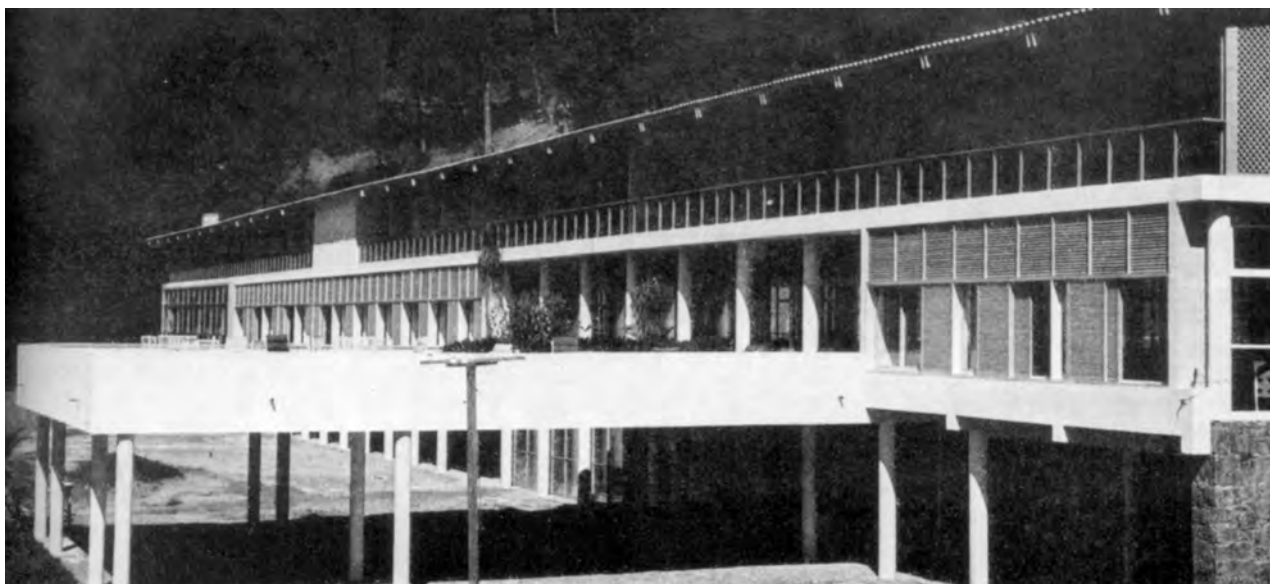


Fig. 4.175 - **MM Roberto**: Colônia de Férias do IRB, Rio de Janeiro, 1944. Fachada posterior. [MINDLIN, 2000]: 131

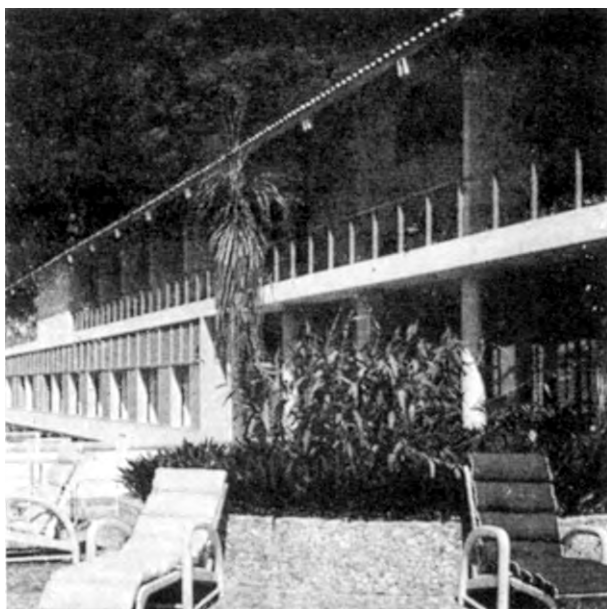


Fig. 4.176 - **MM Roberto**: Colônia de Férias do IRB, Rio de Janeiro, 1944. Vista a partir do terraço. [MINDLIN, 2000]: 131

Outra seção em balanço envidraçada segue a oeste, pouco mais saliente, precedendo pano que prolonga a pedra do alojamento abaixo. As venezianas denotam salões de jogos, o vidro o salão de jantar. No andar superior, a estrutura de madeira e o telhado de fibro-cimento definem uma extensa varanda de 3 metros de largura, só interrompida pelo septo contendo a bela escada em caracol que vai dos alojamentos aos salões abaixo.

A laje de seção considerável que separa o segundo do terceiro pavimento (fig. 4.176) marca horizontalmente a composição em praticamente toda a extensão de ambas as fachadas. A primeira laje mostra vigas com evidência na fachada maior, tanto de topo quanto longitudinalmente.

Pelo lado interno, a estrutura comporta duas naves de largura desigual, uma de 7,80 metros e outra de 3 metros, correspondente à varanda superior e abarcando o trecho em dupla altura do vestíbulo.

Ficha técnica	
Local	Rio de Janeiro
Projeto arquitetônico	M. M. Roberto
Data projeto	1944
Cálculo estrutural	-
Execução	-
Data execução	1944
Tipo estrutural	Reticular baixo
Pilotis	Circulares
Vão maior	9m
Vão menor	3m

Edifício MMM Roberto

“A planta do pavimento-tipo demonstra o uso de um sistema de suporte convencional ao invés da estrutura independente. É óbvio, pois neste caso não se atende à natureza dinâmica e mutável de um pavimento de escritórios, mas à mobilidade menor do ambiente familiar.” (PEREIRA, 1993, p.82)

Situado na Av. Nossa Senhora de Copacabana, este edifício é um clássico exemplar da arquitetura dos irmãos Roberto, seja pela perfeita inserção no local, seja pelo complexo sistema de proteção solar. Construído em 1945 para a residência da família. Terreno estreito e pouco profundo, de costas para a praia de Copacabana, o edifício se desenvolve em um bloco de sete pavimentos-tipo e um apartamento de cobertura com terraço-jardim. Ao contrário dos edifícios de esquina elaborados até então¹⁰⁸ este possui apenas uma superfície voltada para a via.

Na base recuada estão a entrada principal e de serviço e um espaço para a loja. O plano de fachada dos sete pavimentos-tipo tem diante de si um volume projetado em 2,5m (sendo 2m de balanço de laje), coberto por uma grelha ortogonal de lâminas de concreto armado. Esta estrutura de proteção voltada para o poente¹⁰⁹ como escreve PEREIRA (1993, p.82) *“confere imponência e distinção ao edifício em relação aos prédios vizinhos”*. As faixas laterais da fachada são retrasadas em relação ao plano da grelha e tratadas com outro tipo de superfície, funcionando como elemento de transição com os prédios vizinhos.

Os pilares, praticamente invisíveis no pavimento-tipo, se deixam mostrar no térreo com 3 exemplares cilíndricos. Todos os outros pilares estão embutidos nas paredes, com exceção de apenas um que aparece como ressalto próximo ao balanço de cada andar. A divisão transversal tem como seqüência o balanço de 2m, uma faixa de 4,4m seguida do vão central de 4m. A última porção que compreende a circulação vertical, serviços e dependência de empregada.

108. As sedes da A.B.I (1936) e do I.R.B (1941), por exemplo, possuíam uma característica urbana diferenciada, ambos estando em esquinas.

109. Na época da construção o bairro de Copacabana ainda era muito rarefeito, sem as construções defronte ao prédio – que hoje possuem mais de 15 andares e que bloqueiam praticamente toda incidência solar sobre a fachada.

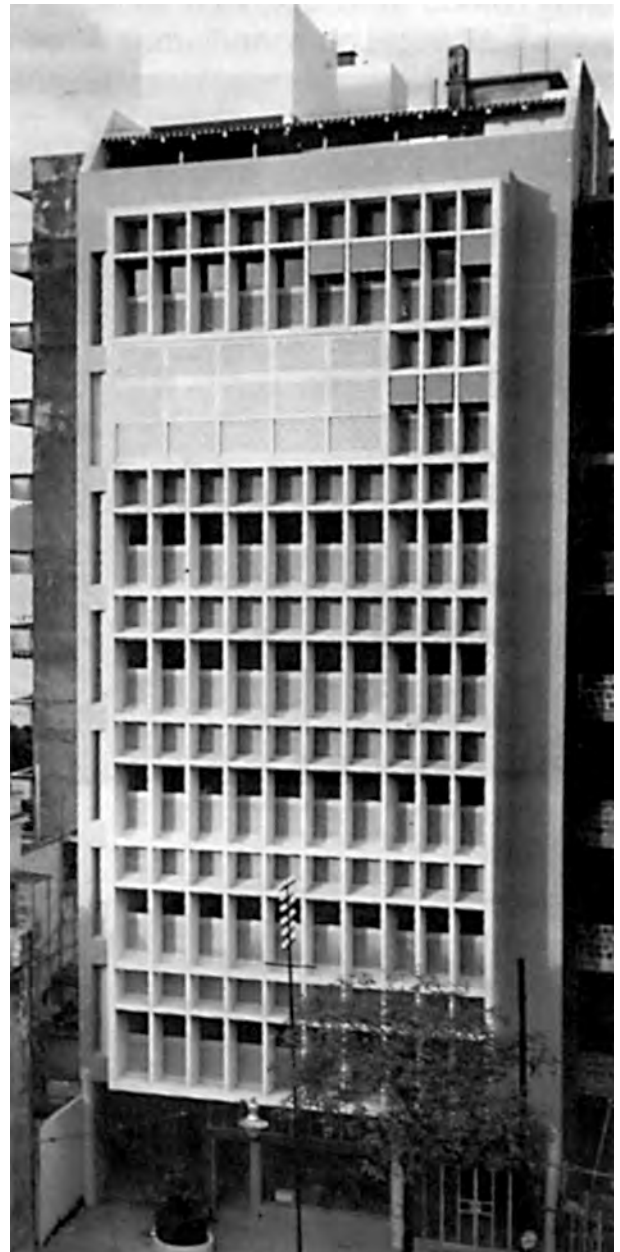


Fig. 4.177 - MMM Roberto: Edifício MMM Roberto, Rio de Janeiro, 1945. Fachada Principal. [XAVIER, 1991]:54

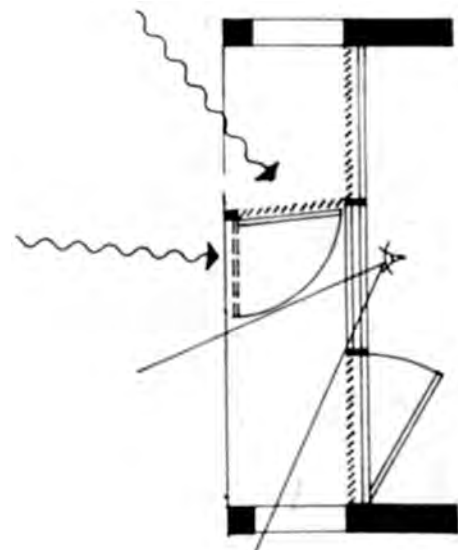


Fig. 4.178 - MMM Roberto: Edifício MMM Roberto, Rio de Janeiro, 1945. Corte esquemático do sistema de proteção solar. [XAVIER, 1991]:54

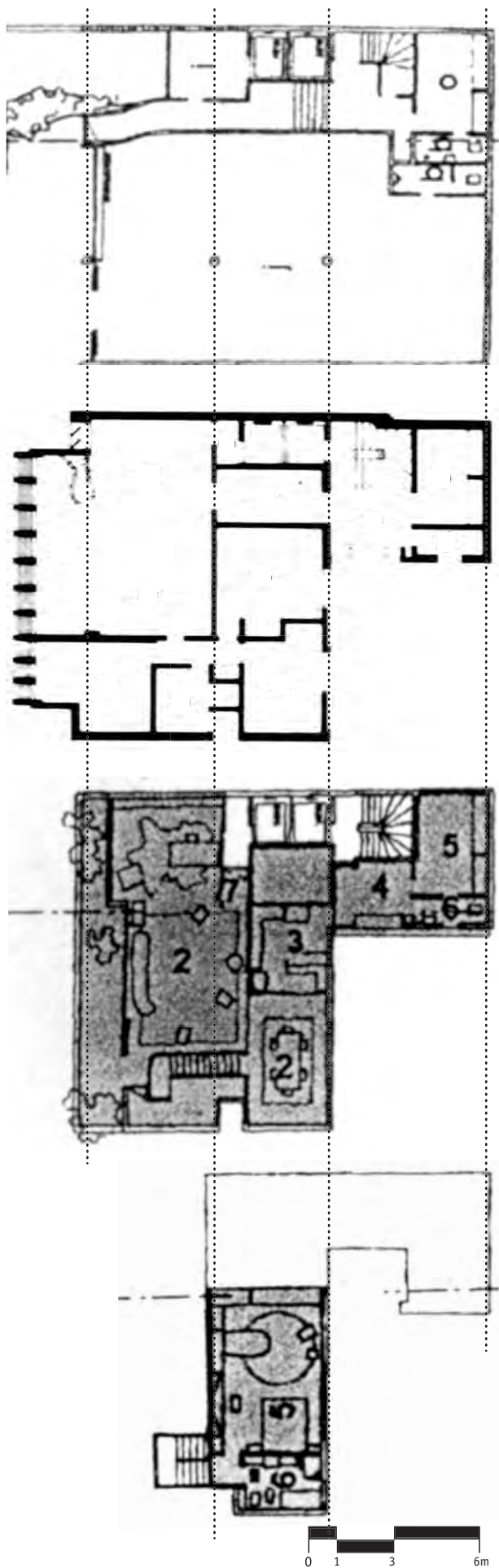


Fig. 4.179 - **MMM Roberto**: Edifício MMM Roberto, Rio de Janeiro, 1945. Plantas Baixas. [DREBES, 2003]

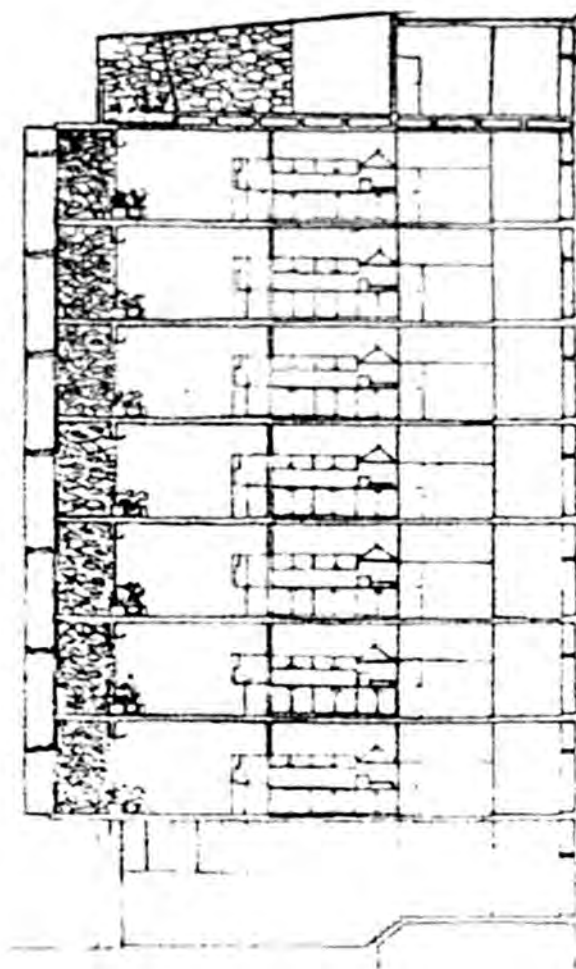


Fig. 4.180 - **MMM Roberto**: Edifício MMM Roberto, Rio de Janeiro, 1945. Corte transversal. [DREBES, 2003]

Ficha técnica	
Local	Rio de Janeiro/RJ
Projeto arquitetônico	MMM Roberto
Data projeto	1945
Execução	Fernando Bastos Siqueira
Data execução	1945
Tipo estrutural	Alto convencional
Vão maior	5,5m
Vão menor	4m
Balanço	2m

Capítulo 2 - Consolidação [1946-1950]

Banco Boa Vista

Projetado em 1946 por Niemeyer, o Banco Boa Vista (fig. 4.181) está implantado em uma cabeça de quarteirão com três fachadas livres. O terreno é ligeiramente trapezoidal, localizado na Av. Presidente Vargas, onde rigorosas posturas municipais – fruto de desdobramentos do plano que o arquiteto e urbanista francês Alfred Agache elaborou – são determinantes dos limites do edifício.

Conforme BAHIMA (2001, p. 99) “a malha estrutural é notadamente modulada e ordenadora do projeto”. A partir da única divisa, posiciona quatro linhas de pilares cilíndricos que na elevação da rua da Quitanda (fachada oeste) se abrem de forma oblíqua, adaptando-se ao alinhamento. Estes pilares estão está afastados por um vão de 6,3m pelo lado da Presidente Vargas, chegando do outro lado com 7,5m – o maior vão do edifício. Na fachada da rua Teophilo Otoni (norte), Niemeyer usa os balanços das lajes para absorver seu ângulo agudo sem deformar a ortogonalidade da malha neste sentido. São 6 linhas de pilares todos afastados por vão idêntico de 6,3m. Apenas a linha correspondente à galeria coberta possui maior dimensão, com 6,8m – aproveitando o recuo determinado pelo plano urbanístico.

As lajes se projetam em balanço nas três faces públicas acompanhando as esquinas de ângulos especiais. Pela Presidente Vargas o balanço a partir do eixo dos pilares é de 1m, sombreando levemente a colunata de 80cm de diâmetro. No lado oeste a laje também avança 1m, mais 40cm da grelha de concreto que suporta os brises verticais. Pela fachada norte o balanço arranca com 80cm na divisa e chega na esquina – tratada em negativo como mostra a fig. 4.182 – com 2,8m, configurando o maior balanço juntamente com a grelha em concreto agora semelhante a do Ministério.

Na fachada sul, voltada para a Av. Presidente Vargas, a esquadria está aplicada sobre o balanço da laje (deixando o topo visível), conformando assim 10 panos horizontais de vidro (além do coroamento opaco com brises verticais). Nos lados oeste e norte do edifício, os brises verticais e horizontais móveis seguem o alinhamento gerado pelas lajes, fixados em uma grelha independente de concreto aplicada no plano estrutural primário, frontalmente a esquadria.



Fig. 4.181 - Oscar Niemeyer: Banco Boa Vista, Rio de Janeiro, 1946. Fachada voltada para a Av. Presidente Vargas (sul). [PAPADAKI, 1951]: 145



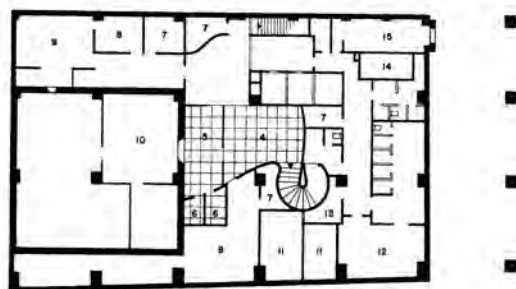
Fig. 4.182 - Oscar Niemeyer: Banco Boa Vista, Rio de Janeiro, 1946. Fachadas norte e oeste. [PAPADAKI, 1951]: 144



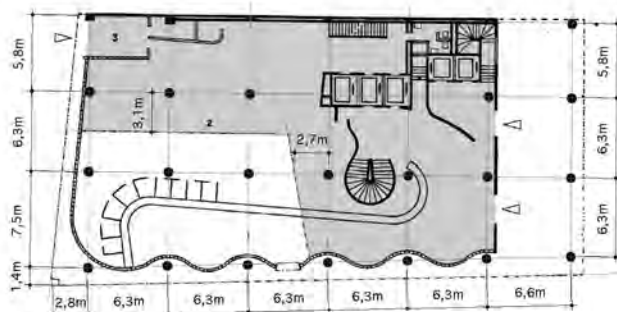
Fig. 4.183 - **Oscar Niemeyer**: Banco Boa Vista, Rio de Janeiro, 1946. As fachadas norte e oeste possuem uma grelha em concreto aplicada a estrutura do edifício. [FOTO DO AUTOR]



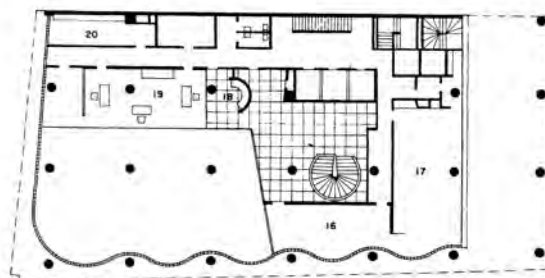
Fig. 4.184 - **Oscar Niemeyer**: Banco Boa Vista, Rio de Janeiro, 1946. Detalhe do recorte da laje do mezanino e a indicação dos consolos que conectam os pilares externos. [PAPADAKI, 1956]: 36



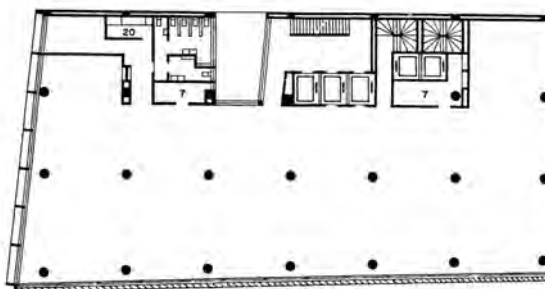
Subsolo



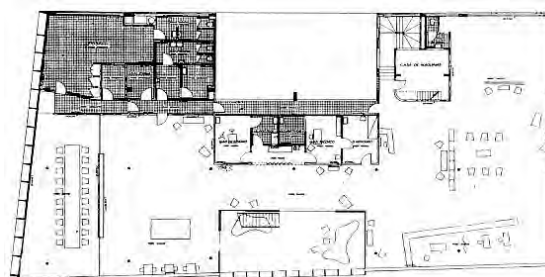
Térreo



Mezanino



Andar-tipo



12º andar

Fig. 4.185 - **Oscar Niemeyer**: Banco Boa Vista, Rio de Janeiro, 1946. Plantas baixas. [MINDLIN, 1999]: 228

Segundo MINDLIN (1999, p. 227) a parede sinuosa em tijolo de vidro no térreo ao longo da fachadas oeste (fig. 4.186), é projetada dessa forma também para dar mais estabilidade (pelo aumento da inércia da superfície) do que seria um plano convencional de linhas retas construído com o mesmo material. O topo da parede não encosta diretamente na base da laje, já que uma esquadria de abertura vertical – que acompanha as curvas da parede – faz a interface entre o plano vertical e horizontal (fig. 4.187), totalizando 7,15m de altura entre a soleira e o piso do segundo pavimento.

Internamente a laje do mezanino – que pelo corte determinado pelo Plano Agache possui 3m de pé-direito – apresenta um recorte que acompanha a sinuosidade da parede, possui balanço longitudinal constante de 3,1m – no espaço da sala do gerente – e variável no sentido transversal, alcançando 2,3m de projeção.

No pavimento-tipo os pilares com seção retangular da divisa continuam embutidos na parede semi-oca. Mais uma vez a estratégia de utilizar o núcleo de circulação vertical como elemento enrijecedor da estrutura é utilizada: os elevadores foram colocados estrategicamente em uma posição onde deveriam estar dois pilares agora ocupada por paredes de concreto armado, além dos espaços do depósito e acesso da copa – na outra extremidade – que também possuem pilares de seção retangular e quadrada. Na prática, o primeiro intercolúnio depois da divisa – utilizado como bloco de serviços – concentra elementos sustentantes que, mesmo não sendo pilares ou colunas, colaboram para que as cargas sejam transmitidas até o subsolo.

Ficha técnica	
Local	Rio de Janeiro/RJ
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer
Data projeto	1946
Cálculo estrutural	Joaquim Cardozo
Execução	José de A. Marques Sales
Data execução	1947
Tipo estrutural	Alto Reticular
Pilotis	Circulares
Vão maior	7,5m
Vão menor	5,8m
Balanço maior	2,8m
Balanço menor	0,8m



Fig. 4.186 - Oscar Niemeyer: Banco Boa Vista, Rio de Janeiro, 1946. O espaço interno do térreo a partir do mezanino e a parede sinuosa construída em tijolo de vidro. [PAPADAKI, 1951]: 151



Fig. 4.187 - Oscar Niemeyer: Banco Boa Vista, Rio de Janeiro, 1946. As fachadas norte e oeste possuem uma grelha em concreto aplicada a estrutura do edifício. [FOTO DO AUTOR]



Fig. 4.188 - Oscar Niemeyer: Banco Boa Vista, Rio de Janeiro, 1946. Detalhe da grelha de concreto e dos brises. [FOTO DO AUTOR]

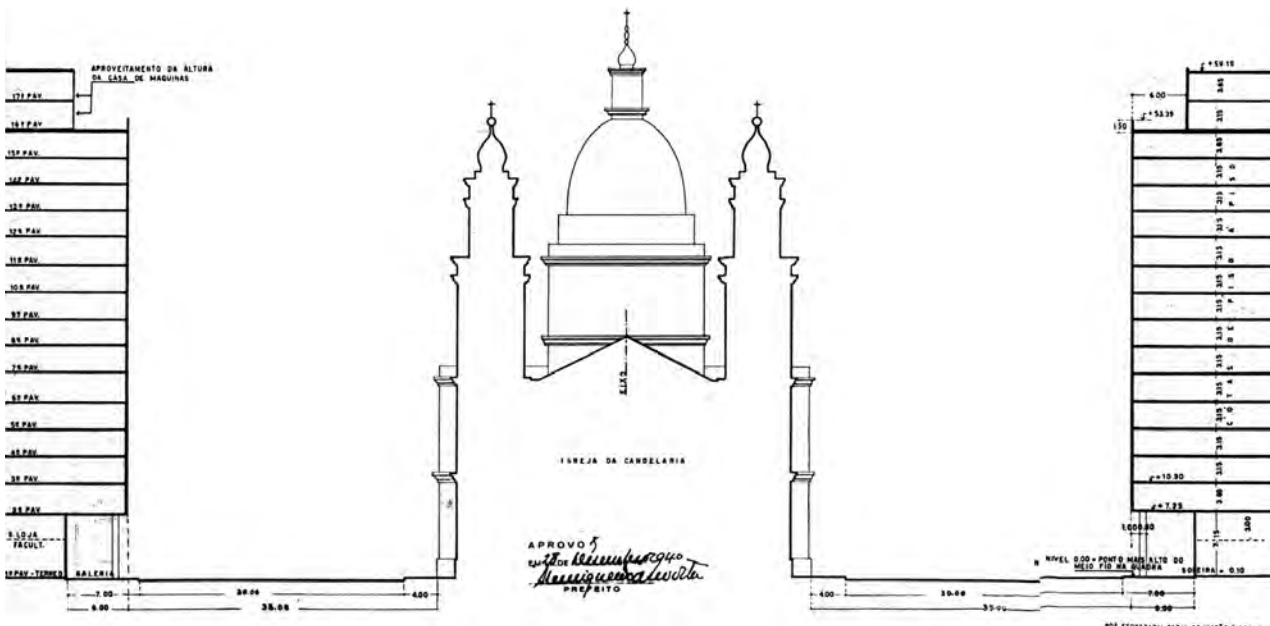


Fig. 4.189 - Oscar Niemeyer: Banco Boa Vista, Rio de Janeiro, 1946. Corte genérico da Presidente Vargas determinado pelo Plano Agache. Ao centro a Igreja da Candelária como marcação do eixo de simetria. [PDF, MAR 1941]



Fig. 4.190 - Oscar Niemeyer: Banco Boa Vista, Rio de Janeiro, 1946. Detalhe dos pilares em relação à parede sinuosa. [PAPADAKI, 1951]: 147

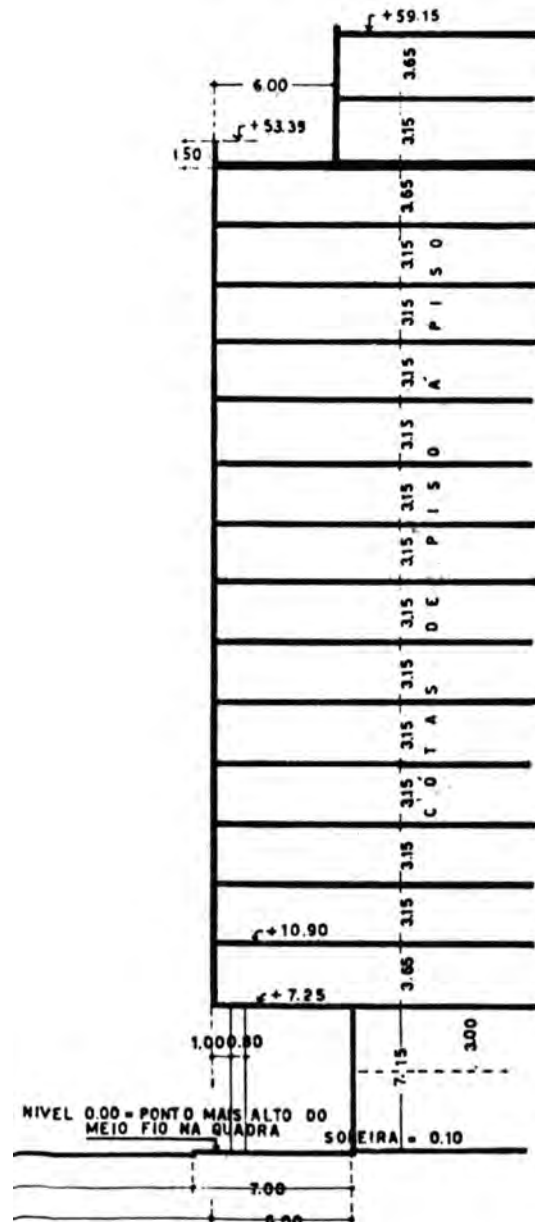


Fig. 4.191 - Oscar Niemeyer: Banco Boa Vista, Rio de Janeiro, 1946. Detalhe do corte genérico, com as alturas e recuos que deveriam ser respeitados. [PDF, MAR 1941]

Parque Guinle

“Aconselhei uma arquitetura contemporânea que se adaptasse mais ao parque do que a mansão, e que os prédios alongados, de seis andares, fossem soltos do chão e dispusessem loggias em toda a extensão das fachadas, com vários tipos de quebra-sol, já que dava para o poente. Foi o primeiro conjunto de prédios construído sobre pilotis e o prenúncio das superquadras de Brasília.” (COSTA, apud GUIMARAENS, 1996 p.59)

Os edifícios de apartamento são paralelepípedos de 66m de comprimento por 14m de largura que seguem os princípios de Le Corbusier: esqueleto estrutural de concreto independente, laje plana de entrepiso em balanço, garagem no subsolo, pilotis de dupla altura no primeiro pavimento, dos núcleos de elevadores e duas caixas de escadas exteriores, dois apartamentos duplex e dois normais na planta tipo e apartamentos especiais circundados por terraços no último pavimento. Os cinco apartamentos têm dimensões que variam entre 225 e 515 m² e estão organizados em faixas paralelas ao longo de generosos espaços de circulação intermediários.

O edifício Nova Cintra

Bloco de 7 pavimentos onde os salões e habitações frente à rua exterior ao sul se fecham com muros cortina cujos painéis inferiores são de vidro pintado de azul; as paredes laterais se revestem de pedra e estão perfuradas por uma fileira vertical de janelas quadradas que correspondem aos banheiros e aos extremos da faixa intermediária da planta. A neutralidade horizontal domina em ambos os casos, mas, frente ao parque, para o qual, logicamente, se abrem os salões e os dormitórios dos blocos interiores, o vidro se dissimula atrás de elegantíssimos painéis de textura diversa, grelhas de peças de cerâmica avermelhada ou placas de madeira pintadas de branco; aqueles perfurados por um marco central quadrado, estes interrompidos em uma das metades superiores.

“A malha branca e quadrada que emoldura os painéis e suas aberturas não deixa de manifestar empatia com o Terragni da Casa del Fascio e da Casa Rustici, ou, mais próximo, com o Rino Levi do Instituto de Filosofia. O colorido pastel e o jogo de texturas rendilhadas animam as galerias que o clima propicia e a orientação reclama.” (COMAS, 2002)

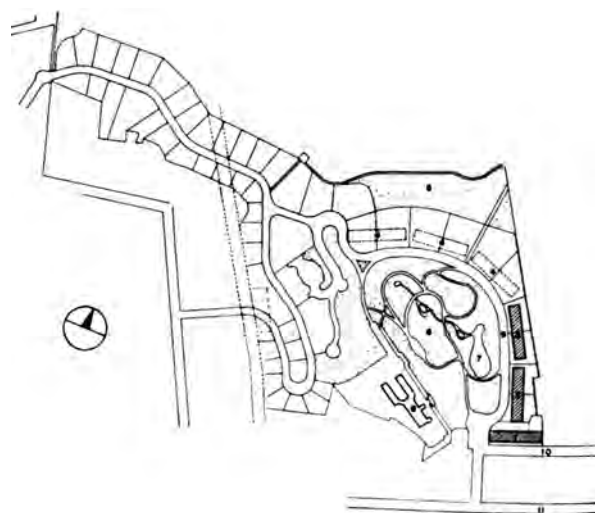


Fig. 4.192 - **Lucio Costa**: Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1947-53. Implantação do conjunto. [MINDLIN, 2000]:112



Fig. 4.193 - **Lucio Costa**: Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1947-53. Vista dos edifícios Bristol (esquerda) e Caledônia (direita). [COSTA,]:88



Fig. 4.194 - **Lucio Costa**: Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1947-53. Vista dos edifícios Bristol (direita) e Caledônia (esquerda). [MINDLIN, 2000]: 112

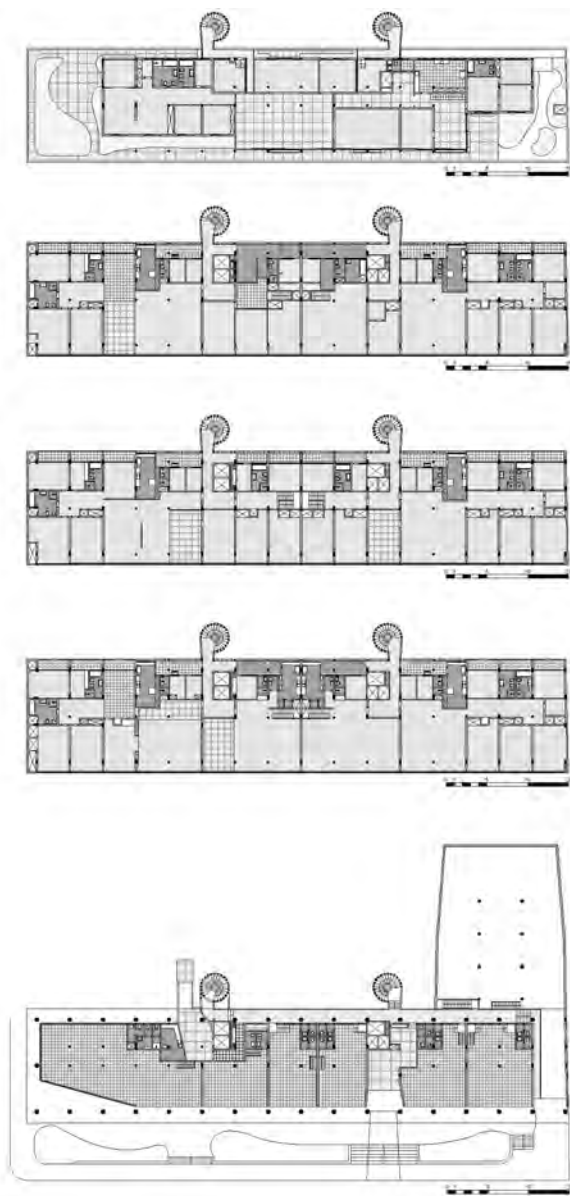


Fig. 4.195 - **Lucio Costa**: Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1947-53. Plan-tas do edifício Nova Cintra. [BRINO, 2003]

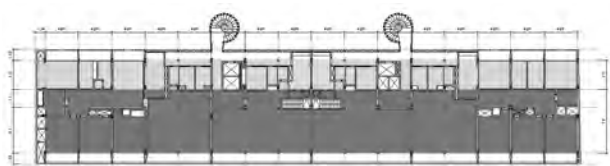


Fig. 4.196 - Indicação do pano de laje plana (cinza escuro) e da laje convencional (cinza claro).



Fig. 4.197 - **Lucio Costa**: Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1947-53. Pers-pectiva do edifício Nova Cintra. [COSTA, 1995]

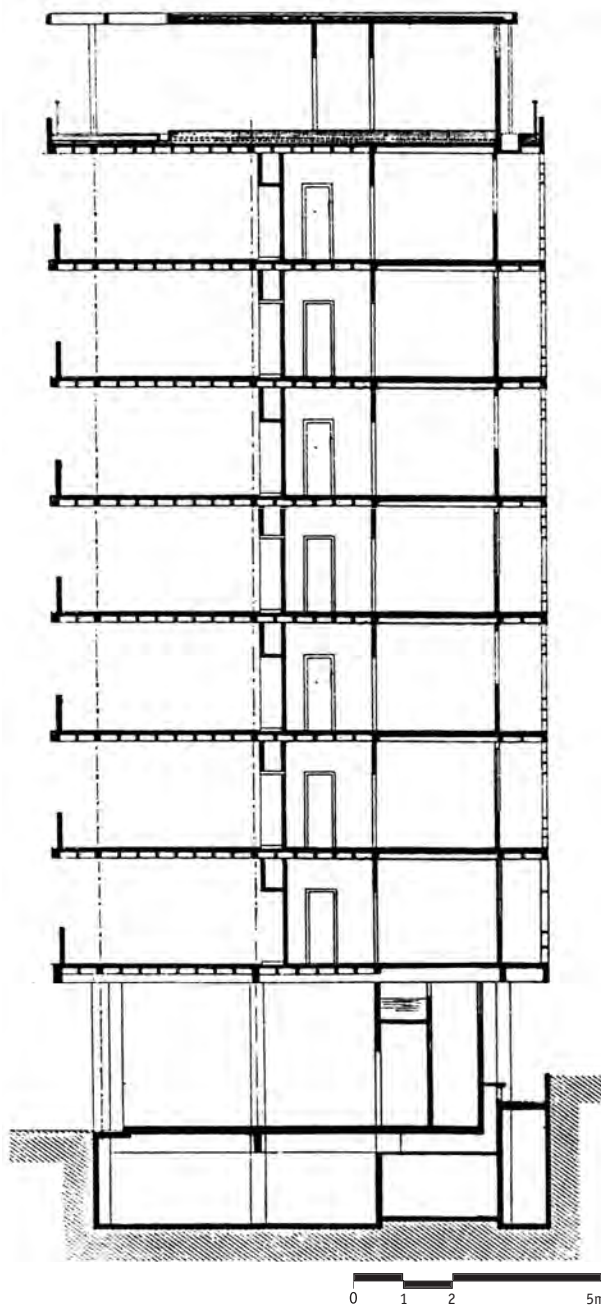


Fig. 4.198 - **Lucio Costa**: Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1947-53. Corte do transversal do edifício Nova Cintra. [L' Architecture d'Aujourd'hui, nº16 dez 1947]:36 (expandido digitalmente pelo autor)



Fig. 4.199 - **Lucio Costa**: Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1947-53. Térreo do edifício Nova Cintra pela rua Gago Coutinho. [MINDLIN, 1999]:115

O Nova Cintra é, como escreve Bahima¹¹⁰, o bloco que se difere dos demais “por estar situado na porção plana do terreno, por participar da transição do espaço público da cidade, por possuir sete andares tipo, com fachada sul voltada para a Gago Coutinho e pela função urbana do térreo que é destinado ao uso comercial[...]”. A dissimilitude desta edificação em relação as outras duas do conjunto também se expressa no sistema construtivo. Conforme a indicação do corte transversal da fig. 4.198, o sistema de lajes no edifício Nova Cintra é misto, com lajes nervuradas (caixão-perdido) na porção referente a área social (fig. 4.196) e lajes convencionais na faixa que contém as áreas molhadas (sanitários e cozinhas). As superfícies suportadas pela laje plana possuem 7,8m (divididos em dois vãos: 5,6m e outro de 2,2m) por 4,05m; e o pano de laje convencional tem dimensões 3,5m pelos mesmos 4,05m. Os dois balanços (norte e sul) possuem 1,35m e são construídos da mesma maneira que as lajes planas.

A coexistência de dois sistemas de construção de lajes (nervuradas e convencionais) dentro do mesmo pavimento é solução engenhosa, pois em áreas molhadas a demanda das instalações hidro-sanitárias gera a passagem de tubulações em diferentes direções e sentidos, o que é inviável em termos de altura da seção e das ranhuras de uma laje semi-oca. A combinação com a técnica convencional resulta em altura idêntica do teto, onde todo o plano se torna liso e sem saliências (fig. 4.201), não só atendendo aos preceitos modernistas de Le Corbusier, mas também sintonizado com as artérias da edificação e as solicitações dos diferentes vãos a serem vencidos. Estas singularidades, sob o aspecto de sua estrutura em concreto armado, revelam acima de tudo um entendimento íntimo do projeto estrutural em relação ao projeto arquitetônico concebido por Lucio Costa.

110. BAHIMA, Carlos Fernando Silva. *Edifício moderno brasileiro : a urbanização dos cinco pontos de Le Corbusier 1936-57*. Dissertação de Mestrado, PROPAR, 2002. p.117.

Ficha técnica - Edifício Nova Cintra

Tipo estrutural	Reticular Alto
Pilotis	Seção Circular
Vão maior	5,60m
Vão menor	2,20m
Balanço maior	1,35m
Balanço menor	0,65m



Fig. 4.200 - Lucio Costa: Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1947-53. Em 1947 o edifício Nova Cintra (direita) praticamente concluído, quando o bloco central (Bristol, à esquerda) ainda estava em fase de concretagem. [L' Architecture d'Aujourd'hui, n°16 dez 1947]:31



Fig. 4.201 - Lucio Costa: Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1947-53. Fachada Norte do edifício Nova Cintra em construção. [L' Architecture d'Aujourd'hui, n°16 dez 1947]:32



Fig. 4.202 - Lucio Costa: Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1947-53. Vista aérea do edifício Nova Cintra. [AU 38]:95

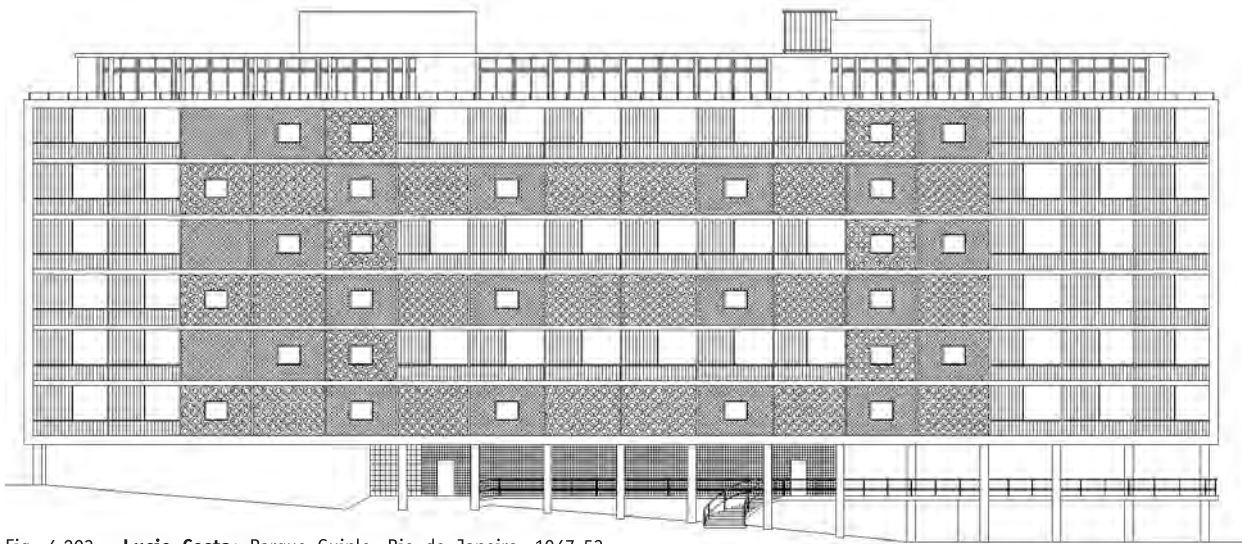


Fig. 4.203 - **Lucio Costa**: Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1947-53. Fachada do edifício Bristol. [BRINO, 2003]

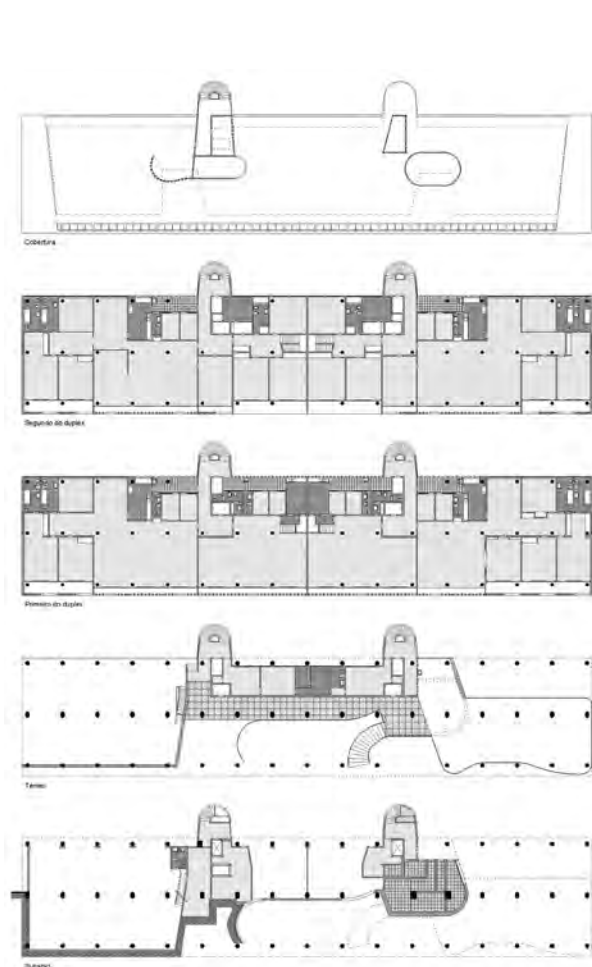


Fig. 4.204 - **Lucio Costa**: Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1947-53. Plan-
tas do edifício Bristol. [BRINO, 2003]

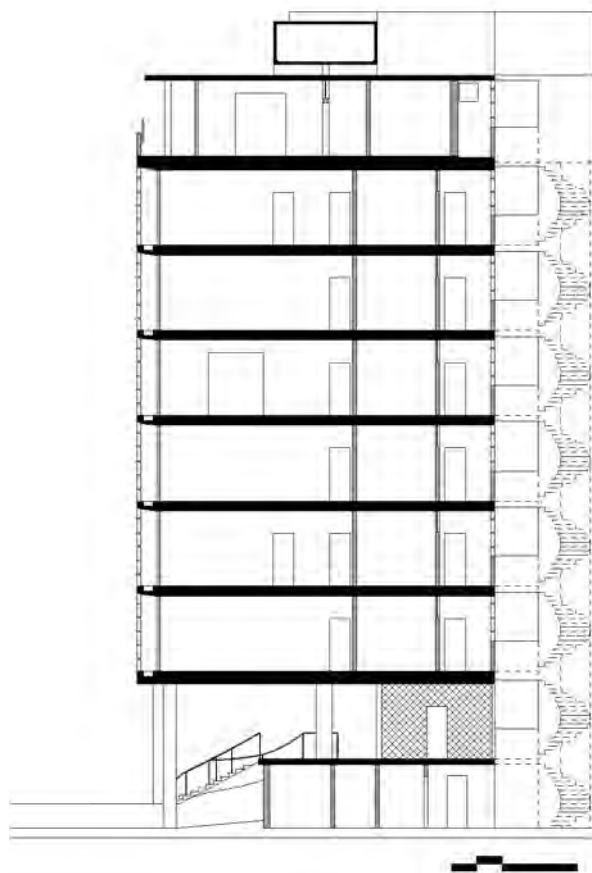


Fig. 4.205 - **Lucio Costa**: Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1947-54. Corte
transversal do edifício Bristol. [BRINO, 2003]



Fig. 4.206 - **Lucio Costa**: Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1947-54. Deta-
lhe dos chanfros das paredes. [BRINO, 2003]

Os edifícios Bristol e Caledônia

Os dois blocos¹¹¹ de 6 pavimentos de orientação nordeste/sudoeste se diferem estruturalmente do Nova Cintra, em primeiro lugar por ter duas naves longitudinais (uma a menos) e por serem determinadas por três linhas de 16 pilares que vencem vãos de 4,25m por 6,25m. Os balanços transversais são de 0,65 e 1,30m, e os longitudinais de 0,70m de cada lado menor.

No Bristol, as lajes possuem uma maior altura e são, no lado sudoeste, chanfradas (fig. 4.205), reduzindo a altura aparente para que se mostrem na fachada com a mesma dimensão que no edifício Nova Cintra. Este artifício também é utilizado nas vedações perpendiculares ao lado maior (fig. 4.206), que reduzem sua espessura próximo ao exterior, conformando de maneira idêntica os montantes da grelha aparente que arma as proteções solares – brises, cobogós, lâminas, etc – sendo o traço horizontal mais largo que o vertical.

Com estes dois edifícios, o conjunto do Parque Guinle, que é considerado por muitos como um manifesto, não só por sua monumentalidade, mas também por ser representativo “*da atenção de Lucio ao construtivo, à produção imediata*” (FERRO, 2003 p.217)¹¹², sendo representativo de um respeito à alvenaria, ao pilar, a viga e no emprego dos materiais.

111. As informações documentais do edifício Caledônia são escassas, porém podemos considerar – pela leitura do térreo – que sua estrutura é semelhante a do edifício Bristol.

112. FERRO, Sérgio apud *O risco: Lucio Costa e a utopia moderna: depoimentos do filme de Geraldo Motta Filho*. Rio de Janeiro : Bang Bang Filmes, 2003. 255 p.

Ficha técnica edifícios Bristol e Caledônia

Data execução	1950 (Bristol) e 1953 (Caledônia)
Tipo estrutural	Reticular Alto
Pilotis	Seção Circular
Vão maior	6,25m
Vão menor	4,25m
Balanço maior	1,30m
Balanço menor	0,65m

Ficha técnica geral

Local	Rio de Janeiro/RJ
Projeto arquitetônico	Lucio Costa
Data projeto	1947
Cálculo estrutural	José de Azevedo Marques
Execução	Servix Engenharia Ltda.

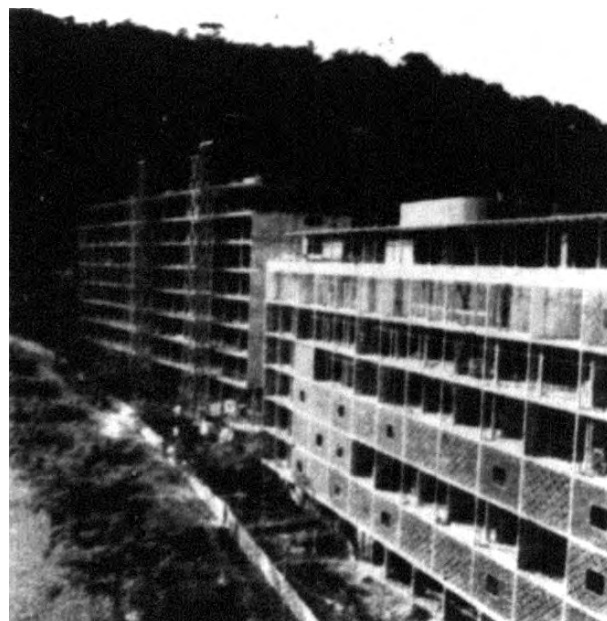


Fig. 4.207 - **Lucio Costa**: Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1947-53. Em primeiro plano o edifício Bristol em fase de aplicação dos cobogós com a ossatura do Caledônia ao fundo. [Revista Municipal de Engenharia, Out-Dez 1948]: 149-153



Fig. 4.208 - **Lucio Costa**: Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1947-53. Em primeiro plano o edifício Caledônia em construção. [Revista Municipal de Engenharia, Out-Dez 1948]: 149-153



Fig. 4.209 - **Lucio Costa**: Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1947-53. Fachadas leste (parciais). [COSTA, 1995]: 88



Fig. 4.210 - **Lucio Costa**: Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1947-53. Acesso do edifício Bristol. [COSTA, 1995]:90



Fig. 4.211 - **Lucio Costa**: Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1947-53. Acesso do edifício Bristol. [COSTA, 1995]:91

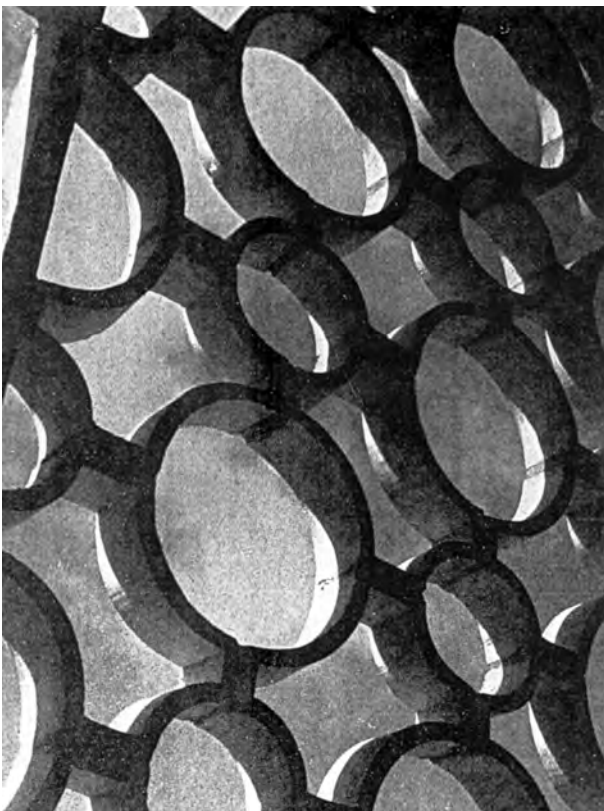


Fig. 4.212 - **Lucio Costa**: Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1947-53. Vista dos cobogós. [L' Architecture d'Aujourd'hui, n°16 dez 1947]:32

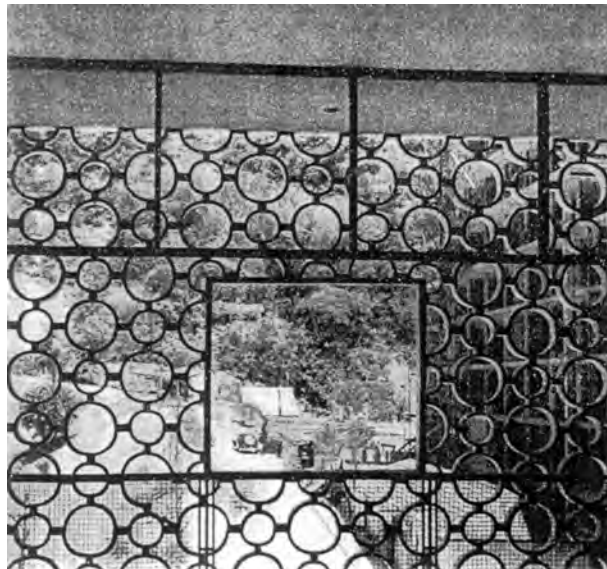


Fig. 4.213 - **Lucio Costa**: Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1947-53. Vista a partir do edifício Nova Cintra em direção do Bristol (em construção) e do terreno do futuro edifício Caledônia. [L' Architecture d'Aujourd'hui, n°16 dez 1947]:32

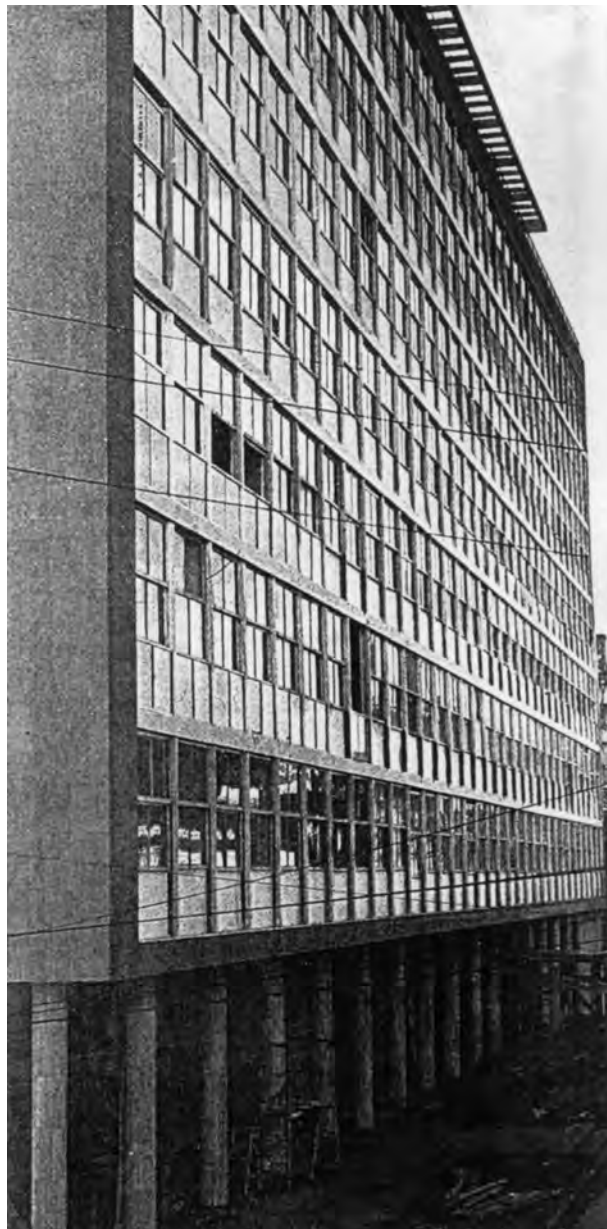


Fig. 4.214 - **Lucio Costa**: Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1947-53. Fachada sul do edifício Nova Cintra. [L' Architecture d'Aujourd'hui, n°16 dez 1947]:33

Conjunto Residencial Pedregulho Bloco "A"

"Reidy era muito cuidadoso com a execução da construção [...] Foi assim no Pedregulho e em todos os projetos que edificou. Em função disto sua obra construída – relativamente pequena quando comparada aos inúmeros projetos que realizou – possui uma qualidade construtiva que a diferencia de grande parte das obras da época". (CAIXETA, 1999, pp.354-5)

Projeto de habitação popular localizado no Bairro de São Cristóvão, no Rio de Janeiro, projetado por Reidy em 1948. O programa foi estabelecido após minucioso levantamento das condições existentes e censo dos futuros moradores, realizado pelo Departamento de Habitação Popular da Prefeitura do Distrito Federal.

A barra serpenteante em concreto armado, de 230m de comprimento, 13m de largura e 23m de altura (7 pavimentos) é o maior edifício do conjunto. Batizada de *Bloco "A"*, possui apartamentos convencionais e duplex separados por um pavimento intermediário livre em forma de pilotis. É ligado à rua por duas "pontes" que vencem o vão proporcionado pela declividade do terreno, que por sua vez determina a curvatura da barra através das curvas de nível.

Ao longo de toda a barra ocorrem 37 pares de pilares – separados por um vão de 5,8m – a cada 7,3m, com 4 juntas de dilatação que dividem o edifício em 5 unidades estruturais independentes. Os balanços são idênticos dos dois lados, projetando lajes de seção variável a 2,8m em relação a prumada dos pilares – que no pavimento intermediário são elípticos, mas que assumem formas retangulares dentro das unidades habitacionais.

A estratégia de Reidy para resolver o volume, extrudando um perfil em corte tripardido – balanço/vão/balanço – ao longo de um caminho sinuoso, é exemplar, pois apesar de se afirmar que no conjunto não foram realizadas grandes inovações em relação ao sistema construtivo¹¹³, a resposta estrutural para o perfil permite que a figura seja utilizada associada a qualquer tipo de traçado, como quis demonstrar Le Corbusier no *"Edifício Auto-Estrada"* de 1929.

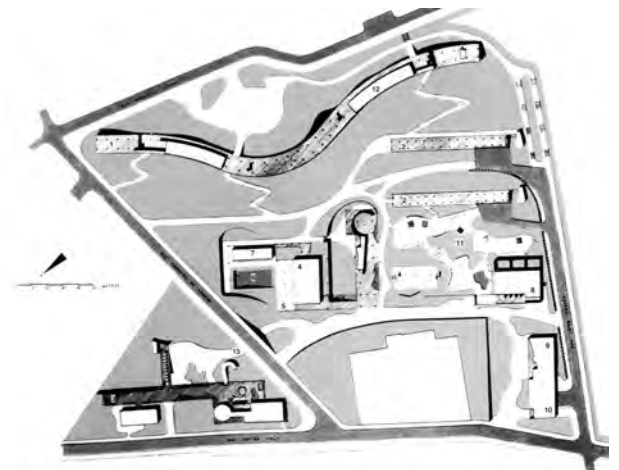


Fig. 4.215 - Affonso Eduardo Reidy: Conjunto Pedregulho, Rio de Janeiro, 1948-58. Versão final do projeto. [REIDY, 1999]:85



Fig. 4.216 - Affonso Eduardo Reidy: Conjunto Pedregulho, Rio de Janeiro, 1948-58. Vista aérea do conjunto. [REIDY, 1999]:89



Fig. 4.217 - Affonso Eduardo Reidy: Conjunto Pedregulho, Bloco "A", Rio de Janeiro, 1948-58. Bloco "A" em construção. [REIDY, 1999]:88



Fig. 4.218 - Affonso Eduardo Reidy: Conjunto Pedregulho, Bloco "A", Rio de Janeiro, 1948-58. Vista do pavimento intermediário. [REIDY, 1999]:91

113. Ver CAIXETA, 1999, p.355

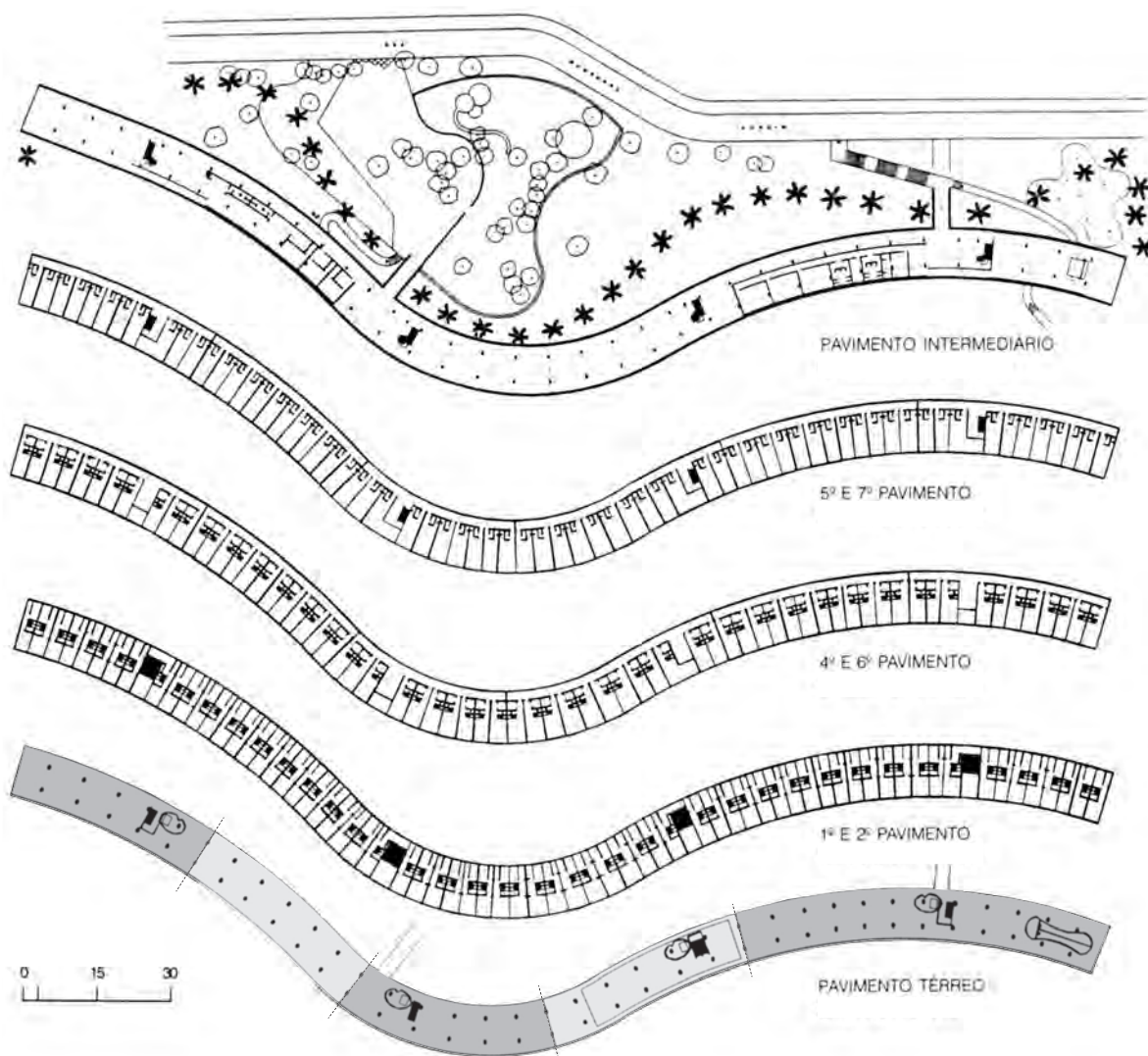


Fig. 4.219 - **Affonso Eduardo Reidy**: Conjunto Pedregulho, Bloco "A", Rio de Janeiro, 1948-58. Plantas baixas com a indicação das juntas de dilatação na planta do térreo. [REIDY, 1999]:90

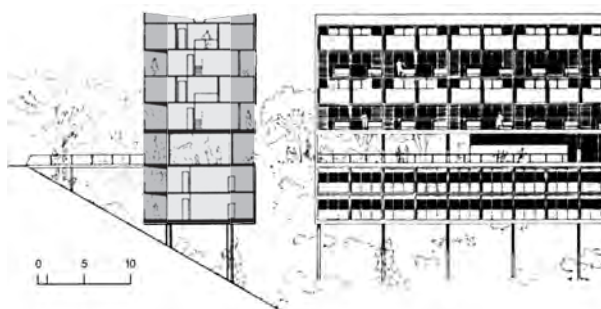


Fig. 4.221 - **Affonso Eduardo Reidy**: Conjunto Pedregulho, Bloco "A", Rio de Janeiro, 1948-58. Corte transversal e desenho parcial da fachada. [REIDY, 1999]:90



Fig. 4.220 - **Affonso Eduardo Reidy**: Conjunto Pedregulho, Bloco "A", Rio de Janeiro, 1948-58. Pavimento intermediário. [REIDY, 1999]:90

Ficha técnica	
Local	Rio de Janeiro/RJ
Projeto arquitetônico	Affonso Eduardo Reidy
Data projeto	1948
Cálculo estrutural	Carmem Portinho
Execução	Departamento de Habitação Popular
Data execução	1950
Tipo estrutural	Reticular Baixo
Pilotis	Seção elíptica
Vão maior	7,6m
Vão menor	5,8m
Balanço	2,8m

Conjunto Residencial Pedregulho Escola Primária

“O bloco da escola, associado ao ginásio, aos vestiários e à piscina, forma o conjunto mais elogiado deste projeto” (CAIXETA, 1999, p.333)

Parte importante e articuladora de todo o projeto do Conjunto Residencial do Pedregulho, a Escola Primária – tratada por Reidy como o “coração” da unidade de vizinhança – é constituída de um bloco de salas da aula, um ginásio e um conjunto de vestiários em frente a piscina.

Nesta escola, Reidy conecta cada um dos elementos por delgadas marquises apoiadas em finos pilares de aço, o que confere ao conjunto uma refinada unidade construtiva, apesar dos diferentes tipos estruturais adotados.

Bloco Escola

Barra trapezóide simples, constituída de pilotis (que funciona como pátio de recreio aberto) e corpo principal (onde se localiza a administração, secretaria, biblioteca e as salas de aula), está contida em um retângulo de 15x47m com nove linhas de pilares longitudinais (separados a cada 6m) e duas transversais (com 7,3m de vão) que se transformam em três na porção junto aos sanitários (este o menor vão, vencendo 5,3m). O volume construído balança 2,1m sobre o recreio coberto nos dois lados, correspondendo na porção noroeste (fig. 4.223) ao corredor de acesso das salas de aula e do outro lado aos terraços. A vedação de cobogós na fachada noroeste é estruturada por montantes que funcionam como pilaretes¹¹⁴ – não encostando no solo – sendo descarregados diretamente na laje do piso.

Ginásio de esportes

Com área coberta de 320m² (12,8x25m) o ginásio de esportes – que pode ser tratado como uma “quadra coberta”, pois não existem arquibancadas e uma lateral abre-se totalmente no lado da piscina através de portões pivotantes (fig. 4.225) – é coberto por uma casca de concreto em forma de abóbada que, ao contrário do que acontece na capela da



Fig. 4.222 - Affonso Eduardo Reidy: Conjunto Pedregulho - Bloco Escola, Rio de Janeiro, 1948. Vista aérea. [REIDY, 1999]:89



Fig. 4.223 - Affonso Eduardo Reidy: Conjunto Pedregulho - Bloco Escola, Rio de Janeiro, 1948. Vista interna. [REIDY, 1999]:100



Fig. 4.224 - Affonso Eduardo Reidy: Conjunto Pedregulho - Bloco Escola, Rio de Janeiro, 1948. Vista do pátio e piscina. [REIDY, 1999]:97



Fig. 4.225 - Affonso Eduardo Reidy: Conjunto Pedregulho - Bloco Escola, Rio de Janeiro, 1948. Vista interna do ginásio. [REIDY, 1999]:97

114. Na imagem interna (fig. 4.223) os tubos de queda do esgoto pluvial estão no mesmo alinhamento dos montantes e aparecem internamente como elementos verticais sem função estrutural.



Fig. 4.226 - Afonso Eduardo Reidy: Conjunto Pedregulho - Bloco Escola, Rio de Janeiro, 1948. Visão geral do conjunto. [REIDY, 1999]:97

Pampulha de Niemeyer, não toca o solo, e é estruturada através de 5 arcos parabólicos espaçados a cada 6m que possuem seção variável – mais espessos próximos ao solo e mais delgados no topo – que vencem um vão de 20m entre apoios. Dessa maneira, a casca curvada de cobertura possui corda idêntica à metade da distância total do vão vencido pelos arcos e flecha a metade da altura total dos tímpanos, que na parte norte é retrasado e possui painel de azulejos de Portinari (fig. 4.226), criando uma área aberta coberta correspondendo a metade do vão longitudinal (3m).

Vestiários

Seqüência de 5 abóbadas parabólicas de 4m de corda e 80cm de flecha, que vencem 8,7m longitudinalmente. Assim como no ginásio, as cascas não encostam no chão, sendo apoiadas por peças oblíquas nas extremidades e por pilares convencionais em cada aresta.

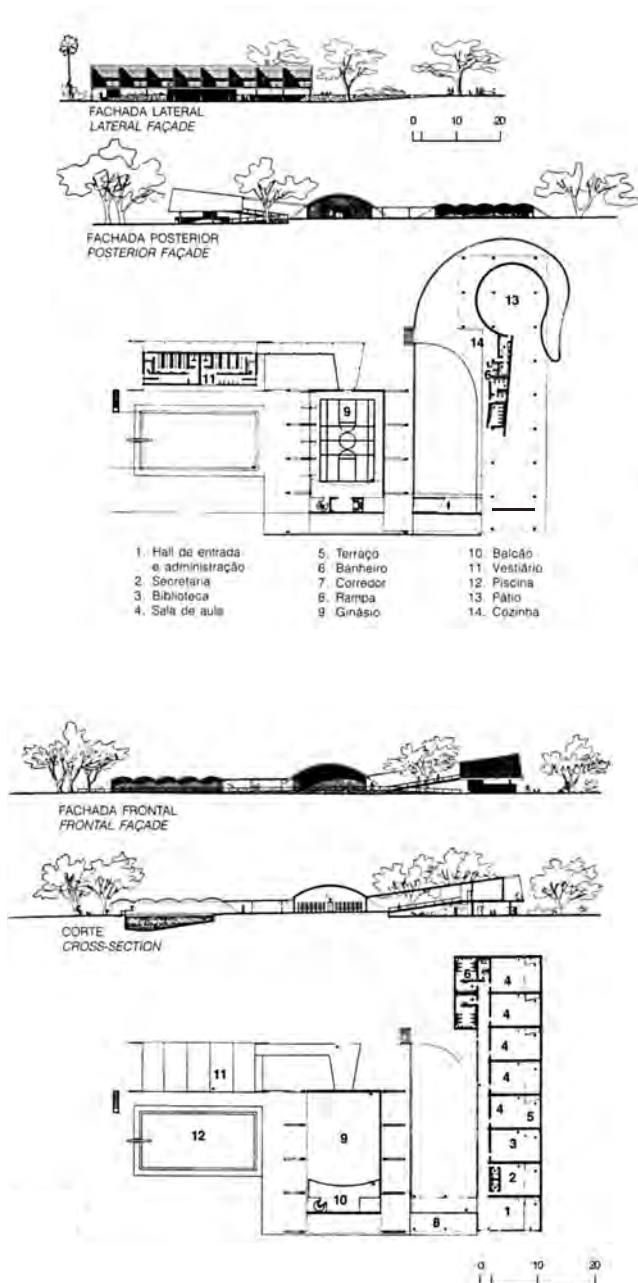


Fig. 4.227 - Afonso Eduardo Reidy: Conjunto Pedregulho - Bloco Escola, Rio de Janeiro, 1948. Plantas baixas. [REIDY, 1999]:96

Ficha técnica	
Local	Rio de Janeiro/RJ
Projeto arquitetônico	Afonso Eduardo Reidy
Data projeto	1948
Cálculo estrutural	Carmem Portinho, Sidney Santos, David Astracan, Francisco Lopes e Gabriel Aguiar
Execução	Departamento de Habitação Popular da Prefeitura do Distrito Federal
Tipo estrutural	Ginásio - Arco parabólico Salas de aula - Baixo reticular Vestiários - Arcos parabólicos
Vão maior	Ginásio - 20m Salas de aula - 7,3m Vestiários - 8,7m
Vão menor	Ginásio - 6m Salas de aula - 5,3m Vestiários - 4m
Balanço	Salas de aula - 2,1m

Edifício do Banco da Lavoura (Edifício Clemente de Faria)

Implantado na área central de Belo Horizonte, o edifício sede do Banco da Lavoura de Minas Gerais foi projetado em 1946 por Álvaro Vital Brazil em terreno triangular na esquina das Avenidas Affonso Pena com Gonçalo Coelho, em frente a Praça Sete de Setembro, a principal da cidade.

O prédio se desenvolve em um primeiro e segundo subsolos e 22 andares tipo sobre o térreo, que tem pé direito de 6m. O subsolo, o térreo e os primeiros sete andares eram destinados ao Banco da Lavoura, sendo que os demais são alugados como salas comerciais, com exceção do andar de coroamento, onde há um salão de conferências.

A malha estrutural está disposta em função dos alinhamentos, com duas linhas de pilares que formam um duplo “V”. Os elevadores e a escada estão colocados em linha, formando uma faixa de circulação vertical em um dos catetos do triângulo retângulo.

As duas linhas de pilares do lado da Av. Affonso Pena – a hipotenusa do triângulo – possui 10 intercolúnios com 3m de vão. A nave correspondente possui 4,6m e o balanço com 1m de projeção. Este sistema é rebatido de forma idêntica – com as mesmas dimensões – para o lado da Gonçalo Coelho, porém com 7 intercolúnios. O encontro das duas malhas é absorvido pelo volume cego da esquina, que funciona como um grande pilar onde se apoiam as lajes.

“As fachadas, com linhas nítidas e sóbrias, estão em harmonia com a clareza e simplicidade do plano da estrutura. Do lado leste, as janelas não requerem atenção especial, mas na fachada nordeste, elas são protegidas por brise-soleil verticais móveis de cimento-amianto[...]” (MINDLIN, 2000, p.242)

Os planos de laje avançam entre as esquadrias, marcando o volume horizontalmente nas duas fachadas e servindo de suporte para a fixação dos brises verticais, que são emoldurados por um estreito quadro de concreto armado com a profundidade mínima para que as placas sejam encober-tas. Nesta parte o balanço se amplia em 30cm ao longo de 24m, ou seja, 8 módulos estruturais ao longo da fachada maior.



Fig. 4.228 - Álvaro Vital Brazil: Edifício do Banco da Lavoura, Belo Horizonte, 1946. Fachada nordeste. [CONDURU, 2000]:83

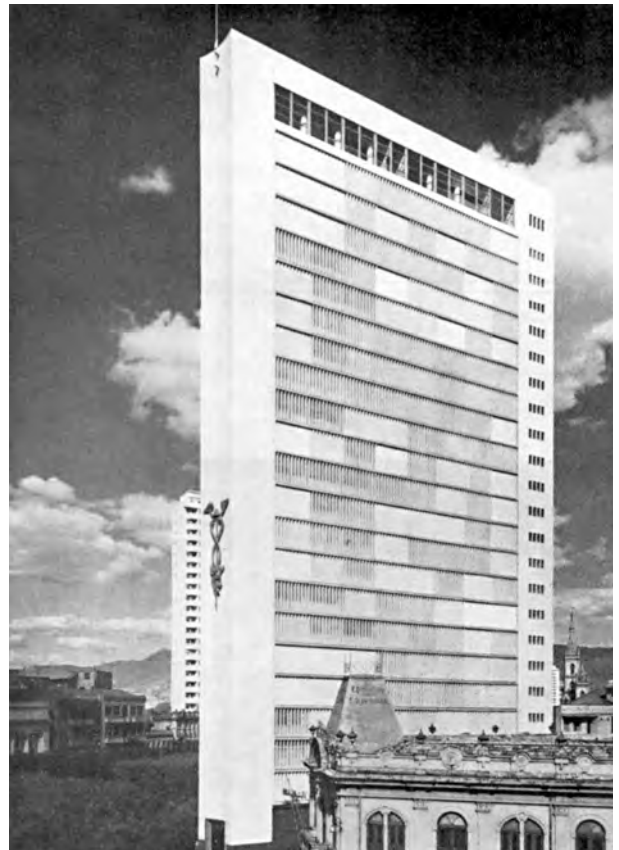


Fig. 4.229 - Álvaro Vital Brazil: Edifício do Banco da Lavoura, Belo Horizonte, 1946. Fachada oeste. [MINDLIN, 2000]:242



Fig. 4.230 - Álvaro Vital Brazil: Edifício do Banco da Lavoura, Belo Horizonte, 1946. Plantas baixas com a indicação dos eixos estruturais e eliminação de apoios no térreo. [MINDLIN, 2000]:243

Os pilares, que no térreo possuem seção circular e o mesmo tratamento do Edifício Esther, tornam-se quadrados nos pavimentos tipo.

Na parte do subsolo referente ao cofre-forte, as espessas paredes de vedação englobam os pilares, tornando os três módulos estruturais correspondentes uma única peça rígida retangular.

Para eliminar a fatal proximidade dos apoios verticais no térreo e subsolos – fruto do encontro das duas malhas estruturais que são ocultadas nos pavimentos tipo pela vedação – Vital Brazil lança mão de um sistema de unificação de pilares (fig. 4.230), onde quatro apoios dão lugar a apenas dois, liberando o térreo da presença indesejada de “cilindros” separados por vãos muito pequenos. A continuidade da isotropia das malhas centradas no eixo da bissetriz da aresta adoçada pelo plano convexo de acesso continua, porém agora com o espaço do saguão mais livre e ordenado.

Com esta atitude, o arquiteto concede prioridade à composição espacial e funcional, em lugar do simples ato da continuidade pura e óbvia da estrutura do pavimento tipo, que não serve para o térreo. Esta decisão, que está centrada em obter um espaço mais fluido, vai além dos conceitos da estrutura independente pregados pelo movimento moderno e pela estética Corbusiana. Valoriza o espaço dentro de sua geometria, libertando-o da presença de elementos estruturais que transmitem esforços da cobertura até as fundações de forma rígida. Reaparece, no Banco da Lavoura, o que Perret aplicou em menor escala no edifício de apartamentos da rua *Raynouard* em Paris (1929-32): as vigas e lajes se submetem à vontade das colunas, e estas colaboram na concepção de um espaço de maior qualidade.

Ficha técnica	
Local	Belo Horizonte/MG
Projeto arquitetônico	Álvaro Vital Brazil
Data projeto	1948
Cálculo estrutural	-
Execução	-
Data execução	1951
Tipo estrutural	Reticular alto
Pilotis	Seção circular
Vão maior	6,4m
Vão menor	3m
Balanço	1m

Edifício Seguradoras

“A franca curvatura de esquina neste edifício é elemento extraordinário colocado entre duas fachadas planas. O resto do jogo é extremamente variado, mas magistralmente sutil, exigindo sua <<descoberta>> dentre uma organização global preservada.” (PEREIRA, 1993, p.110)

O escritório MMM Roberto é contratado em 1949 pelo Sindicato dos Seguradores do Distrito Federal para o projeto de um prédio de escritórios no centro do Rio de Janeiro, chamado *Edifício Seguradoras*. Em mais um terreno de esquina (Senador Dantas com Evaristo da Veiga) serão desenvolvidos térreo, sobreloja, primeiro piso (dedicados para as lojas) seguidos por 13 pavimentos-tipo de escritórios. No coroamento, os dois últimos pisos destinam-se a um clube, dotado de privilegiada vista sobre a cidade.

O terreno é formado por alinhamentos em ângulo agudo que possuía recuo obrigatório de fachada com galeria pública ao nível do térreo e sobreloja, na rua Evaristo da Veiga que possui fachada envidraçada, lisa e marcada horizontalmente pelas lajes do pavimento-tipo, em contraponto ao outro plano alveolar determinado por um quadro de concreto aplicado, portador do jogo de brises da fachada oposta.

Com a conformação geométrica determinada pelo sítio, a estrutura é fruto da fusão de dois tipos de malha, com a esquina em balanço livre de coluna, justamente na porção correspondente à curvatura, que segundo Bahima (2001, p.87) *“funciona como simples adoçamento entre os dois alinhamentos”*. Neste ponto a maleabilidade do concreto armado auxilia na resolução estrutural do plano curvado, tanto na forma da casca vertical da esquina quanto no recorte da laje dos pavimentos, num total abandono da subordinação do fechamento em relação a ordem estrutural¹¹⁵.

A sobreloja é marcada por uma laje plana que avança em relação a prumada dos pilares sobre a Senador Dantas, lâmina clara que na outra fachada se inicia retrasada e sustentada por consoles em duas colunas de tripla altura, que no



Fig. 4.231 - MMM Roberto: Edifício Seguradoras, Rio de Janeiro, 1949-50. Vista do nível do observador. [MINDLIN, 2000]:236



Fig. 4.232 - MMM Roberto: Edifício Seguradoras, Rio de Janeiro, 1949-50. Detalhe da proteção solar. [MINDLIN, 2000]:236

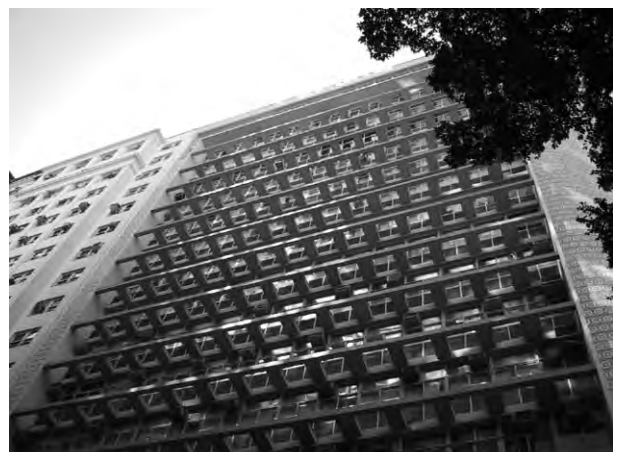


Fig. 4.233 - MMM Roberto: Edifício Seguradoras, Rio de Janeiro, 1949-50. Imagem atual, sem a presença do sistema de proteção solar, revelando a estrutura externa. [FOTO DO AUTOR]

115. Sobre este assunto ver PARICIO, Ignacio. *La construcción de la arquitectura*. Cataluna: Itec, 1996. 3v. : il.

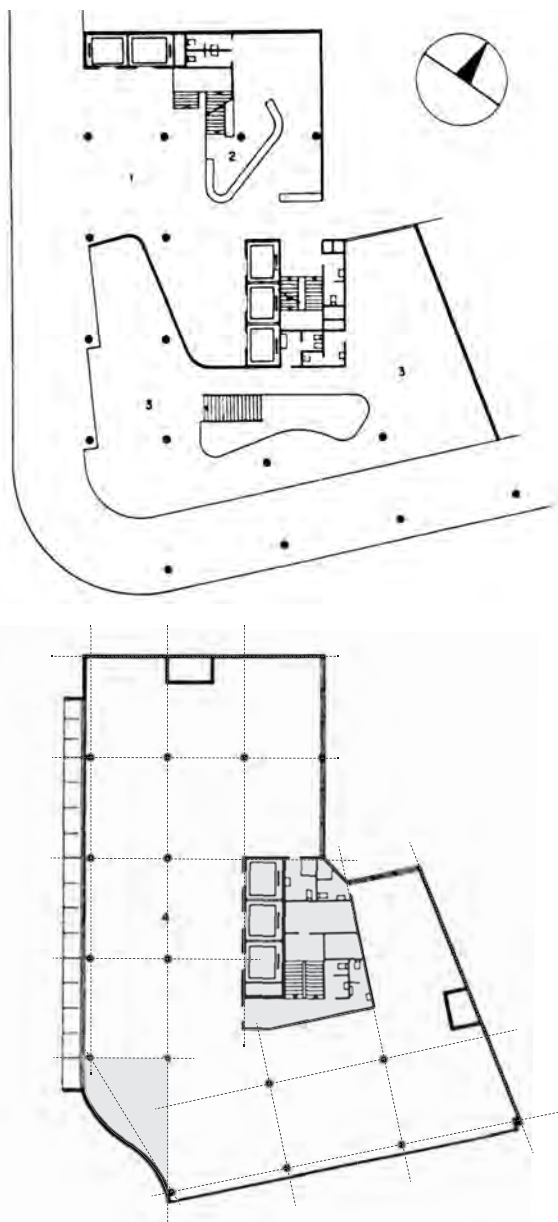


Fig. 4.234 - **MMM Roberto**: Edifício Seguradoras, Rio de Janeiro, 1949-50. Plantas do térreo e pavimento tipo, com a indicação do balanço na esquina e o núcleo de circulação. [MINDLIN, 2000]:237



Fig. 4.235 - **MMM Roberto**: Edifício Seguradoras, Rio de Janeiro, 1949-50. Vista do nível do observador. [MINDLIN, 2000]:236

último par torna-se balanço novamente, agora resguardada por esquadria que amplia a área útil do pavimento.

A retícula estrutural se configura na porção voltada para a Senador Dantas por quatro linhas de pilares paralelas à rua (a cada 5m) e cinco perpendiculares (separadas a cada 6,5m). Já no lado da Evaristo da Veiga, são apenas duas linhas paralelas (separadas por 5,6m) e quatro perpendiculares (com vão de 7,7m). A absorção da diferença do encontro entre estas duas grelhas acontece através do advento de um núcleo rígido de circulação vertical e da supressão dos apoios verticais na esquina, gerando um vão de 10,4m – que coincide com a abrangência do plano sinuoso da fachada – e um balanço de 1,5m que vence a diferença da concavidade interna (fig. 4.234). O núcleo que compreende elevadores, escada e sanitários é delimitado por paredes-pilar que anulam a presença de colunas e acomoda as diferentes angulações da trama irregular bidirecional.

O sistema de proteção solar da fachada sudoeste¹¹⁶ é estruturado a partir de uma moldura em concreto que contém avanços horizontais em cada nível – como planos de laje com furos quadrados que impediam a formação de bolsões de ar quente – onde eram dispostas grelhas horizontais e as placas móveis verticais. Infelizmente, este sistema foi removido, e hoje só resta a estrutura de concreto que sozinha não funciona como proteção efetiva da incidência solar, resultando em uma fachada totalmente nua (fig. 4.233) com a presença de vários aparelhos de ar-condicionado.

116. As placas que serviam como proteção solar (persianas) eram operadas internamente, e geravam uma movimentação permanente do aspecto da fachada. [BRUAND, 1981, p.176]

Ficha técnica

Local	Rio de Janeiro/RJ
Projeto arquitetônico	MMM Roberto
Data projeto	1949
Execução	Eng. Júlio de Barros Barreto
Data execução	1949-1950
Tipo estrutural	Reticular Alto
Pilotis	Seção Circular
Vão maior	10,4m
Vão menor	3,7m
Balanço menor	70cm
Balanço maior	1,5m

Clube Diamantina

“Este clube, projetado por Niemeyer consegue a partir de pesquisas estruturais profundas para a época, abordar o problema de arcos de grandes vãos e balaços, permitindo a criação de vastos espaços livres bem abrigados ou muito abertos para o exterior e amplos terraços no prolongamento destes.” (BRUAND, 1981, p. 157)

O clube é constituído pelo volume principal (fig. 4.235) estruturalmente mais interessante, formado pela sobreposição de uma plataforma suspensa por um arco e uma abóbada em arco rebaixado, enquadrando o primeiro elemento. Esse “edifício ponte” se conecta a um outro mais baixo, colocado perpendicularmente no sítio, que possui geometria retangular e cobertura plana inclinada. Fazem parte do projeto ainda uma piscina e uma concha acústica.

A grande plataforma – que possui referência clara nas pontes de Maillart (fig. 4.236)¹¹⁷ – tem aproximadamente 60 x 13m de projeção, com o arco de apoio deslocado em relação ao eixo de simetria da robusta laje. Os dois arcos de apoio possuem seção variável, sendo menores na base e mais alto no topo, onde encontra o plano que balança dos dois lados.

A casca de cobertura da plataforma é estruturada por um par de arcos mas espessos na base que se afinam levemente à medida que se aproximam do topo. Estes tocam o solo em quatro pontos, vencendo um vão de aproximadamente 45m. A parte coberta tem projeção retangular de 25 x 14m, sendo que a casca acompanha a redução de seção dos arcos. O balanço da laje plana que no esquema da figura 4.237 se mostra maior de um lado do que de outro é apoiado na interseção dos arcos por dois consolos, diminuindo o vão livre, de forma que os dois balanços se tornam muito semelhantes, equilibrando a construção e composição.

Esse modelo utilizado no corpo principal do clube – resultado de uma cuidadosa colagem de sistemas estruturais – foi utilizado como base no anexo do Hospital Sul-América, elaborado dois anos depois pelo próprio Niemeyer (BOTTEY, 1997, p. 60).

117. O próprio Niemeyer cita as pontes de Maillart como exemplo de estrutura que possibilita grandes vãos livres em concreto armado. Ver: CORONA, 2001, p.41



Fig. 4.235 - Oscar Niemeyer: Clube Diamantina, 1950. Fachada posterior. [BRUAND, 1981]: 159



Fig. 4.236 - Robert Maillart: Ponte Aarburg (Argovia, Suíça), 1911. Os arcos que suportam planos como referência clara das experiências estruturais. [Disponível em <<http://www.structurae.de/photos/pict0006.jpg>> Acesso em 01 ago. 2003]

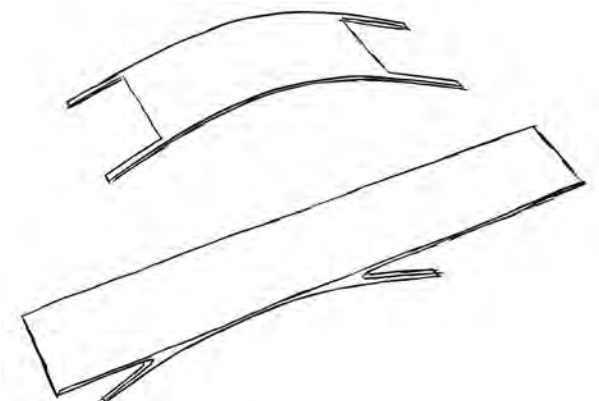


Fig. 4.237 - Oscar Niemeyer: Clube Diamantina, 1950. Esquema tridimensional representando as peças estruturais [PAPADAKI, 1956]: 113



Fig. 4.238 - Oscar Niemeyer: Clube Diamantina, 1950. O clube em fase de construção. [PAPADAKI, 1956]: 112

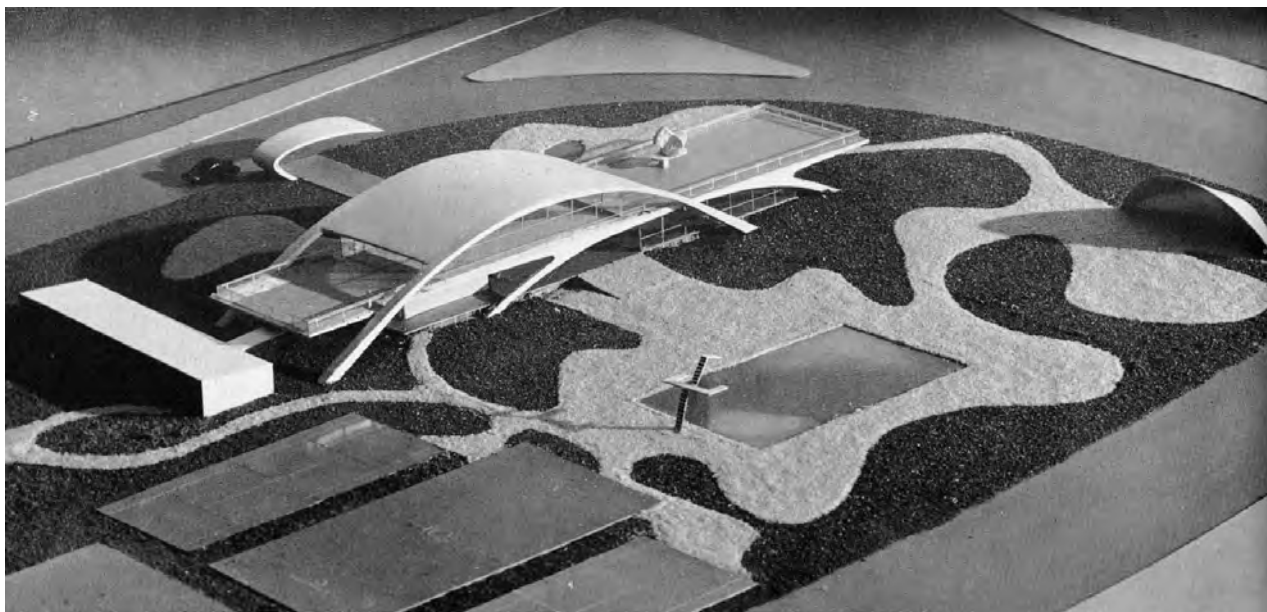


Fig. 4.239 - **Oscar Niemeyer**: Clube Diamantina, 1950. Foto da maquete. [PAPADAKI, 1951]: 114

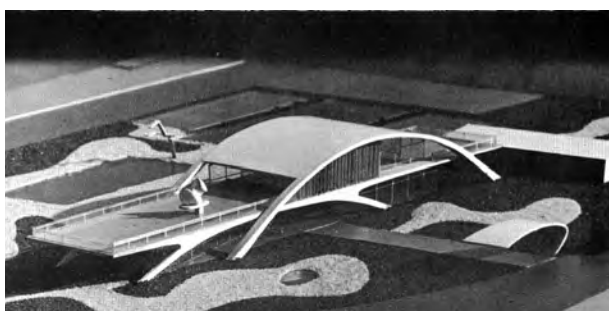


Fig. 4.240 - **Oscar Niemeyer**: Clube Diamantina, 1950. Foto da maquete. [PAPADAKI, 1951]: 115



Fig. 4.241 - **Oscar Niemeyer**: Clube Diamantina, 1950. Foto da maquete. [PAPADAKI, 1956]: 113



Fig. 4.242 - **Oscar Niemeyer**: Clube Diamantina, 1950. Clube em construção. [PAPADAKI, 1956]: 114

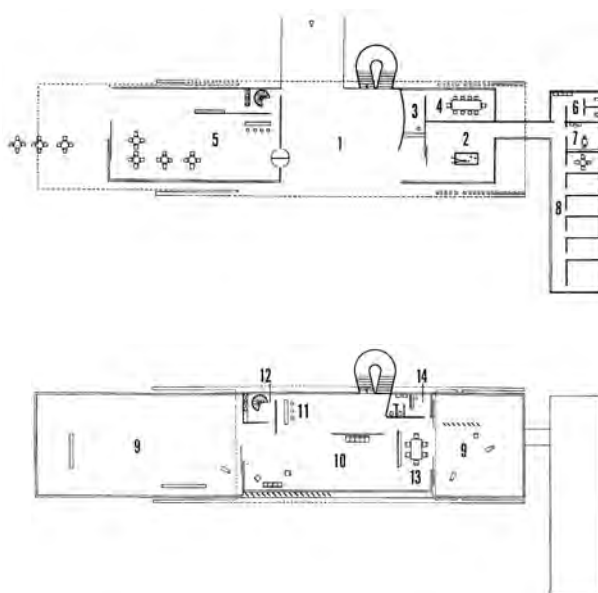


Fig. 4.243 - **Oscar Niemeyer**: Clube Diamantina, 1950. Plantas baixas. [PAPADAKI, 1956]: 112

Ficha técnica	
Local	Diamantina/MG
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer
Data projeto	1950
Cálculo estrutural	Werner Müller
Execução	-
Data execução	1950
Tipo estrutural	Arcos estruturais, abóbada
Pilotis	-
Vão maior	45m
Vão menor	25m
Balço maior	8m

Fábrica Duchen

Localizada em São Paulo, à margem da Rodovia Presidente Dutra (Km 4,5), a Fábrica Duchen é formada por um conjunto de edifícios em concreto armado (fig. 4.244), composto da administração que se desenvolve em um bloco de dois andares com estrutura reticular; um restaurante, creche e salão de jogos sobre uma grande laje amebóide; a unidade industrial em exoesqueleto e um pequeno laboratório abobadado. Expressão de uma gama de técnicas na execução do concreto armado aplicada à arquitetura industrial, a Fábrica Duchen é o único projeto de Niemeyer dedicado a este tipo de programa arquitetônico do período analisado. O projeto inicial também contemplava uma área de expansão para a fábrica de produtos “Peixe” e “Sul América” (pertencentes ao mesmo grupo empresarial), que ao final não foi executado. (COLLARES, 2003, p.84)

Esta manifestação do domínio da técnica com harmonia em volumes diversos (e próximos), é evidenciada com o perfeito controle programático de cada unidade, tanto construtiva quanto formalmente. Nesta obra, Niemeyer juntamente com Joaquim Cardozo, executa uma palheta de soluções que vem amadurecendo desde o projeto da Pampulha, em um mesmo sítio, com um tema inédito até então.

O laboratório

Edifício de um pavimento coberto por sete abóbadas sucessivas de 5m de altura, apoiadas diretamente nas alvenarias de vedação dos compartimentos, configurando conseqüentemente sete naveas correspondendo a cada um dos arcos da cobertura em concreto (fig. 4.245).

O fechamento dos tímpanos dos arcos se dá através de alvenaria. Na fachada voltada para norte, o fechamento é parcial, sendo completado por esquadrias altas com operação vertical, que tengeciam a curvatura dos arcos e conferem leveza para a estrutura abobadada que é apoiada diretamente no solo nas extremidades leste e oeste.

Laboratório	
Tipo Estrutural	Arcos parabólicos
Vão Maior	10,40m
Vão Menor	4m

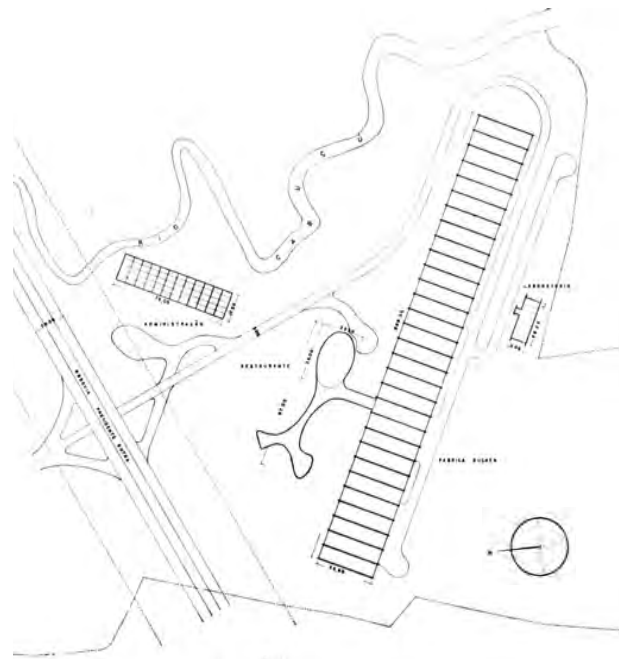


Fig. 4.244 - Oscar Niemeyer: Fábrica Duchen, São Paulo/SP, 1950-51. Implantação do projeto construído. [REVISTA POLITÉCNICA, nº 164]

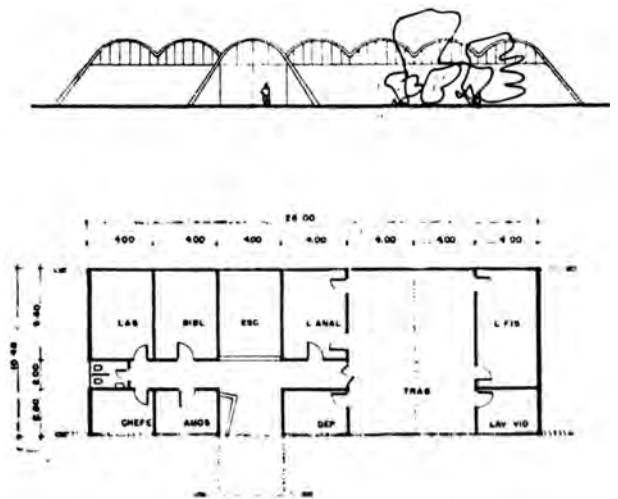


Fig. 4.245- Oscar Niemeyer: Fábrica Duchen, São Paulo/SP, 1950-51, Elevação e planta do laboratório. [ARQUITETURA E ENGENHARIA nº15]

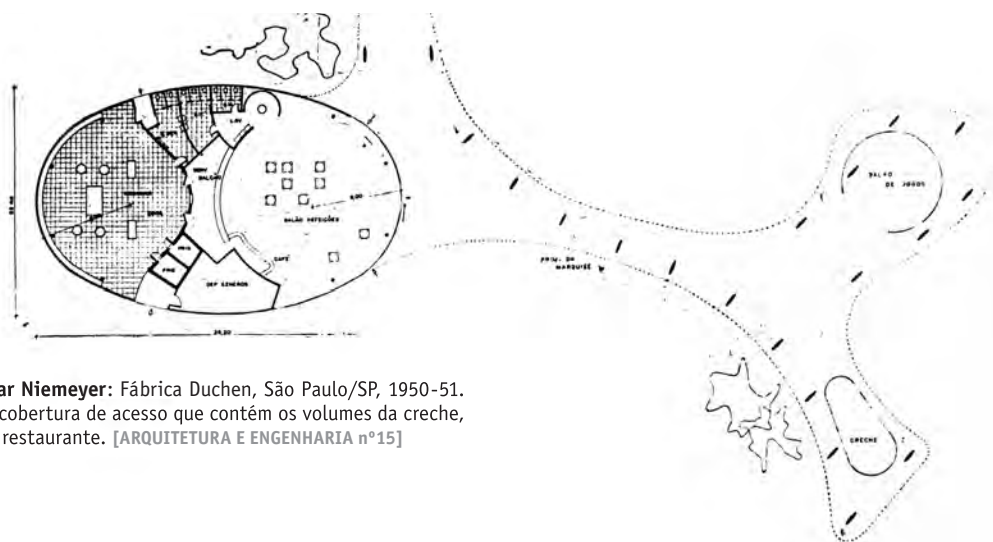


Fig. 4.246 - **Oscar Niemeyer**: Fábrica Duchen, São Paulo/SP, 1950-51. Planta Baixa da cobertura de acesso que contém os volumes da creche, salão de jogos e restaurante. [ARQUITETURA E ENGENHARIA nº15]



Fig. 4.247 - **Oscar Niemeyer**: Fábrica Duchen, São Paulo/SP, 1950-51. Vista do pavilhão industrial a partir do restaurante. [BOTEY, 1997]: 59

O bloco de lazer

Do ponto de acesso da rodovia, o caminho tangencia um ponto côncavo da marquise amebóide em forma de H que em cada uma das extremidades inferiores abriga um volume. À direita, o salão de jogos de planta circular e à esquerda numa elipse irregular abriga a creche. Na braço superior esquerdo está o salão de refeições e o estar e no outro o acesso ao pavilhão industrial.

A laje sinuosa de perfil delgado¹¹⁸ é sustentada por pilares de seção “tipo ponte” de 1,5m de lado, suportam vãos de aproximadamente 12m em média, com balanços que podem chegar até 8m.

O refeitório para os funcionários da fábrica tem forma de elipse e é o maior volume coberto pela grande laje. Possui vãos de 7m entre pilares, chegando em certos pontos até 20m entre os apoios e as paredes de alvenaria da vedação interna. O espaço resultante de um pano de laje que cobre um generoso salão de refeições de aproximadamente 220m².

A creche elipsóide de 45m² e o salão de jogos de planta circular de 78m² possuem seus espaços delimitados através de esquadrias leves e estão posicionados entre os vãos dos pilares da marquise.

118. Esta estrutura da marquise representa o ensaio daquilo que, um ano depois da Fábrica Duchen, seria executado em outra escala construtiva na grande marquise do *Parque do Ibirapuera*.

Bloco de Lazer

Tipo Estrutural	Baixo Reticular
Vão Maior	20m
Vão Menor	7m
Balanço Maior	8m

A unidade industrial

O bloco principal do projeto (fig. 4.248), dedicado à fabricação de massas e biscoitos, tem o comprimento de 300m com 31 pórticos bi-partidos com vãos de aproximadamente 18m cada, repetidos em intervalos de 10m. Estes quadros rígidos suportam duas cascas de concreto (formando o teto curvo que proporciona uma generosa iluminação zenital voltada para o sul) determinam uma linha de pilares central, dividindo o edifício em duas naves. A repetição destes elementos no pavilhão sugere uma grande extrusão produzida a partir do perfil sinuoso dos pórticos, idéia análoga a uma indústria de massas e biscoitos, cujo produto também tem sua origem (na maioria dos casos) em um processo de extrusão.

Outra referência importante em termos estruturais são os *Ateliers de Décors* (fig. 4.249), projetado por Auguste Perret em 1923. Com cobertura abobadada em concreto armado, estruturado através de arcos paralelos que não são notados pelo lado interno, a não ser pela interrupção da casca de cobertura no lado norte, onde a abertura para iluminação natural revela os suportes como se fossem contrafortes. Estes arcos ao se aproximarem do solo se transformam em pilares de seção variável, formando uma imagem muito semelhante ao efeito produzido por Niemeyer.

No pavilhão industrial o vão de 10m entre os pórticos é completado por uma estrutura curvada de concreto em grelha (fig. 4.250), onde cada módulo quadrado da laje côncava mede aproximadamente 1,3m de lado, preenchidos na faixa central de cada uma das naves e vazada nos bordos. Como no projeto de Perret, esta estrutura desce até o solo, formando uma casca contínua conformada pelo conjunto da cobertura, vedação lateral e as esquadrias, que são protegidas ao norte por uma linha de brises fixados nas faces laterais dos pórticos. Conforme o corte transversal, o espaço interno possui pé-direito variável, com 8,85m na nave maior – o mezanino possui 5,25m de altura – e 7,2m no lado menor.

Pavilhão industrial

Tipo Estrutural	Exoesqueleto
Vão Maior	18m
Vão Menor	10m



Fig. 4.248 - Oscar Niemeyer: Fábrica Duchen, São Paulo/SP, 1950-51, Bloco industrial. [MINDLIN, 2000]:



Fig. 4.249 - Auguste Perret: *Ateliers de Décors*, 1923. Cobertura de abóbada em concreto armado estruturada por arcos paralelos. [CHAMPIGNEULLE, 1959]: 36



Fig. 4.250 - Oscar Niemeyer: Fábrica Duchen, São Paulo/SP, 1950-51. Vista interna do Pavilhão Industrial em obras e a grelha em concreto da cobertura. [COLLARES, 2003]: 84



Fig. 4.251 - Oscar Niemeyer: Fábrica Duchen, São Paulo/SP, 1950-51. Vista interna na construção da estrutura de uma das naves do pavilhão industrial. [COLLARES, 2003]: 84

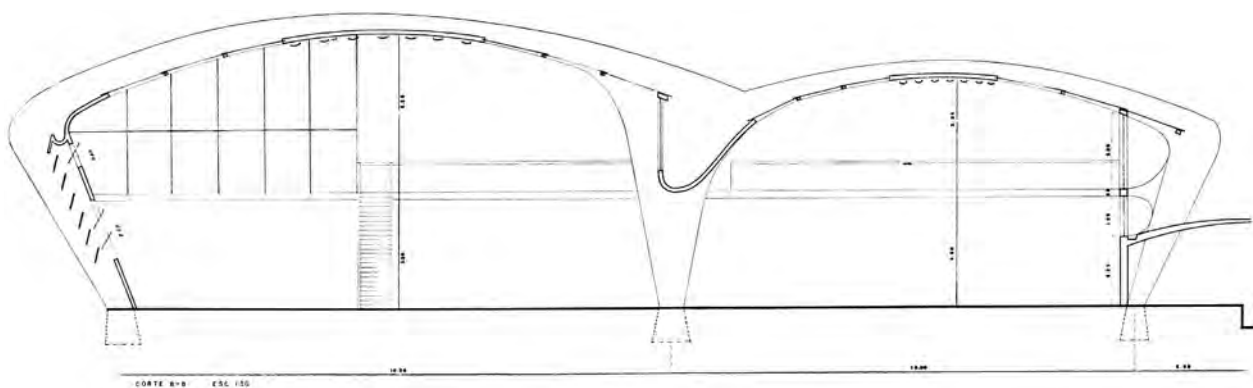


Fig. 4.252 - Oscar Niemeyer: Fábrica Duchen, São Paulo, 1950-51. Corte transversal do pavilhão industrial. [REVISTA POLITÉCNICA, nº 164]

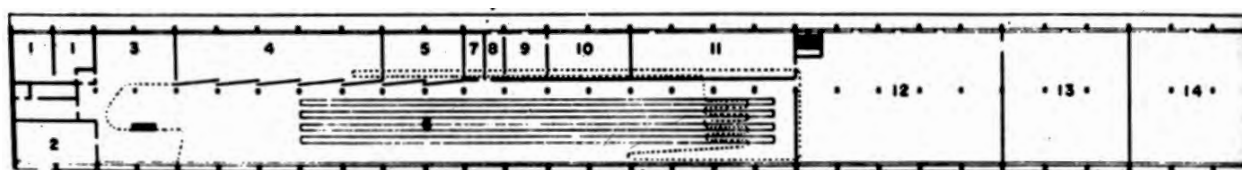


Fig. 4.253 - Oscar Niemeyer: Fábrica Duchen, São Paulo, 1950-51. Planta Baixa do pavilhão industrial. [BRUAND, 1981]: 158



Fig. 4.254 - Oscar Niemeyer: Fábrica Duchen, São Paulo/SP, 1950-51. Montagem das formas do bloco industrial. [REVISTA POLITÉCNICA, nº 164]



Fig. 4.255 - Oscar Niemeyer: Fábrica Duchen, São Paulo/SP, 1950-51. Lado sul do pavilhão industrial em construção. [COLLARES, 2003]: 84



Fig. 4.256 - Oscar Niemeyer: Fábrica Duchen, São Paulo/SP, 1950-51. O mesmo pavilhão com a proteção solar do lado norte aplicada à estrutura de concreto. [COLLARES, 2003]: 84

Bloco administrativo

O bloco administrativo (fig. 4.257) é uma barra retangular de 74 x 17m com um pavimento sobre pilotis, colocada perpendicularmente entre o bloco de lazer e o bloco industrial. O térreo do edifício é parcialmente preenchido por um restaurante em forma de elipse e um hall de exposições, enquanto o restante é um pórtico coberto. No segundo pavimento estão os escritórios de contabilidade, administração e locais de pagamento. A planta livre é regra em ambos. O volume da escada, colocado no lado leste, está fora da projeção do retângulo, bem como a marquise alinhada no lado oeste. Ambos marcam um eixo assimétrico na composição, mas não na estrutura, que é regular e isótropa nas duas direções.

A estrutura é reticular com duas linhas longitudinais de pilares, conformando uma nave central de 10m de vão. Os 13 pilares de cada linha são separados por 6m e possuem seção ovalada. Nos lados leste/oeste existem dois balanços com 3,5m cada. Nos lados norte/sul o balanço é de 1m, deixando assim o corpo do edifício solto em relação à grelha estrutural.

O corte transversal indica que a cobertura é estruturada através de uma treliça cuja altura se reflete na fachada como uma faixa lisa, que faz o coroamento do volume. No lado oeste a fachada é protegida por brises verticais na maior parte, completada por uma faixa cega deslocada em relação ao eixo de simetria e que equivale a exatos quatro vãos estruturais. Ao sul a elevação é completamente envidraçada, abrindo todas as salas de direção para uma vista completa do bloco industrial.

Bloco Administrativo	
Tipo Estrutural	Baixo reticular
Vão Maior	10m
Vão Menor	6m
Balanço Menor	1m
Balanço Maior	3,5m

Ficha técnica	
Local	São Paulo/SP
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer
Data projeto	1950
Cálculo estrutural	Joaquim Cardoso
Data execução	1951

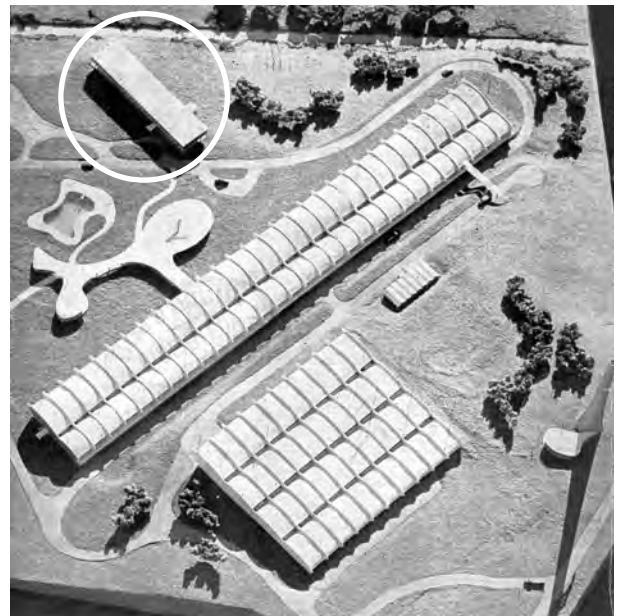


Fig. 4.257 - **Oscar Niemeyer**: Fábrica Duchen, São Paulo/SP, 1950-51. Imagem da maquete com a indicação do bloco administrativo (abaixo, na imagem, o bloco não consuído da fabrica Peixe). [REVISTA POLITÉCNICA, nº 164]

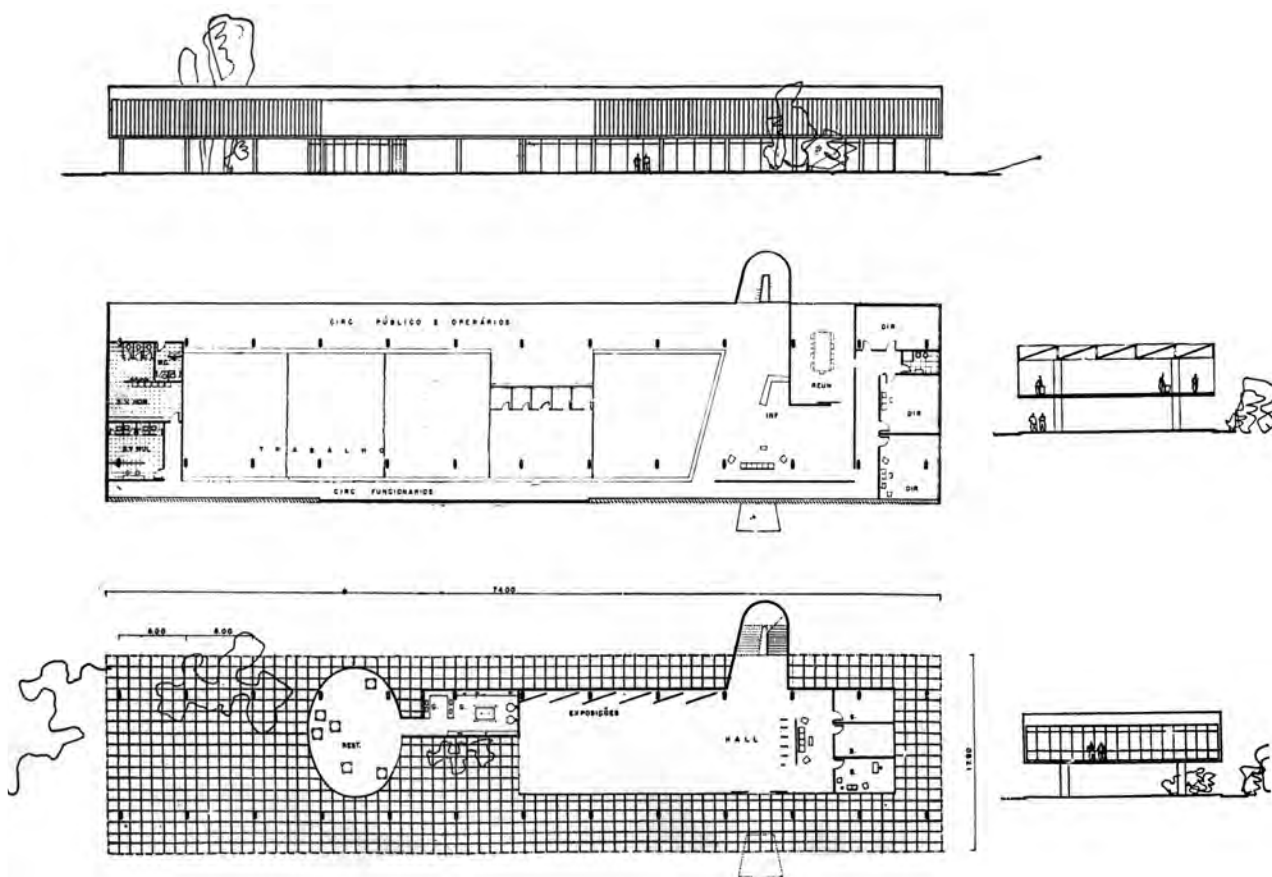


Fig. 4.258 - **Oscar Niemeyer**: Fábrica Duchen, São Paulo/SP, 1950-51. Elevações, corte e plantas do bloco administrativo. [ARQUITETURA E ENGENHARIA nº15]

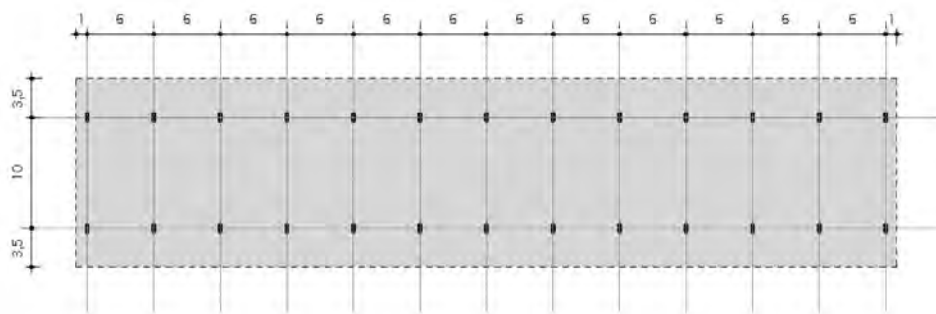


Fig. 4.259 - **Oscar Niemeyer**: Fábrica Duchen, São Paulo/SP, 1950-51. Esquema estrutural do bloco administrativo. [DESENHO DO AUTOR]



Fig. 4.260 - **Oscar Niemeyer**: Fábrica Duchen, São Paulo/SP, 1950-51. Vista interna do mezanino do bloco industrial. [REVISTA POLITÉCNICA, nº 164]



Fig. 4.261 - **Oscar Niemeyer**: Fábrica Duchen, São Paulo/SP, 1950-51. Vista interna do bloco industrial, com a escada de acesso ao mezanino em primeiro plano. [REVISTA POLITÉCNICA, nº 164]

Capítulo 3 - Hegemonia [1946-1960]

Palácio das Nações e dos Estados

A obra do Palácio das Nações foi iniciada a 20 de janeiro de 1953 e concluída a 10 de dezembro do mesmo ano. A obra do Palácio dos Estados teve início em meados de dezembro de 1952 e concluiu-se em novembro de 1953¹¹⁹. De plantas e volumetria idênticas, os dois edifícios destinados a exposições possuem dimensões de 150 por 42m que configuram um grande salão com 5m de pé-direito no andar superior e 4m no térreo – que possui uma parte central com 2m de rebaixamento.

O sistema estrutural é reticular, com os apoios verticais gerando uma malha quadrada de 10m de vão. A seção dos pilares é circular, exceto os pilares inclinados que possuem seção elíptica e variável. Estes apoios – colocados perpendicularmente à fachada maior – partem da base dos pilares mais externos em ângulo de 45°, chegando ao topo apoiando a laje que ainda avança com um balanço de 1m. Dentro da caixa, correspondente ao pavimento superior, estes apoios convertem-se novamente verticais¹²⁰ para sustentar a laje de cobertura.

Diversos desafios de projeto foram resolvidos sob a pressão das necessidades do momento na obra, com uma participação efetiva da construtora. Questões principalmente de natureza estrutural, como os grandes índices de esbeltez dos elementos resistentes, o fenômeno da deformação lenta do concreto esteve sempre presente e contribuiu para aumentar as dificuldades encontradas. Assim sendo, foi necessária a aplicação de pré-tensão em certos elementos¹²¹, providência que se mostrou difícil pela inexistência no mercado de equipamento adequado. A tração na armadura foi medida pela aplicação de chave dinamométrica com a qual se dava o necessário aperto nas extremidades rosqueadas das barras. O momento de aperto foi devidamente controlado por aparelhamento adequado, antes da concretagem.

119. As informações sobre a construção dos prédios gêmeos foi publicada na revista ACRÓPOLE, vol 16, nº 185, jan 1954.

120. Os desenhos técnicos publicados (plantas e cortes) não mostram tais pilares internos. Porém são perfeitamente visíveis nas fotografias, tanto externas como internas.

121. Não foi encontrado, durante a pesquisa os dados para definir exatamente quais peças estruturais foram alvo da pré-tensão.



Fig. 4.262 - Oscar Niemeyer e equipe: Palácio das Nações e dos Estados (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1951-53. Pilotis. [PAPADAKI, 1956]: 139



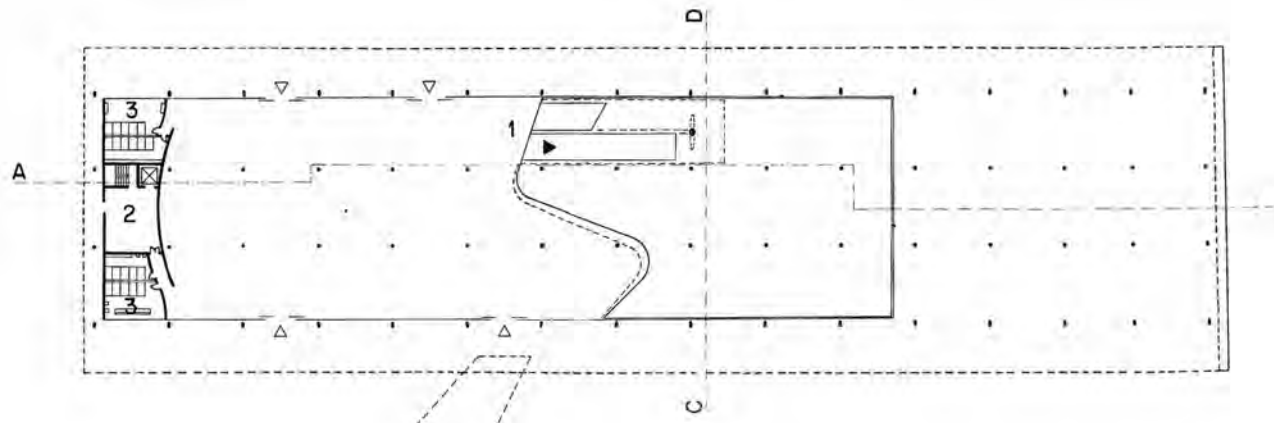
Fig. 4.263 - Oscar Niemeyer e equipe: Palácio das Nações e dos Estados (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1951-53. Fachada. [PAPADAKI, 1956]: 141



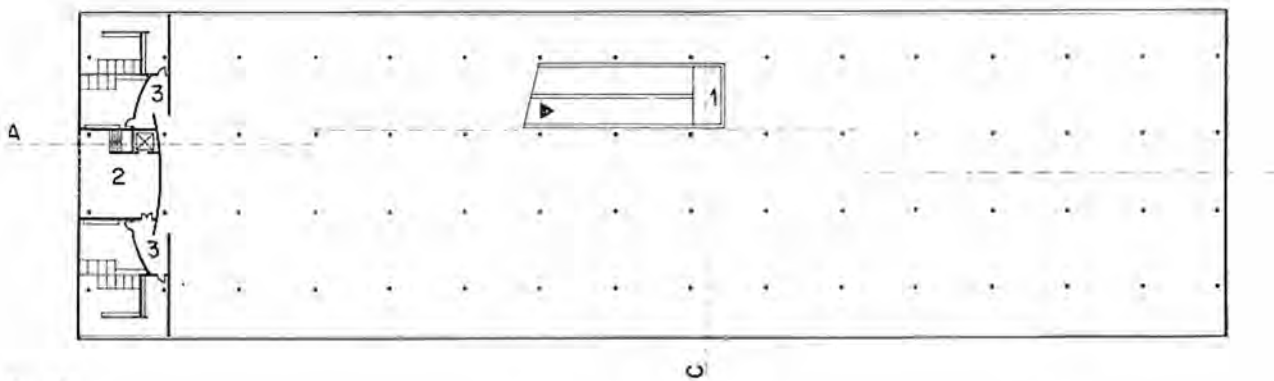
Fig. 4.264 - Oscar Niemeyer e equipe: Palácio das Nações e dos Estados (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1951-53. Vista a partir da grande marquise. [PAPADAKI, 1956]: 134



Subsolo



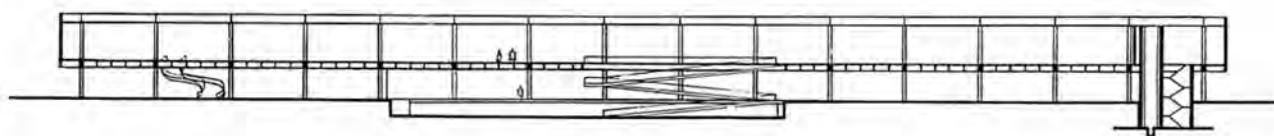
Térreo



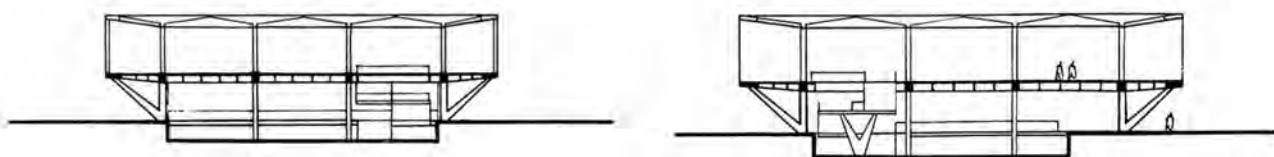
Superior



Fachada



Corte Longitudinal



Cortes Transversais

Fig. 4.265 - Oscar Niemeyer e equipe: Palácio das Nações e dos Estados (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1951-53. Plantas, cortes e fachadas (escala 1:1000). [PAPADAKI, 1956]: 104



A laje para o piso intermediário é do tipo de caixões perdidos, não havendo vigas aparentes no teto. Um dos problemas surgidos em virtude dessas disposições estruturais foi o dimensionamento das lajes: não havendo possibilidade de aumentar-se a seção das nervuras de forma a obter-se uma taxa de trabalho dentro dos limites admissíveis, resolveu-se a questão empregando-se perfis de ferro U dispostos no interior dessas nervuras para absorverem os esforços¹²².

As rampas de acesso aos pisos, vencendo vãos de até 23,35m, também constituíram uma estrutura interessante para o cálculo e execução. Idealizou-se um pórtico contínuo com apoios articulados. A fig. 4.266 mostra a rampa antes de sua concretagem, onde podemos observar o vigamento central do plano inclinado e as fôrmas em caixão perdido, suspensas por tirantes de arame, que se amarram em guias transversais de madeira. Na fig. 4.267 aparece a rampa já concretada e o par de pilares convergentes em forma de V, suportando o patamar.

Para a cobertura do telhado empregaram-se chapas de alumínio como revestimento das lajes, que agora são convencionais e inclinadas – formando uma espécie de superfície plissada (fig. 4.268) – onde as vigas transversais espaçadas de 10 em 10m diminuem de seção ao se aproximar das fachadas maiores, assim como também aconteceu com a laje em caixão perdido do pavimento intermediário (cortes transversais da fig. 4.265).

122. A utilização de perfis de ferro configura uma estrutura que lança mão do concreto muito mais como proteção a possíveis danos provocados por agentes externos do que efetivamente para tirar proveito de sua resistência à compressão (BOTELHO, 1983, p.7).

Ficha técnica	
Local	São Paulo/SP
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer, Zenon Lotufo, Helio Uchôa e Eduardo Kneese de Mello
Data projeto	1951
Cálculo estrutural	<i>Palácio das Nações</i> - Eng. Gustavo Gam <i>Palácio dos Estados</i> - Eng. Gustavo Gam, Julio de Las Casas, Tácito de Toledo Barros
Execução	Construtora Martins-Engel LTDA (<i>Nações</i>) Soc. Nacional de Engenharia (<i>Estados</i>)
Data execução	1953
Tipo estrutural	Baixo reticular
Pilotis	Seção circular
Vão	10m
Balanço	1m

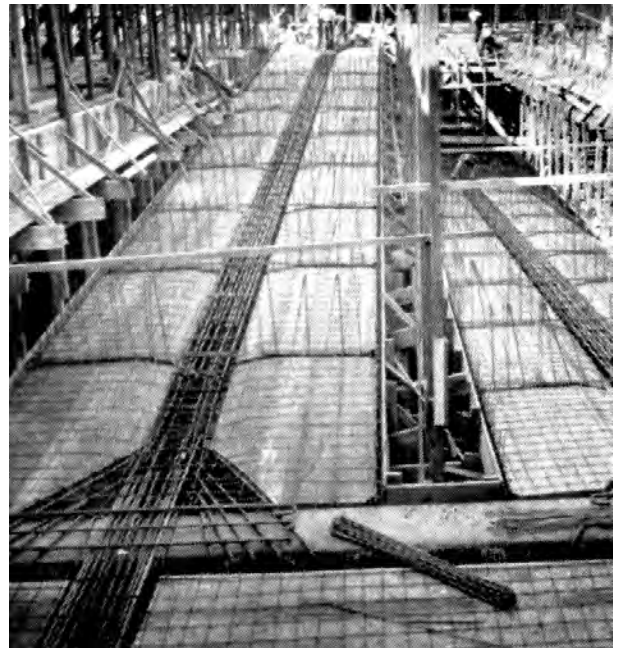


Fig. 4.266 - Oscar Niemeyer e equipe: Palácio das Nações e dos Estados (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1951-53. Fôrmas e armaduras da rampa interna. [ACRÓPOLE, nº185]: 215

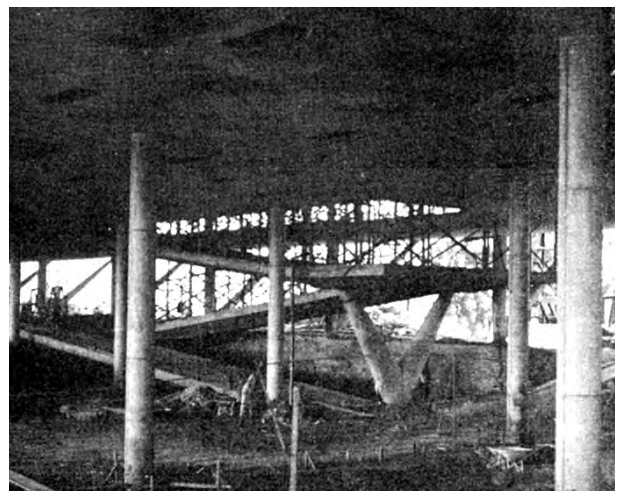


Fig. 4.267 - Oscar Niemeyer e equipe: Palácio das Nações e dos Estados (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1951-53. Vista da rampa já concretada. [PAPADAKI, 1956]: 137



Fig. 4.268 - Oscar Niemeyer e equipe: Palácio das Nações e dos Estados (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1951-53. Laje de cobertura e as vigas invertidas. [ACRÓPOLE, nº185]: 215

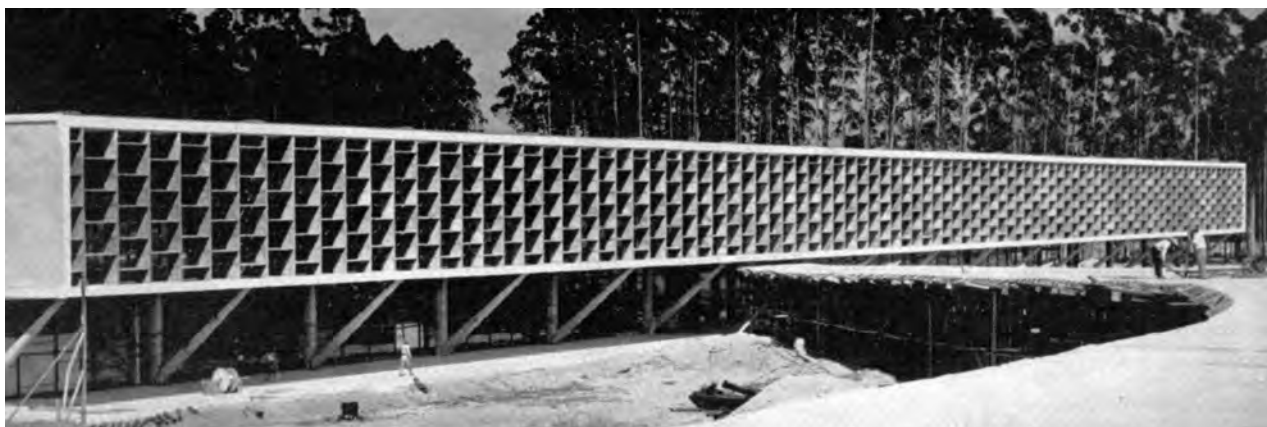


Fig. 4.269 - Oscar Niemeyer e equipe: Palácio das Nações e dos Estados (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1951-53. Vista completa do pavilhão. [ACRÓPOLE, nº185]: 213

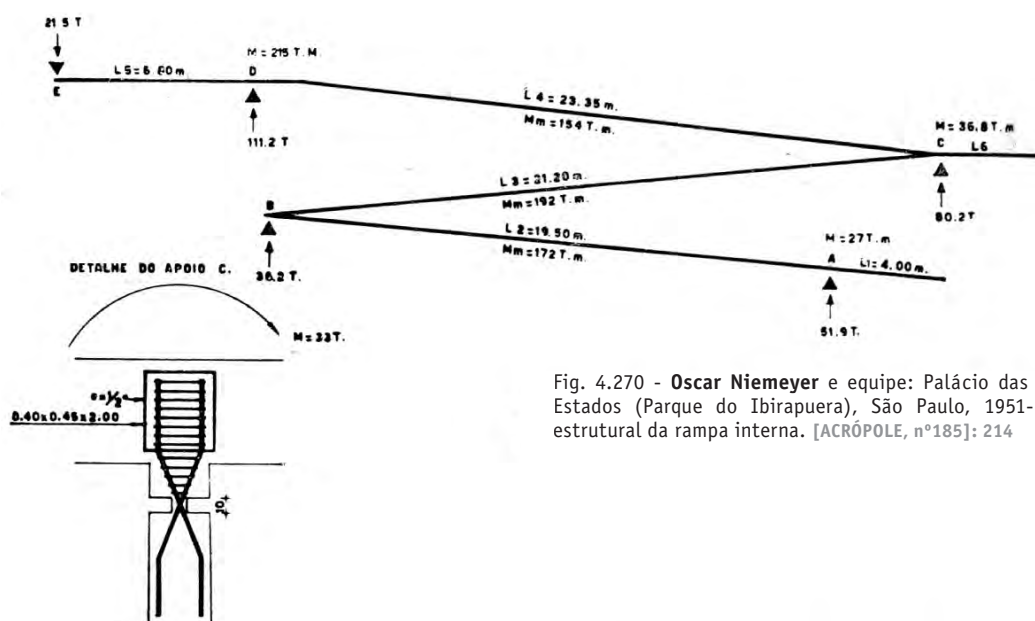


Fig. 4.270 - Oscar Niemeyer e equipe: Palácio das Nações e dos Estados (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1951-53. Diagrama estrutural da rampa interna. [ACRÓPOLE, nº185]: 214



Fig. 4.271 - Oscar Niemeyer e equipe: Palácio das Nações e dos Estados (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1951-53. O edifício em construção: em primeiro plano, os apoios inclinados e a rampa ao fundo [ACRÓPOLE, nº185]: 215



Fig. 4.272 - Oscar Niemeyer e equipe: Palácio das Nações e dos Estados (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1951-53. Detalhe dos brises alveolares. [ACRÓPOLE, nº185]: 213

Palácio das Indústrias

É o maior pavilhão do complexo do Ibirapuera, com área construída de aproximadamente 39.800m². Na época, era o maior do mundo no gênero. Projetado para conter em seus vastos salões, 620 estandes destinados a receber os mostruários das indústrias paulistas. Construído em apenas 18 meses, este pavilhão possui 3 pavimentos dedicados para as exposições e um sub-solo onde se localiza o almoxarifado. Em função do comprimento do prédio, o térreo possui em uma de suas extremidades pé-direito de 8,6m que se abre em mezanino que se prolonga até a outra extremidade, formando outro térreo com 4m de altura. Os dois andares superiores possuem pé-direito de 5m.

Na execução da estrutura de concreto armado, adotaram-se sistemas que suportassem as grandes cargas que são submetidos as superfícies que sustentam exposições industriais. Na construção das lajes foi escolhido o sistema de caixão perdido para que tanto a tubulação de hidráulica quanto os eletrodutos ficassem embutidos. Como o edifício dispõe lateralmente de balanços com largura de 7,5m, tendo em conta as sobrecargas acidentais nas extremidades e as cargas permanentes, era necessário escolher um sistema de suspensão prática e segura. Assim sendo os construtores recorreram como solução mais viável o concreto protendido¹²³, utilizado principalmente nas vigas de alta resistência da cobertura que possuíam seção de 1,5m². Toda a estrutura foi armada e fundida em 8 meses.

As lajes recortadas de maneira sinuosa (fig. 4.274), em conjunto com a rampas e pilares espaçados de 10 em 10m conferem aos espaços internos uma expressão plástica exuberante. A possibilidade de combinar o concreto convencional com o protendido proporciona não só a maleabilidade dos contornos das superfícies mas também a generosidade dos vãos e afastamento dos apoios.

123. Para a execução do protendido, foram executadas vigas de alta resistência na cobertura do edifício, vigas estas com seção de 1,5m². Tanto estas vigas, quanto o resto da estrutura de concreto armado, foram fundidas sem interrupção dos trabalhos, chegando a concretar 350m³ de concreto. Neste ritmo de construção foram empregados 800 homens divididos em duas turmas de trabalho. Foram utilizados 135.258 sacos de cimento, 6.920m³ de areia, 14.000m³ de pedra e 2.200 toneladas de ferro de diferentes bitolas. O volume de concreto alcançou 15.478m³ no total. Fonte: ACRÓPOLE. São Paulo: Max Gruenwald, n.193.



Fig. 4.273 - Oscar Niemeyer: Palácio das Indústrias (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953. Fachada voltada para noroeste, protegida pelos brises verticais em alumínio. [ACRÓPOLE, nº193]: 54

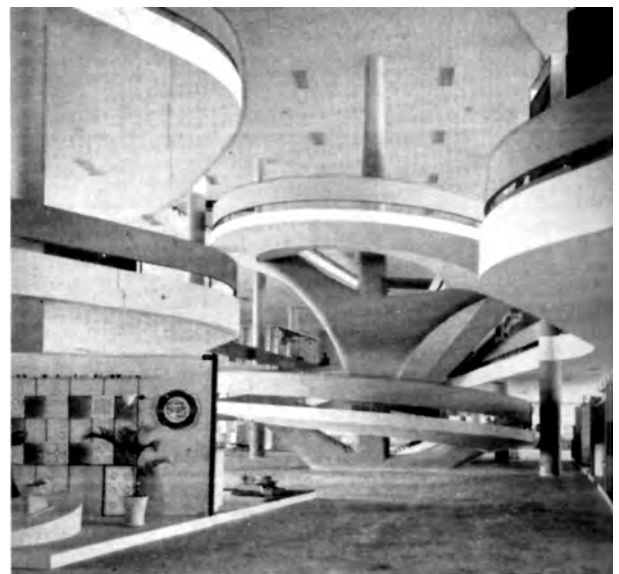


Fig. 4.274 - Oscar Niemeyer: Palácio das Indústrias (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953. O rico espaço interno do pavilhão e as rampas envolvendo o pilar em forma de árvore. [ACRÓPOLE, nº193]: 57

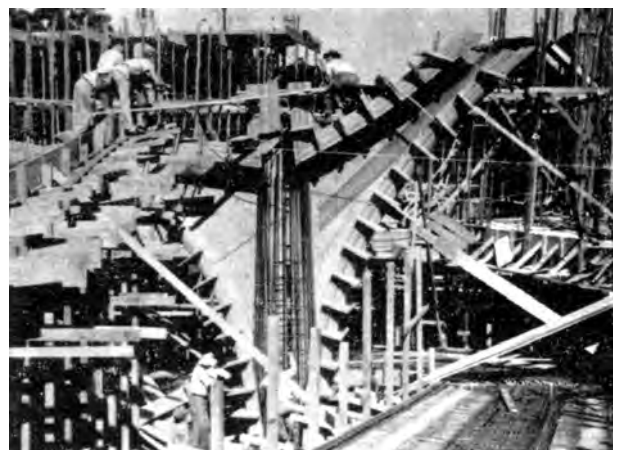
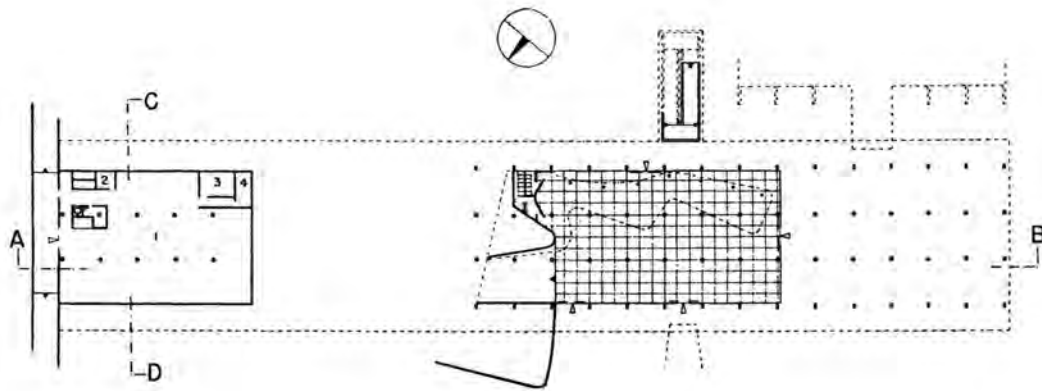
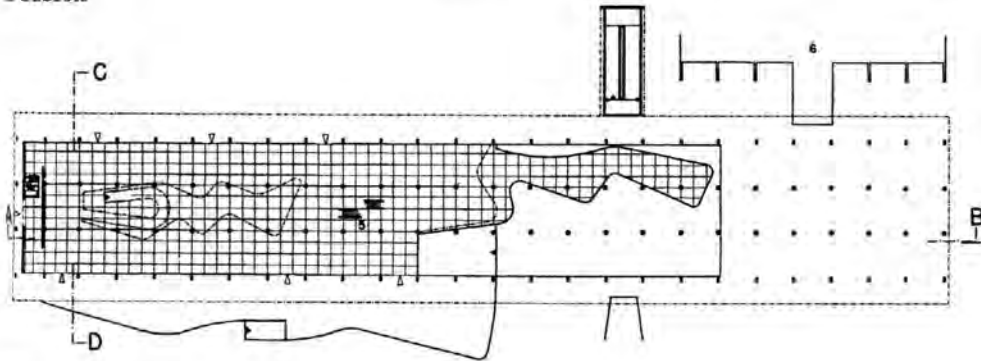


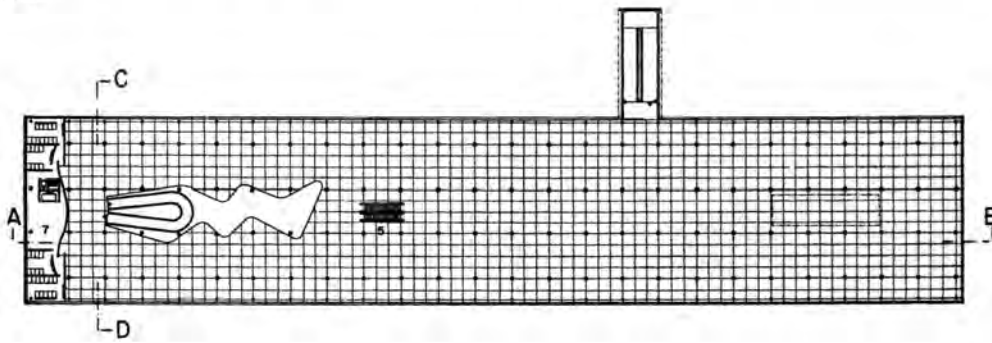
Fig. 4.275 - Oscar Niemeyer: Palácio das Indústrias (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953. Acima, o mesmo pilar ramificado de sustentação das rampas, prestes a ser concretado. Observa-se a complexidade da execução da forma e sua conexão com o restante da estrutura. [ACRÓPOLE, nº193]: 57



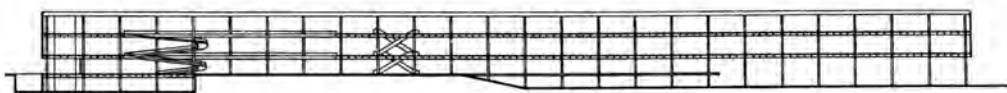
Térreo e Subsolo



Mezanino



Segundo andar



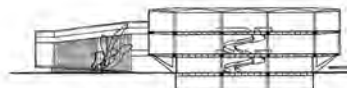
Corte longitudinal



Fachada noroeste



Fachada sudeste



Corte transversal

Fig. 4.276 - Oscar Niemeyer: Palácio das Indústrias (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953. Plantas, cortes e fachadas. [MINDLIN, 2000]: 209 - [PAPADAKI, 1956]: 144

A barra edificada se apóia parte sobre pilotis e parte diretamente no solo, cobrindo uma área de projeção de 250 por 50m¹²⁴. A estrutura reticular é constituída de uma grelha retangular formada a partir de 4 linhas de pilares que vencem vãos de 13m por 26 linhas com vãos de 10m. Os balanços correspondentes as fachadas noroeste/sudeste possuem 7,5m, e os correspondentes as fachadas adjacentes possuem 1,5m.

Observa-se nas imagens da construção o trabalho minucioso da montagem das ferragens do concreto armado, que em certos pontos possuem uma densidade incomum (figs. 4.278 e 4.279), exigindo assim dobrada atenção dos técnicos responsáveis pela execução principalmente dos pilares e vigas, para que o recobrimento de concreto fosse efetivo em toda a superfície dos elementos estruturais. Como já havia afirmado Kleinlogel em sua visita, é notória a utilização de uma grande quantidade de armadura nas obras brasileiras do período, que assumem praticamente toda absorção de cargas a que a estrutura é submetida.

O edifício do Palácio das Indústrias, tanto pela sua dimensão, como pelo tratamento dado ao esquema estrutural, demonstra que a flexibilidade da técnica do concreto armado aliada a resistência a grandes esforços do concreto protendido resulta não só em uma obra tecnicamente avançada, mas também de plasticidade marcante.

124. O terreno onde se localiza o *Palácio das Indústrias* possui uma pequena inclinação, só perceptível pela dimensão do prédio em sua fachada maior. Resulta desta conformação o térreo de pé-direito variável, tendo em uma das extremidades a altura de 8,6m. Esta é aberta em pilotis e tem um mezanino que se prolonga até a extremidade oposta, formando o outro térreo, com 4m de pé-direito. Os dois andares superiores têm altura de 5m. (MINDLIN, Henrique E. *Arquitetura moderna no Brasil*. Rio de Janeiro: Aeroplano, 2000. 288 p).

Ficha técnica

Local	São Paulo/SP
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer
Data projeto	1951
Cálculo Concreto Armado	Eng. Luiz J. da Costa Leite
Cálculo Concreto Protendido	Eng. José Rudolff
Execução	SECLA
Início da obra	Dezembro de 1952
Final da obra	20 de julho de 1954
Tipo estrutural	Baixo Reticular
Pilotis	Seção circular
Vão maior	13m
Vão menor	10m
Balanco maior	7,5m

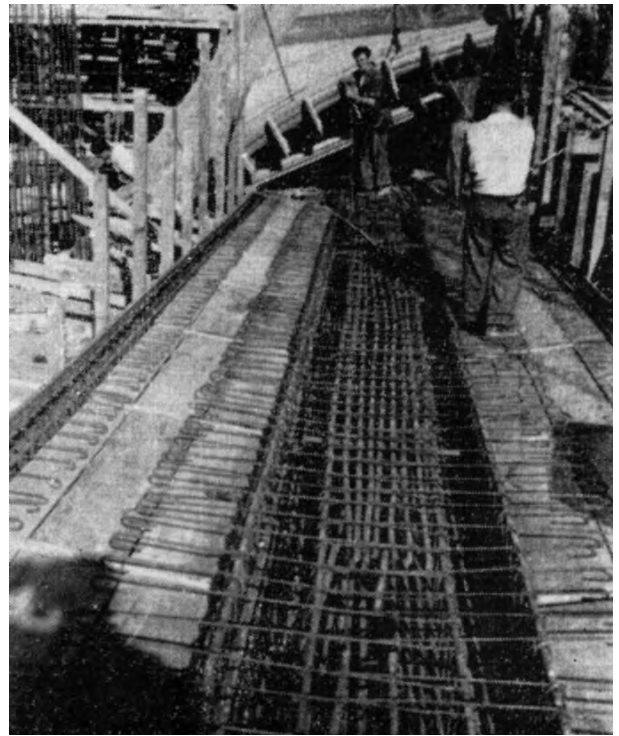


Fig. 4.277 - Oscar Niemeyer: Palácio das Indústrias (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953. Montagem das armaduras da rampa interna. [ACRÓPOLE nº193]: 57

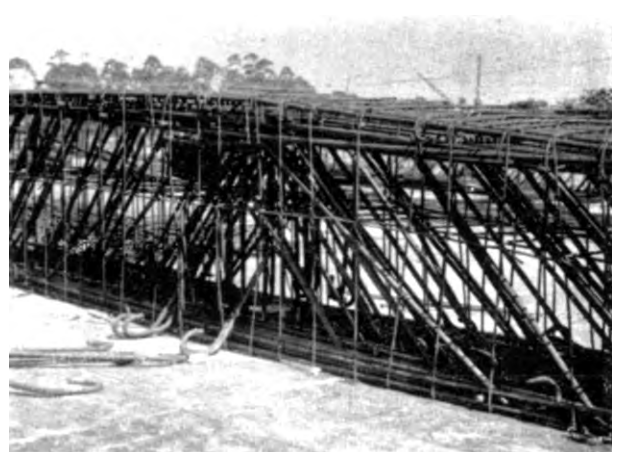


Fig. 4.278 - Oscar Niemeyer: Palácio das Indústrias (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953. Detalhe das ferragens de uma viga da cobertura do pavilhão. [ACRÓPOLE nº193]: 57



Fig. 4.279 - Oscar Niemeyer: Palácio das Indústrias (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953. Detalhe da junção da coluna com duas vigas do piso intermediário. [ACRÓPOLE nº193]: 57



Fig. 4.280 - **Oscar Niemeyer**: Palácio das Indústrias (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953. A regularidade da fachada sudeste. [MINDLIN, 2000]: 209



Fig. 4.282 - **Oscar Niemeyer**: Palácio das Indústrias (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953. O interior orgânico em contraste com o exterior prismático. [BOTEY, 1997]: 111

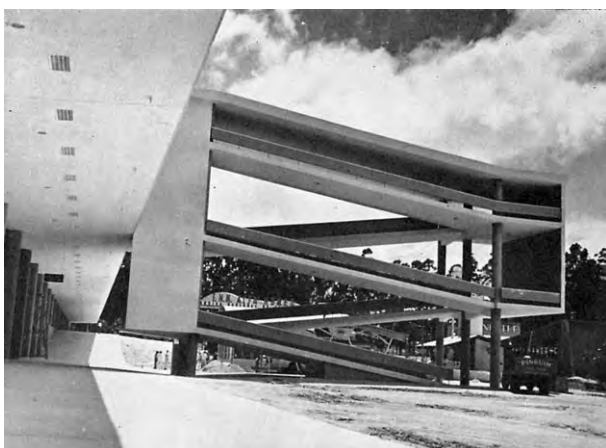


Fig. 4.281 - **Oscar Niemeyer**: Palácio das Indústrias (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953. As rampas de acesso externo ao pavilhão se comportam como lajes inclinadas vencendo um vão de 15m. [PAPADAKI, 1956]: 146

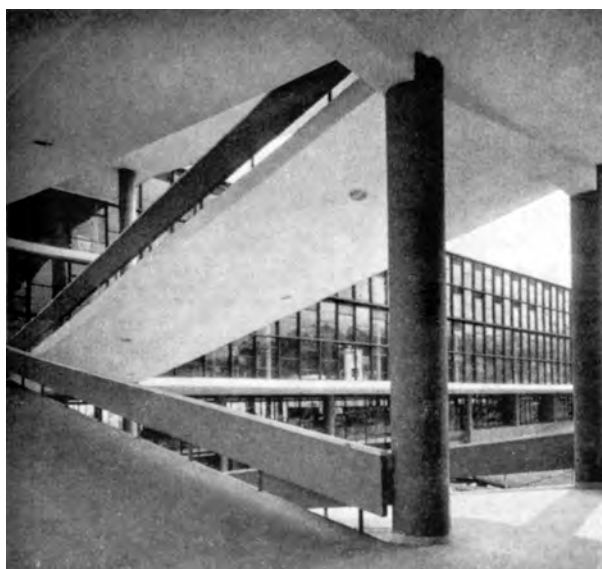


Fig. 4.283 - **Oscar Niemeyer**: Palácio das Indústrias (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953. Detalhe das rampas externas, com os apoios e vigas aparentes. [PAPADAKI, 1956]: 146

Palácio das Artes

(Pavilhão Lucas Nogueira Garcez)

“Por detrás do caos de arranha-céus do Rio e de São Paulo, podemos perceber o resultado de um dom inerente [dos arquitetos brasileiros] para articular volumes, especialmente como o Palácio das Artes, com o formato de cúpula, projetado para exposições de escultura. Neste caso, o principal atrativo está na interpenetração dos espaços interiores em três níveis, acima e abaixo do solo.”
(GIEDION apud MINDLIN, 1956, pp. IX-X)

O Palácio das Artes é composto de um subsolo e 3 pavimentos, ocupando uma área de cerca de 11.000m². A cúpula de 9cm de espessura é apoiada em um anel circular e suportada por 78 sapatas em concreto armado, estudadas na sua geometria para que a cúpula não sofresse o mínimo recalque. A sua estrutura é constituída por fundações independentes das da cúpula, por pilares que sustentam os pavimentos e o muro de arrimo de contorno.

A grandiosa visão da cúpula com seus 76 metros por 18 de altura, absolutamente livres de pilares ou quaisquer colunas foi possível através de uma grande concentração de ferragens, que absorviam as tensões do grande espaçamento entre os apoios. Na construção foram gastas 1200 toneladas de ferro e 8.500m³ de concreto.

A cúpula de concreto do Palácio das Artes foi, na época de sua construção, a estrutura mais arrojada que já havia sido projetada¹²⁵. Possui duas cascas independentes, que pelo vão são instalados os tubos de ar condicionado. Uma das dificuldades encontradas na obra diz respeito ao sub-solo. É que, de acordo com o projeto, o prédio ficaria com o sub-solo 2 metros abaixo do nível do lençol freático encontrado. Das soluções apresentadas para resolver este problema, optou-se pela drenagem das águas para o córrego do Sapateiro, que ficava nas proximidades.

As três “bandejas” – como podem ser tratadas as lajes planas soltas dentro da cúpula – são sustentadas por colunas dispostas reticularmente com

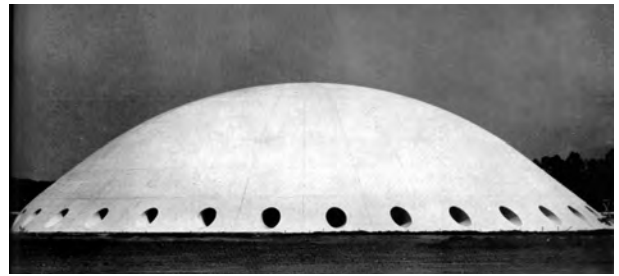


Fig. 4.284 - Oscar Niemeyer: Palácio das Artes (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953-54. Vista geral da cúpula de concreto. [ACRÓPOLE, nº191]:493



Fig. 4.285 - Oscar Niemeyer: Palácio das Artes (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953-54, 1954. Vista parcial da cúpula de concreto. [PAPADAKI, 1956]:151

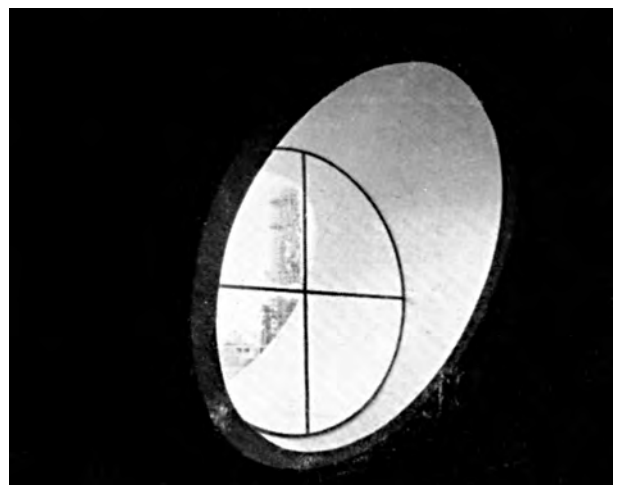


Fig. 4.286 - Oscar Niemeyer: Palácio das Artes (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953-54. Detalhe do oblô (janela). [PAPADAKI, 1956]:151

125. No Brasil as maiores cúpulas em concreto armado até esta data eram a do **Hotel Quitandinha** com 50m de diâmetro e 15cm de espessura, a do **Ginásio de Jundiaí**, com 53m por 12cm e do **Palácio de Exposições**, com 54m por 8cm de espessura. [ACRÓPOLE, nº191]:495

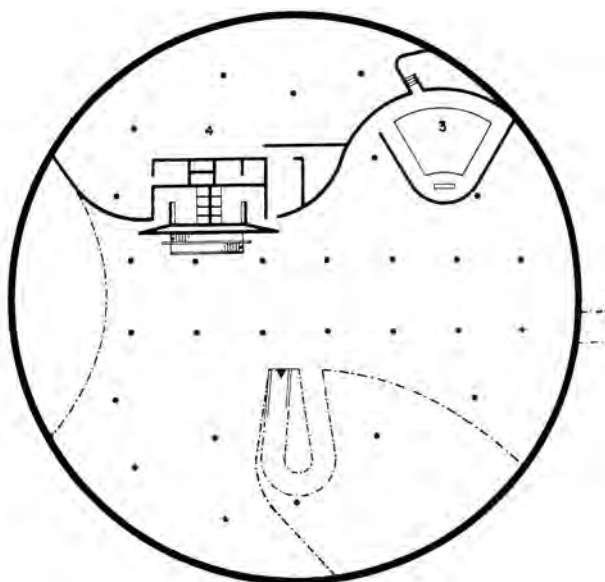


Fig. 4.287 - **Oscar Niemeyer**: Palácio das Artes (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953-54. Planta do subsolo. [MINDLIN, 2000]:210

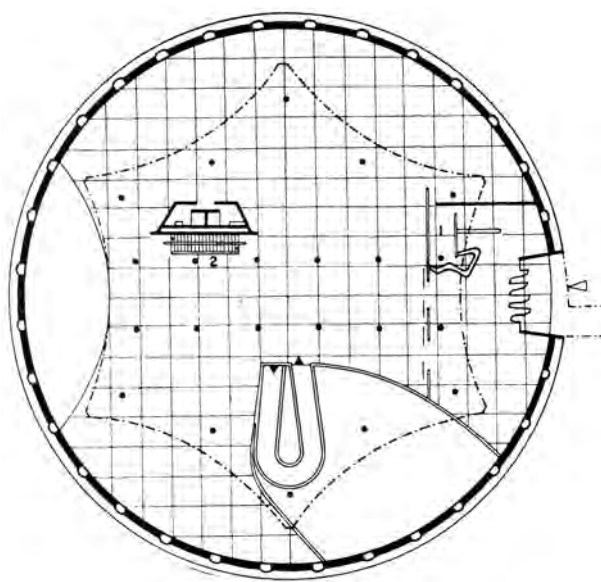


Fig. 4.289 - **Oscar Niemeyer**: Palácio das Artes (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953-54. Planta do térreo. [MINDLIN, 2000]:210

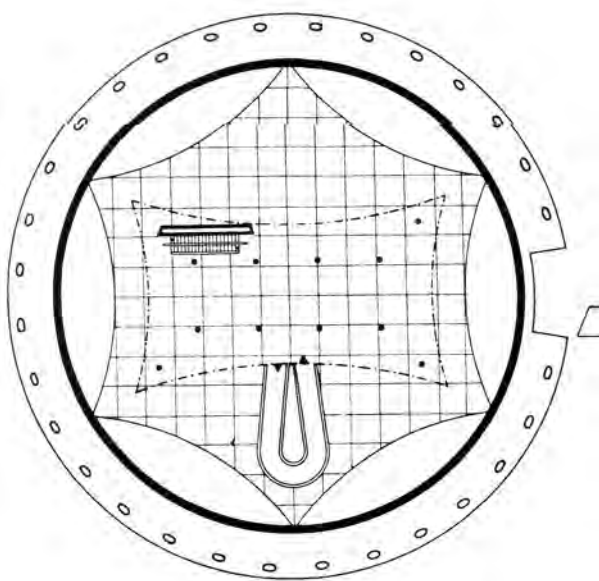


Fig. 4.288 - **Oscar Niemeyer**: Palácio das Artes (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953-54. Planta do primeiro andar. [MINDLIN, 2000]:210

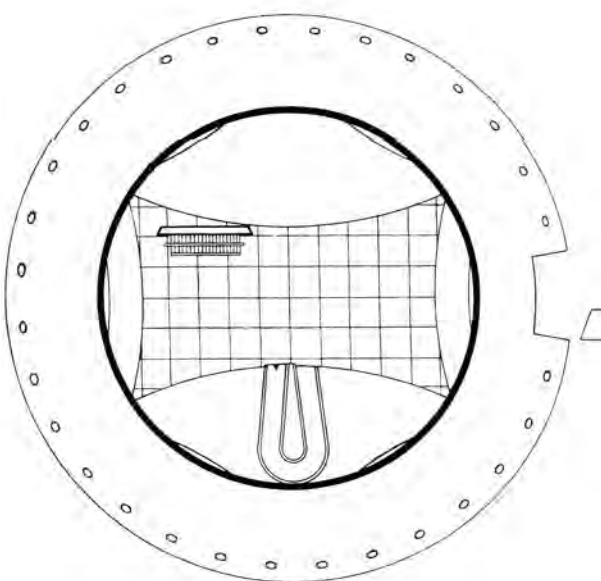


Fig. 4.290 - **Oscar Niemeyer**: Palácio das Artes (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953-54. Planta do segundo andar. [MINDLIN, 2000]:210

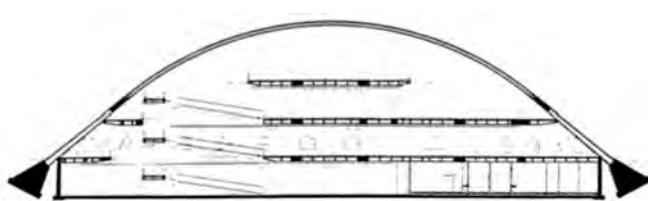


Fig. 4.291 - **Oscar Niemeyer**: Palácio das Artes (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953-54. Corte transversal ao eixo de entrada. [PROJETO & DESIGN, 243]:71

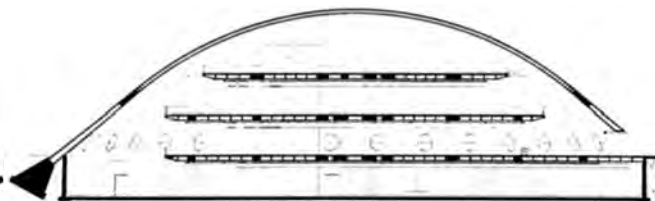
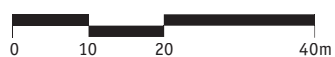


Fig. 4.292 - **Oscar Niemeyer**: Palácio das Artes (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953-54. Corte pelo eixo de entrada. [PROJETO & DESIGN, 243]:71



Escala 1:1000

vão maior de 9,5m e o menor medindo 9m. Estas lajes semi-ocas em forma de estrela (segundo pavimento) e de gravata-borboleta (terceiro pavimento) avançam com suas pontas em balanço até as proximidades da casca da cúpula, porém sem tocá-las, em um efeito ímpar de leveza e articulação entre a curvatura da casca e a face plana da laje. Esta, ao mesmo tempo, se afina em chanfro para que a superfície de suas bordas tenha seção mínima, tirando proveito do momento fletor zero e do efeito plástico que esta redução proporciona (fig. 4.291).

A seqüência do processo de construção se dá inicialmente pelas fundações e o anel de concreto que sustentará o domo e a laje do primeiro pavimento (fig 4.293). Ao mesmo tempo é montado o cimbrequil com as esperas retangulares para as aberturas do oblô – que são concretados à parte – enquanto as outras duas lajes são montadas. Com a finalização dos pavimentos internos, seguiu-se a concretagem da grande casca, que foi revestida com pastilhas cerâmicas, assentadas através de guias radiais (fig. 4.294).

As duas estruturas – o domo puro e monolítico externo associado as lajes em recorte sustentadas por colunas regularmente dispostos do espaço interno – conferem ao Pavilhão das Artes um jogo de perspectivas ímpar, que em perfeita harmonia convivem dentro de suas sutilezas estruturais, abrindo caminho para outras experiências, como na obra do Congresso Nacional em Brasília.

Domo	
Tipo estrutural	Cúpula
Vão	76m
Espessura	9cm

Lajes internas	
Tipo estrutural	Baixo reticular
Pilares	Seção circular
Vão maior	13m
Vão menor	9m
Balanço	5m

Ficha técnica	
Local	São Paulo/SP
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer, Zenon Lotufo, Helio Uchôa, Eduardo Kneese de Mello
Data projeto	1953
Cálculo estrutural	José Carlos de Figueiredo Ferraz
Execução	Monteiro, Wigderowitz & Monteiro Ltda.
Data execução	1953-54



Fig. 4.293 - Oscar Niemeyer: Palácio das Artes (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953-54. Detalhes do anel circular em concreto armado, das fundações e da laje do térreo em 3 de agosto de 1953. [ACRÓPOLE n°191]:496



Fig. 4.294 - Oscar Niemeyer: Palácio das Artes (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953-54. Preparação das armaduras e das guias do cimbrequil em 24 de novembro de 1953. [ACRÓPOLE n°191]:495



Fig. 4.295 - Oscar Niemeyer: Palácio das Artes (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953-54. Em 7 de dezembro de 1953 o aterro já havia sido feito até a altura do nível de acesso. [ACRÓPOLE n°191]:496



Fig. 4.296 - Oscar Niemeyer: Palácio das Artes (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953-54. Com a concretagem já completa, é iniciado o revestimento com pastilhas em 1954. [PAPADAKI, 1956]:151



Fig. 4.297 - **Oscar Niemeyer**: Palácio das Artes (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953-54. Detalhe das ferragens da rampa interna. [ACRÓPOLE nº191]:496



Fig. 4.300 - **Oscar Niemeyer**: Palácio das Artes (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953-54. Vista da laje do 3º pavimento desde a rampa. [ACRÓPOLE nº191]:494



Fig. 4.298 - **Oscar Niemeyer**: Palácio das Artes (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953-54. As rampas finalizadas e a coluna de apoio em primeiro plano. [ACRÓPOLE nº191]:494



Fig. 4.301 - **Oscar Niemeyer**: Palácio das Artes (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953-54. Vista dos níveis da rampa em forma de ferradura. [ACRÓPOLE nº191]:494



Fig. 4.299 - **Oscar Niemeyer**: Palácio das Artes (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953-54. Detalhe da laje do segundo pavimento. [ACRÓPOLE nº191]:497

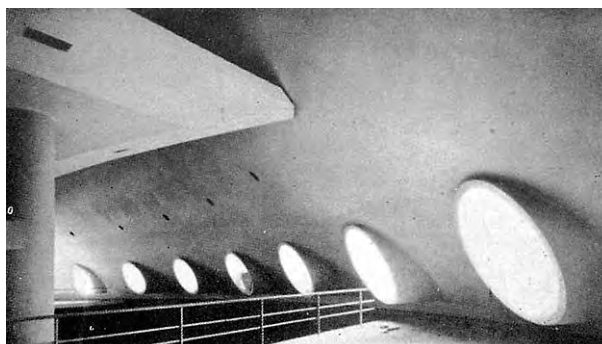


Fig. 4.302 - **Oscar Niemeyer**: Palácio das Artes (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1953-54. Detalhe dos oblôs e da laje do 2º pavimento. [ACRÓPOLE nº191]:494

Palácio da Agricultura

Parte integrante do projeto do Ibirapuera, o Palácio da Agricultura (fig. 4.303) é composto por um corpo alto de estrutura reticular que abriga as repartições, e outro mais baixo coberto por laje sinuosa que abriga um restaurante.

Pilares convergentes paralelos à fachada maior, caixa de escada em forma de oval destacada do corpo alto, além da conexão com um anexo mais baixo e excepcional são algumas das semelhanças estruturais e formais entre este projeto e o do Hospital Sulamerica (1952-59).

A colunata em V do térreo (fig. 4.304) possui 6,3m de altura e um mezanino que se prolonga para o exterior do prédio, para formar a cobertura do restaurante. O prédio tem sete andares-tipo, cada um com 3,5m de pé-direito, e um andar no topo, com acomodações para hospedar funcionários em trânsito (MINDLIN, 2000, p.212).

Os andares medem 130 x 18,5m e estão apoiados em duas filas de pilares com 12m de vão, com uma distância de 6m entre pilares. Os balanços estão presentes nas quatro fachadas, sendo que nos lados maiores mede 3,5m. Nos lados menores respeita a proporção dos vãos e se reduz pela metade, com 1,75m.

A laje de cobertura do restaurante, transformada em terraço-jardim, é acessada por uma escada escultórica em forma de gancho (fig. 4.305), que não possui nenhum tipo de apoio vertical, até chegar no se topo, onde um pilar de seção variável escora o final da bandeja amebóide, deixando um bico em balanço que chega aos 4m de projeção.

Ficha técnica	
Local	São Paulo/SP
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer, Zenon Lotufo, Helio Uchôa, Eduardo Kneese de Mello
Data projeto	1955
Cálculo estrutural	-
Execução	-
Data execução	1955
Vão maior	12m
Vão menor	6m
Balanço maior	4m
Balanço menor	1,75m



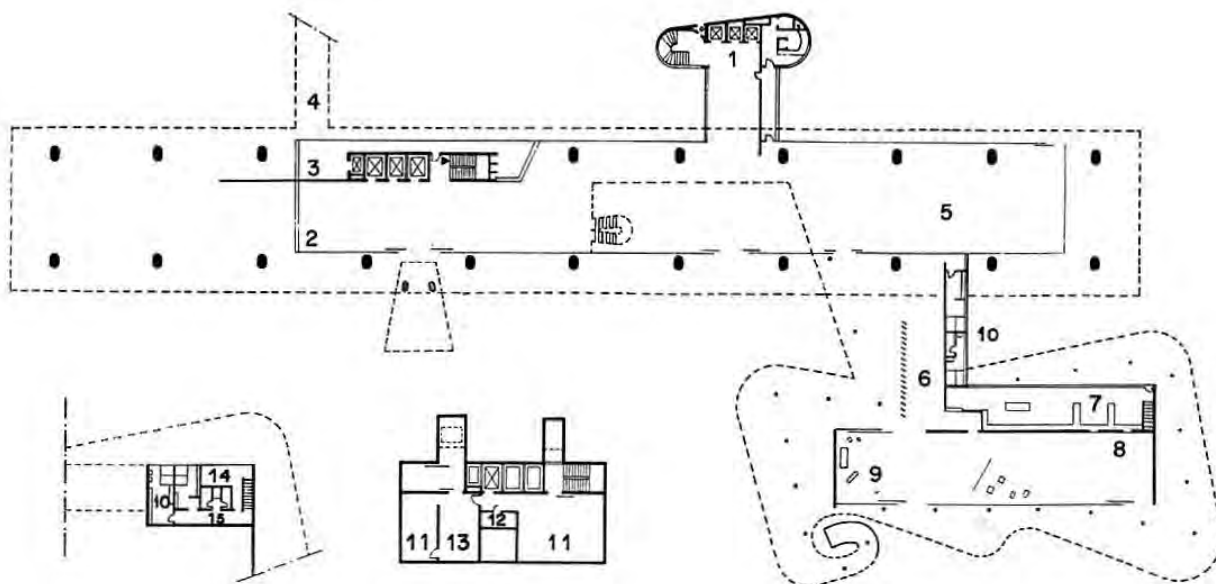
Fig. 4.303 - Oscar Niemeyer: Palácio da Agricultura (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1955. Edifício em construção. [MINDLIN, 2000]:212



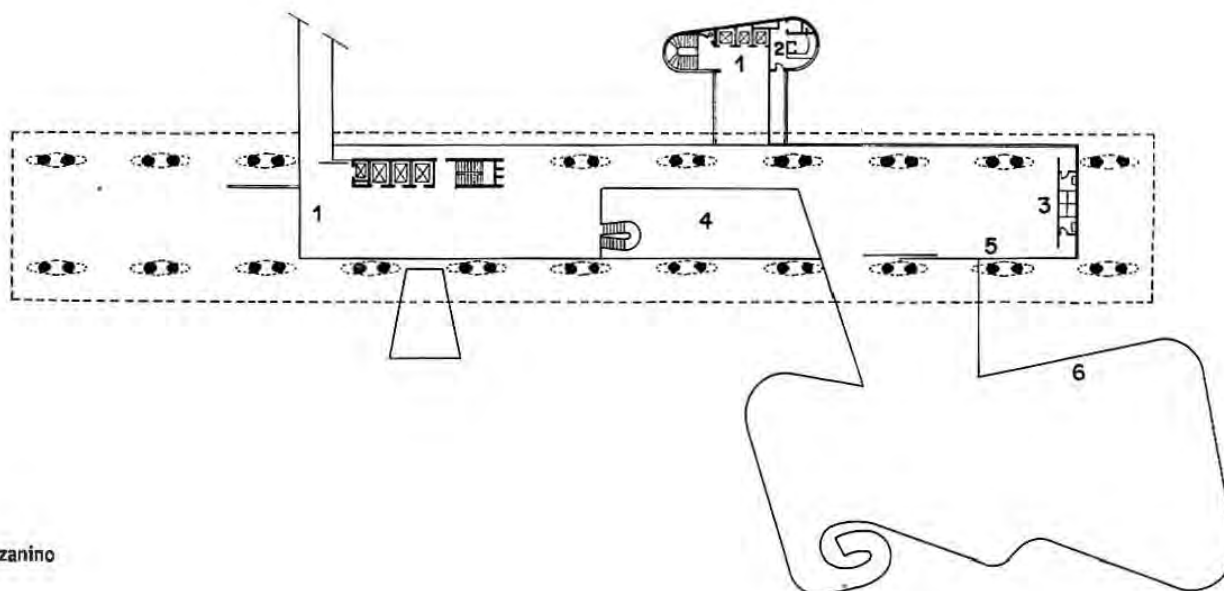
Fig. 4.304 - Oscar Niemeyer: Palácio da Agricultura (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1955. Sistema construtivo: pilares convergentes no térreo, laje plana e colunas internas. [PAPADAKI, 1956]: 147



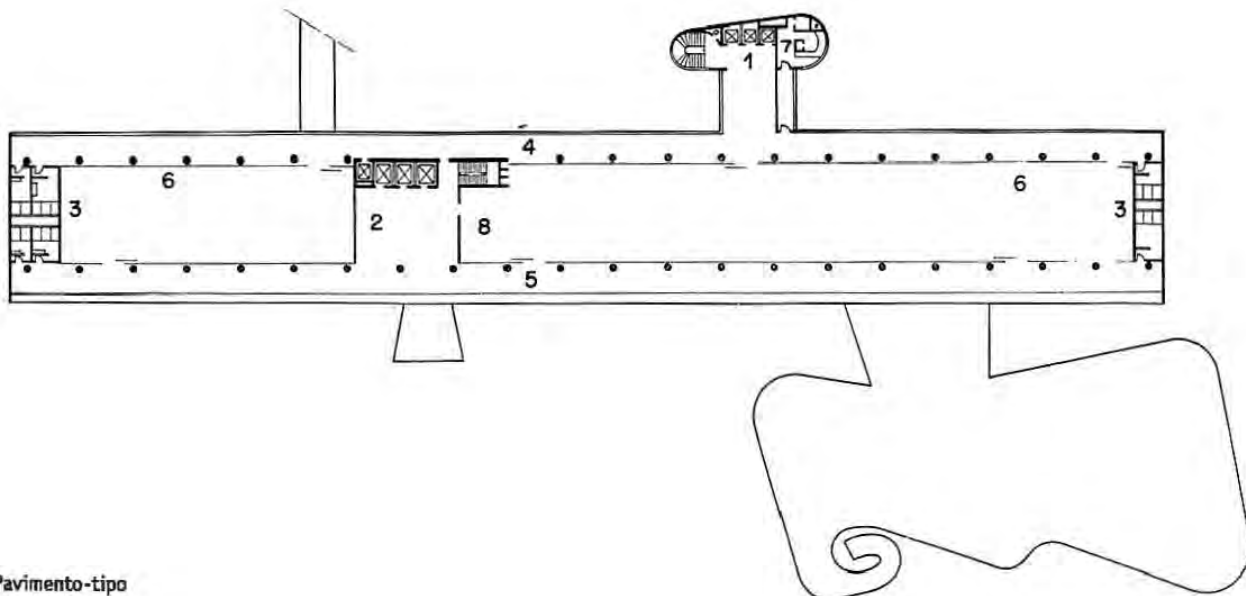
Fig. 4.305 - Oscar Niemeyer: Palácio da Agricultura (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1955. Detalhe da escada de acesso ao terraço. [PAPADAKI, 1956]: 148



Planta baixa do térreo



Mezanino



Pavimento-tipo

Fig. 4.306 - Oscar Niemeyer: Palácio da Agricultura (Parque do Ibirapuera), São Paulo, 1955. Plantas-baixas. [PAPADAKI, 1956]: 149

Grande Marquise do Ibirapuera

“Esta imensa marquise em concreto armado, apoiada em colunas esbeltas, forma um passeio coberto, unindo todos os prédios e sublinhando a unidade do conjunto”. (MINDLIN, 2000, p.214)

O grande plano de laje de aproximadamente 28 mil metros quadrados – um dos maiores do gênero no mundo na época – construído em concreto armado e que conecta os pavilhões do Parque do Ibirapuera, foi a obra executada em menor tempo de todo o conjunto. Ao todo foram 220 dias de trabalho no canteiro de obras, que em situação especial, contou com a presença constante dos projetistas e executores no local, agilizando o processo de construção e resolução dos problemas à medida que eles iam surgindo.

No total foram empregados 7.000m^3 de concreto, 1.600 toneladas de ferro e 80.000 sacos de cimento em 120 dias de concretagem. Próximo ao canteiro foi instalada uma usina com cinco silos contendo água, cimento, dois tipos de pedra e areia. Isso garantiu o rápido processamento do concreto pelos caminhões adaptados com betoneiras, que chegavam no local em poucos minutos¹²⁶.

As quantidades descritas acima são reflexo do tamanho da estrutura construída. São 630m de cobertura no sentido longitudinal e 370m no transversal de uma laje que foi executada com uma taxa de ferro superior aos padrões utilizados na época. Enquanto que o normal seria uma média de 100 a 120kg/m^2 , neste caso, pelas dimensões de vãos que alcançam até 28m de extensão e balanços que avançam até 9m, os valores do ferro alcançam mais que o dobro (230kg/m^3). Em alguns casos, como nos pilares que têm sua seção reduzida por receberem as tubulações de esgoto pluvial e da rede elétrica, as ferragens quase quadruplicam sua relação chegando até a 380 quilos de ferro por metro cúbico de concreto.

A laje em si é nervurada com caixões de madeira, e as vigas de 81cm de altura foram executadas com uma contra-flecha de 15cm, para compensação do recalque que toda a estrutura sofreu. Nas pontas, o pé-direito é de 3m e na parte central chega a 4,25m.



Fig. 4.307 - Oscar Niemeyer e equipe: Grande Marquise do Ibirapuera, São Paulo, 1951-55. Vista aérea do conjunto. []:



Fig. 4.308 - Oscar Niemeyer e equipe: Grande Marquise do Ibirapuera, São Paulo, 1951-55. Vista do balanço da marquise. [PAPADAKI, 1956]: 140



Fig. 4.309 - Oscar Niemeyer e equipe: Grande Marquise do Ibirapuera, São Paulo, 1951-55. Vista superior. [PAPADAKI, 1956]:140

126. Ver: ACRÓPOLE n°185, dezembro 1954 pp. 216-8

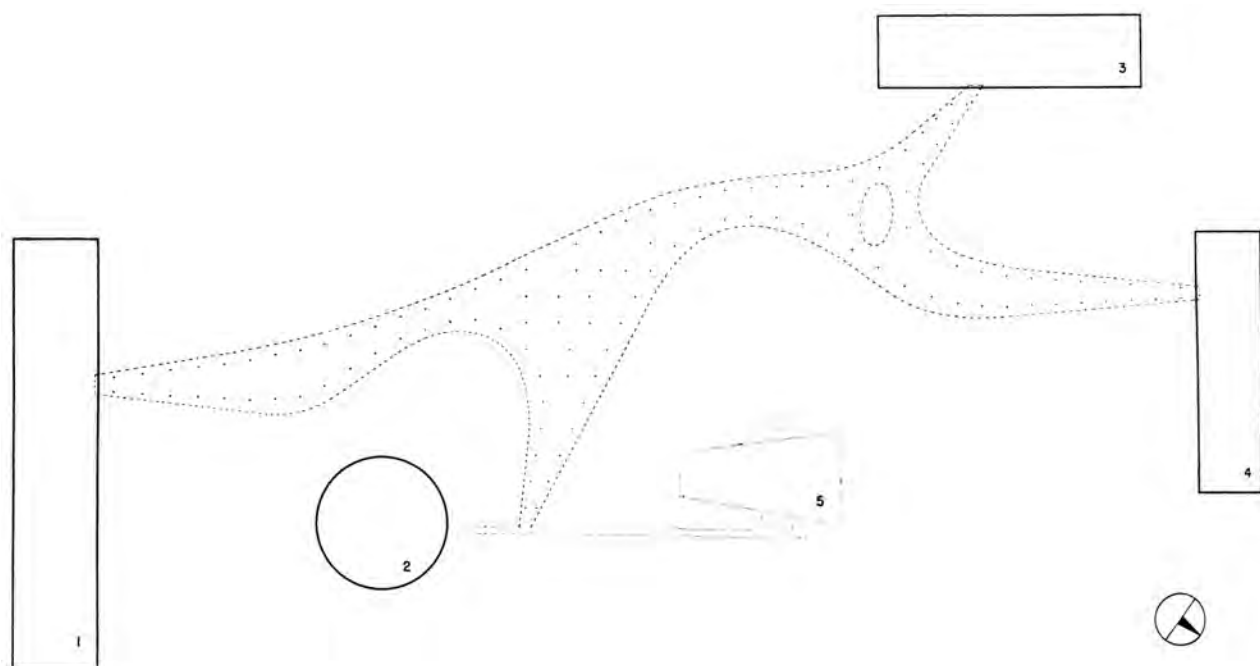


Fig. 4.310 - **Oscar Niemeyer e equipe:** Grande Marquise do Ibirapuera, São Paulo, 1951-55. Planta baixa. [MINDLIN, 2000]:214



Fig. 4.311- **Oscar Niemeyer e equipe:** Grande Marquise do Ibirapuera, São Paulo, 1951-55. Vista dos pilares em "V". [ACRÓPOLE nº185]:217

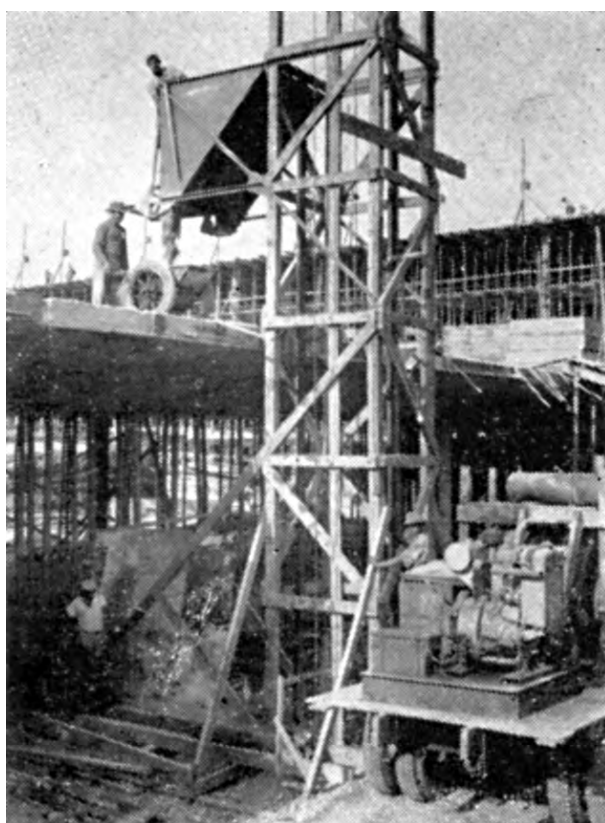


Fig. 4.313 - **Oscar Niemeyer e equipe:** Grande Marquise do Ibirapuera, São Paulo, 1951-55. Concretagem. [ACRÓPOLE nº185]:218



Fig. 4.312 - **Oscar Niemeyer e equipe:** Grande Marquise do Ibirapuera, São Paulo, 1951-55. Vista superior. [ACRÓPOLE nº185]:216

Repassados os dados técnicos, não resta dúvida que a densidade de ferro empregada na execução desta laje – e que é característica do concreto armado no país desde o final da década de 20 – foi fator principal para que tal empreendimento fosse levado adiante. A mão de obra para executar tais armaduras no Brasil não era um aspecto que elevasse o custo da obra, conforme já foi demonstrado neste estudo¹²⁷. Dessa forma, as grandes vigas transversais e longitudinais (figs. 4.314 e 4.315) poderiam assumir as solicitações que uma massa de concreto muito maior que a executada deveria resistir. Nesta estrutura, o ferro é utilizado de maneira que as alturas das peças sejam reduzidas, porém sem comprometer o seu recobrimento, em um cálculo primoroso e execução extremamente controlada.

Todos os 120 pilares que sustentam o plano de laje possuem a mesma forma – com exceção dos pilares em “V” que passam de circular para uma seção quadrada – onde a forma cilíndrica é preservada com a dimensão exata em cada um deles, mesmo com a redução provocada por elementos das redes complementares (fig. 4.316).

A perspectiva dinâmica que o recorte da marquise proporciona, em contraste com a regularidade da disposição dos volumes puros dos pavilhões possuem, é mais uma característica que uma estrutura de concreto armado oferece. Ainda mais com as dimensões que foram realizadas, onde o desenho cuidadoso de Niemeyer foi base para a realização uma “mega-estrutura” que até então o mundo não tinha conhecimento.

127. Ver página 81.

Ficha técnica	
Local	São Paulo/SP
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer, Zenon Lotufo, Helio Uchôa e Eduardo Kneese de Mello
Data projeto	1951
Cálculo estrutural	Fernando Paes da Silva
Execução	Escritório de Construções e Engenharia “Ecel” Ltda.
Data execução	1951-55
Tipo estrutural	Marquise
Pilotis	Misto
Vão maior	28m
Vão menor	6m
Balanço maior	9m
Balanço menor	3m



Fig. 4.314 - Oscar Niemeyer e equipe: Grande Marquise do Ibirapuera, São Paulo, 1951-55. Armadura transversal. [ACRÓPOLE nº185]:218



Fig. 4.315 - Oscar Niemeyer e equipe: Grande Marquise do Ibirapuera, São Paulo, 1951-55. Armadura longitudinal. [ACRÓPOLE nº185]:218

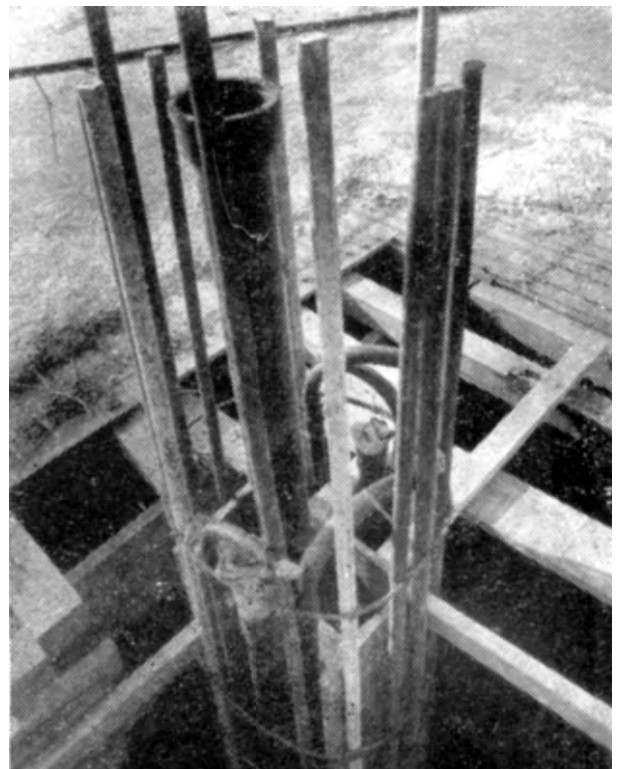


Fig. 4.316 - Oscar Niemeyer e equipe: Grande Marquise do Ibirapuera, São Paulo, 1951-55. Armadura dos pilares, com o tubo de queda do esgoto pluvial no centro da seção. [ACRÓPOLE nº185]:218



Fig. 4.317 - **Oscar Niemeyer e equipe:** Grande Marquise do Ibirapuera, São Paulo, 1951-55. Vista aérea no período de execução da grande laje, com o Palácio das Artes (OCA) em primeiro plano. [ACRÓPOLE nº185]: 216



Fig. 4.318 - **Oscar Niemeyer e equipe:** Grande Marquise do Ibirapuera, São Paulo, 1951-55. Continuação da imagem superior, mostrando os pavilhões das Nações e Estados. [ACRÓPOLE nº185]:217

Edifício Governador Kubitschek

Projeto de 1951 de Oscar Niemeyer, executado parcialmente, sem a torre de 36 andares que seria dedicada a apartamentos residências e lojas. O bloco construído corresponde ao hotel, com 26 andares e está posicionado na parte mais elevada do terreno.

“On the ground floor, Niemeyer uses W-shaped pillars: in spite of their size, these produce less obstruction at the pedestrian level”. (BOTEY, 1996, p.84)

A placa de 120m de comprimento por 18m de largura (fig. 4.319) é apoiada sobre 22 pilares em formato de “W”, uma solução de Niemeyer para desobstrução do térreo, diminuindo o “efeito floresta” que uma grande quantidade de colunas poderia provocar. Na realidade, esta solução é uma variante dos pilares em “V” do Hospital Sulamérica ou até mesmo dos Palácios das Nações e dos Estados do Parque do Ibirapuera¹²⁸, que são todos projetos do mesmo ano, realizados em um espaço de alguns meses¹²⁹. São dois conjuntos de 11 pilares triplos paralelos às fachadas – que vencem um vão final de 12m, referente à aglutinação de três módulos de 4m dos pavimentos-tipo – separados por uma linha central de apoios, configurando duas naves transversais e dez naves longitudinais. Os dois balanços incidentes nas fachadas maiores possuem 1,7m.

Responsável pelo cálculo estrutural, Joaquim Cardozo resolveu a questão dos pilares do térreo através de um desenho onde as faces maiores são côncavas, ampliando a seção que cada apoio toca o plano de laje e do solo, diminuindo o efeito de punção que poderia ocorrer pela incidência de esforços em uma superfície muito delgada.

Como ocorreu no Ministério, o primeiro teto – laje que cobre o pilotis – possui maior altura (fig. XX) em comparação as dos outros pavimentos, pois é essa superfície que recebe os carregamentos das vedações internas que em grelha formam alvéolos em concreto armado, onde cada unidade habitacional corresponde a um nicho.

128. No Ibirapuera, Niemeyer utiliza os pilares em “V” posicionados perpendicularmente à fachada maior dos pavilhões, caracterizando dessa forma um outro tipo de pilotis, onde existe um braço vertical e outro oblíquo, que se encontram na base.

129. Ver BRUAND, 1981, p.155.

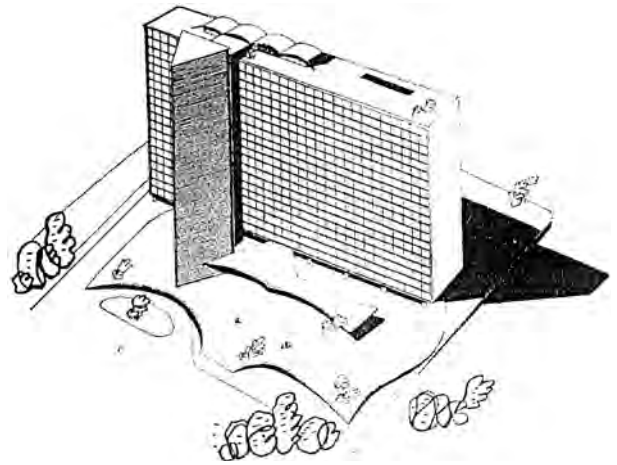


Fig. 4.319 - **Oscar Niemeyer**: Edifício Governador Kubitschek, Belo Horizonte, 1951. Perspectiva isométrica do edifício. [PAPADAKI, 1956]:51



Fig. 4.320 - **Oscar Niemeyer**: Edifício Governador Kubitschek, Belo Horizonte, 1951. O prédio em construção e as paredes em concreto, com a primeira laje (sobre os pilotis) com maior espessura. [PAPADAKI, 1956]:51



Fig. 4.321 - **Oscar Niemeyer**: Edifício Governador Kubitschek, Belo Horizonte, 1951. Pilotis com pilares em “W”. [BRUAND, 1981]:151

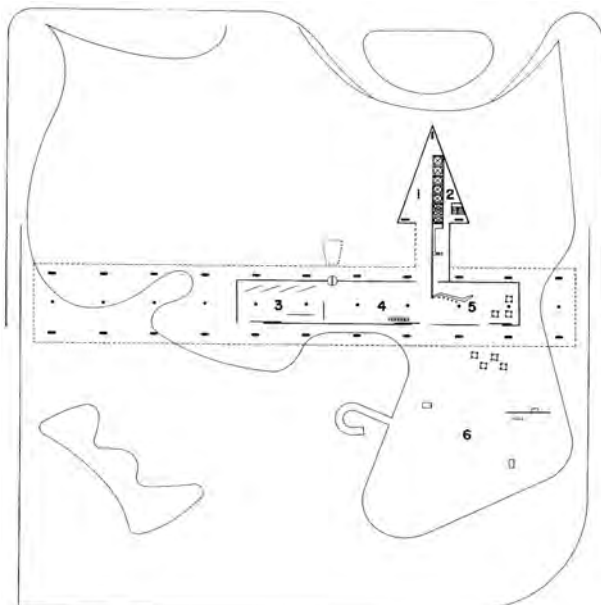
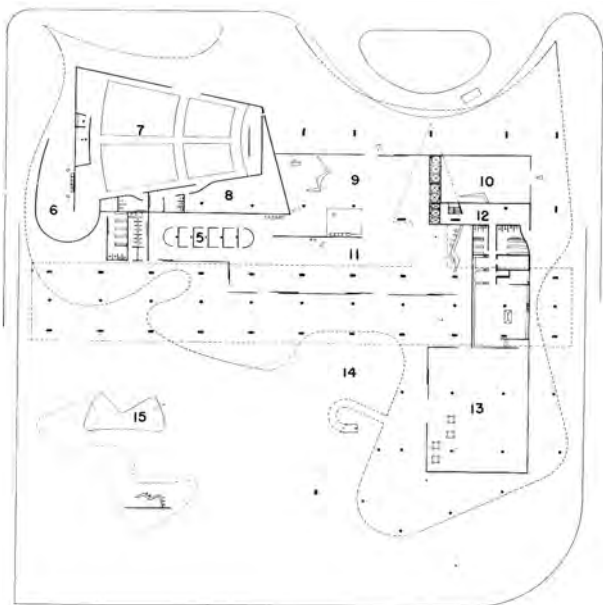
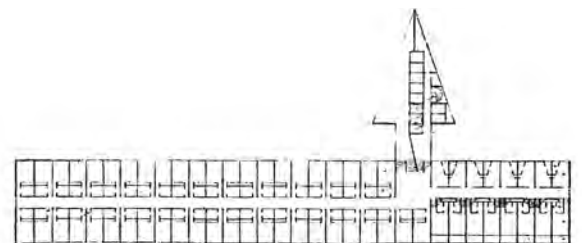
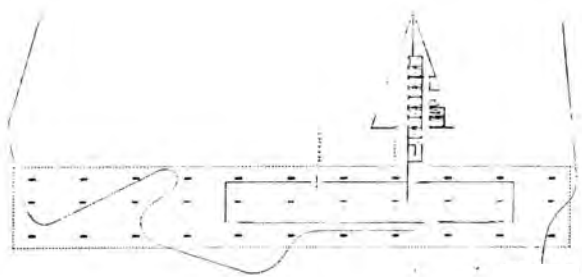
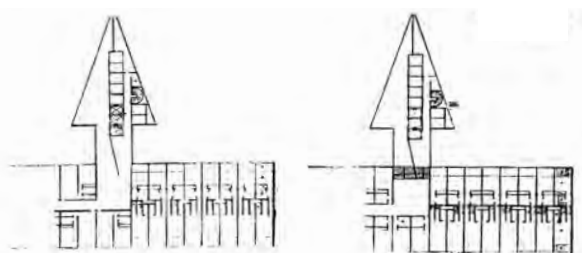


Fig. 4.322 - Oscar Niemeyer: Edifício Governador Kubitschek, Belo Horizonte, 1951. Plantas baixas. [PAPADAKI, 1956]:47



Pavimento Tipo



12º, 14º, 16º, 18º, 20 e 22º Pavimentos

4º Pavimento



Fig. 4.323 - Oscar Niemeyer: Edifício Governador Kubitschek, Belo Horizonte, 1951. Esquema de transmissão de cargas do prédio em construção. [PAPADAKI, 1956]:50

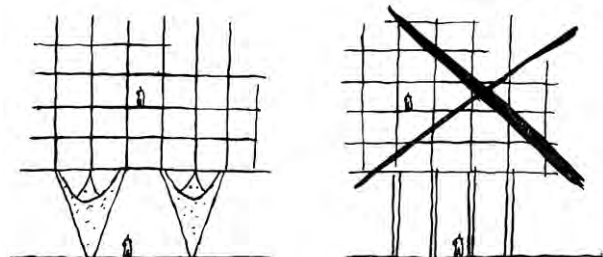
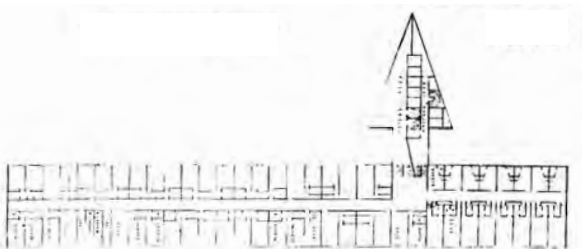


Fig. 4.234 - Oscar Niemeyer: Croquis ilustrativos referentes a solução de pilotis. [PAPADAKI, 1956]:45



11º, 13º, 15º, 17º, 21 Pavimentos

O volume em forma de seta que contém a circulação vertical é composto por um triângulo extrudado com 23m nos lados maiores por 16m de base, sendo a ligação feita por um corredor de 10m de comprimento que é apoiado por uma laje que vence um vão de 12m. Na ponta do triângulo existe um pilar¹³⁰ que arma e finaliza a estrutura das lajes, juntamente com as caixas dos cinco elevadores, shafts e uma escultórica escada elicoidal em forma de parafuso que perfura os planos ao longo de toda a sua altura (fig. 4.325).

Sobre esta estrutura é aplicada uma esquadria de vidro predominante, e as marcações horizontais das lajes e verticais dos montantes conferem um unidade do volume (fig. 4.326), que tem um tratamento diferente da barra principal, onde painéis, esquadria e vidro formam um conjunto mais horizontalizado. No topo, uma grande platibanda esconde a casa de máquinas do sistema de elevadores.

Apesar de BRUAND (1981, p.155) afirmar que o sistema de apoios concebido por Niemeyer e Cardozo neste edifício “*foi logo abandonado e jamais copiado por ninguém*” – principalmente pelo peso que a as grandes peças transmitiam – deve-se salientar que, o nível de experimentação a que se chegou nesta obra sob o aspecto da busca de alternativas que ampliassem o vocabulário construtivo foi extremamente bem-sucedido, dentro da idéia proposta de liberação do solo em relação aos pilares convencionais em uma área coberta das proporções projetadas.

130. BOTEY (1996, p.84) cita que as paredes dos pavimentos-tipo são portantes e que “*substituem os pilares e as vigas*”. Neste caso as paredes rígidas de concreto se transformam em grandes paredes-pilar que desde a Obra do Berço é presente na obra de Niemeyer, mas que neste momento assumem proporções inéditas.

Ficha técnica	
Local	Belo Horizonte/MG
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer
Data projeto	1951
Cálculo estrutural	Joaquim Cardozo
Execução	Alcasan, Wady Simão e Const. Rabello
Data execução	
Tipo estrutural	Reticular alto
Pilotis	Em “W” paralelo a fachada maior
Vão maior	12m (nos pilotis)
Vão menor	
Balanço	1,7m

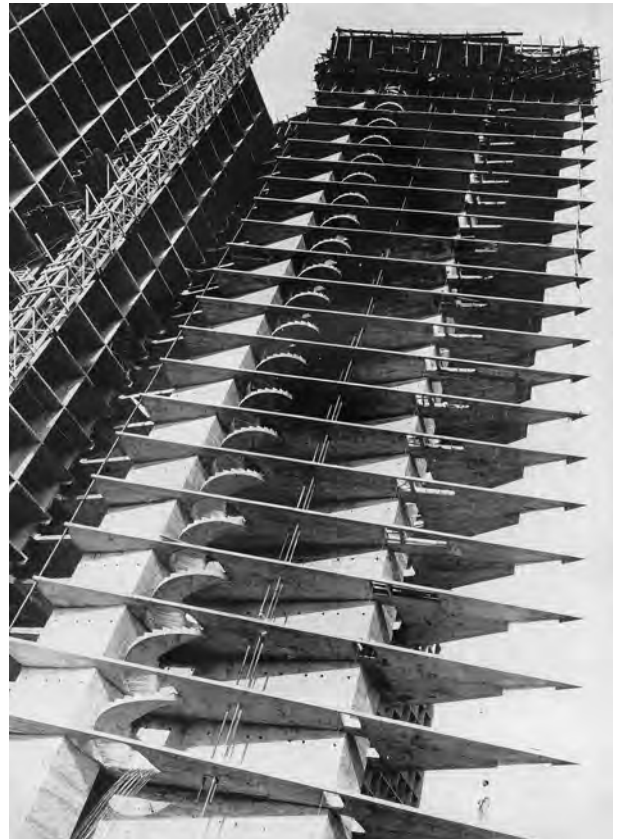


Fig. 4.325 - Oscar Niemeyer: Edifício Governador Kubitschek, Belo Horizonte, 1951. Detalhe da construção da circulação vertical, com a escada e caixa de elevadores. [PAPADAKI, 1960]:87



Fig. 4.326 - Oscar Niemeyer: Edifício Governador Kubitschek, Belo Horizonte, 1951. O volume triangular com a esquadria aplicada. [FOTO: MARCOS ALMEIDA, 2003]

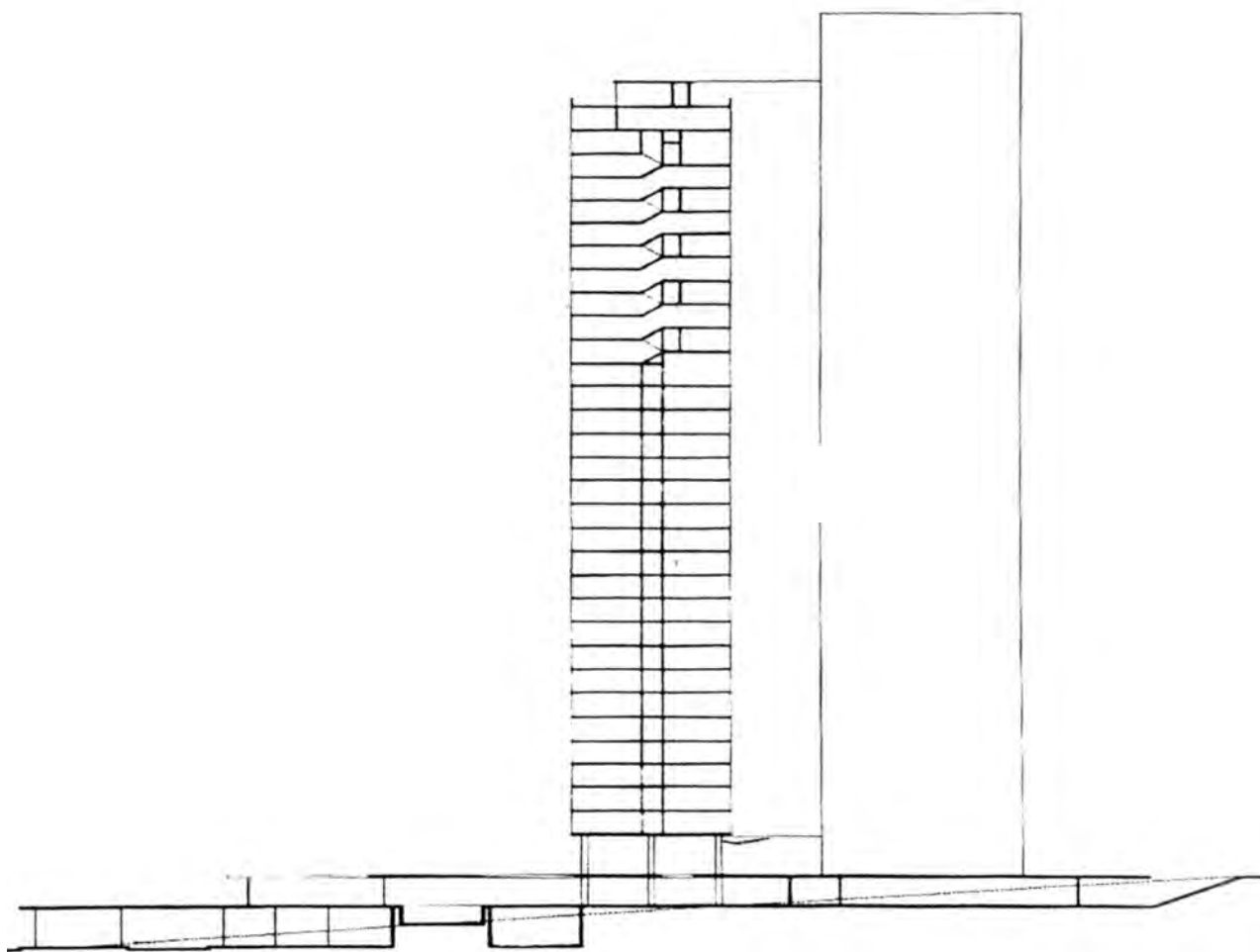


Fig. 4.327 - **Oscar Niemeyer**: Edifício Governador Kubitschek, Belo Horizonte, 1951. Seção transversal. [BOTTEY, 1996]:85

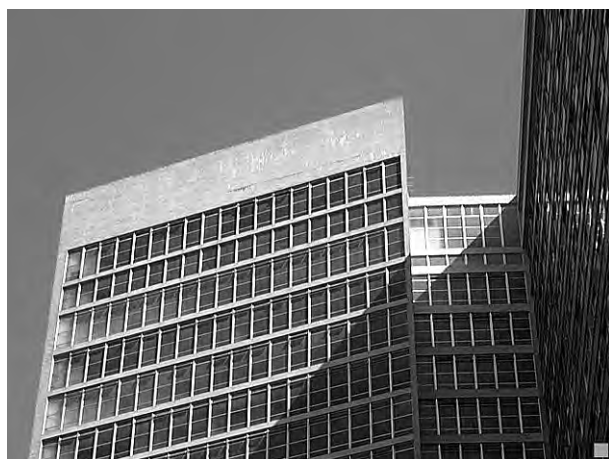


Fig. 4.328 - **Oscar Niemeyer**: Edifício Governador Kubitschek, Belo Horizonte, 1951. Bloco principal (direita) e o núcleo triangular de circulação vertical (esquerda). [FOTO: MARCOS ALMEIDA, 2003]



Fig. 4.329 - **Oscar Niemeyer**: Edifício Governador Kubitschek, Belo Horizonte, 1951. Vista frontal do núcleo de circulação com o bloco principal ao fundo. [FOTO: MARCOS ALMEIDA, 2003]

Escola Julia Kubitschek

Nesta escola, onde todas as atividades programática estão abrigadas sobre um único volume, Niemeyer lança mão de apoios inclinados na fachada (fig. 4.330), atendendo a necessidade de apoio para a laje de cobertura que avança como proteção solar em forma de varanda, para as salas que recebem forte insolação (PEREIRA, 2000, p.13).

O térreo é dotado de pilotis que forma uma malha retangular com vãos de 6 por 7m absolutamente independentes dos suportes da proteção da laje da cobertura, intensificando o caráter autônomo do andar principal. A laje de seção reforçada do piso das salas de aula funciona como uma bandeja que recebe os esforços das paredes deste pavimento, balançada na fachada principal com exatamente 1/3 do vão transversal, totalizando 2m de projeção. Na fachada posterior a parede portante suporta a rampa de acesso ao segundo pavimento e os sanitários avançam em relação à prumada da parede 1,7m. Nas fachadas menores o pavimento superior se projeta 1,3m de cada lado.

As peças inclinadas possuem 5,5m de comprimento e estão espaçadas na mesma modulação dos pilares do pilotis (6m). Estas partem do peitoril de concreto – que funciona como viga invertida – com 1m de largura, variando de seção até chegar ao topo com 35cm. Na parte superior o pilar inclinado se encontra com a laje de cobertura em declive, configurando um perfil de trapézio invertido, com a parte menor voltada para o solo. Esta forma das empenas laterais cegas transforma a volumetria geral em uma extrusão de 64m de comprimento.

A Escola Julia Kubitschek é representante da série de projetos de Niemeyer do início da década de 50, onde são promovidas variações no desenho dos apoios verticais o que acaba por formar um elemento forte de sintaxe compositiva. Juntamente com o Hotel Diamantina é introduzida a fachada inclinada em projeção¹³¹, onde o concreto armado é o material que, mais uma vez, permite este tipo de avanço construtivo e formal.



Fig. 4.330 - Oscar Niemeyer: Escola Estadual Professora Julia Kubitschek, Diamantina/MG, 1951-52. Fachada principal. [PAPADAKI, 1956]: 105



Fig. 4.331 - Oscar Niemeyer: Escola Estadual Professora Julia Kubitschek, Diamantina/MG, 1951-52. Detalhe da fachada e marquise de acesso. [PAPADAKI, 1956]: 107



Fig. 4.332 - Oscar Niemeyer: Escola Estadual Professora Julia Kubitschek, Diamantina/MG, 1951-52. Pilotis. [PAPADAKI, 1956]: 108

131. Affonso Eduardo Reidy projeta em 1943 o **Conjunto Fabril Sydney Ross** (não construído), onde pela primeira vez na arquitetura moderna brasileira aparece a fachada inclinada (para dentro). Oscar Niemeyer projeta em 1944 a **Residência Prudente de Moraes Neto** que também utiliza este tipo de fachada. Ver: CAIXETA, 1999, p.487.

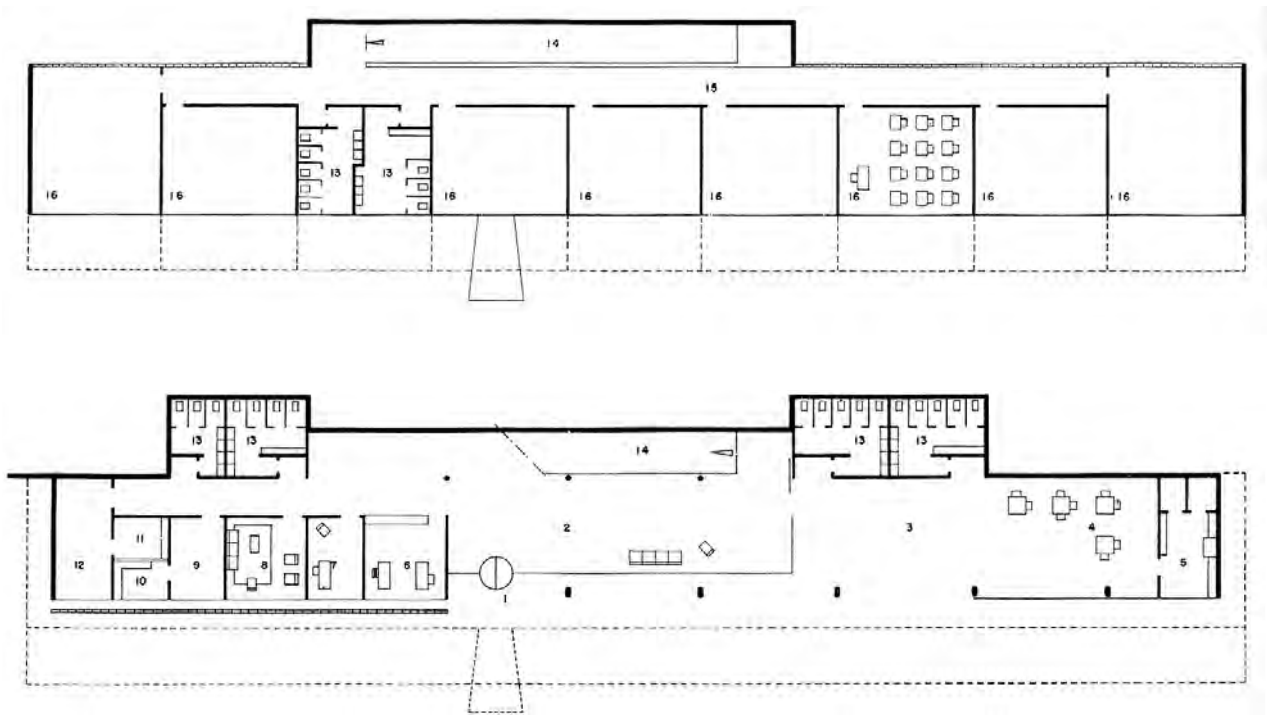


Fig. 4.333 - **Oscar Niemeyer**: Escola Estadual Professora Julia Kubitschek, Diamantina/MG, 1951-52. Plantas baixas. [PAPADAKI, 1956]: 106

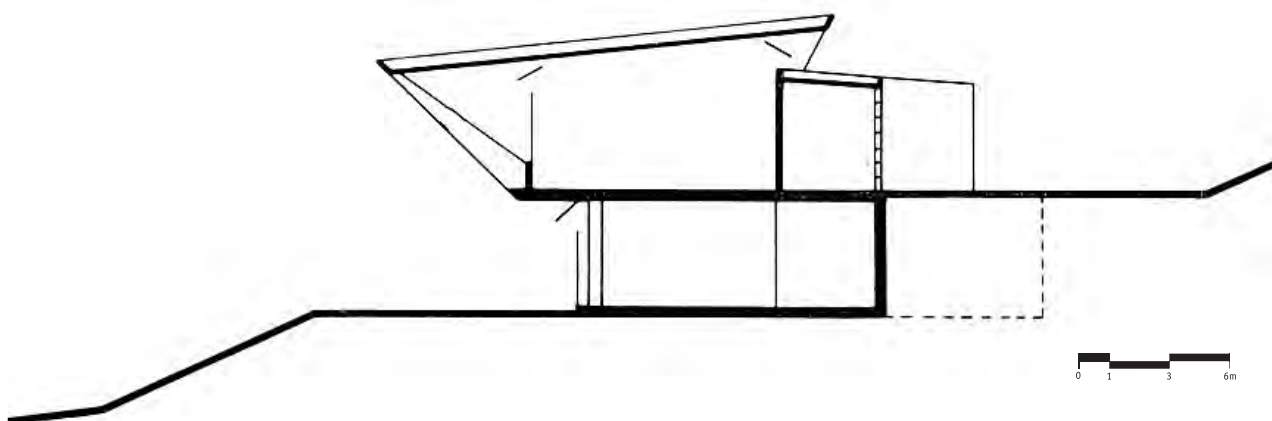


Fig. 4.334 - **Oscar Niemeyer**: Escola Estadual Professora Julia Kubitschek, Diamantina/MG, 1951-52. Corte transversal. [PAPADAKI, 1956]: 107



Fig.4.335 - **Oscar Niemeyer**: Escola Estadual Professora Julia Kubitschek, Diamantina/MG, 1951-52. Empena lateral. [PAPADAKI, 1956]: 106

Ficha técnica	
Local	Diamantina/MG
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer
Data projeto	1951
Cálculo estrutural	-
Execução	-
Data conclusão	1952
Tipo estrutural	Baixo reticular
Pilotis	Seção circular
Vão maior	7m
Vão menor	6m
Balço	2m

Hotel Diamantina

O Hotel Diamantina (fig. 4.336) fecha a trilogia de edifícios de Niemeyer encomendados por Juscelino Kubitschek para a cidade mineira. Juntamente com o Clube Diamantina e a Escola Julia Kubitschek, o Hotel traz algumas inovações importantes no campo do concreto armado. A inédita estrutura de pilares em formato de V perpendicular à fachada principal¹³² determina um perfil transversal muito semelhante ao da Escola, em formato de trapézio invertido. Este artifício também diminui a incidência de apoios verticais no térreo, evitando assim uma proximidade indesejável dos pilares em vãos não muito grandes.

Diferentemente do projeto anterior, o apoio inclinado que suporta a laje de cobertura chega até ao solo, onde se bifurca para o lado interno do edifício, apoiando com o braço menor a laje do primeiro pavimento. No segundo piso, cada vão estrutural contém dois dormitórios de 3m, determinando uma modulação de 6m para cada peça. A face da laje do primeiro pavimento não coincide com a face externa do pilar em V, reforçando assim a idéia de peça inteira, do solo até a cobertura (fig. 4.337). O acabamento primoroso das empenas divisórias oculta a diferença entre estrutura e alvenaria, transformando tudo em um plano único no segundo pavimento. A parede de vedação das unidades intermediárias acompanha a inclinação dos pilares, deixando bem clara a diferenciação formal entre os pilotis e o pavimento superior.

Nenhuma saliência pode ser observada em planta no espaço interno de cada unidade, o que leva a possibilidade de uma estrutura igual a da Escola, onde a laje do piso deste pavimento serve como distribuidora das cargas das paredes e conseqüentemente de sua cobertura (pelo lado interno). A varanda é protegida pelo avanço da laje e delimitada por um peitoril composto de treliças de madeira enquadradas pelas paredes.

132. No Hotel Diamantina é a primeira vez que apoios verticais inclinados são efetivamente projetados e construídos. Além disso a configuração transversal das peças em relação ao corpo do edifício abre caminho para uma interpretação de uma estrutura que, se rebatida, configura um quadro porticado que acabará amadurecendo como aconteceu na estrutura do bloco de exposições do Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro.



Fig. 4.336 - Oscar Niemeyer: Hotel Diamantina, Diamantina/MG, 1951. Fachada Principal. [PAPADAKI, 1953]:100

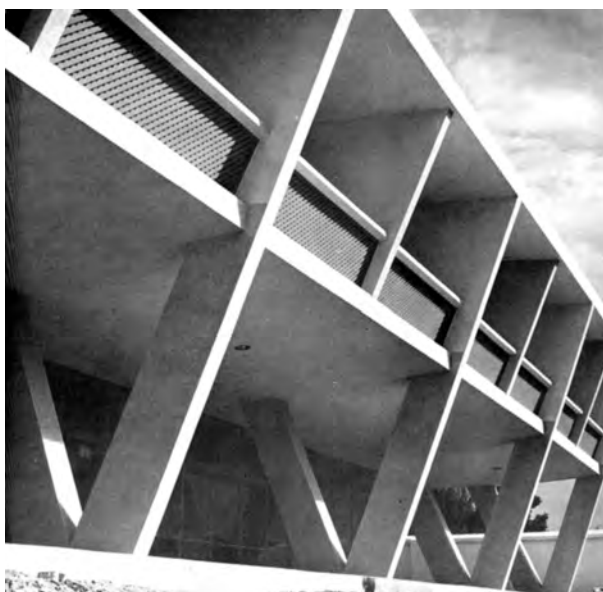


Fig. 4.337 - Oscar Niemeyer: Hotel Diamantina, Diamantina/MG, 1951. Detalhe dos pilares. [PAPADAKI, 1953]:103



Fig. 4.338 - Oscar Niemeyer: Hotel Diamantina, Diamantina/MG, 1951. Pilotis. [PAPADAKI, 1953]:101

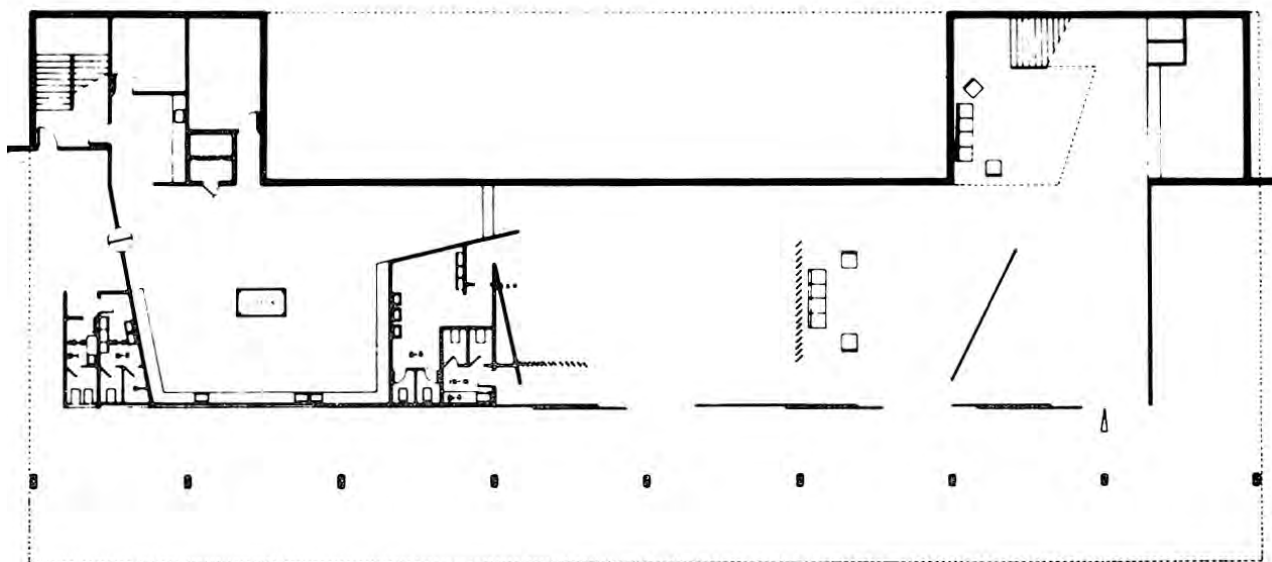
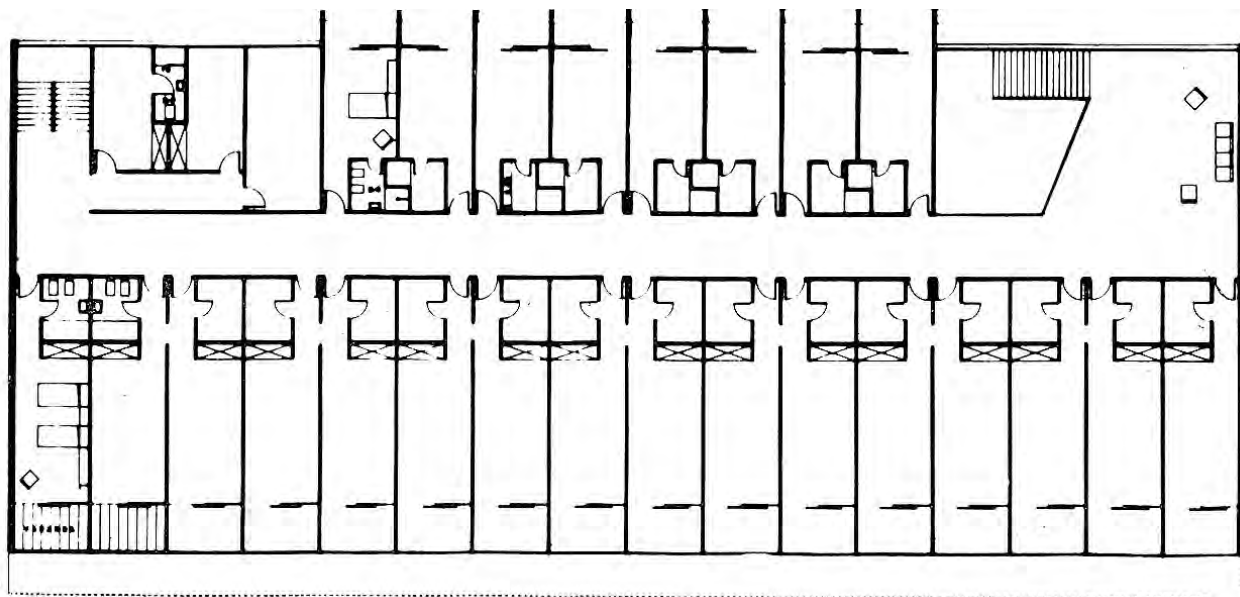


Fig. 4.339 - **Oscar Niemeyer**: Hotel Diamantina, Diamantina/MG, 1951. Plantas baixas. [PAPADAKI, 1953]:100

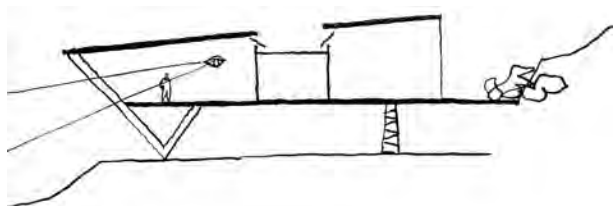


Fig. 4.340 - **Oscar Niemeyer**: Hotel Diamantina, Diamantina/MG, 1951. Plantas baixas. [PAPADAKI, 1953]:100

Ficha técnica	
Local	Diamantina/MG
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer
Data projeto	1951
Cálculo estrutural	Joaquim Cardozo
Execução	-
Data execução	1951
Tipo estrutural	Porticado
Pilotis	Pórticos em "V"
Vão maior	12m
Vão menor	6m
Balço	-

Edifício Marquês de Herval

Edifício situado na confluência das avenidas Rio Branco com Almirante Barroso no Rio de Janeiro, encerra um ciclo de projeto de edifícios de escritórios dos irmãos Roberto.

O edifício possui base comercial, 20 andares tipo com 30 unidades cada um e um andar de apartamentos na cobertura. Toda a projeção retangular do terreno de 32x47m é coberta por uma laje que abriga as lojas do térreo. O acesso aos oito elevadores se dá por uma rampa em espiral que leva até uma galeria com 10 lojas no subsolo, o que duplica a área total destinada ao comércio¹³³.

Nos pavimentos-tipo os escritórios são alinhados junto às fachadas. No lado sul o plano é tratado com vidro convencional e no lado oeste – voltada para a avenida Rio Branco – as aberturas eram protegidas por meio de brises móveis (fig. 4.341) que foram removidos no ano de 1965 (fig. 4.342). A movimentação derivada destes elementos, aliada à projeção dos peitoris e atrasamento das esquadrias é explicada por Marcelo Roberto:

“Arquitetura não é uma especulação bidimensional. Não pode limitar-se a mondrianismos, como acontece geralmente, por mais agradável resulte este brinquedo. Seguindo Borromini, ondula-mos a fachada, para acusar sem violência a sua tridimensionalidade. Depois, como arquitetura é mais arte do tempo do que arte do espaço, fizemos o prédio mover-se, repetindo ascensionalmente motivos tridimensionais capazes de sustentarem o interesse de um olhar humano por todo o percurso do prédio, mantendo as relações de tempo e de espaço”.
(ROBERTO, apud PEREIRA, 1993, p.112)

A estrutura é reticular e composta por duas malhas quadradas que formam um “L” que acompanha os alinhamentos. No lado da avenida Almirante Barroso, são cinco intercolúnios com vãos de 7m e na porção voltada para a Rio Branco, seis intercolúnios, com o mesmo vão da malha anterior. Em ambos, a divisão longitudinal é de dois intercolúnios, e o balanço só é utilizado como projeção efetiva na faixa mais protuberante da fachada da Rio Branco, correspondendo a aproximadamente 1,5m.



Fig. 4.341 - MMM Roberto: Edifício Marquês de Herval, Rio de Janeiro, 1952-1955. Fachada para a Av. Rio Branco. [BRUAND, 1981]:179

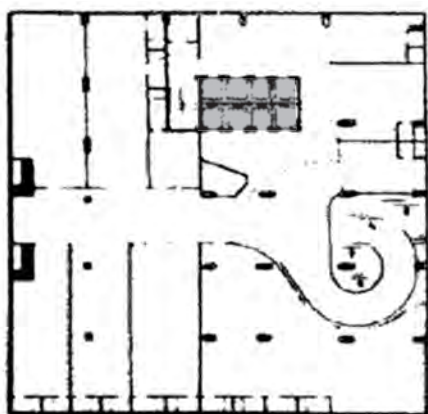


Fig. 4.342 - MMM Roberto: Edifício Marquês de Herval, Rio de Janeiro, 1952-1955. Fachada para a Av. Rio Branco após a remoção do sistema de proteção solar. [CZAJKOWSKI, 2000]:38

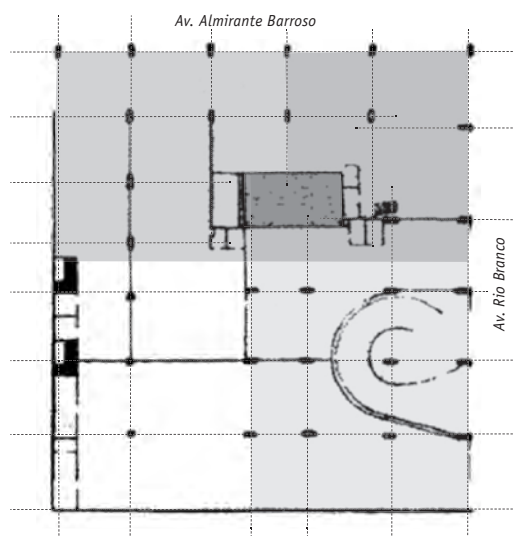


Fig. 4.343 - MMM Roberto: Edifício Marquês de Herval, Rio de Janeiro, 1952-1955. Os pilares de seção variável da avenida Almirante Barroso [XAVIER, 1996]:81

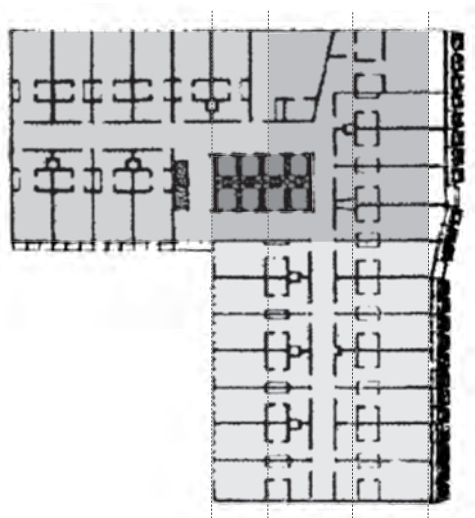
133. Ver: PEREIRA, 1993, p.111



subsolo



térreo



andar tipo

“Neste projeto, a pontuação estrutural que ordena os espaços se faz no térreo com pilares de seção variável, formando pórticos que se diferenciam e se especializam na conformação da galeria coberta na avenida Almirante Barroso [...] (BAHIMA, 2001, p.88)

Estes pilares – que lembram a solução adotada por Le Corbusier na *Unité* de Marselha pela forma como se abre de baixo para cima – transformam-se nos pavimentos-tipo em peças embutidas nas paredes, mimetizando-se totalmente dentro das vedações de cada unidade. Ao contrário do IRB e Instituto de Resseguros, a planta é compartimentada, o que favorece uma diluição da planta-livre e da estrutura independente.

Mais uma vez, o volume que contém os elevadores é parte importante na absorção da diferença das duas malhas que se encontram em esquina, sendo responsável pela regularização das linhas de pilares, servindo como escora rígida onde se apoiam as lajes mais próximas. A função cervical deste tipo de compartimento faz com que ele sirva de referência na articulação da estrutura de concreto armado, como mostra o gráfico sobreposto à planta da fig. 4.344.

A divisão entre os pavimentos não é marcada, como nos projetos anteriores do escritório. Entretanto, as faixas horizontais dos peitoris e das esquadrias se fundem com os bordos das lajes, demarcando uma situação de opaco/translúcido.

Na cobertura, onde existem os apartamentos duplex, os pilares ficam aparentes, pontuando o coroamento, se elevando até uma viga superior que funciona como moldura que restabelece a leitura do volume puro.

Fig. 4.344 - MMM Roberto: Edifício Marquês de Herval, Rio de Janeiro, 1952-1955. Plantas baixas. [PEREIRA, 1993]:122

Ficha técnica	
Local	Rio de Janeiro/RJ
Projeto arquitetônico	MMM Roberto
Data projeto	1952
Cálculo estrutural	
Execução	Escritório Técnico João Carlos Vital
Data execução	1955
Tipo estrutural	Reticular alto
Pilotis	Seção elíptica variável
Vão maior	10m
Vão menor	5m
Balço	1,5m

Edifícios Finússia e Dona Fátima

Localizados na esquina das ruas Barata Ribeiro com República do Peru, no bairro de Copacabana, estes edifícios de apartamentos de autoria do escritório dos irmãos Roberto unem-se em um volume único em forma de “U”. São dez pavimentos com dois apartamentos por andar em cada um dos condomínios. A composição tripartida da fachada é composta pelo térreo elevado sobre pilotis, plano de pavimento-tipo e coroaamento assinalado por uma platibanda.

A estrutura que foi adotada é um caso particular. Totalmente independente dos pilotis, permitiu que os arquitetos tivessem toda a liberdade no projeto dos pavimentos-tipo, em um sistema que atingiu o ponto mais alto em termos do estudo de planta:

“O térreo é articulado por pilotis que não obedecem uma disposição em malha regular. Deve-se isso ao uso de uma estrutura do tipo <bandeja>, onde os pilotis térreos suportam uma laje dupla que absorve os esforços dos pisos superiores sem transmiti-los diretamente às colunas”. (PEREIRA, 1993, p.116)

Esta ossatura do pilotis, no lado voltado para a República do Peru é determinada por seis intercolúnios no térreo, com 8m de vão. Na porção referente à Barata Ribeiro, são quatro intercolúnios com vãos que variam de 4 a 7m, conformando uma malha não regular composta de pilares de seção oval. O balanço de 1,4m só pode ser identificado claramente no apartamento junto à esquina, que possui o único pilar aparente de todo o conjunto. Como acontece no edifício Marquês do Herval, a ondulação da fachada é proporcionada exatamente por este avançamento, que descola a vedação da prumada dos apoios verticais (fig. 4.346), provocando um efeito tridimensional suave nas duas fachadas.

A falta de uma seção do projeto nas publicações existentes é fato que não permite elucidar por completo a questão da laje dupla que suporta os pavimentos sobre o pilotis. Porém, nas imagens da fachada da República do Peru, é clara a diferença na faixa opaca abaixo das janelas em fita, sendo mais alta do que as restantes. Fica claro que esta faixa esconde a diferença de altura entre as lajes, absorvendo as diferenças entre a bandeja dupla e a laje simples dos outros pavimentos.



Fig. 4.345 - MMM Roberto: Edifício Finússia e Dona Fátima, Rio de Janeiro, 1952-54. Visão geral do conjunto. [Módulo, dez 1955]:36



Fig. 4.346 - MMM Roberto: Edifício Finússia e Dona Fátima, Rio de Janeiro, 1952-54. Vista do nível de acesso, com o balanço ao fundo e o primeiro peitoril que esconde a laje dupla que sustenta os pavimentos-tipo. [Módulo, dez 1955]:36

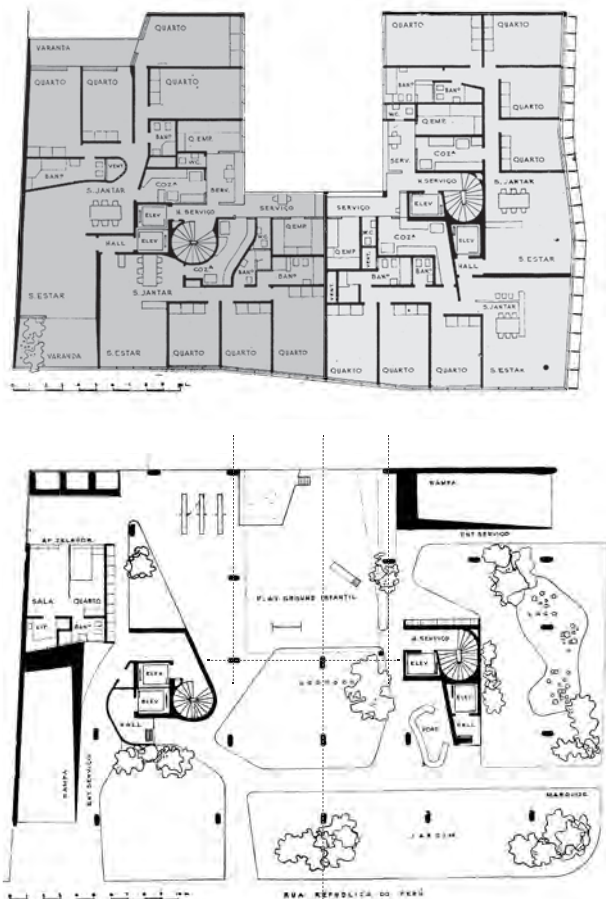


Fig. 4.347 - MMM Roberto: Edifício Finússia e Dona Fátima, Rio de Janeiro, 1952-54. Plantas-baixas do andar tipo e do térreo. [Módulo,

A comparação deste sistema com aquele utilizado por Le Corbusier na *Unité* de Marselha (1946) feita por BRUAND (1981, p.178) deve ser precisada: no exemplo francês, o pilotis assume um posicionamento regular, de vãos idênticos. O assoalho dos pavimentos tipo são construídos com uma trama de aço, o que acaba por aliviar toda a ossatura de esforços provenientes de uma plano convencional de concreto, além do fato de que a laje do primeiro teto, que suporta todo o sistema é construída com concreto pré-tensionado¹³⁴. Todos estes fatos não impediram Corbusier optar por uma estrutura muito mais robusta do que a empregada pelos irmãos Roberto neste edifício, que oculta todo o sistema, tornando o suporte invisível a olho nu.

Os dois condomínios são separados por uma parede apoiada diretamente na prumada de uma linha de pilares (fig. 4.347), configurando um eixo de organização e simetria da estrutura do lado da República do Peru mas que é excêntrico em relação ao pátio utilizado pelo *play-ground*. Os dois núcleos de circulação vertical possuem pilares embutidos, fato que diminui a incidência de apoios no nível do solo.

Na fachada voltada para a Barata Ribeiro, com grande incidência solar, é aplicada uma esbelta grelha em concreto armado (fig. 4.348). Com aproximadamente 70cm de projeção, a porção horizontal da grelha é continuação da laje de piso, onde as lâminas verticais são fixadas, como em uma evolução do edifício MMM Roberto da Av. Nossa Senhora de Copacabana (1945).



Fig. 4.348 - MMM Roberto: Edifício Finússia e Dona Fátima, Rio de Janeiro, 1952-54. Detalhe do sistema de proteção solar. [XAVIER,

134. Ver: GAVENTA, Sarah. *Concrete Design*. Mitchell Baezley, 2001, 160pp. [Disponível em <http://www.concretequarterly.com/issue200/current_issue/design.pdf> Acesso em 26 dez. 2003]

Ficha técnica	
Local	Rio de Janeiro/RJ
Projeto arquitetônico	MMM Roberto
Data projeto	1952
Cálculo estrutural	
Execução	Companhia Brasileira de Empreendimentos Econômicos
Data execução	1954
Tipo estrutural	Reticular alto
Pilotis	Seção oval
Vão maior	8m
Vão menor	3,8m
Balço	1,4m

Hospital Sul-América

“A solução estrutural modulada e periférica proporciona clara organização dos espaços internos, beneficiados ainda pelo deslocamento da coluna de circulação vertical, resolvida num corpo independente.” (XAVIER, 1991, p.85)

Implantado em um quarteirão inteiro de frente para a lagoa Rodrigo de Freitas, o Hospital Sul-América (hoje “Hospital da Lagoa”), foi projetado por Oscar Niemeyer e Hélio Uchôa em 1952, porém só foi concluído em 1959.

O projeto contempla dois blocos que são formal e estruturalmente distintos: a grande placa vertical, com nove pavimentos sobre pilotis que contém a parte principal do hospital e o bloco que corresponde à administração, de um pavimento. Os pilotis estão apoiados sobre uma laje elevada do solo, formando uma bandeja que se expande e cobre o bloco administrativo, passando sobre a via de acesso. A iluminação é garantida por aberturas circulares na laje de concreto, artifício também utilizado no terraço-jardim do bloco principal.

Bloco administrativo

Volume ligado diretamente ao acesso de veículos e o volume de circulação vertical (fig. XX) Abriga, abaixo de uma laje de 12x30m, as funções de recepção, salas de espera, admissão de funcionários e administração em geral. No lado oposto ao anel de circulação de automóveis, dois volumes especiais: uma casca em forma de abóbada, apoiada por dois arcos, e um volume trapezoidal em elevação e planta.

A curvatura da abóbada cobre alguns equipamentos, o estacionamento de ambulâncias e um reservatório. O vão vencido pelos arcos é de 30m e a abóbada cobre uma área de 160m², aproximadamente. Na lateral norte, antes da laje côncava encostar no solo, ela se torna plana e se eleva ao longo de 17m, compondo um volume em forma de trapézio¹³⁵ que abriga depósitos, filtros d’água e os cilindros de oxigênio.

135. Este tipo de conformação volumétrica, de abóbadas associadas com lajes planas inclinadas, faz parte do vocabulário formal da Escola Carioca desde que se iniciou a “colagem” dos projetos de Niemeyer para a casa de Oswald de Andrade com “telhado-borboleta” (1938) e da Capela de São Francisco, da Pampulha (1943).



Fig. 4.349 - Oscar Niemeyer e Hélio Uchôa: Hospital Sul-América, Rio de Janeiro, 1952-59. Foto-montagem do modelo com o Cristo Redentor ao fundo. [PAPADAKI, 1956]:52



Fig. 4.350 - Oscar Niemeyer e Hélio Uchôa: Hospital Sul-América, Rio de Janeiro, 1952-59. Edifício em fase de construção. [PAPADAKI, 1956]:86



Fig. 4.351 - Oscar Niemeyer e Hélio Uchôa: Hospital Sul-América, Rio de Janeiro, 1952-59. Vista do arco estruturante do bloco administrativo. [PAPADAKI, 1956]:116

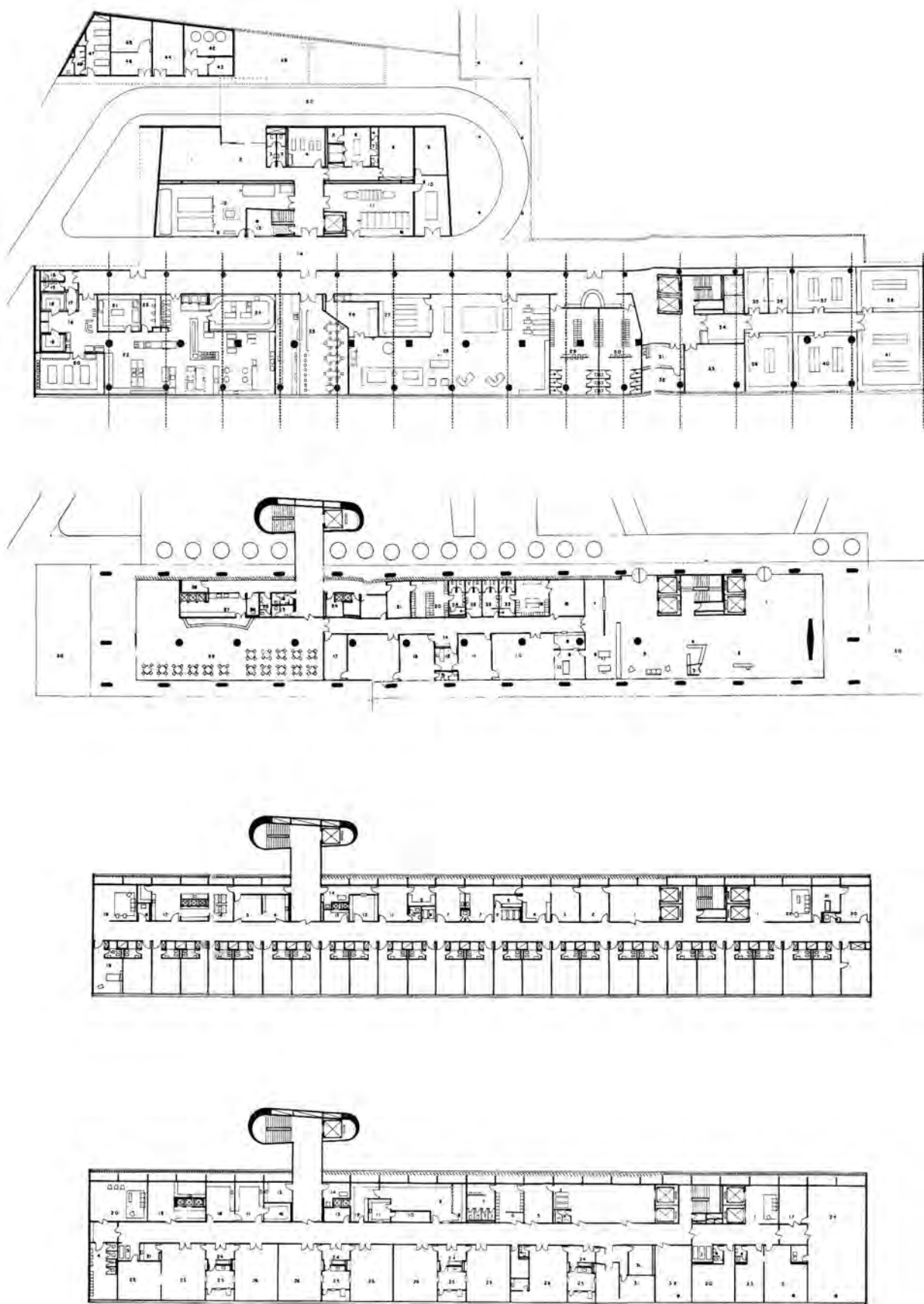


Fig. 4.352 - Oscar Niemeyer e Hélio Uchôa: Hospital Sul-América, Rio de Janeiro, 1952-59. Plantas baixas. [PAPADAKI, 1956]:85

Bloco principal

O grande volume que contém as principais instalações do hospital é estruturado a partir de uma malha reticular que possui 13 intercolúnios longitudinais e 2 transversais. Tem como principal atrativo estrutural o sistema de pilares convergentes no pilotis. Niemeyer utiliza no Hospital Sul-América, pela primeira vez¹³⁶, o sistema que seria marca registrada desta fase de sua carreira:

“Os pilares em “V” de Niemeyer devem seu valor estético a suas proporções exatas e ao contraste dinâmico que eles oferecem com o aspecto estático do paralelepípedo retangular puro que os encima; o fato de se tornarem mais finos à medida que se aproximam da massa suportada reforça a impressão de um equilíbrio e a sensação de leveza daí resultante.” (BRUAND, 1981, p.153)

O aspecto plástico dos pilares, destacado acima, é justificado por Niemeyer a partir do intento da liberação do plano do térreo do maior número de apoios verticais. Cabe aqui ressaltar: o sucesso da execução deste tipo de estrutura passava por um absoluto controle de seu cálculo e das tarefas no canteiro de obras. Desde a montagem das formas e armaduras (fig. 4.353) até a concretagem e sua cura, o trabalho quase artesanal resultava num concreto mais que armado: moldado ao extremo e de resultado perfeito.

A convergência de um par de pilares dos pavimentos superiores para apenas um ponto a partir do primeiro teto é providência tomada em todo o pilotis, porém só assume o formato de “V” onde é visível externamente (fig. 4.355). Na linha de apoios longitudinal intermediária o pilar é cilíndrico e de seção ampliada, o que confere um deslocamento da malha estrutural em relação as duas linhas externas. A primeira laje – mais alta que a dos outros pavimentos – absorve a transmissão das cargas nestes pontos (fig. 4.356).

136. O primeiro esboço de pilares em forma de “V” no pilotis aconteceu no projeto do **Hotel Quitandinha**, do próprio Niemeyer, em 1950.

BOTEY (1996, p.114) afirma que os pilares em “V” já haviam sido utilizados por Niemeyer no Ibirapuera em São Paulo (1951-55) e no Hotel Diamantina (1951). Porém, nos dois casos cronologicamente precedentes, os pilares são colocados **perpendicularmente à fachada maior**, o que confere um resultado plástico completamente diferente do obtido no Hospital Sul-América.

A particularidade estrutural nestes exemplos é que, no Ibirapuera – leia-se Palácio das Nações e Estados – o “V” é composto por **apenas um pilar inclinado** e somente no pilotis. No Hotel Diamantina, **não existem peças verticais**, sendo todo o sistema com pilares oblíquos.



Fig. 4.353 - Oscar Niemeyer e Hélio Uchôa: Hospital Sul-América, Rio de Janeiro, 1952-59. Montagem das formas e armaduras dos pilares em “V” e da primeira laje. [PAPADAKI, 1956]:53

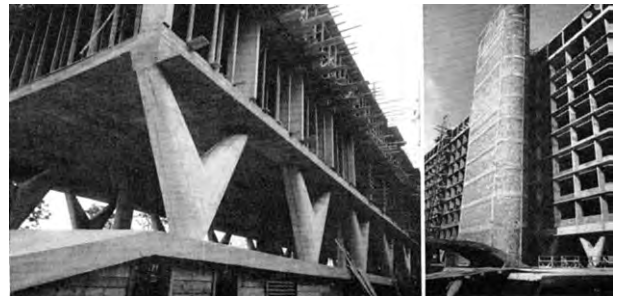


Fig. 4.354 - Oscar Niemeyer e Hélio Uchôa: Hospital Sul-América, Rio de Janeiro, 1952-59. Imagem da perfeita execução do concreto armado dos pilares [esq.], e do volume da circulação vertical em alvenaria [dir.]. [PAPADAKI, 1956]:53



Fig. 4.355 - Oscar Niemeyer e Hélio Uchôa: Hospital Sul-América, Rio de Janeiro, 1952-59. Vista dos pilares em “V” perpendiculares à menor fachada. [BOTEY, 1996]:116



Fig. 4.356 - Oscar Niemeyer e Hélio Uchôa: Hospital Sul-América, Rio de Janeiro, 1952-59. Vista dos pilotis no nível do acesso principal. [BOTEY, 1996]:114



Fig. 4.357 - Oscar Niemeyer e Hélio Uchôa: Hospital Sul-América, Rio de Janeiro, 1952-59. Vista do terraço em construção. [PAPADAKI, 1956]:86

Ficha técnica	
Local	Rio de Janeiro
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer
Data projeto	1952
Cálculo estrutural	Morales Ribeiro
Execução	-
Data execução	1959
Tipo estrutural	Reticular Alto
Pilotis	Em "V" paralelo à fachada maior
Vão maior	6,7m
Vão menor	5,5m
Balanço	1,2m



Fig. 4.358 - Oscar Niemeyer e Hélio Uchôa: Hospital Sul-América, Rio de Janeiro, 1952-59. Fachada posterior. [BOTEY, 1996]:116



Fig. 4.360 - Oscar Niemeyer e Hélio Uchôa: Hospital Sul-América, Rio de Janeiro, 1952-59. Vista parcial do anexo, com o hospital ao fundo. [BOTEY, 1997]: 116



Fig. 4.359 - Oscar Niemeyer e Hélio Uchôa: Hospital Sul-América, Rio de Janeiro, 1952-59. Detalhe da proteção solar. [BOTEY, 1996]:117



Fig. 4.361 - Oscar Niemeyer e Hélio Uchôa: Hospital Sul-América, Rio de Janeiro, 1952-59. Fachada leste. [BRUAND, 1981]:154

Colégio Estadual

Marco da arquitetura moderna em Campo Grande, o Colégio Estadual (fig. 4.362) é a única obra projetada por Oscar Niemeyer na cidade. Originalmente foi projetada para ser construída na cidade de Corumbá, mas por determinação do Governador Fernando Correa da Costa, a obra foi edificada em Campo Grande, simultaneamente (ARRUDA, 2000)¹³⁷.

Os volumes da composição apresentam uma configuração clara, determinada pelo programa da escola: um prisma trapezoidal, com um dos lados paralelos de forma levemente circular e caimento inclinado da cobertura, forma o auditório; uma abóbada de base retangular, forma o pátio coberto do recreio; três prismas retangulares, de formato inclinado na cobertura forma a guarita, o bloco de salas – este mais delgado – de aula e o bloco de apoio (fig. 4.363). A solução volumétrica total é a de um polígono gerado pela conexão entre a cobertura inclinada do auditório e a abóbada do recreio, efetuada através de uma laje que liga este volume na barra das salas de aula, conformando um partido em H.

O sistema construtivo utilizou paredes como vedação, com predominância da alvenaria de tijolos cerâmicos rebocados e pintados. Na parede que separa a circulação das salas de aula do pátio-jardim, a solução utilizada foi uma parede de vedação de tijolo cerâmico maciço, intercalado com perfurações tipo-janela com moldura sem caixilho (fig. 4.364), possibilitando a aeração e integração interior-exterior.

O sistema estrutural utilizado é composto de pilares, vigas e lajes em concreto armado, adotado de forma diferenciado em cada um dos blocos do edifício. Todo o vigeamento foi invertido deixando o teto sempre liso, sem a presença de forro. No auditório, a laje é inclinada, impermeabilizada e depois coberta com telha de fibro-cimento.

No recreio coberto Niemeyer utiliza solução semelhante a empregada no Clube em Diamantina,



Fig. 4.362 - Oscar Niemeyer: Escola Estadual, Campo Grande/MS, 1952. Vista superior da escola em construção. [PAPADAKI, 1956]: 178

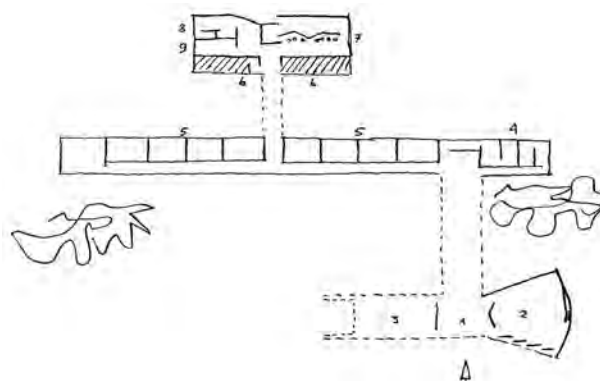


Fig. 4.363 - Oscar Niemeyer: Escola Estadual, Campo Grande/MS, 1952. Planta baixa. [PAPADAKI, 1956]: 179



Fig. 4.364 - Oscar Niemeyer: Escola Estadual, Campo Grande/MS, 1952. Os pilares inclinados do bloco de sala de aula. [PAPADAKI, 1956]: 180

137. Ver: ARRUDA, Ângelo. *O Colégio Estadual de Oscar Niemeyer em Campo Grande MS: uma análise compositiva*. Portal Vitruvius, nov 2000. [Disponível em <<http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/bases/texto025.asp>> Acesso em 04 ago. 2003]



Fig. 4.365 - **Oscar Niemeyer**: Escola Estadual, Campo Grande/MS, 1952. Vista posterior da escola em obras. [PAPADAKI, 1956]: 180

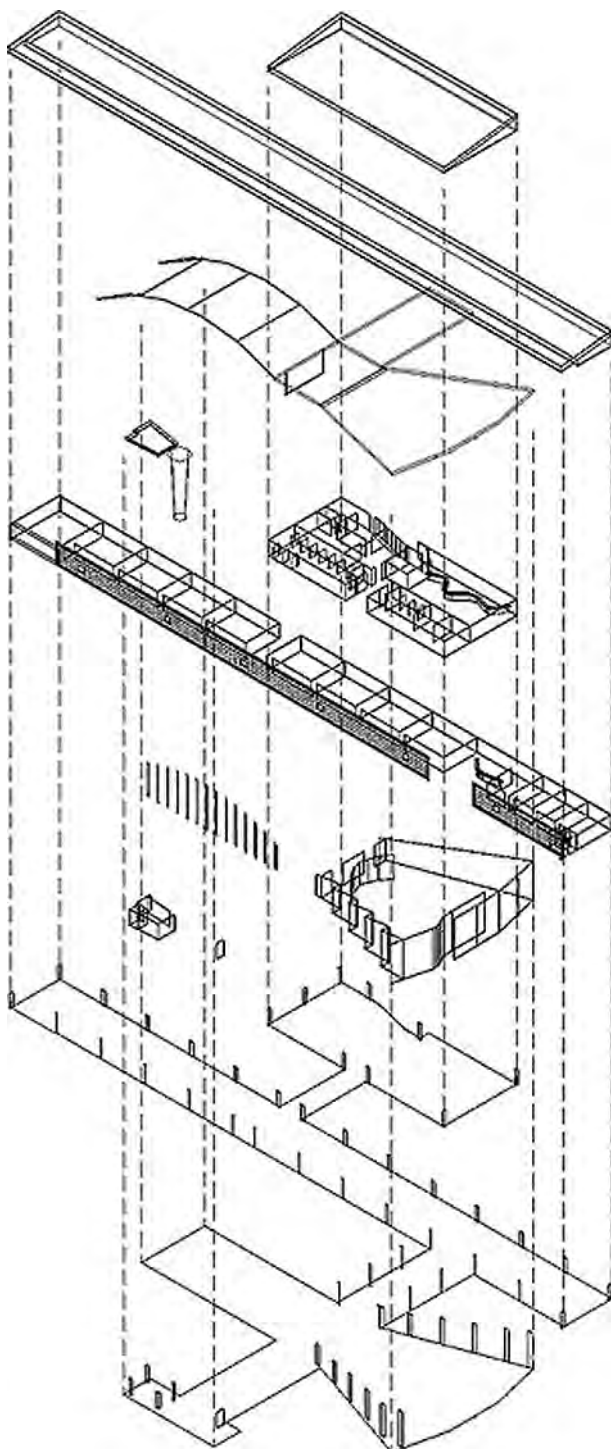


Fig. 4.366 - **Oscar Niemeyer**: Escola Estadual, Campo Grande/MS, 1952. Perspectiva explodida. [Disponível em <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/imagens/025_5.jpg> Acesso em 04 ago. 2003]

onde uma estrutura de laje impermeabilizada em arco abobadado, com vão livre de 30 metros, é apoiada em duas vigas de seção retangular que de um lado se apóiam diretamente no solo e no lado oposto – correspondente ao auditório – se escora em uma parede cega (fig. 4.365).

No bloco de salas de aula e de apoio, a solução estrutural adotada é em malha modulada de 1 x 1m, formando uma grelha visível de 8 x 9m, com pilares estruturais de seção circular, sendo que na circulação das salas, o pilar encontra-se recuado do alinhamento da parede de tijolos intercalados e em relação ao alinhamento da cobertura, deixando o fechamento externo sem marcação estrutural aparente.

A perspectiva explodida representada na fig. 4.366 demonstra os diferentes tipos de coberturas e suas respectivas estruturas. É claro o domínio da técnica dessa associação de diferentes formas e inclinações de tetos – soluções firmadas no projeto para Diamantina e ampliadas no anexo do Hospital Sulamérica – e o controle do jogo entre os elementos de apoio destas coberturas. Juntando coberturas inclinadas com planas e apoiando cascas curvas em vigas, paredes e pilares, Niemeyer estabelece um repertório de elementos construtivos e formais, em uma arquitetura moderna cada vez mais inclusiva.

Ficha técnica

Local	Campo Grande/MS
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer
Data projeto	1952
Cálculo estrutural	J. Alvariz
Execução	Construtora Comércio – Engenheiros Hêlio Baís Martins e José Garcia Netto
Data execução	-
Tipo estrutural	Baixo reticular/abobadado
Pilotis	-
Vão maior	30m
Vão menor	8m
Balço	-

Museu de Arte Moderna (RJ)

O Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro (fig. 4.367) foi projetado por Affonso Reidy e concebido como edifício público que iria desempenhar um papel de primeiro plano no quadro da transformação urbana prevista pela prefeitura do Distrito Federal. O aterro de uma parte da Baía com a enorme quantidade de terra proveniente do Morro de Santo Antônio permitiu dispor de um vasto terreno, destinado a não só a resolver os problemas de circulação entre o centro e a zona sul da cidade, como também a oferecer à população um parque confiado a Burle Marx.

A sede definitiva do museu foi elaborada em 1953, apesar do MAM ter sido fundado em 1949. O programa previa um museu, um teatro, uma escola de arte e um restaurante. A falta de dinheiro deixou seqüelas: o bloco contendo a escola e o restaurante foi inaugurado em 1958 e somente em 1968¹³⁸ – quatro anos depois do falecimento de Reidy – foi finalizado o bloco de exposições. O bloco teatro nunca saiu do papel.

A estrutura do bloco de exposições é constituída de 14 pórticos em concreto armado (fig. 4.369), sendo que a viga horizontal conta com a presença de tirantes protendidos. Espaçados de 10 em 10m, os pórticos vencem um vão de 26m entre apoios. Cada um é duplo e biarticulado, formado por um quadro principal e outro secundário. O quadro principal é constituído de duas pernas inclinadas para fora e a viga horizontal de 41m de comprimento, na qual se penduram as lajes de cobertura e do segundo pavimento. O quadro secundário, com duas pernas para dentro, sustenta a laje do primeiro pavimento. Gerado a partir de um estrito senso de cálculo e geometria, onde um elemento prossegue no outro e suas seções veriam segundo os esforços que elas devem suportar: delgado na parte inferior, aumentando de perfil até alcançar a trave acima da cobertura (KAMITA, 1994, p.138).

Os dois quadros têm apoio comum por meio de articulações formadas por placas de chumbo, sobre blocos de concreto armado, sustentados por estacas Franki de 23m de profundidade.



Fig. 4.367 - **Affonso Eduardo Reidy**: Museu de Arte Moderna, Rio de Janeiro, 1953-58/1967-68. Bloco de exposições. [FOTO DO AUTOR, 2001]



Fig. 4.368 - **Affonso Eduardo Reidy**: Museu de Arte Moderna, Rio de Janeiro, 1953-58/1967-68. Foto de 1955, com as escoras de madeira que suportavam as formas dos pórticos de concreto. [CENTRO DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO - MAM]



Fig. 4.369 - **Affonso Eduardo Reidy**: Museu de Arte Moderna, Rio de Janeiro, 1953-58/1967-68. Estrutura do bloco de exposições. [BONDUKY, 1999]: 174

138. Conforme CAVALCANTI, 2001 p.46.

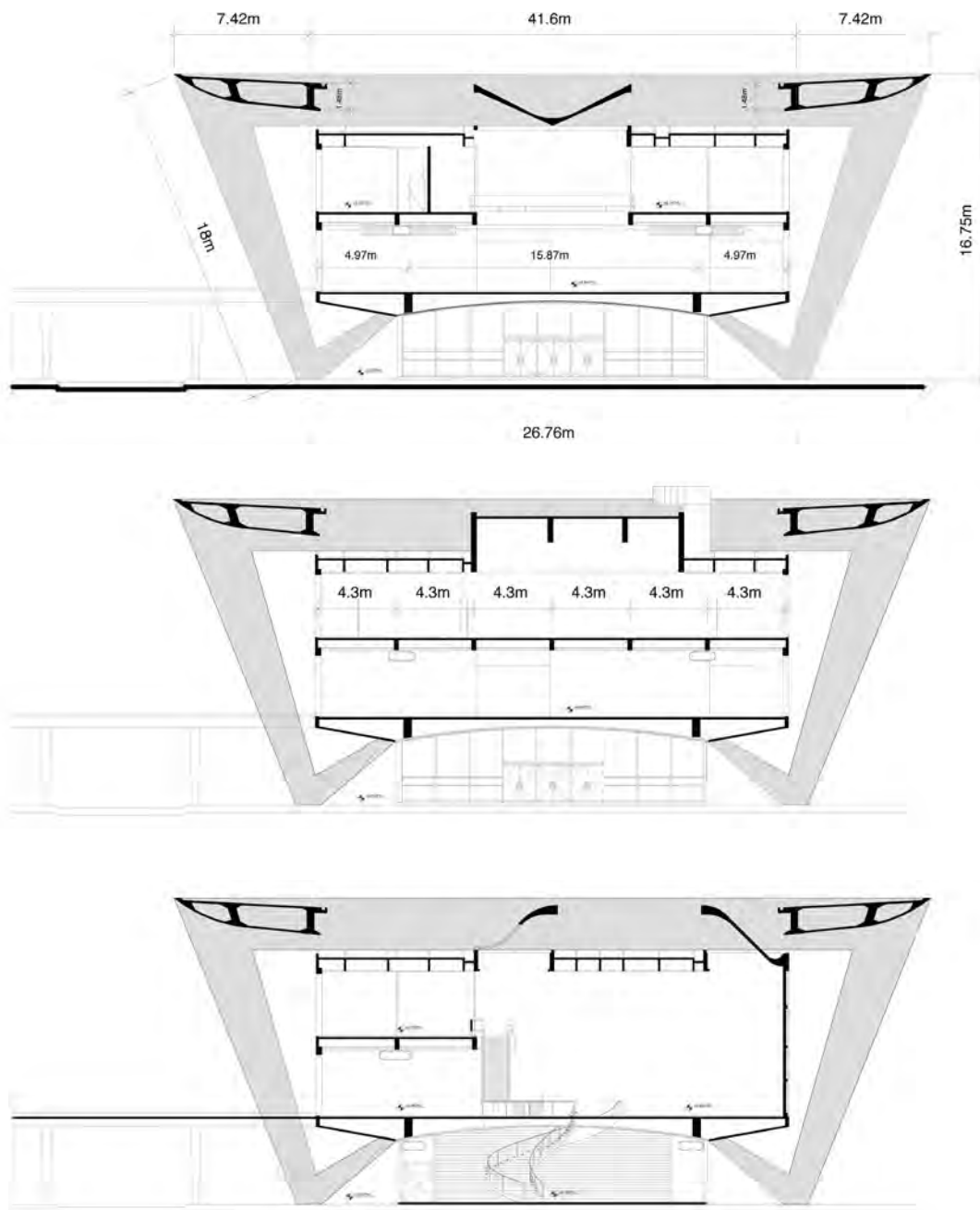


Fig. 4.370 - **Affonso Eduardo Reidy**: Museu de Arte Moderna, Rio de Janeiro, 1953-58/1967-68. Cortes transversais. [CENTRO DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO - MAM]

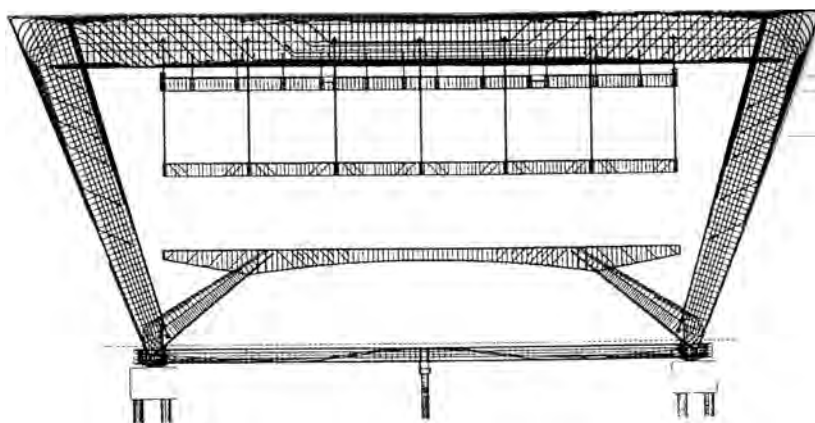


Fig. 4.371 - **Affonso Eduardo Reidy**: Museu de Arte Moderna, Rio de Janeiro, 1953-58/1967-68. Esquema geral das armaduras. É importante ressaltar que a laje do primeiro piso (representada como se fosse totalmente armada e maciça) na realidade é parcialmente oca, conforme os cortes da fig. 4.370. [BONDUKY, 1999]: 169

Os blocos de apoio de cada quadro duplo são ligados por um tirante de concreto protendido (fig. 4.372), que absorve o empuxo horizontal de 200t, proveniente do quadro secundário. O contraventamento entre os quadros é constituído na base por uma viga longitudinal robusta (fig. 4.373) de 0,60 x 1,20m, no topo por marquises de laje dupla nervurada com comprimento de 8m e, ainda na parte central, pelas lajes inclinadas dos lanternins. O quadro principal possui 16,75m de altura, com o braço maior tendo 18m de comprimento em verdadeira grandeza. A seção de apoio tem 1,2 x 0,40m e a altura da viga superior é de 2,75m, que possui vão teórico de 38,75m. A distância entre as articulações na base dos montantes é de 26,90m (MOTTA apud CAIXETA, 1999, p.468).

A fig. 4.374 mostra uma armação das ferragens dos pórticos, refletindo diretamente as linhas de tensões e solicitações de uma estrutura incomum. Cada barra de aço foi torcida a frio e soldada antes de torcer, de topo, não havendo trespassse (CARNEIRO & VALLE, 1959). Os pórticos são apoiados em dois grandes blocos de concreto com um par de estacas cada. Na porção central, uma outra estaca escora a viga que amarra as duas extremidades inferiores evitando a deformação desta pelos esforços provocados pela tendência do fechamento das duas pernas laterais. O engrossamento e a proporção das barras de aço que montam o esqueleto da viga superior pode ser observado na mesma figura.

A laje do primeiro pavimento é uma bandeja estruturada por uma par de vigas longitudinais com altura de 1,15m, apoiadas nas pernas menores dos pórticos. O grande plano – totalmente livre de pilares ou apoios verticais internos – tem vão transversal de 15,87m e balanços laterais de 4,97m. O corte longitudinal não mostra peças transversais de apoio, configurando assim um grande plano que se arma em função dos apoios verticais inclinados, amarrados nas grandes vigas longitudinais.

Ficha técnica (Bloco de Exposições)

Tipo estrutural	Exoesqueleto
Pilotis	-
Vão maior	38,75m
Vão menor	10m
Balanço	4,97m



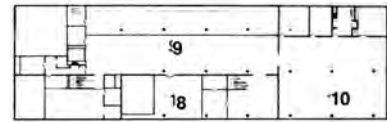
Fig. 4.372 - Affonso Eduardo Reidy: Museu de Arte Moderna, Rio de Janeiro, 1953-58/1967-68. Os cabos de pré-tensão das vigas superiores do corpo principal do museu. [CENTRO DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO - MAM]



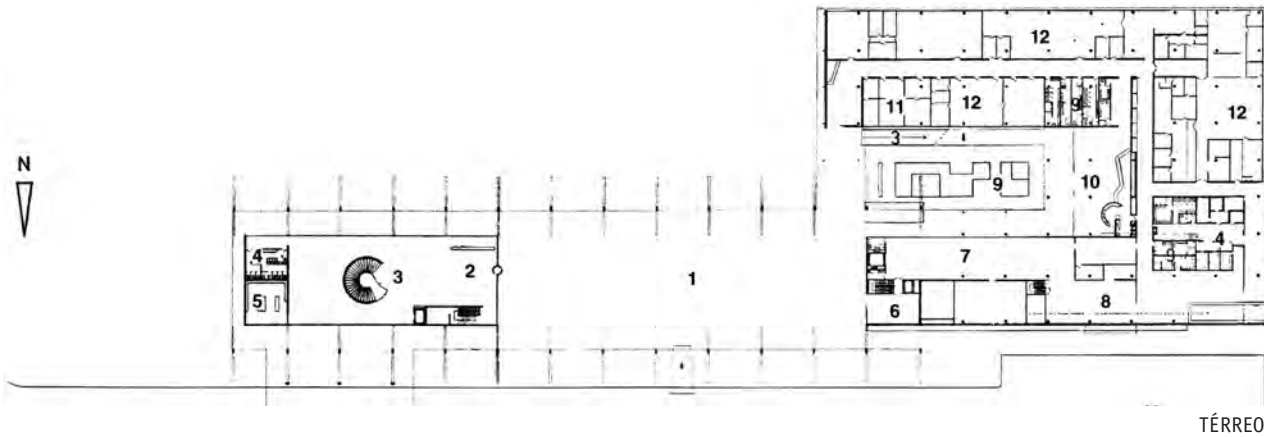
Fig. 4.373 - Affonso Eduardo Reidy: Museu de Arte Moderna, Rio de Janeiro, 1953-58/1967-68. Detalhe do contraventamento e pórticos. [FOTO DO AUTOR, 2001]



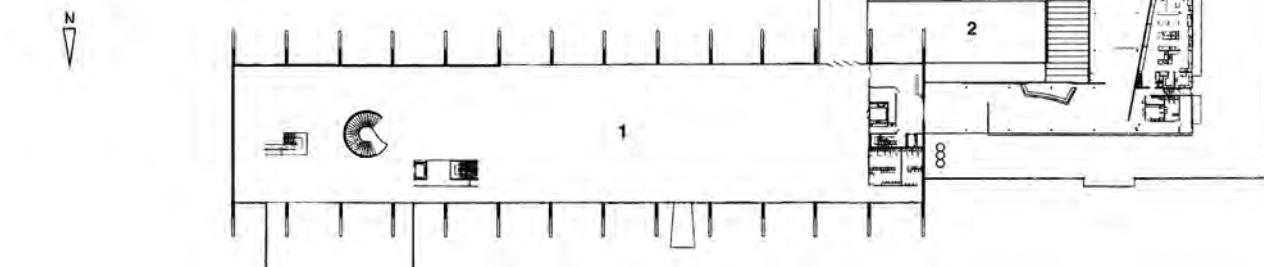
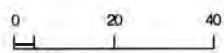
Fig. 4.374 - Affonso Eduardo Reidy: Museu de Arte Moderna, Rio de Janeiro, 1953-58/1967-68. Detalhe da armadura dos pórticos. [FRANCK & Giedion, 1960]: 77



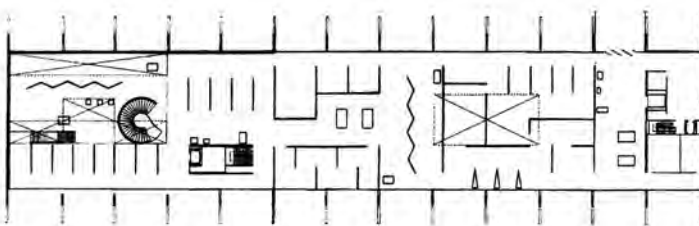
SUBSOLO DO BLOCO-ESCOLA



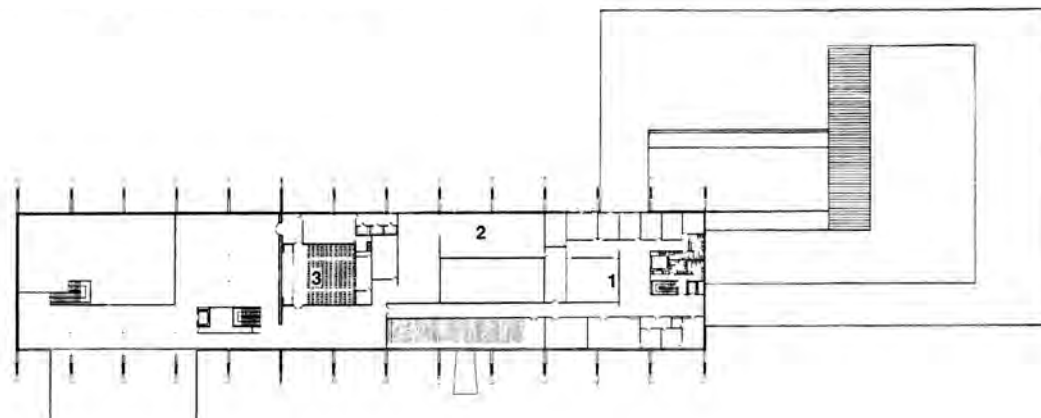
TÉRREO



1º PAVIMENTO



Galeria de exposições com proposta de layout.



2º PAVIMENTO

A primeira parte da obra a ficar pronta foi o chamado bloco-escola (fig. 4.376), com área aproximada de 12.000m². Sua estrutura, iniciada em 16 de agosto de 1955, ao fim de dez meses estava praticamente concluída. No segundo semestre de 1956, intensificaram-se as obras concluindo sua estrutura e dando início à sua fase de acabamento. Em 1958 foram executadas obras relativas ao subsolo, cantina e terraço, além da colocação dos brises de alumínio na fachada oeste e norte¹³⁹.

A estrutura do bloco de dois pavimentos é reticular gerando uma malha retangular com vãos de 7 por 6,7m, sendo que a ocupação é densa no térreo e no nível superior ocupada na maior parte por um terraço-jardim acompanhado de um restaurante, sombreado por uma elegante pérgola em concreto armado estruturada por esbeltos pares de tubos metálicos (fig. 4.377). A laje de cobertura do bloco possui balanço no lado leste medindo 1,7m e no lado oeste 2,5m (nos lados sul e norte existe balanço mínimo em relação à prumada dos pilares).

As lajes empregadas no edifício utilizaram o sistema de laje fundida *in loco* com peças cerâmicas (fig. 4.378), prática utilizada – dentro do período de estudo – desde a construção da ABI. Este sistema acaba por constituir a superfície da laje em um formato como uma grelha de concreto com o limite das cerâmicas conformando vigas longitudinais e transversais, de maneira que as “vigas” passam a ter seção em T, o que faz com que as dimensões na altura possam ser ainda menores.

A montagem das formas de madeira e das ferragens tanto das vigas quanto dos pilares do bloco escola contrasta com a quantidade de elementos e variações necessárias para a montagem das formas dos grandes pórticos. Os pilares de seção circular podem ser vistos na imagem da fig. 4.379, bem como parte da rampa de acesso ao terraço, que é uma laje inclinada que vence vão de 47m.

139. Ver CAIXETA, 1999 p.482.

Ficha técnica (Bloco-escola)

Tipo estrutural	Baixo reticular
Pilotis	Seção circular
Vão	10
Balanço maior	2,5m
Balanço menor	1,7m



Fig. 4.376 - Affonso Eduardo Reidy: Museu de Arte Moderna, Rio de Janeiro, 1953-58/1967-68. Vista do bloco escola. [BONDUKY, 1999]: 175



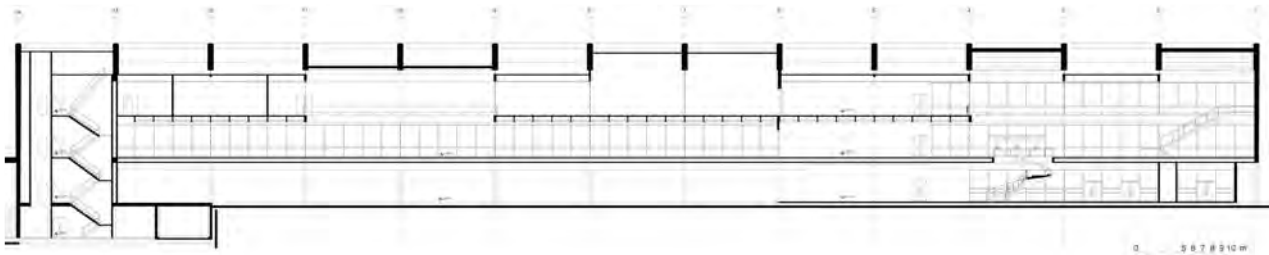
Fig. 4.377 - Affonso Eduardo Reidy: Museu de Arte Moderna, Rio de Janeiro, 1953-58/1967-68. Pergolado do terraço. [BONDUKY, 1999]: 178



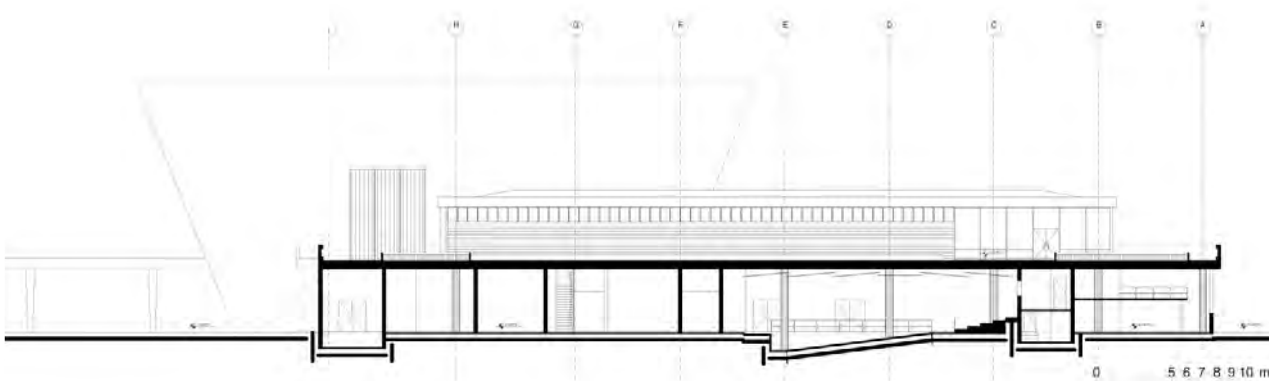
Fig. 4.378 - Affonso Eduardo Reidy: Museu de Arte Moderna, Rio de Janeiro, 1953-58/1967-68. Imagem de janeiro de 1956, mostrando a montagem da laje de concreto com utilização de elementos cerâmicos. [CENTRO DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO - MAM]



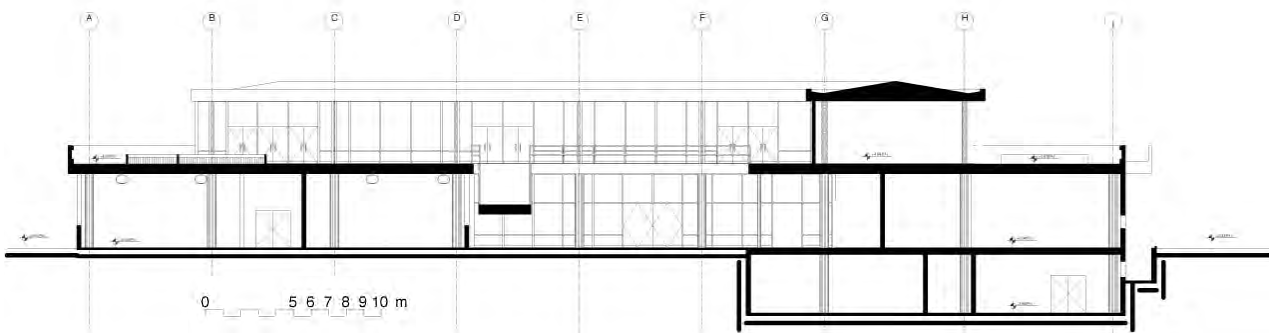
Fig. 4.379 - Affonso Eduardo Reidy: Museu de Arte Moderna, Rio de Janeiro, 1953-58/1967-68. Em maio de 1957 a rampa de acesso bem como a laje do terraço-jardim já havia sido concretada. [CENTRO DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO - MAM]



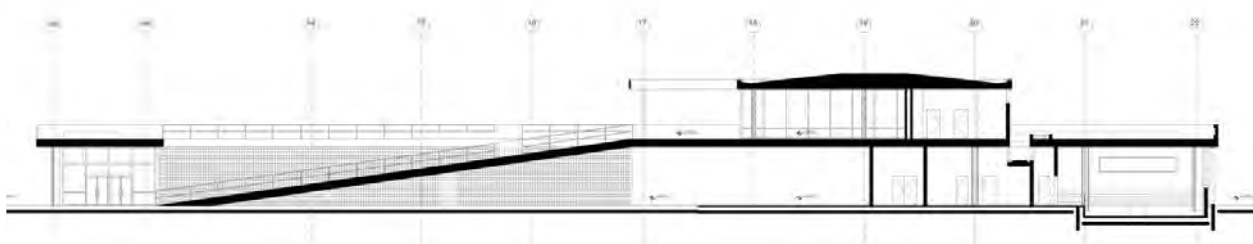
CORTE LONGITUDINAL DO BLOCO DE EXPOSIÇÕES



CORTE PELO TERRAÇO DO BLOCO-ESCOLA



CORTE PASSANDO PELO SUBSOLO



CORTE LONGITUDINAL PELA RAMPA DE ACESSO AO TERRAÇO

0 5 6 7 8 9 10 m

Fig. 4.380 - Cortes. [CENTRO DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO - MAM]

Preocupado com a qualidade da construção, Reidy sempre esteve assessorado por uma equipe qualificada de engenheiros, que deram suporte principalmente para a inédita estrutura do bloco de exposições, sendo esta acompanhada por estudos realizados pelo Instituto Nacional de Tecnologia, analisando o comportamento estático da estrutura bem como verificações periódicas da resistência do concreto e do descimbramento dos quadros dos pórticos (fig. 4.381). Também foi objeto de estudo da Divisão Técnica Especializada de Estruturas do Clube de Engenharia a armação das vigas mestras, com pronunciamentos altamente satisfatórios, tanto na solução do problema das sondagens, como na distribuição das armaduras nas zonas extremas das vigas.

“Sistema articulado, perfeitamente integrado à nova noção de espaço, o esqueleto de sustentação da construção encontra-se completamente exposto na volumetria do edifício. A estrutura porticada foi explorada plasticamente pelo arquiteto, como elemento formal e compositivo, a partir de sua repetição e de sua associação às grandes superfícies de vidro”. (CAIXETA, 1999, p.449)

O projeto do Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro – que tem no bloco de exposições um amadurecimento formal e construtivo dos projetos de Niemeyer para o Hotel Tijuco em Diamantina e Escola Júlia Kubitschek (ambos de 1951) – não só demonstra o nível de controle entre as questões formais e sua estrutura, como também permitiu a realização de experiências até então não provadas pela arquitetura brasileira no campo do concreto armado. A construção de um pavimento inteiro suspenso por tirantes, pesadas empenas ocas de concreto e um contraventamento de pórticos aliado à proteção solar podem ser citados como alguns exemplos da execução de um edifício ímpar, que permitiu um estudo aprofundado das inovações nele aplicadas.

Ficha técnica	
Local	Rio de Janeiro/RJ
Projeto arquitetônico	Afonso Eduardo Reidy
Data projeto	1953
Cálculo estrutural	Carmem Portinho, Escritório Emilio Baumgart (filho) e Escritório Técnico da Companhia Construtora Nacional
Data conclusão	1968
Tipo estrutural	Exoesqueleto

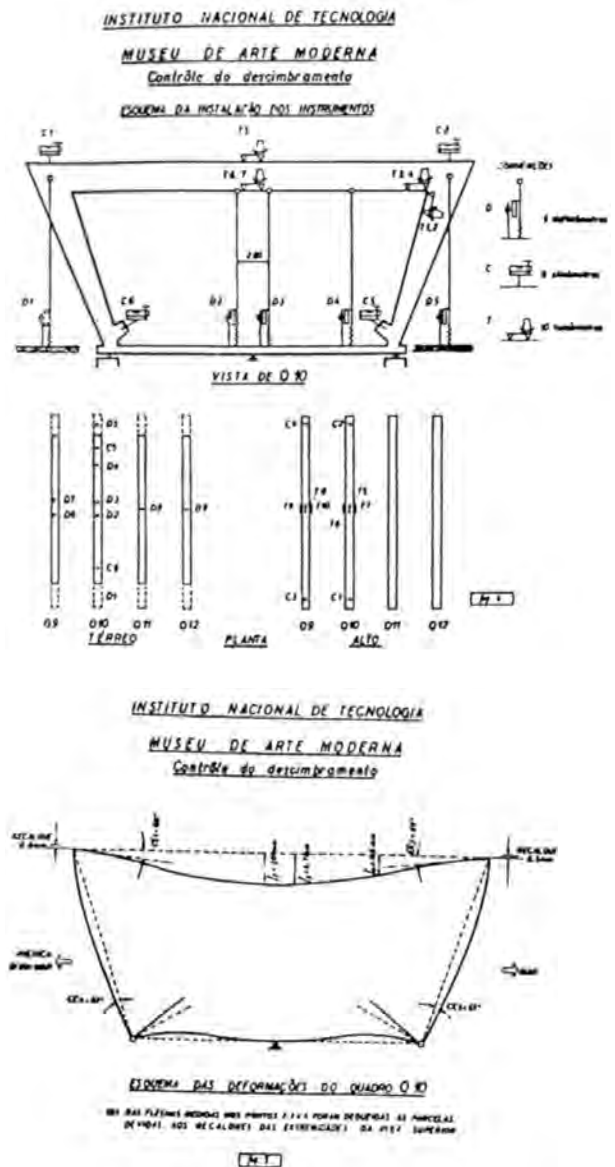


Fig. 4.381 - Afonso Eduardo Reidy: Museu de Arte Moderna, Rio de Janeiro, 1953-58/1967-68. Controle do descimbramento dos pórticos realizado pelo Instituto Nacional de Tecnologia. [CAIXETA, 1999]: 469



Fig. 4.382 - **Affonso Eduardo Reidy**: Museu de Arte Moderna, Rio de Janeiro, 1953-58/1967-68. A grande ossatura correspondente a estrutura de pórticos do museu e as lajes parcialmente concretadas. [BONDUKY, 1999]: 173



Fig. 4.383 - Vista superior da concretagem dos pórticos. [CENTRO DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO - MAM]



Fig. 4.385 - Escada de acesso ao espaço de exposições. [BONDUKY, 1999]: 173



Fig. 4.384 - O esqueleto do museu em 1959, com as pernas menores do pórticos ainda nas ferragens. [CENTRO DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO - MAM]



Fig. 4.386 - Armadura dos pórticos. [CENTRO DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO - MAM]

Edifício Oscar Niemeyer

Localizado na esquina da Praça Liberdade com Avenida Brasil em Belo Horizonte, esse edifício residencial de doze andares ergue-se numa posição privilegiada, em terreno triangular e muito inclinado resultante de um espaço livre entre três vias públicas (fig. 4.389), desimpedido em duas de suas faces e cercado de construções baixas. Concebido como uma planta em T, possui curvas convexas e côncavas equilibrando-se em um jogo de cheios e vazios, reforçados pelas lâminas em concreto dos *brise-soleil* das fachadas (fig. 4.390).

“An entirely free form bearing no relation to traditional geometries combines with the aesthetic daring in the use of reinforced concrete that Niemeyer skilfully exploits when, as in Pampulha, Ibirapuera or Canoas, the occasion allows.” (BOTEY, 1996, p.88)

Estruturalmente curioso, possui esqueleto reticular no corpo principal e pilares-parede no pilotis, com um “pavimento” cego de 2m de altura fazendo a transição entre os dois sistemas de apoio (fig. 4.391). Como nos edifícios Finússia e Dona Fátima dos Roberto (1952-54), esta transição permite uma regularização dos apoios no térreo e uma liberação de posicionamento dos pilares no andar-tipo que, neste projeto, se justifica ainda mais pela forma como a compartimentação interna é efetuada: todos os pilares estão embutidos nas paredes, resultado de um dimensionamento de seção incomum, onde cada pilar assume um perfil de acordo com as solicitações e posições das paredes.

Pilotis

No pilotis, os nove pilares-parede estão dispostos como placas de seção em forma de losango, que acompanham perpendicularmente a sinuosidade da planta do edifício. O maior dos pilares possui 6,75m de comprimento e o menor 3,6m. A variação do tamanho das peças se dá a partir do alargamento ou estrangulamento da projeção do corpo principal, que em todo o perímetro avança em balanço de 1,7m no mínimo e 2,5m no máximo. Os vãos estruturais no térreo – sempre possibilitando a ocorrência de vagas de estacionamento – variam de 3,9m até 5,2m¹⁴⁰.

140. As dimensões dos vãos estruturais no térreo foram obtidas a partir do centro geométrico de cada peça.



Fig. 4.389 - Oscar Niemeyer: Edifício Oscar Niemeyer, Belo Horizonte/MG, 1954-60. Implantação. [MACEDO, 2002]: fig 144a



Fig. 4.390 - Oscar Niemeyer: Edifício Oscar Niemeyer, Belo Horizonte/MG, 1954-60. Fachada para a praça da Liberdade. [FOTO: MARCOS ALMEIDA, 2002]



Fig. 4.391 - Oscar Niemeyer: Edifício Oscar Niemeyer, Belo Horizonte/MG, 1954-60. Detalhe do térreo e pilotis. [FOTO: MARCOS ALMEIDA, 2002]

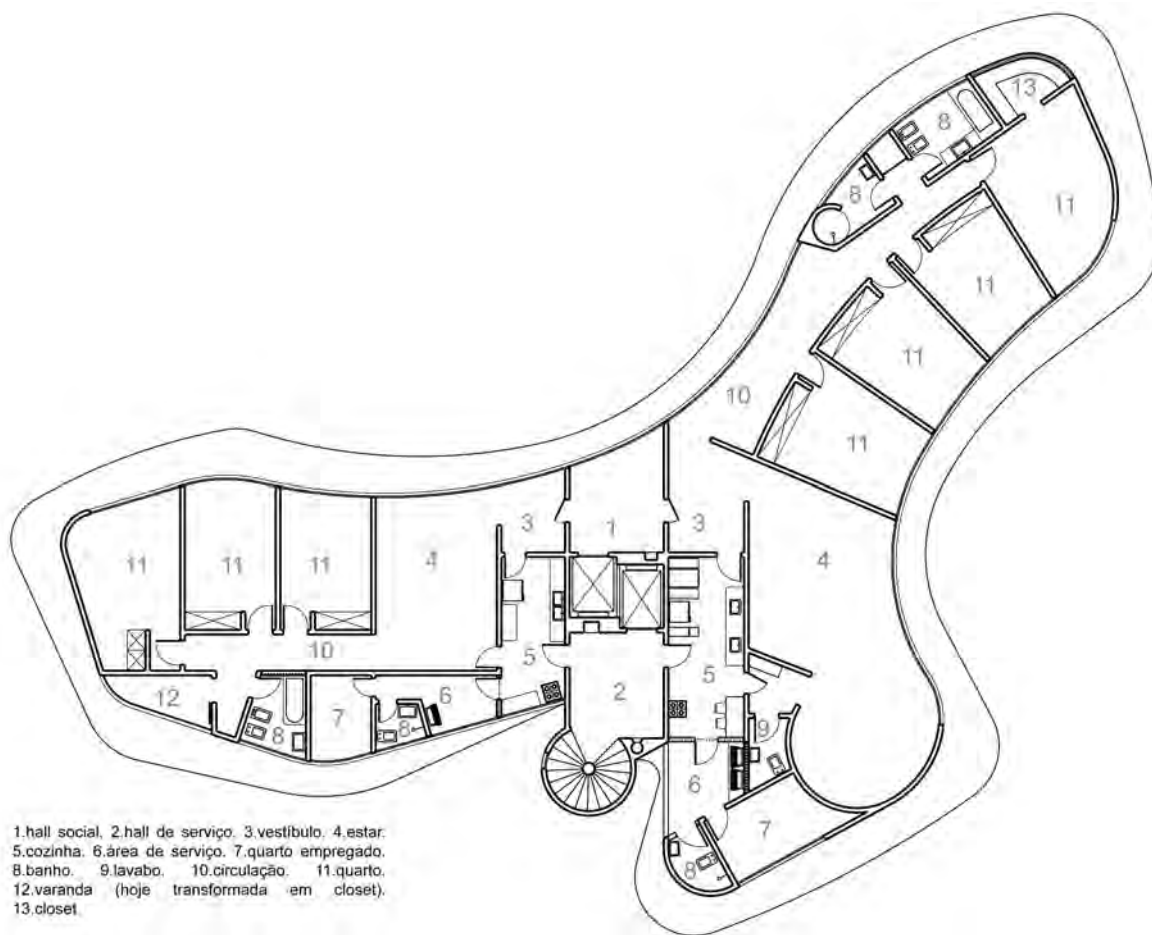


Fig. 4.392 - **Oscar Niemeyer**: Edifício Oscar Niemeyer, Belo Horizonte/ MG, 1954-60. Planta do andar-tipo (esc. 1/250). [MACEDO, 2002]: fig 144

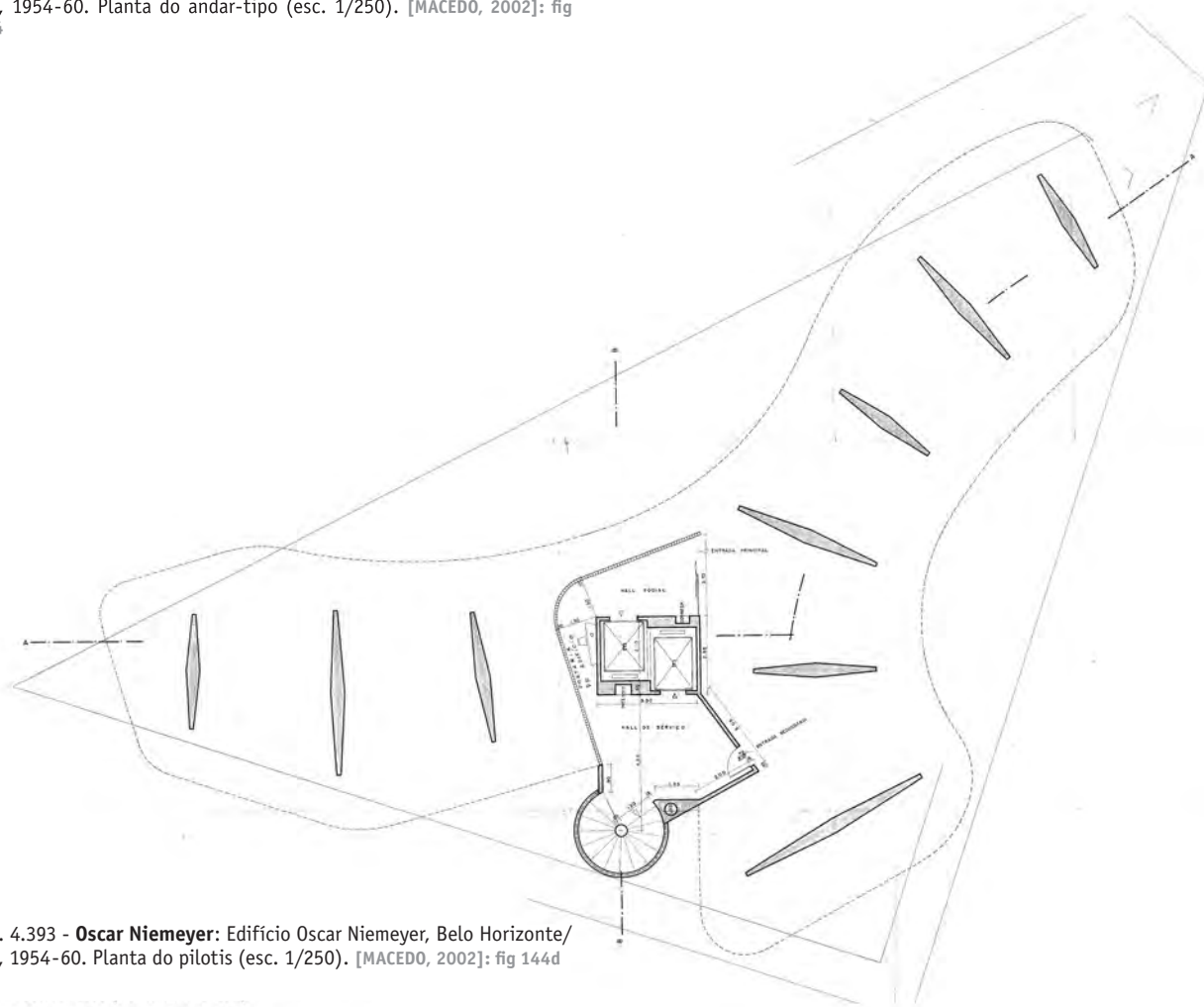


Fig. 4.393 - **Oscar Niemeyer**: Edifício Oscar Niemeyer, Belo Horizonte/ MG, 1954-60. Planta do pilotis (esc. 1/250). [MACEDO, 2002]: fig 144d

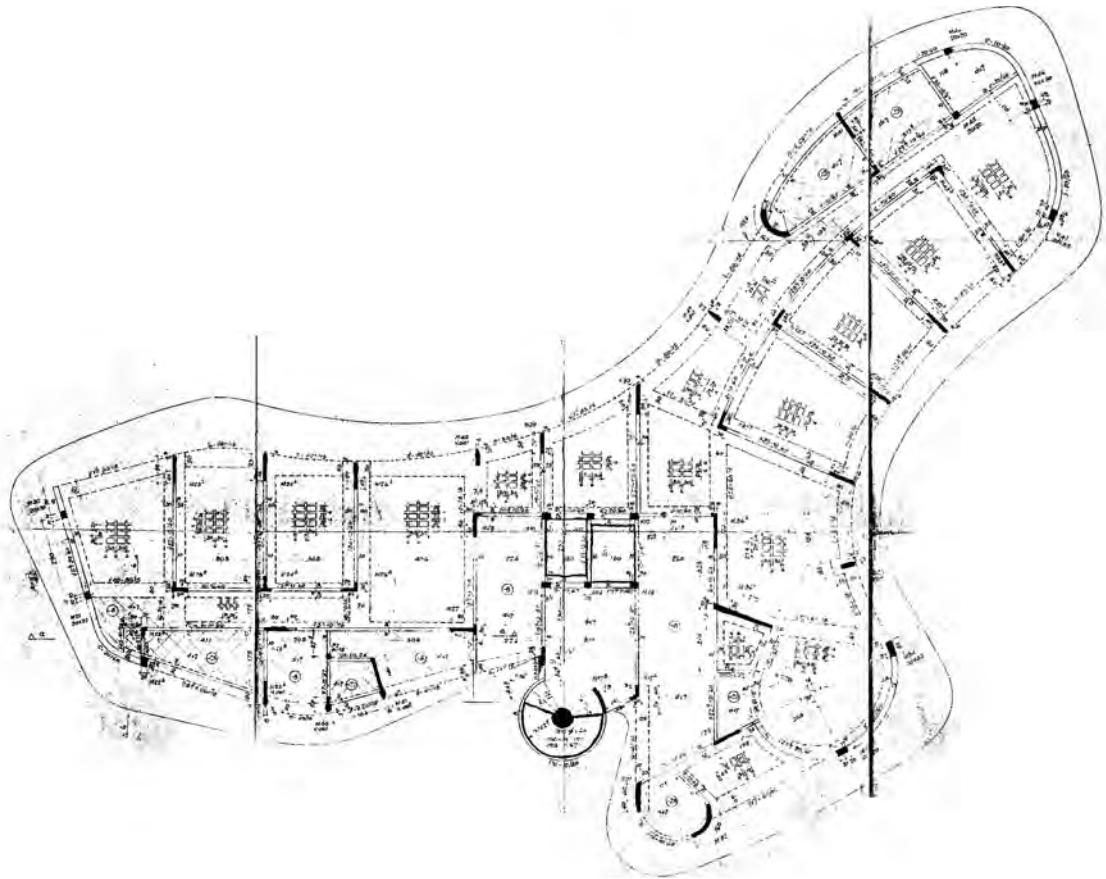


Fig. 4.394 - **Oscar Niemeyer**: Edifício Oscar Niemeyer, Belo Horizonte/MG, 1954-60. Planta de fôrmas do 11º piso, datada de 22/02/1958 (esc. 1/250). [MACEDO, 2002]: fig 189

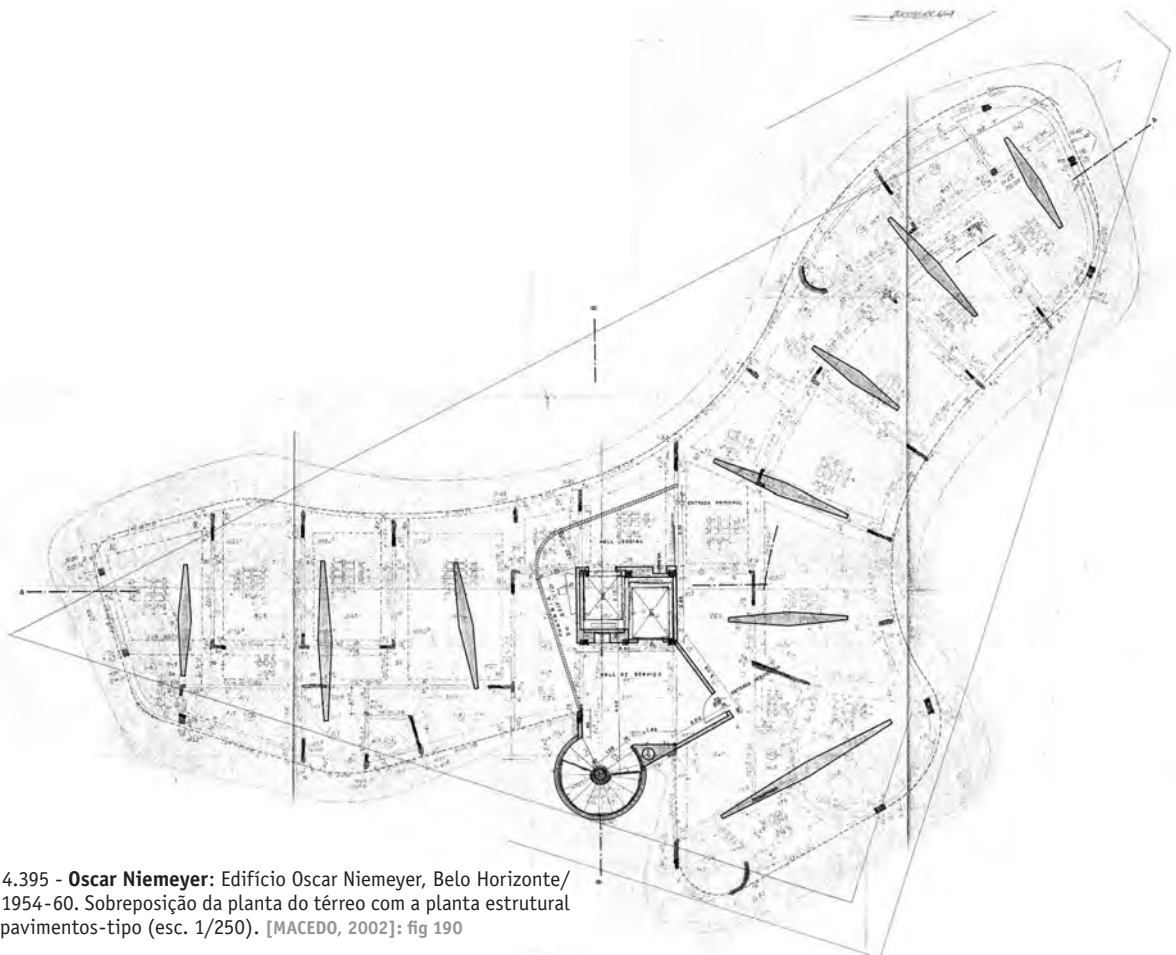


Fig. 4.395 - **Oscar Niemeyer**: Edifício Oscar Niemeyer, Belo Horizonte/MG, 1954-60. Sobreposição da planta do térreo com a planta estrutural dos pavimentos-tipo (esc. 1/250). [MACEDO, 2002]: fig 190

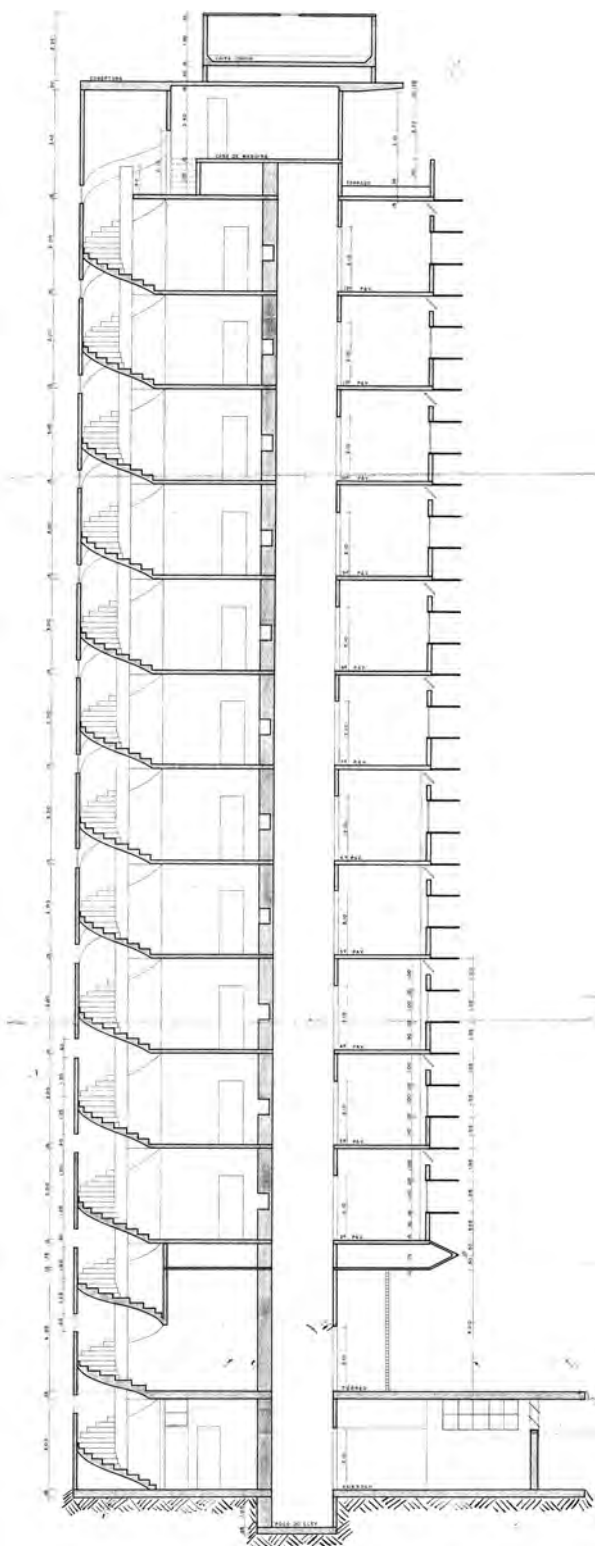


Fig. 4.396 - **Oscar Niemeyer**: Edifício Oscar Niemeyer, Belo Horizonte/MG, 1954-60. Corte transversal, em versão anterior ao projeto executivo (esc.1/250). [MACEDO, 2002]: fig 144

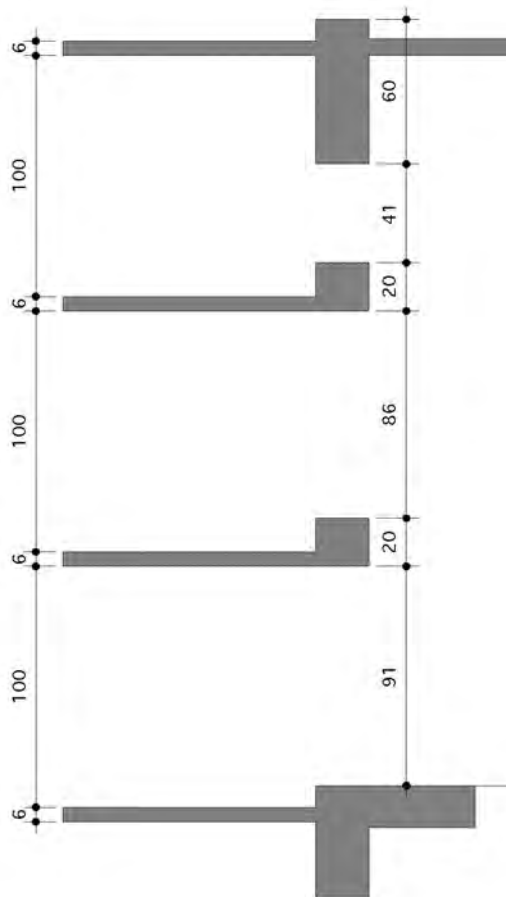


Fig. 4.397 - **Oscar Niemeyer**: Edifício Oscar Niemeyer, Belo Horizonte/MG, 1954-60. Detalhe do corte transversal no 11º pavimento. [DESENHO DO AUTOR a partir do detalhamento da planta de fôrmas]

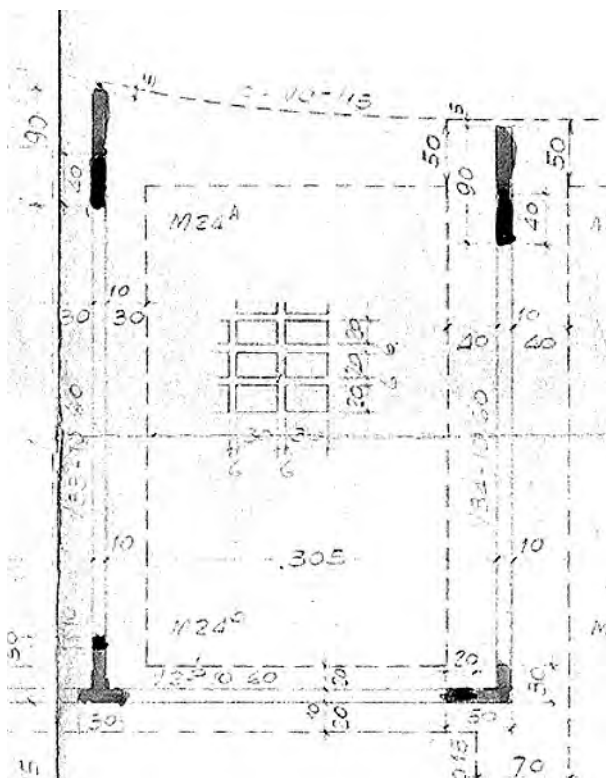


Fig. 4.398 - **Oscar Niemeyer**: Edifício Oscar Niemeyer, Belo Horizonte/MG, 1954-60. Detalhe da planta de fôrmas do 11º pavimento. [MACEDO, 2002]: fig 189

O núcleo de circulação vertical, composto pelos pilares que envolvem a caixa dos elevadores, também é elemento importante no enrijecimento da estrutura do térreo. Esta estrutura se prolonga até o subsolo (fig. 4.399), onde dois dos pilares-parede se transformam em dois pares de pilares convencionais, liberando a garagem.

O vigamento de transição – que aparece no corte da fig. 4.396 com apenas um módulo e duas placas convergentes – assumiu na versão final o dobro da altura inicialmente projetada¹⁴¹. A expressão desse elemento na fachada do projeto construído é mimetizada pelo mesmo ritmo e modulação das lâminas do corpo principal que, pelo corte transversal, possuem 6cm de espessura e estão separadas por esquadrias com 1m de altura (fig. 4.397).

Corpo principal

As lâminas de concreto armado contornam praticamente todo o corpo principal do edifício, com exceção da parte que se aproxima do cilindro opaco da escada helicoidal. O balanço das lâminas é variável e alcança 2m no ponto máximo. A estruturação destes planos se dá através de um aumento na seção na borda interna – funcionando como uma vigota invertida de 20cm de altura (fig. 4.400) – que se conecta nos pilares perimetrais, embutidos nas paredes ou não (fig. 4.401).

A estrutura dos pavimentos-tipo é composta por lajes nervuradas, obtidas através da disposição no plano de peças (provavelmente) cerâmicas de 20 x 30cm, com espaçamento de 6cm (fig. 4.398). Os esbeltos pilares de 10cm de espessura permitem que os apoios fiquem ocultos pelas alvenarias, variando de seção à medida que os esforços se ampliam na sucessão dos pavimentos. Acomodando-se na projeção das paredes, os pilares assumem formatos variados – em I, L, T, U, quadrados e retangulares – determinando uma retícula de malha irregular que acompanha a compartimentação dos apartamentos. Fica clara a intenção de estrutura não-independente – que agora lança mão da maleabilidade do concreto armado para esconder a estrutura vertical – combinada com uma planta-tipo onde a compartimentação é rígida e pouco mutável.

141. Os documentos levantados pela pesquisa não possuem grandes detalhes sobre a estrutura de transição. É importante lembrar que a *Unité* de Marselha (1946) utilizou o mesmo recurso, porém com dimensões mais robustas tanto do vigamento quanto dos próprios pilares.

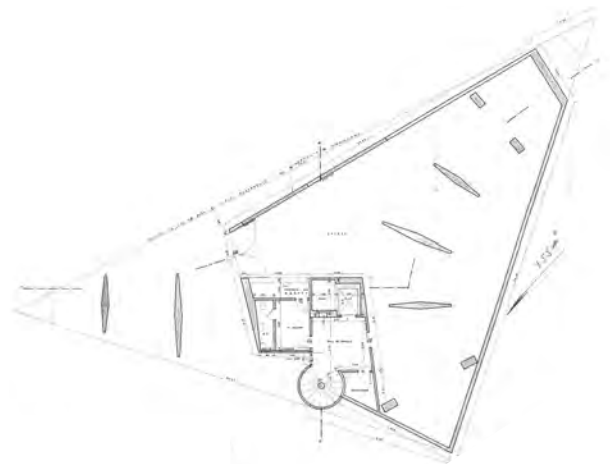


Fig. 4.399 - **Oscar Niemeyer**: Edifício Oscar Niemeyer, Belo Horizonte/MG, 1954-60. Planta do subsolo. (esc.1/500). [MACEDO, 2002]: fig 144d



Fig. 4.400 - **Oscar Niemeyer**: Edifício Oscar Niemeyer, Belo Horizonte/MG, 1954-60. Detalhe das lâminas em balanço e a armação em relação aos pavimentos. [FOTO: MARCOS ALMEIDA, 2002]



Fig. 4.401 - **Oscar Niemeyer**: Edifício Oscar Niemeyer, Belo Horizonte/MG, 1954-60. Vista interna das unidades habitacionais. [MACEDO, 2002]: fig 144m



Fig. 4.402 - **Oscar Niemeyer**: Edifício Oscar Niemeyer, Belo Horizonte/MG, 1954-60. Vista dos brises a partir do volume da escada. [MACEDO, 2002]: fig 144m



Fig. 4.403 - **Oscar Niemeyer**: Edifício Oscar Niemeyer, Belo Horizonte/MG, 1954-60. Vista parcial do terraço. [MACEDO, 2002]: fig 144t

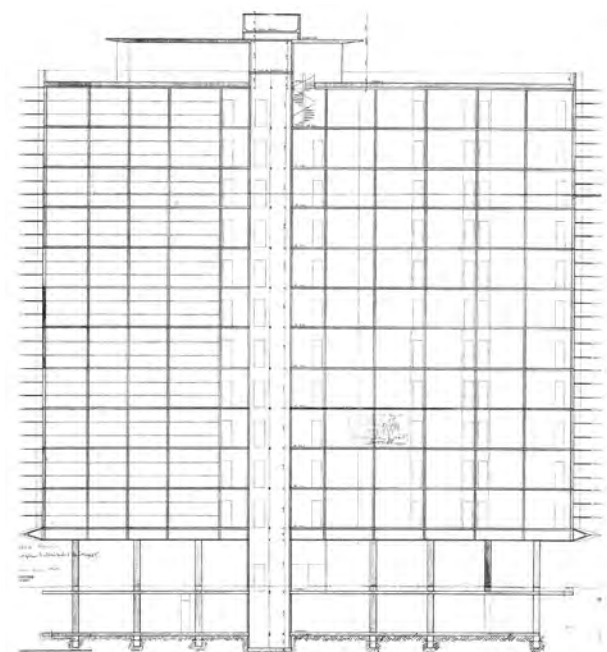


Fig. 4.404 - **Oscar Niemeyer**: Edifício Oscar Niemeyer, Belo Horizonte/MG, 1954-60. Corte longitudinal, em versão anterior ao projeto executivo. [MACEDO, 2002]: fig 189

Os vãos estruturais do pavimento-tipo são variados e em certos casos de complexa leitura. Mesmo assim, o maior e menor vão podem ser determinados a partir da planta de fôrmas do 11º pavimento e se localizam na estrutura de perímetro do edifício. Tomando como base uma linha reta de eixo a eixo dos apoios o resultado é que o vão maior alcança 6,65m e o menor 2m. Como toda a estrutura de borda – excluindo-se os brises horizontais que não possuem função estática – acaba não se projetando em balanço, os pilares se localizam também no perímetro de todo o edifício.

A cobertura fecha a composição com terraço coberto parcialmente por uma laje de forma irregular, sustentada por tubos de aço (fig. 4.403) como acontece, em parte, na Casa das Canoas (1953). A casa de máquinas e o reservatório elíptico estão mais acima, compondo a superestrutura.

Ficha técnica	
Local	Belo Horizonte/MG
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer
Data projeto	1954
Cálculo estrutural	Paulo Marques de Souza
Execução	Construtora Waldemar Polizzi
Data execução	1960
Tipo estrutural	Alto reticular
Pilotis	Pilares-parede
Vão maior	<i>Pilotis</i> - 5,2m <i>Pavimento-tipo</i> - 6,65m
Vão menor	<i>Pilotis</i> - 3,9m <i>Pavimento-tipo</i> - 2m
Balanço maior	<i>Pilotis</i> - 2,5m
Balanço menor	<i>Pilotis</i> - 1,7m

Jockey Clube Brasileiro

“Neste edifício, cuja construção foi demorada e difícil, me agrada principalmente a bela comodulação das fachadas comerciais, onde cada vão foi decomposto em uma parte central fixa e duas lâminas laterais estreitas de abrir” (COSTA, 1995, p.420).

O edifício-sede do Jockey Clube Brasileiro está implantado em um quarteirão retangular de aproximadamente 65x85m, formado pelas avenidas Presidente Antônio Carlos, Almirante Barroso, Nilo Peçanha e rua Debret; no centro da cidade do Rio de Janeiro. Com 15 pavimentos mais a cobertura em terraço-jardim, é composto por quatro edifícios perimetrais em concreto armado e um central, composto por aço e concreto¹⁴², tendo cada um dos sistemas suas particularidades e sua própria malha estrutural.

As “edificações” de concreto armado correspondem aos espaços de escritórios e administração do Jockey Clube. A estrutura de aço interna sustenta um “edifício-garagem” para 700 vagas, de 13 pavimentos e com pé-direito menor do que o utilizado na parte de concreto.

A estrutura de concreto armado

São poucas as diferenças entre os quatro blocos de concreto armado. Em termos de vãos, a malha básica é composta por panos de laje de 6x8m. Os balanços das fachadas possuem 1m de projeção, exceto da parte dedicada ao Jockey que é anômala: voltada para a Av. Presidente Antônio Carlos, possui um balanço de 2,2m e sete intercolúnios separados por 6m. O bloco possui duas naves longitudinais, a maior de 10m de largura e uma menor de 5m.

Nos blocos à sul e norte são 11 intercolúnios separados por pilares retangulares distantes 6m cada um. No bloco à oeste, paralelo ao bloco anômalo, são oito intercolúnios que respeitam a grelha retangular de 6x8m.

A circulação interna é feita por um anel em “U”, totalmente em balanço com projeção em relação à prumada dos pilares de 3m.



Fig. 4.405 - Lucio Costa: Edifício-Sede do Jockey Clube Brasileiro, Rio de Janeiro, 1956. Plano de fachada. [COSTA, 1995]: 421



Fig. 4.406 - Lucio Costa: Edifício-Sede do Jockey Clube Brasileiro, Rio de Janeiro, 1956. [CZAJKOWSKI, 2000]:32

142. Ver: XAVIER, 1991, p.102

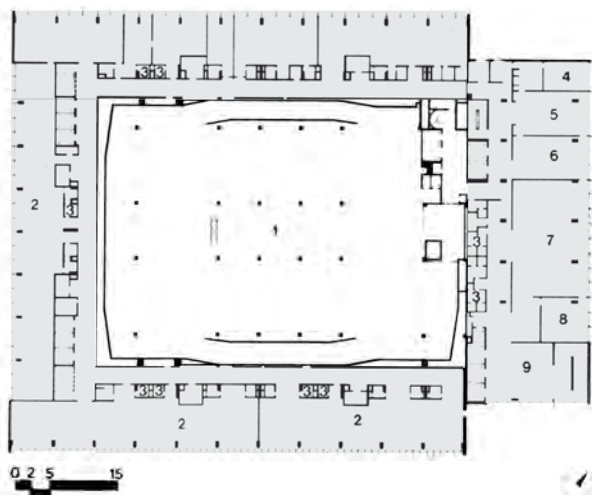


Fig. 4.407 - **Lucio Costa**: Edifício-Sede do Jockey Clube Brasileiro, Rio de Janeiro, 1956. Planta do 3º pavimento com a indicação (sombreado) da parte construída em concreto armado. [XAVIER, 1991]: 102

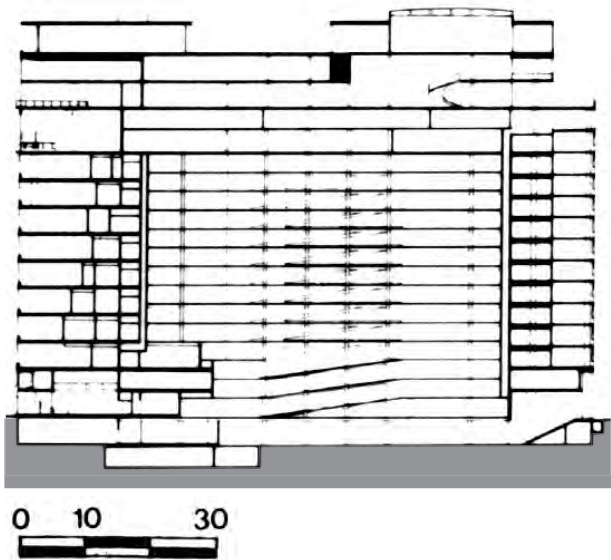


Fig. 4.408 - **Lucio Costa**: Edifício-Sede do Jockey Clube Brasileiro, Rio de Janeiro, 1956. Corte longitudinal. [XAVIER, 1991]: 102

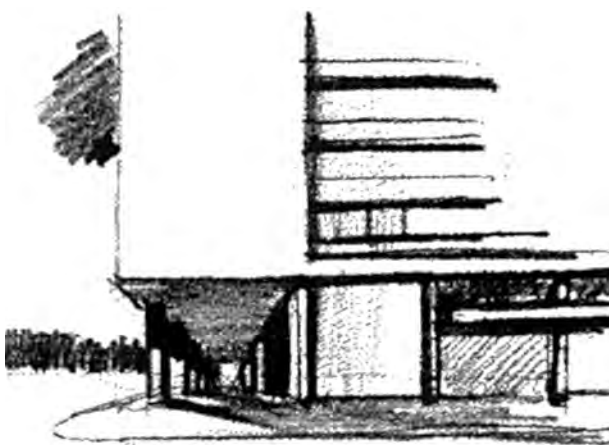


Fig. 4.409 - **Lucio Costa**: Edifício-Sede do Jockey Clube Brasileiro, Rio de Janeiro, 1956. Croqui da galeria. [BAHIMA, 2001]: 95

“A dupla solução estrutural, sendo matriz geradora da organização da planimetria, se constitui em uma das maiores virtudes desse projeto. Ao posicionar no miolo do quarteirão as garagens, Costa, além de incrustar um edifício dentro de outro, pôde imprimir à solução estrutural, de um mesmo projeto, dois ritmos diferentes.” (BAHIMA, 2001, p.96)

Além de possuir duas malhas diferentes conforme descreve o trecho acima, a parte dedicada ao estacionamento está descolada da ossatura de concreto dos edifícios perimetrais em três lados – dois correspondendo às rampas – o que além de isolar técnica e construtivamente os dois sistemas construtivos, proporciona uma ventilação dos gases provenientes da combustão dos motores.

A ocupação do miolo acaba por gerar uma massa edificada de grande densidade. O que a própria seção (fig. 4.408) demonstra, é que isolando-se as edificações, temos sempre duas faixas na disposição dos edifícios: uma de planta livre e outra mais estreita e internalizada, referente aos sanitários. Estas são balizadas pela estrutura, que ou é parte das vedações de sanitários ou é baliza para a disposição dos montantes verticais das esquadrias.

Nas elevações as faixas horizontais são predominantes. O peitoril da fachada voltada para a Avenida Presidente Antônio Carlos absorve a presença da espessa laje, quase se repetindo em esquadria de mesma dimensão nas janelas em fita. Nas outras fachadas, os montantes cruzam pela frente do plano de concreto sem tocar o solo, como acontece nos edifícios de aço projetados por Mies van der Rohe em Chicago no final da década de 40¹⁴³.

143. CARTER, 1999, p. 37

Ficha técnica	
Local	Rio de Janeiro/RJ
Projeto arquitetônico	Lucio Costa
Data projeto	1956
Execução	Christiani & Nielsen
Data execução	1956
Tipo estrutural	Reticular Alto
Pilotis	Seção retangular
Vão maior (concreto armado)	10m
Vão menor (concreto armado)	5m
Balanço maior	3m
Balanço menor	1m

Palácio da Alvorada

Primeiro edifício em concreto armado construído na nova capital, o Palácio da Alvorada fica pronto no final de 1958. A residência oficial do Presidente da República foi concebida por Niemeyer “*como um palácio, nobre e monumental, definido pelas estruturas que lhe dariam leveza e dignidade*”¹⁴⁴. O volume principal tem lajes salientes na base e no topo ligadas no maior sentido por duas colunatas que caracterizam o edifício e que o destaca do solo.

VASCONCELOS (1985, p.84)¹⁴⁵ afirma: “*para conseguir este efeito de leveza, Niemeyer contou com a sensibilidade e o espírito poético de Joaquim Cardozo que também pensava como ele: para alcançar o objetivo abandonava tudo o que estava consagrado na técnica e raciocinava como se estivesse criando um novo tipo de concreto armado, esquecendo as imposições e limitações das normas estruturais e as propriedades dos materiais empregados.*” Cardozo conseguiu obter o efeito desejado por Niemeyer, criando suportes internos que recebessem a maior parte das cargas e aliviando a solicitação dos pilares de fachada. A estrutura foi concebida de maneira diferente do que aparenta ser, pois na verdade pilares definidos por parábolas do 4º grau não têm função estrutural em sua totalidade, tampouco tocam o solo pontualmente como insinuam. No Alvorada é explícita a subordinação da economia estática à economia estética:

“É certo que não se pode mais falar em verdade estrutural, e que a realidade não corresponde mais às aparências.” (BRUAND, 1980, p.188)

A caixa de vidro principal tem em planta a forma de retângulo alongado com 110 x 30,5m com pilares de fachada espaçados de 10m no sentido longitudinal e 30m no sentido transversal. Pelos cortes verifica-se que as lajes mais pesadas estão na parte central do edifício. Os pilares de fachada recebem apenas as cargas da cobertura na região mais leve e do piso na região do passadiço perimetral. Neste trecho a laje de cobertura é curva e vai se tornando mais fina em direção à borda, onde a espessura visível é de apenas 15cm. Isto reduz ainda mais a carga transferida para a colunata externa.

144. *Módulo*, nº 9, fev de 1958, p.3-6

145. Mais uma vez o livro de Vasconcelos é fonte fundamental da pesquisa, de onde obteve-se a maioria dos dados aqui publicados.



Fig. 4.409 - Oscar Niemeyer: Palácio da Alvorada, Brasília, 1957-58. Vista aérea do conjunto. [UNDERWOOD, 2002]:86



Fig. 4.410 - Oscar Niemeyer: Palácio da Alvorada, Brasília, 1957-58. Vista do vão de acesso. [UNDERWOOD, 2002]:87



Fig. 4.411 - Oscar Niemeyer: Palácio da Alvorada, Brasília, 1957-58. Fachada oposta, com o balcão em balanço. [PAPADAKI, 1960]:80

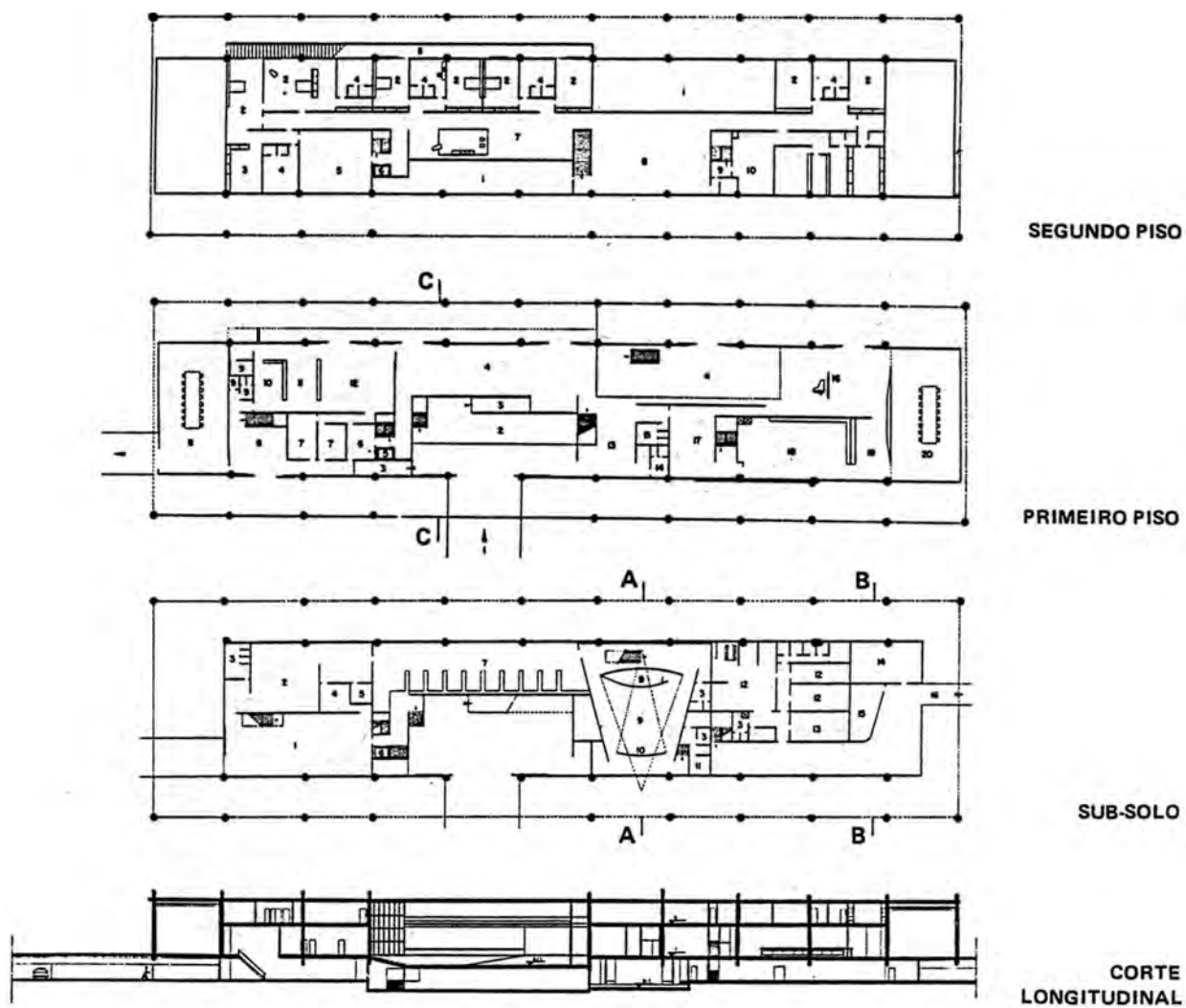


Fig. 4.412 - Oscar Niemeyer: Palácio da Alvorada, Brasília, 1957-58. Plantas baixas e corte longitudinal. [VASCONCELLOS, 1985]:85



Fig. 4.413 - Oscar Niemeyer: Palácio da Alvorada, Brasília, 1957-58. Laje do 2º pavimento, fiscalizadas pelos engenheiros Marco Paulo Rabello e Darcy Amora Pinto. [VASCONCELLOS, 1985]:85

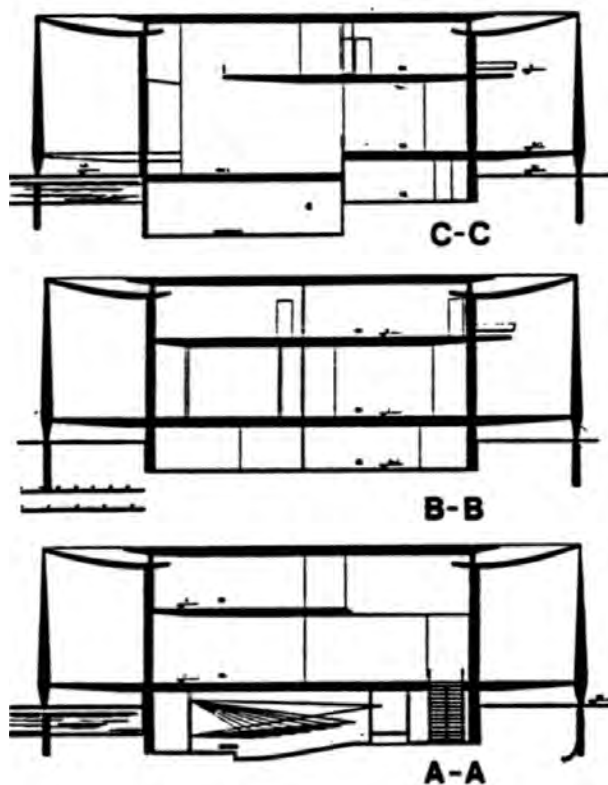


Fig. 4.414 - Oscar Niemeyer: Palácio da Alvorada, Brasília, 1957-58. Cortes transversais. [VASCONCELLOS, 1985]:85

A interrupção da colunata para a entrada monumental parece não ter explicação¹⁴⁶: além da supressão de dois suportes, os dois pilares adjacentes aos suprimidos, que ficaram com a carga duplicada, sofreram também redução de sua seção resistente, sendo cortados segundo seu eixo de simetria. Esse aumento de carga teria fundamento se esses pilares tivessem realmente função estrutural importante. Porém, a função principal de suporte da cobertura está concentrada nas colunas internas e estas não se revelam na fachada. Projetadas para terem a menor seção possível, foram executadas com um invólucro externo de aço, que funciona também como fôrma. Na parte interna possuem uma armadura de aço como qualquer outro pilar de concreto armado. Com este artifício foi possível reduzir sua seção ao mínimo, menor ainda que a seção dos pilares externos.

A laje curva que se apela nos pilares de fachada não apresenta continuidade com a laje da parte interna, como se vê nos cortes (fig. 4.414). Essa laje tem vão de 10m no sentido longitudinal do edifício e uma largura de 5m correspondente ao corredor externo. Sua espessura na região interna onde se prolonga como sanca de iluminação, é normalmente de 40cm e se apóia numa grande viga longitudinal que recebe em sua parte superior a laje nervurada de 20m de vão do trecho central. Esta viga se comporta como um perfil H com grande resistência à torção e, no trecho em que os dois pilares de fachada foram suprimidos, tem condição de suportar a laje suposta em balanço.

Como a obra foi executada antes dos aterros, os sub-solos e os muros de arrimo puderam ser construídos sem qualquer escavação (fig. 4.416). Posteriormente, no final da obra, foi feita a terraplenagem e a parte inferior da fachada ficou soterrada. O sub-solo só existe na parte central. O aterro de 2m de altura foi feito em toda a área externa do Palácio e a terra avança por baixo do corredor-passadiço adjacente aos pilares das fachadas, até atingir os muros de arrimo que estão recuados 5m. As colunas internas, mais carregadas, são bastante esbeltas com diâmetro de 30cm e não são visíveis do lado externo.

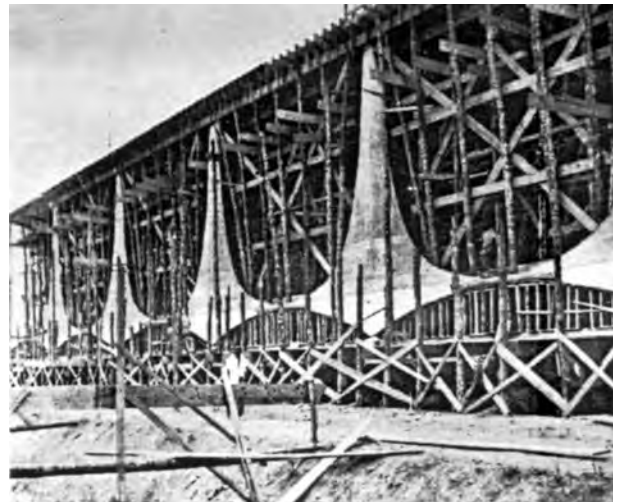


Fig. 4.415 - Oscar Niemeyer: Palácio da Alvorada, Brasília, 1957-58. Imagem das lajes ainda nas formas. [VASCONCELOS, 1985]:87

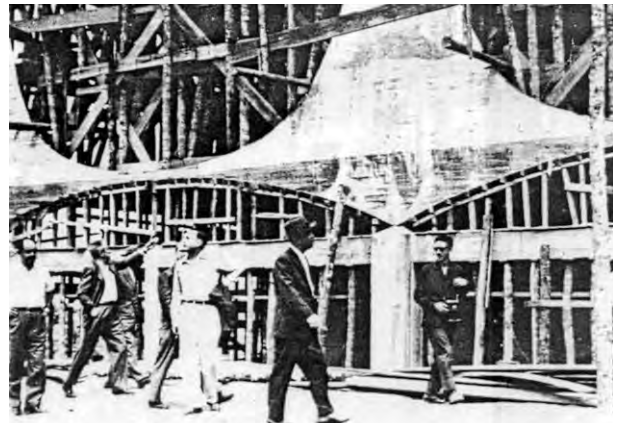


Fig. 4.416 - Oscar Niemeyer: Palácio da Alvorada, Brasília, 1957-58. Terreno sem aterro, revelando os suportes inferiores. [VASCONCELOS, 1985]:87

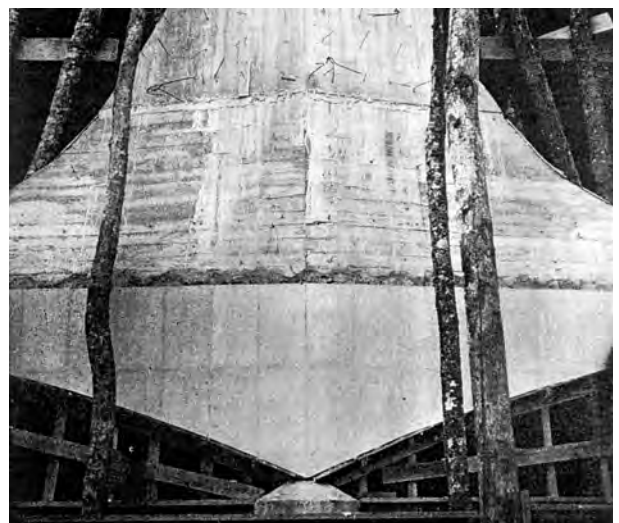


Fig. 4.417 - Oscar Niemeyer: Palácio da Alvorada, Brasília, 1957-58. Detalhe da base dos pilares. [BRASÍLIA, nº 09]: 04

146. NERVI publica crítica ao projeto em 1959 argumentando de forma estritamente racional, que a supressão dos pilares da fachada deveria ter sido traduzida em um reforço da arquitrave e dos pilares de enquadramento, compensando uma diferença de vão que havia sido triplicado. [CASABELLA, nº 223, jan 1959]:55



Fig. 4.418 - Oscar Niemeyer: Palácio da Alvorada, Brasília, 1957-58. Fachada principal. [PAPADAKI, 1960]:80

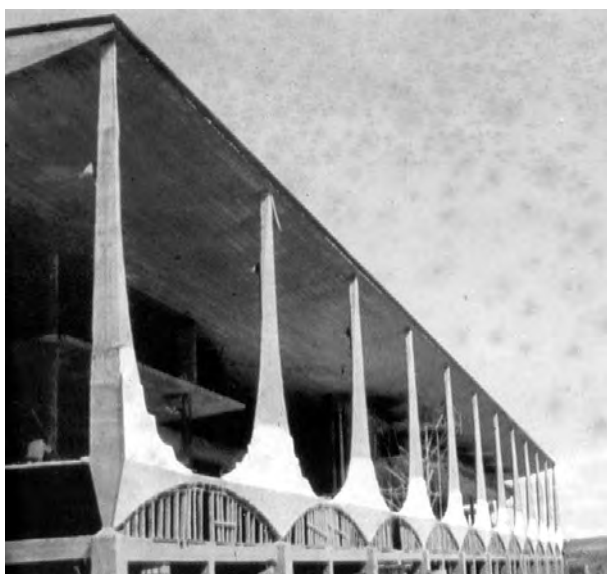


Fig. 4.419 - Oscar Niemeyer: Palácio da Alvorada, Brasília, 1957-58. Aplicação do revestimento nas colunas e a base da laje ainda sem reboco. [ORICO, 1961]:229



Fig. 4.420 - Oscar Niemeyer: Palácio da Alvorada, Brasília, 1957-58. [Disponível em <<http://www.memorialjk.com.br/4/fotos/pgs/brasilia/fts/ft12.jpg>> Acesso em 20 jun. 2004]

A sensação que se tem de um pilar que pausa suavemente no solo foi conseguida dissimulando o suporte, através do desenho da parábola em alto relevo. A carga no topo dos pilares não é elevada. Pode ser estimado pelas áreas de influência e pelo tipo de estrutura em, no máximo, 500kN. Entretanto, para uma espessura de laje de 15cm, a punção atinge no estado limite último 5MPa (VASCONCELOS, 1985, p.89). Isto exige uma avultada armadura transversal. Adicionando-se a esta as armaduras de flexão sobre os pilares e as próprias armaduras dos pilares, chega-se quase a uma impossibilidade de execução, sendo que nos pilares internos, por sua seção reduzida a situação é levada ainda mais ao extremo.

A obra foi revestida de mármore branco paranaense, sendo que toda a estrutura em concreto foi executada 6cm recuada da superfície final, prevendo-se a colocação das placas (fig. 4.420). A utilização de um revestimento no Palácio da Alvorada é feita com conhecimento de causa: o concreto aparente representativo do brutalismo de Corbusier – com a aspereza e austeridade inerentes do material – romperia com a idéia de Niemeyer. O espírito do palácio deveria expressar o caráter de sua arquitetura leve e refinada e com esse propósito foi feita a escolha de seus materiais. A estrutura do Alvorada deixa de ser ortodoxa sob o ponto de vista puramente estático, mas é significativa como estratégia no manejo das possibilidades do concreto armado e que será repetida nos palácios da Praça dos Três Poderes.

Ficha técnica	
Local	Brasília/DF
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer
Data projeto	1957
Cálculo estrutural	Joaquim Cardozo
Execução	Construtora Rabello S/A
Data execução	1958
Tipo estrutural	Baixo reticular
Pilotis	Seção quadrada (externos) e circular (internos)
Vão maior	30m
Vão menor	10m
Balanço	3,5m

Palácio do Planalto

A sede do governo federal é projetada em 1958 e está pronta em 21 de abril de 1960, dia da inauguração da nova capital. Diferente do Palácio da Alvorada, as lajes de cobertura e de piso do paralelepípedo de vidro avançam nos quatro lados (fig. 4.421), gerando nos lados menores um vão absolutamente livre de apoios, versão rotacionada e seccionada dos pilares do Alvorada:

“Os apoios externos são uma versão fállica das colunas do Alvorada, como se estas tivessem sido cortadas verticalmente ao meio, aplainadas e relocadas de modo a contatar a cobertura transversalmente” (COMAS, 2004)¹⁴⁷

Os pilares foram concebidos com uma face plana na prumada externa e curvas inferiores e superiores na parte interna. Entretanto, ao invés de se apresentarem com sua forma de destaque orientada paralelamente à fachada, como no Alvorada, estão orientados perpendicularmente: de dez vãos transversais, os apoios se apresentam de topo para a praça. A elevação principal do Planalto tem dois apoios suprimidos, como a do Alvorada. O nível de chegada da rampa, entretanto, está mais elevado do que no Palácio da Alvorada, possibilitando a existência de um andar não enterrado, abaixo da primeira laje.

A retícula estrutural é irregular: o intercolúnio na direção perpendicular à fachada é de 11m sendo o vão central de 15m. O espaçamento longitudinal dos pilares é de 12,5m com modulação constante, com exceção da região de chegada da rampa, onde o espaçamento é triplicado. A primeira laje, no nível de chegada da rampa, não atinge a prumada da elevação: termina cerca de 9m para dentro, aquém da segunda fileira de pilares apenas 2m. Como já ocorrera no projeto do Palácio das Artes no Ibirapuera, as lajes do Palácio do Planalto possuem as bordas afinadas, variando sua seção à medida que se aproximam da fachada. Somente os pilares internos suportam as cargas dos pavimentos: os pilares de fachada recebem exclusivamente as cargas da laje de cobertura, uma laje nervurada de caixão perdido que vai afinando em



Fig. 4.421 - Oscar Niemeyer: Palácio do Planalto, Brasília, 1958-60. Nesta imagem, a perspectiva do palácio com o avanço da laje de cobertura. [BOTTEY, 1986]:128



Fig. 4.422 - Oscar Niemeyer: Palácio do Planalto, Brasília, 1958-60. Vista lateral do encontro da laje com um dos pilares. [UNDERWOOD, 1994]:85



Fig. 4.423 - Oscar Niemeyer: Palácio do Planalto, Brasília, 1958-60. Detalhe do encontro dos pilares com o solo. [BOTTEY, 1996]:129

147. COMAS, Carlos Eduardo Dias e Almeida, Marcos Leite. *Brasília quadragenária: a paixão de uma monumentalidade nova*. 2004 Artigo não publicado.

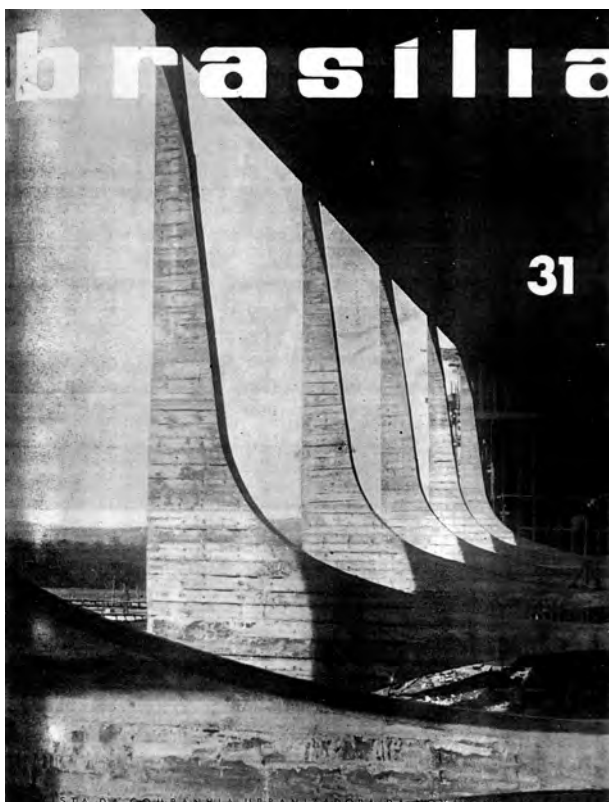


Fig. 4.424 - Oscar Niemeyer: Palácio do Planalto, Brasília, 1958-60. Pilares da fachada posterior, após a retirada das formas. [BRÁSILIA, nº 31]



Fig. 4.425 - Oscar Niemeyer: Palácio do Planalto, Brasília, 1958-60. A laje de cobertura possui o mesmo aspecto na fechada que as lajes dos pavimentos superiores, mesmo com a supressão de dois apoios. [BOTEY, 1996]: 128

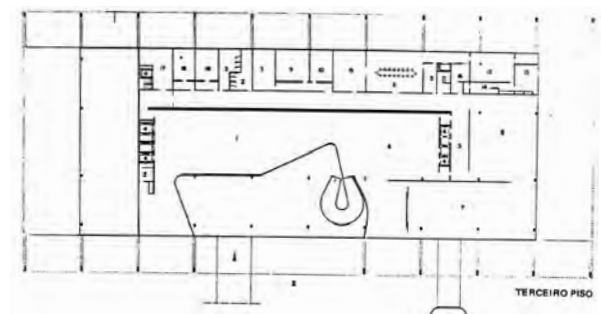
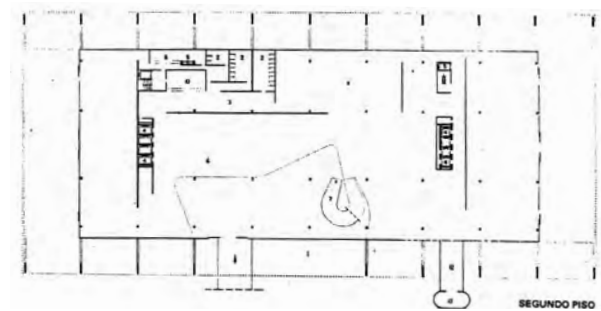
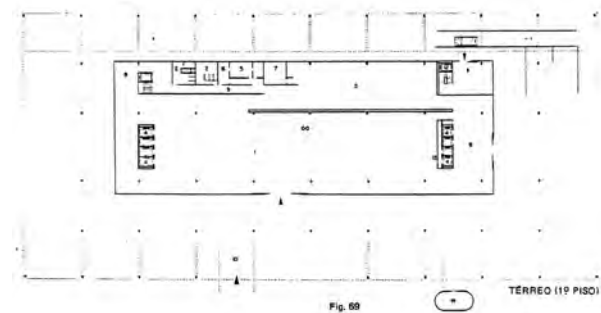
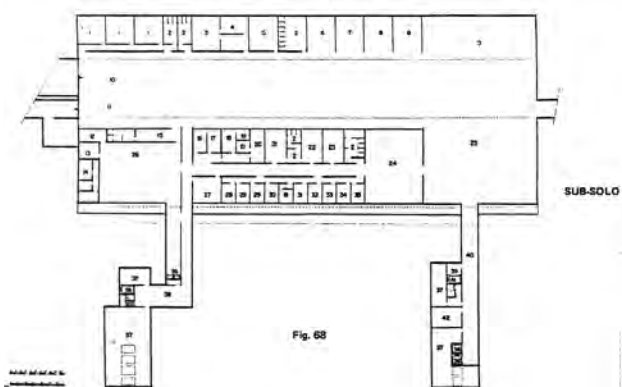


Fig. 4.426 - Oscar Niemeyer: Palácio do Planalto, Brasília, 1958-60. Plantas baixas. [VASCONCELOS, 1985]: 92-3

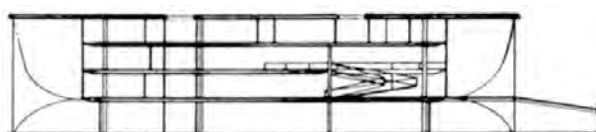


Fig. 4.427 - Oscar Niemeyer: Palácio do Planalto, Brasília, 1958-60. Corte transversal, mostrando as lajes com seção variando à medida que se aproximam da fachada. [BOTEY, 1996]: 129

direção à borda: 1m no centro e 30cm na fachada. As nervuras de borda foram concebidas em balanço para evitar vigas altas na linha dos pilares. A intenção era de reduzir a parte visível na fachada à menor espessura possível. Assim se explica a altura reduzida, à vista, de apenas 30cm para um vão de 37,5m no região da rampa, onde foram suprimidos os dois pilares. O formato exato dos pilares foi obtido mediante execução de um protótipo em madeira, em tamanho natural, fora do recinto da construção, que permitiu a Niemeyer observar em escala natural o aspecto visual (fig. 4.429). Sua sensação não foi boa e decidiu “emagrecer” um pouco as curvas dos desenho de execução. A forma final foi ajustada ao esboço desenhado por Niemeyer sobre a planta do calculista.

Nas faces laterais, a laje do 2º piso se prolonga até a linha dos últimos pilares com espessura extremamente reduzida para uma extensão de 70m. O último trecho de 12,5m da laje funciona portanto em balanço, descarregando exclusivamente nos pilares internos e extremidades externas. Os dados publicados apontam que as cargas avaliadas dos pilares de fachada são de 1000kN de reação da laje de cobertura e 700kN de peso próprio. São cargas muito menores do que as que atuam nos pilares internos. (VASCONCELOS, 1985, p.89)

Com o objetivo de aumentar a aderência dos vergalhões em relação ao concreto, Joaquim Cardozo determinou que cada barra seria envolvida por um fino espiral, soldado à barra principal em pontos isolados (fig 4.430). Previu também barras finas transversais para absorver os esforços de cunhagem. Por razões construtivas, essas barras finas não puderam ser colocadas, pois se assim se fizesse, não haveria condição de fazer o preenchimento dos vazios com concreto. A seção transversal na base, com a respectiva armadura é a que se representa na fig 4.431.

Argumentando baseado na norma atual, VASCONCELOS (1985, p.90) afirma que “as seções transversais no topo e na base são entretanto tão reduzidas que tais pilares não podem ser considerados como concreto armado. Apenas o aço resiste à carga aplicada. O concreto tem a função exclusiva de proteger a armadura e mantê-la em sua posição.” Também diz que a armadura atende em pleno as solicitações e que existe até mesmo um excesso de 70% em relação à armadura teoricamente necessária, sem consideração da resistência do concreto.



Fig. 4.428 - Oscar Niemeyer: Palácio do Planalto, Brasília, 1958-60. Fachada principal, com a supressão dos pilares no vão da rampa. [AA nº90, 1960]



Fig. 4.429 - Oscar Niemeyer: Palácio do Planalto, Brasília, 1958-60. O terreno do palácio ainda nas fundações, com o modelo em escala natural dos pilares ao fundo. [BRASÍLIA, nº 24]: 04

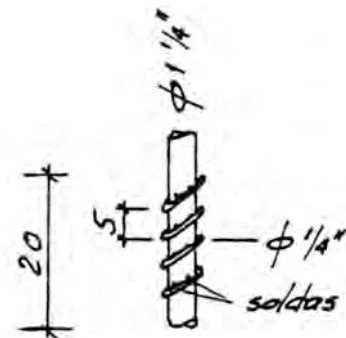


Fig. 4.430 - Cintamento dos vergalhões. [VASCONCELOS, 1985]:94

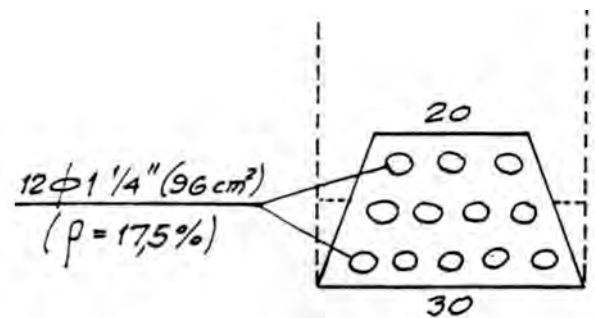


Fig. 4.431 - Detalhe da armadura dos pilares. [VASCONCELOS, 1985]:94



Fig. 4.432 - **Oscar Niemeyer**: Palácio do Planalto, Brasília, 1958-60. Detalhe interno da estrutura, com os consolos de seção variável. [AA nº 90, 1960]



Fig. 4.433 - **Oscar Niemeyer**: Palácio do Planalto, Brasília, 1958-60. Foto interna do reflexo da rampa em formato de ferradura. [Disponível em <<http://www.racken.com/Brazil/Spiegelbild.jpg>> Acesso em 28 jun. 2003]

Problemas apresentados pela estrutura

Ao ser retirada as formas e o escoramento, na base dos pilares surgiram trincas longitudinais, paralelas à armadura principal. A carga aplicada ao aço provocou uma expansão transversal com tendência a expulsar o concreto que não se desfez, pois a concretagem foi bem executada. A supressão da armadura transversal e a presença do fio fino em hélice proporcionou melhor aderência do concreto que recobria os esbeltos pilares. As trincas entretanto preocuparam os construtores que temeram uma vida curta da estrutura, que havia de se degradar após alguns anos de existência. Através das rachaduras a armadura sofreria oxidação, acarretando aumento de volume, o que expulsaria o concreto gradativamente. A solução improvisada na obra pelos construtores consistiu em retirar o cobrimento da armadura numa altura de 1,0m e enrolar uma helicoidal de fio fino na base do pilar, com as espiras encostadas umas nas outras, formando um tubo inteiriço de aço, revestido posteriormente com um cobrimento de 2cm.

Outro fator de sobrecarga da laje foi a impermeabilização do plano de cobertura, feita com mantas de chumbo unidas por solda contínua. A borda da laje de cobertura também é revestida com placas de mármore, que regularizam a superfície superior. Toda esta carga permanente de cobertura levou os construtores a executar uma contra-flecha de 10cm. Mesmo assim ocorreram flechas de até 20cm de altura na laje, invertendo o caimento¹⁴⁸.

148. As informações sobre os problemas estruturais foram fornecidas pel profissional responsável pela execução da obra, o Eng. **Fausto A. F. Favale** e publicadas por **Vasconcelos** na obra já citada.

Ficha técnica	
Local	Brasília/DF
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer
Data projeto	1958
Cálculo estrutural	Joaquim Cardozo
Execução	Fausto A. F. Favale (engenheiro)
Conclusão da obra	1960
Tipo estrutural	Baixo reticular
Pilotis	Seção trapezoidal (externos) e circular (internos)
Vão maior	70m
Vão menor	11m
Balanço	2,5m

Palácio do Congresso Nacional

A parte executada em concreto armado na sede do Congresso Nacional (fig. 4.434) entre 1956 e 1960 é constituída de uma base, coberta por uma grande laje retangular de 170 x 70m que recebe duas cúpulas que abrigam as tribunas da Câmara dos Deputados e cobrem a projeção do plenário do Senado Federal.

As plantas publicadas indicam que a estrutura reticular da base de dois pavimentos possui vãos de 10 x 15m com balanço de 5m nas bordas. São 4 naves longitudinais e 16 transversais. Os plenários são delimitados por semi-circunferências independentes da estrutura reticular, assim como os demais compartimentos de linhas retas. Evidencia-se a planta livre de uma base que recebe no topo duas formas geométricas curvas que são analisadas estruturalmente na seqüência.

Câmara dos Deputados

A forma invertida do plenário da Câmara foi um dos maiores desafios para o calculista da obra, o engenheiro Joaquim Cardozo. A idéia de Niemeyer era que a cúpula tocasse a laje conforme abaixo:

“A cúpula da Câmara dos Deputados demandava um estudo cuidadoso que a deixasse com que apenas pousada sobre a esplanada, isto é, a cobertura do prédio; o mesmo acontecia com esta última, cujo topo é tão fino que ninguém imagina constituir, internamente a galeria do público que liga os dois plenários.”¹⁴⁹

O diâmetro máximo da cúpula invertida é de 60m, sendo sua concepção estrutural semelhante a de anéis de aço sob a forma de vergalhões embutidos no concreto, recebendo uma casca bastante abatida de fechamento e cobertura. Essa casca, recebe o forro horizontal e uma cobertura em forma de coroa de círculo. O grande empuxo produzido por essa cobertura constituiu o ponto fundamental do projeto da cúpula invertida, resistido por anéis de aço de grande densidade de armadura na região do topo da circunferência (VASCONCELOS, 1985, p.97).

149. Declaração de NIEMEYER publicada na página da Câmara dos Deputados na internet. [Disponível em <<http://www.camara.gov.br/internet/infdoc/HistoriaPreservacao/Sedes/congresso.htm>> Acesso em 04 jun. 2003]



Fig. 4.434 - Oscar Niemeyer: Congresso Nacional, Brasília, 1956-60. Vista geral do conjunto. [BOTTEY, 1996]:135



Fig. 4.435 - Oscar Niemeyer: Congresso Nacional, Brasília, 1956-60. Senado concluído e Câmara dos Deputados envolvida pelos andaimes. [PAPADAKI, 1960]:45



Fig. 4.436 - Oscar Niemeyer: Congresso Nacional, Brasília, 1956-60. As duas cúpulas já sem o cimbramento. [Arquivo Público do DF]

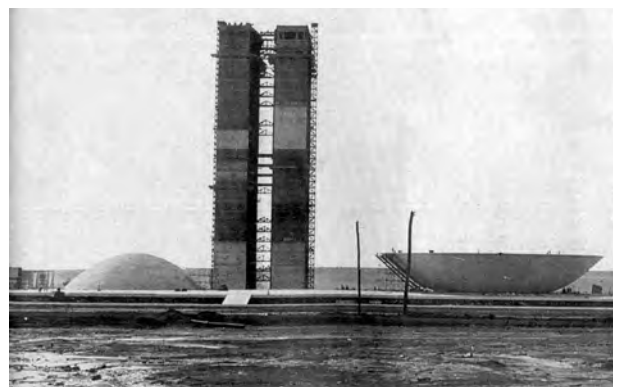


Fig. 4.437 - Oscar Niemeyer: Congresso Nacional, Brasília, 1956-60. Vista frontal do conjunto. [ORICO, 1961]: 237



Fig. 4.438 - **Oscar Niemeyer**: Congresso Nacional, Brasília, 1956-60. montagem das formas na cúpula invertida da Câmara dos Deputados. [VASCONCELLOS, 1985]:97

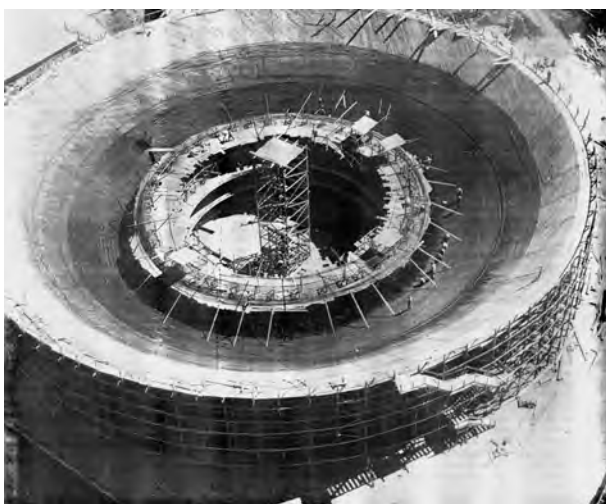


Fig. 4.439 - **Oscar Niemeyer**: Congresso Nacional, Brasília, 1956-60. Aspecto interno das armaduras na Câmara. [BRASÍLIA nº30]: 04



Fig. 4.440 - **Oscar Niemeyer**: Congresso Nacional, Brasília, 1956-60. Detalhe da montagem das armaduras. [BRASÍLIA nº30]: 04

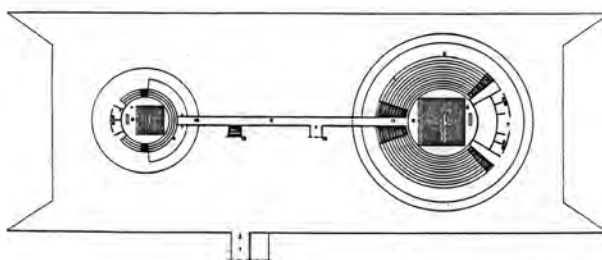
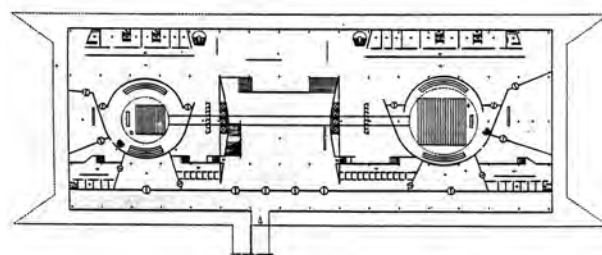
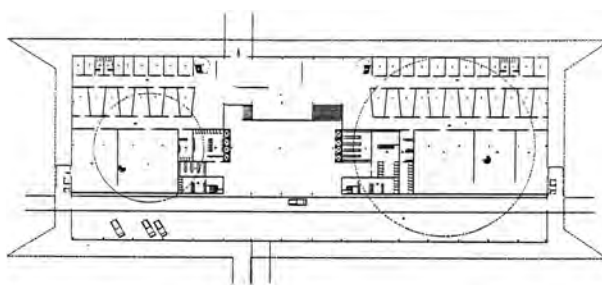


Fig. 4.441 - **Oscar Niemeyer**: Congresso Nacional, Brasília, 1956-60. Plantas baixas. [VASCONCELLOS, 1985]:96

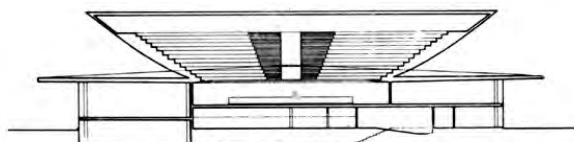


Fig. 4.442 - **Oscar Niemeyer**: Congresso Nacional, Brasília, 1956-60. Corte passando pela Câmara dos Deputados. [AA nº 80, 1956]

O arrojo estrutural presente no desenho da Câmara também foi alvo da manifestação de Nervi em seu artigo de 1959¹⁵⁰. Para ele, a resistência à compressão – característica natural do concreto – neste caso não tinha interesse, pois a solução só poderia ser encontrada mediante uma potente armação anular (fig. 4.443 e 4.444), tracionada de modo vigoroso e imperceptível para o olhar do espectador. (BRUAND, 1980, p.203).

Cardozo – que não calculava estruturas protendidas (VASCONCELOS, 1985, p.84) – não só resolveu a fórmula da curva que Niemeyer projetou¹⁵¹, como transforma em seu cálculo as faces retilíneas da pirâmide invertida do Museu de Arte Moderna de Caracas (projetado por Niemeyer em 1954 - não executado) em curva estável de grande leveza plástica.

Senado Federal

A casca de 10m de altura que cobre o Senado tem aproximadamente 35m de diâmetro na base, o que corresponde a menos da metade do vão vencido pela cúpula do Palácio das Artes do Ibirapuera (1953-54). Porém, possui uma diferença estrutural importante: ela não está apoiada diretamente no solo como no caso paulista, mas sim na própria laje da grande esplanada. Primeira das cúpulas a ser finalizada na obra, possui um anel de borda na base (fig. 4.445) que faz o papel das sapatas, restringindo a tendência de dilatação dos paralelos inferiores (fig. 4.446). Estes paralelos funcionam como anéis de travamento dos arcos dos meridianos, não permitindo livre deformação destes arcos. Com isso, para qualquer carregamento, exceto cargas concentradas, os arcos dos meridianos trabalharão sempre com forças de compressão simples, “*permitindo vencer grandes vãos com cúpulas de pequenas espessuras*” (REBELLO, 2000, p.142).

Assim sendo, no Senado – como já ocorrera na cúpula do Palácio das Artes – a característica de resistência à compressão do concreto está plenamente satisfeita, funcionando de maneira semelhante aos arcos feitos de pedra (BOTELHO, 1983, p.133).

150. Casabella – *Continuità*, nº 23, jan de 1959, p.55

151. O engenheiro da Companhia Construtora Nacional, responsável pela execução dessa obra, contou que no último momento, antes da concretagem, Cardozo resolveu o anel superior da cúpula. Não tendo tempo para introduzir nos desenhos a modificação, a mesma foi autorizada mediante anotação no diário da obra. [VASCONCELLOS, 1985]:97

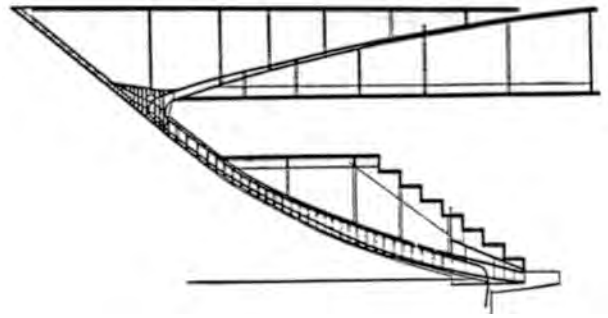


Fig. 4.443 - Oscar Niemeyer: Congresso Nacional, Brasília, 1956-60. Corte parcial da Câmara dos Deputados. [VASCONCELLOS, 1985]:97

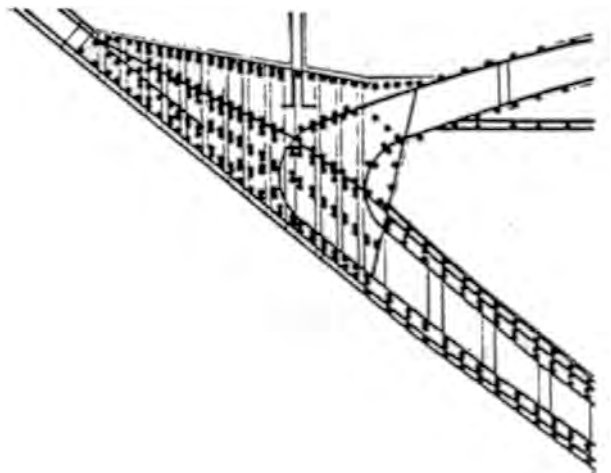


Fig. 4.444 - Oscar Niemeyer: Congresso Nacional, Brasília, 1956-60. Detalhe da região mais densa da armadura. [VASCONCELLOS, 1985]:97



Fig. 4.445 - Oscar Niemeyer: Congresso Nacional, Brasília, 1956-60. Vista aérea com a cúpula do Senado recém concretada com o anel de borda exposto. [Arquivo Público do DF]

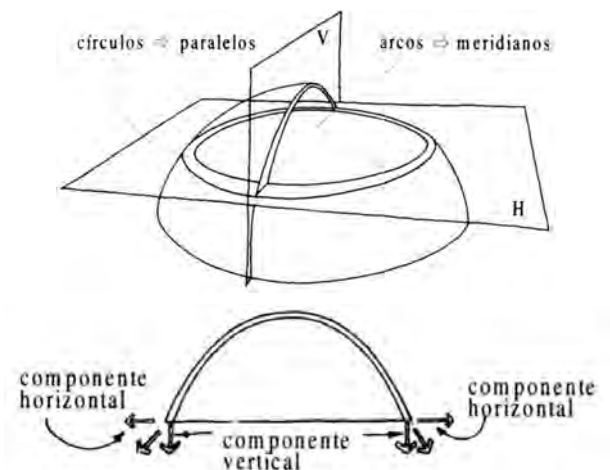


Fig. 4.446 - Diagramas representando as seções geradas a partir de planos verticais e horizontais (paralelos e meridianos) e as componentes nestes planos. [REBELLO, 2000]:144

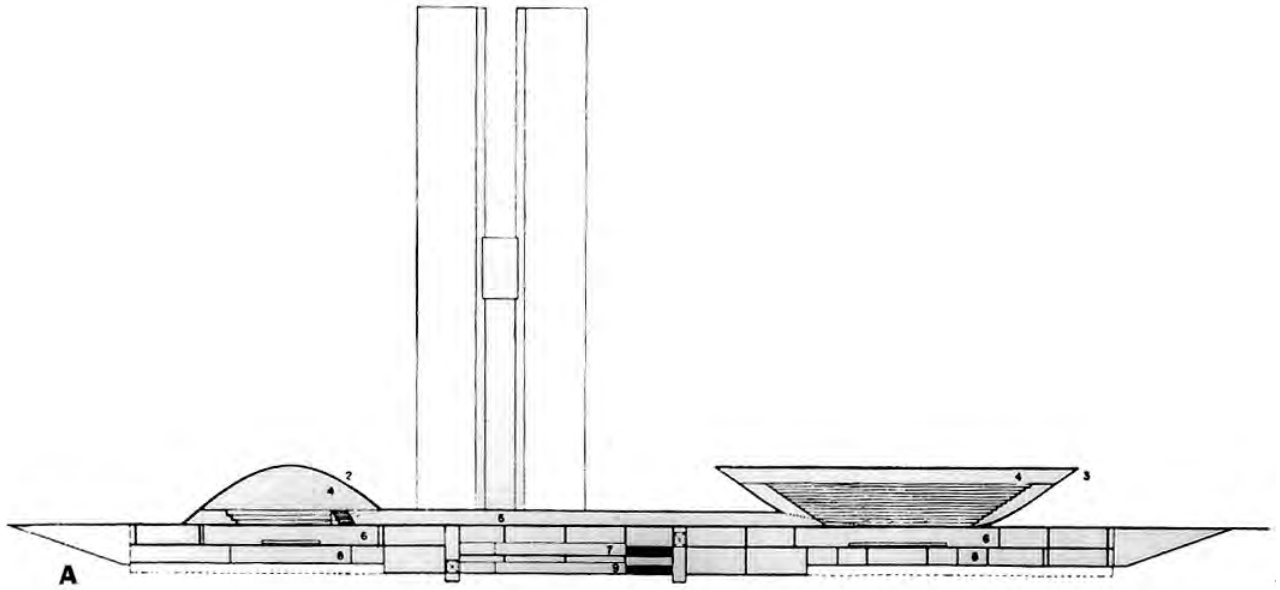


Fig. 4.447 - Oscar Niemeyer: Congresso Nacional, Brasília, 1956-60. Corte longitudinal. [AA nº90, 1960]



Fig. 4.448 - Oscar Niemeyer: Congresso Nacional, Brasília, 1956-60. Vista aérea do Senado, ainda nas armaduras e a impermeabilização da laje da esplanada. [BRASÍLIA nº 30]: 05



Fig. 4.450 - Oscar Niemeyer: Congresso Nacional, Brasília, 1956-60. Montagem das armaduras da grande laje. [AA nº80, 1956]

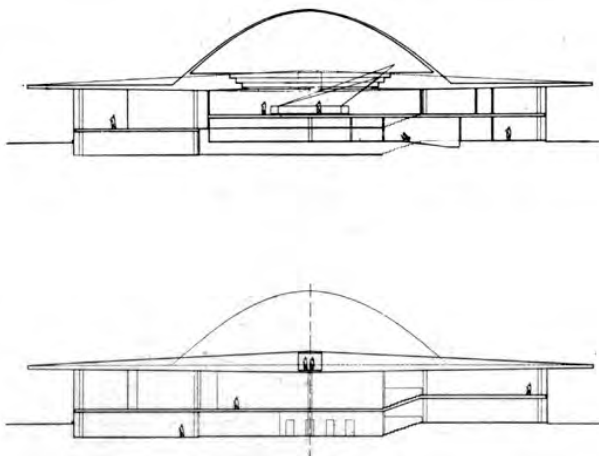


Fig. 4.449 - Oscar Niemeyer: Congresso Nacional, Brasília, 1956-60. Cortes transversais. [AA nº80, 1956]

Ficha técnica

Local	Brasília/DF
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer
Data projeto	1958
Cálculo estrutural	Joaquim Cardozo
Execução	Companhia Construtora Nacional
Data conclusão	1960
Tipo estrutural	Reticular baixo e abobadado
Pilotis	Seção circular
Vão maior	60m (cúpula), 15m (reticular)
Vão menor	35m (cúpula), 10m (reticular)
Balanco	5m (reticular)

Catedral de Brasília (Nave principal)

“Assim que comecei os estudos para a catedral de Brasília, soube que meu projeto deveria, pela sua leveza, ilustrar a técnica contemporânea. Lembro-me das catedrais do passado, refletindo cada uma o progresso da época em que foram construídas, conquistando o espaço com estruturas audaciosas [...]” (NIEMEYER, 1998)

Projeto de Niemeyer com cálculo estrutural de Joaquim Cardozo, a Catedral de Brasília (fig. XX) foi construída diretamente pela Cúria, com doação de populares e sua execução arrastou-se por vários anos. Inicialmente foi executada apenas a nave principal, iniciada em 1959 e terminada em junho de 1960 (fig. 4.451). Depois de concluída a estrutura, a obra foi abandonada e retomada diversas vezes em consequência de dificuldades financeiras.

A pesquisa indica que trata-se de uma estrutura auto-equilibrada, composta por 16 pilares, dispostos circunferencialmente em planta. A sustentação é feita por dois anéis de concreto armado. O superior, com aproximadamente 13,6m de diâmetro, está localizado próximo do topo dos pilares, absorvendo os esforços de compressão. Já o anel inferior, com 60m de diâmetro absorve os esforços de tração, funcionando como um tirante, reduzindo as cargas nas fundações que recebem apenas esforços verticais¹⁵².

A concepção dos pilares é especialmente interessante. A seção é toda variável ao longo do comprimento e, em alguns trechos, com uma geometria particular que se assemelha a um triângulo vazado. O escoramento das fôrmas dos pilares de concreto – num sistema semelhante ao ‘caixão perdido’ – foi feito em estrutura metálica tubular, na forma de leque, apoiando cada coluna. O anel superior combate os esforços a compressão e serve como união dos pilares. O inferior funciona como um tirante e se subdivide em outros quatro anéis, um desses com dois metros de base, unidos por vigas e formando uma grelha circular.



Fig. 4.451 - Oscar Niemeyer: Catedral de Brasília (nave principal), 1959-60. Vista do acesso. [UNDERWOOD, 1994]: 137



Fig. 4.452 - Oscar Niemeyer: Catedral de Brasília (nave principal), 1959-60. Aspecto da estrutura no dia da inauguração de Brasília. [Disponível em <<http://www.brasiliense.hpg.ig.com.br/images/catedral.jpg>> Acesso em 22 jul. 2003]



Fig. 4.453 - Oscar Niemeyer: Catedral de Brasília (nave principal), 1959-60. Espaço interno original, antes da reforma de 1987 que substituiu os vitrais incolores. [Disponível em <<http://www.brasiliense.hpg.ig.com.br/images/int.jpg>> Acesso em 22 jul. 2003]

152. A maioria dos dados aqui publicados sobre a estrutura foram obtidos em: PESSOA, Diogo Fagundes. *Catedral de Brasília: histórico de projeto/execução e análise da estrutura*. In: Revista Internacional de desastres naturais, acidentes e infraestrutura civil. Vol 2, num 2, 2003. p. 21-30. [Disponível em <<http://civil.uprm.edu/revistadesastres/Vol2num2/Teatini.pdf>> Acesso em 07 dez 2003]

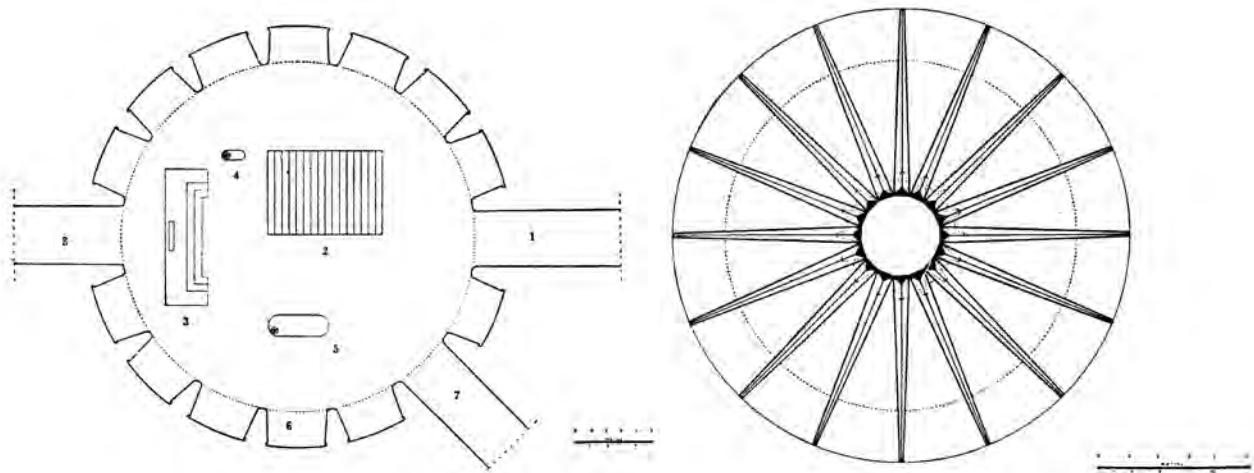


Fig. 4.454 - Oscar Niemeyer: Catedral de Brasília (nave principal), 1959-60. Plantas baixas. [MÓDULO, n°11, 1958]: 08

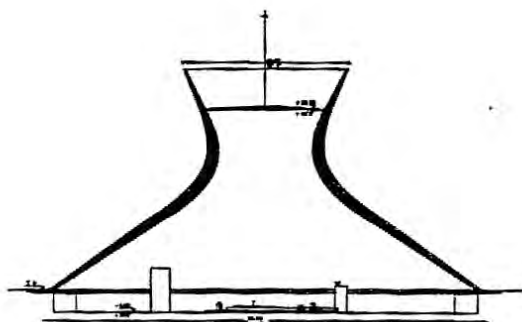


Fig. 4.455 - Oscar Niemeyer: Catedral de Brasília (nave principal), 1959-60. Corte. [VASCONCELOS, 1985]: 104

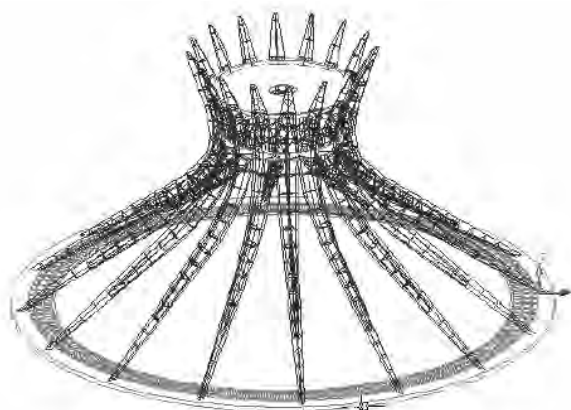


Fig. 4.456 - Oscar Niemeyer: Catedral de Brasília (nave principal), 1959-60. Diagrama Estrutural. [PESSOA, 2003]: 24

O anel inferior de 4m de largura recebe os 16 pilares e é apoiado em pilares-parede regularmente espaçados de 6m, salvo na região das três entradas subterrâneas onde o espaçamento é duplo. Ele foi concebido de forma a permitir a transmissão exclusiva de esforços verticais aos blocos de fundação. O espaço entre o anel e a infra-estrutura foi preenchido com placas de neoprene, para liberar a rotação nesses apoios. A estrutura de suporte dos vitrais é composta por treliças de aço tridimensionais, fixadas ao longo dos pilares de concreto, através de barras de aço¹⁵³. A estrutura do espelho d'água que circunda a Catedral é de concreto protendido e só foi realizada dez anos após o início das obras.

As fundações são compostas por tubulões escavados a céu aberto com diâmetro de 0,70m e profundidade de, aproximadamente, 28,00 m, com as bases alargadas. São 16 blocos ligados através de cintamento, apoiados em 16 grupos de tubulões. Nos blocos de fundação nascem 16 pilares, um em cada bloco, que suportam o anel de onde saem as 16 colunas que marcam a estrutura da Catedral. O anel de tração está separado dos pilares da infra-estrutura por placas de neoprene (50cm x 50cm x 2,5cm). A função deste anel de tração é a de absorver os esforços horizon-

153. Em depoimento, o arquiteto Carlos Magalhães (responsável técnico pela obra) destaca que "o modelo estrutural de Cardozo incluía, além do cálculo para suportar as cargas permanentes e sobrecargas, uma análise do efeito das cargas de vento nos vitrais, interagindo com os pilares, verificação um tanto sofisticada para a época." [PESSOA, 2003]: 23

tais transmitidos pelas 16 colunas. O neoprene impede que qualquer movimento horizontal do anel de tração seja transmitido para os pilares da infra-estrutura. As colunas emergem do anel de tração, maciças e delicadas e em seguida, as suas dimensões vão aumentando onde o cálculo estrutural criou caixões perdidos, que evitam o aumento exagerado do peso da peça, mantendo as dimensões estabelecidas pelo arquiteto e a estabilidade da construção. As 16 colunas, ao mesmo tempo em que ganham altura, se aproximam e depois de se tocarem voltam a subir, afastando-se uma das outras, novamente maciças. Nos pontos em que se tocam, se apóiam em um anel embutido que trabalha à compressão e impede que elas se fechem. A seção transversal dos pilares nesta altura, onde eles se tocam, é a maior em toda a extensão. No topo, a 31m de altura, o diâmetro da construção é de 23m (VASCONCELOS, 1985, p. 103). A laje em forma de disco só cobre a nave da catedral, não possuindo função estrutural alguma.

O projeto de escoramento previa o uso de pilares metálicos (fig. 4.459), para sustentar a execução dos pilares definitivos. O escoramento da estrutura da Catedral foi montado com tubos em forma de leque, apoiando cada coluna. Foram construídos 16 blocos e 80 estacas inclinadas. As estacas de sustentação desse escoramento foram cortadas no nível do piso inferior e permanecem até hoje sob o terreno da Catedral.

As fôrmas da estrutura de concreto foram de difícil concepção e execução, pois a geometria das seções era bastante complicada: *“Para que as fôrmas das colunas pudessem ser construídas, foi necessário desenhar no canteiro de obras, com as dimensões reais, uma das colunas e a partir daí, montar aproximadamente 20 ‘cortes transversais’, a fim de que fosse possível transferir para o concreto a forma projetada pelo arquiteto.”* (MAGALHÃES apud PESSOA, 2003, p. 24-5). Sobre o escoramento, foi montado o fundo das colunas, depois a armação, os caixões perdidos e o complemento das armações. As fôrmas eram fechadas, de maneira a permitir que a concretagem fosse feita por etapas e que as colunas recebessem o mesmo volume de concreto a cada etapa de concretagem.

A concretagem dos pilares foi realizada em segmentos de quatro metros. O concreto era lançado através de guindastes e dosado na própria obra.



Fig. 4.457 - Oscar Niemeyer: Catedral de Brasília (nave principal), 1959-60. Montagem do cimbramento. [Disponível em <<http://abavws.free.fr/jcvasc/catedral.jpg>> Acesso em 12 set. 2002]



Fig. 4.458 - Oscar Niemeyer: Catedral de Brasília (nave principal), 1959-60. Detalhe da montagem ds formas. [Disponível em <<http://www.memorialjk.com.br/4/fotos/pgs/brasilia/fts/ft14.jpg>> Acesso em 20 ago. 2003]



Fig. 4.459 - Oscar Niemeyer: Catedral de Brasília (nave principal), 1959-60. Retirada das formas e escoras. [Módulo nº18]:24



Fig. 4.460 - Oscar Niemeyer: Catedral de Brasília (nave principal), 1959-60. A estrutura já pronta em julho de 1960. [AA nº90, 1960]



Fig. 4.461 - Oscar Niemeyer: Catedral de Brasília (nave principal), 1959-60. Vista aérea da estrutura e a escavação dos túneis de acesso. [Disponível em <http://www.geocities.com/TheTropics/3416/bw_cat.jpg> Acesso em 20 ago. 2003]



Fig. 4.462 - Oscar Niemeyer: Catedral de Brasília (nave principal), 1959-60. Detalhe do encontro dos apoios com o espelho d'água. [Disponível em <<http://www.br.kodak.com/BR/images/pt/fotografia/galeriaFotos/momentos/foregina09.jpg>> Acesso em 20 ago. 2003]

Como também ocorre nos projetos dos palácios da praça dos três poderes, a estrutura da catedral lança mão de considerável taxa de aço nas seções das peças de sua estrutura. O estudo de Pessoa indica que pela norma atual, cada pilar em sua base teria longitudinalmente 32 barras, sendo 25 comprimidas [A's] e 7 tracionadas [As]. A armadura longitudinal executada da seção mais próxima do anel inferior de tração consiste em 76 barras de uma polegada de diâmetro com 33 em compressão e 43 sob tração, totalizando mais que o dobro de aço que a norma de 2001 (PNBR 6118) indica.

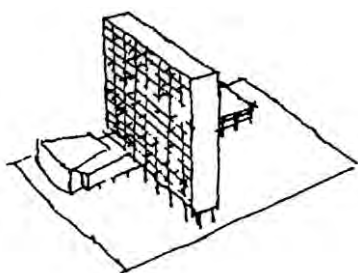
À medida que a seção varia, há um aumento na quantidade de barras, com o mesmo diâmetro, chegando a seção mais solicitada a ter 92 barras de aço (seção 16 na tabela da fig. 4.463). Dessa forma, não era possível haver trespasse, tendo sido os vergalhões unidos com solda de topo. Ainda segundo o responsável técnico da obra, havia um controle tecnológico rigoroso da solda, com amostras de soldas sendo retiradas e enviadas para análise no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) - São Paulo. O projeto especificava para as armaduras uma camada de cobrimento de concreto de espessura de cerca de 2cm, prevendo o uso de espaçadores.

Seção	NB-1 (1978)		PNBR 6118 (2001)		Projeto Original	
	A's	As	A's	As	A's	As
1	0	1	0	1	3	3
2	0	5	0	5	3	3
3	0	12	0	12	5	7
4	14	14	14	14	8	11
5	0	18	0	18	11	16
6	1	23	5	28	14	21
7	0	23	2	28	17	26
8	0	22	0	22	23	31
9	21	21	21	21	27	34
10	0	20	0	20	27	38
11	0	19	0	19	30	41
12	0	18	0	18	32	45
13	0	17	0	17	34	47
14	3	15	0	15	35	49
15	3	14	14	14	39	50
16	6	12	12	12	42	50
17	9	12	11	13	42	48
18	11	10	14	13	42	48
19	11	11	14	13	35	46
20	12	9	17	11	33	46
21	18	9	22	11	33	43
22	21	6	25	7	33	43

Fig. 4.463 - Tabela comparativa entre as normas de construção em concreto armado e o projeto executado da catedral. O estudo levou em conta 22 seções de um pilar típico, sendo a Seção 1 equivalente ao topo e a Seção 22 a base do pilar. Em destaque a seção com maior número de armaduras (nº16). [PESSOA, 2003]: 29

Ficha técnica

Local	Brasília
Projeto arquitetônico	Oscar Niemeyer
Data projeto	1959
Cálculo estrutural	Joaquim Cardozo
Execução	Carlos Magalhães (arq. responsável técnico)
Data conclusão	1960 (nave principal)
Tipo estrutural	Exoesqueleto
Vão	60m



Escola Carioca

Revolução, planos e metas

A arquitetura moderna brasileira emerge no governo de Getúlio Vargas, coincidindo com uma frenética atividade imobiliária que muda a cara das principais cidades brasileiras. O presidente imposto sai da esfera de influência dos fazendeiros e barões do café; expande o comércio, a indústria e cria leis trabalhistas. Surge o Ministério da Educação e Saúde Pública e o Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio. De 1930 a 1937 a indústria cresce 52% e de 32 a 39 o número de escolas primárias aumenta de 27 mil para 40 mil. Cresce também o número de universidades e bibliotecas no país.

Após a Segunda Guerra, Getúlio é deposto pelas Forças Armadas, tendo à frente o general Eurico Gaspar Dutra. De 1946 a 1950 o país abre sua economia liberando as importações e facilitando a instalação de multinacionais que levam à falência as similares brasileiras, liquidando com as reservas do país acumuladas durante a Segunda Guerra.

A eleição de 1950 traz Vargas novamente ao poder, eleito por larga margem de votos. É criada a Eletrobrás, Petrobrás e o Banco Nacional do Desenvolvimento. O país se transforma com a industrialização, avançam as políticas em favor dos trabalhadores e a classe média cresce. Em 1956 assume Juscelino Kubitschek, estabelecendo um ambicioso plano de realizações para o Brasil, que alcança taxas espetaculares de crescimento: entre 1956 e 1960 a indústria cresce 80% e o PIB expande-se a uma média de 7% ao ano. Ao final do período surge a nova capital do país, marcando uma época de grande otimismo e realizações, que ao mesmo tempo encobre o aumento da dívida externa e da inflação galopante.

“Washington Luís é deposto a 24 de Outubro de 1930, depois de seu sucessor na presidência já ter sido eleito. A derrubá-lo, uma frente liderada por políticos gaúchos e mineiros (a Aliança Liberal) [...] Começam os novos tempos. Assume uma junta militar que entrega o poder a Getúlio Vargas, que se manterá no poder por 15 anos.” (NOVAES, 1999, pp. 215-6)



Fig. 4.464 - Rio de Janeiro, 31 de outubro de 1930: milicianos gaúchos amarrando seus cavalos ao pé do obelisco da avenida Rio Branco. [Disponível em <<http://historiadorbrasil.terra.com.br/historiadorbrasil/bl/images/brct001a.jpg>> Acesso em 31 out. 2004]



Epílogo

A evolução do concreto armado
e a Escola Carioca

“*L’Ingénieur satisfait au particulier par le particulier.
L’Architecte satisfait au particulier par le général.*”

–Auguste Perret

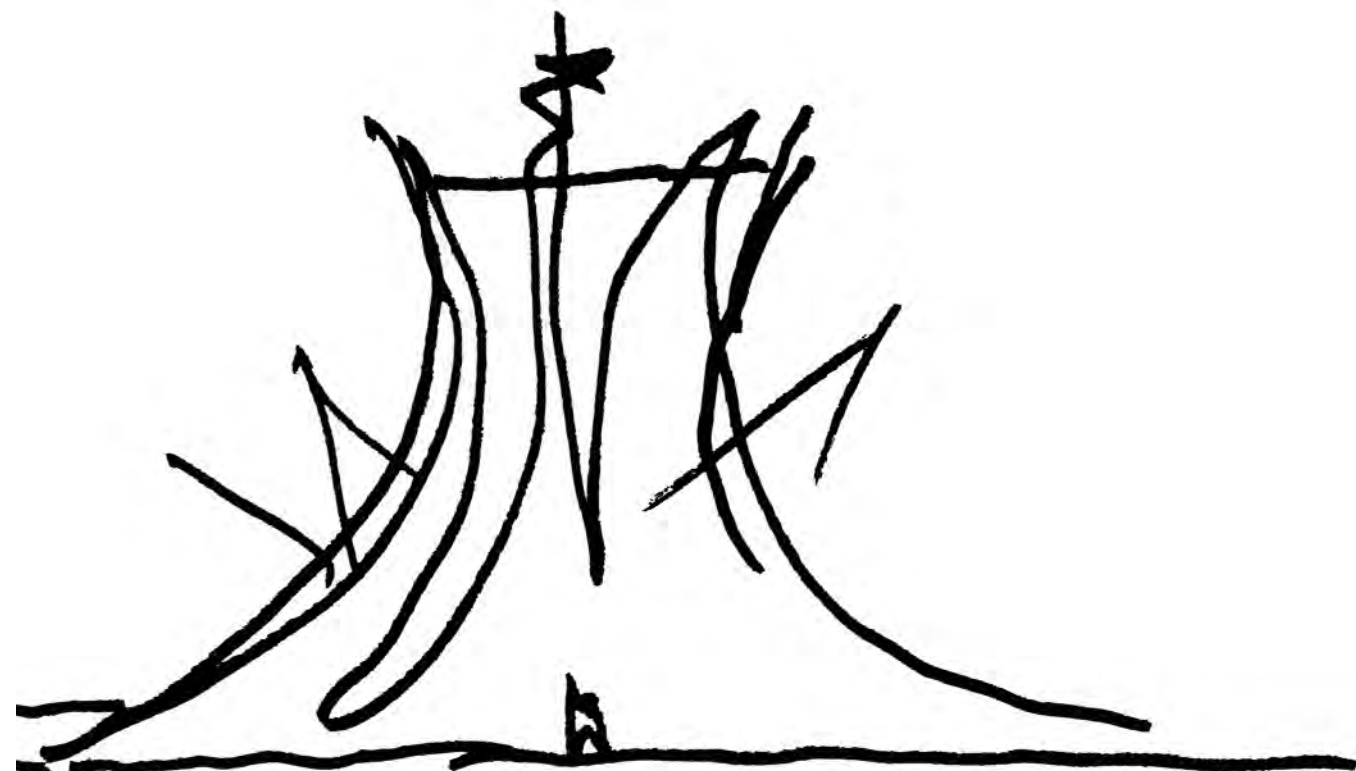


Fig. C.00 [perspectiva] - **Oscar Niemeyer**: Catedral de Brasília, 1959-60. [CORONA, 2001]: 73

Fig. C.00a [pintura]- **G.P. Panini**: Pantheon de Roma, séc XVIII. [Disponível em <<http://intranet.arc.miami.edu/rjohn/images/HadrianicArchitecture/Dome%20view%20Pantheon.jpg>> Acesso em 10 dez. 2003]

A estatística da amostra

Locais, autorias e programas

A seleção comenta 47 obras da arquitetura moderna brasileira de base carioca no período 1935-1960. O recorte considera as obras efetivamente construídas e com o mínimo de informação sobre sua estrutura publicada ou, pelo menos, que tenham documentação em arquivo acessível ao pesquisador. A maioria das realizações estão localizadas no próprio Rio de Janeiro, com 48% das obras estudadas. Minas Gerais detém a segunda maior parcela com 24%, seguida de São Paulo com 17%. Brasília com 9% e Mato Grosso com 2% fecham a estatística no que se refere à localização (fig. C.01).

Sobre os autores – todos com formação pela Escola Nacional de Belas Artes – destacam-se pela ordem do número de obras estudadas (fig. C.02): Oscar Niemeyer – de 46 obras, 24 (53%) tem sua participação –, os Roberto (22%), Lucio Costa (11%), Reidy e Vital Brazil (ambos com 7%). Niemeyer é o único que constrói em todas as unidades da federação citadas. Lucio, Reidy e os Roberto só aparecem com obras no estado do Rio de Janeiro. A variedade de calculistas é considerável, onde o engenheiro estrutural mais ativo é, disparado, Joaquim Cardozo: da Pampulha até os palácios de Brasília calcula, no mínimo, uma série de 11 edifícios (24% do total), todos projetados por Niemeyer. Se o número de engenheiros é grande, o de construtoras acompanha a tendência de diversidade, independente da localização do empreendimento.

Os temas abordados nas obras levantadas na pesquisa (fig. C.03) não deixam dúvida da abrangência da arquitetura moderna no período, como também da flexibilidade e vocação sincrética do concreto armado. Os edifícios residenciais – que compreendem apartamentos e hotéis – são a maioria (28%), seguidos de perto pelos edifícios comerciais de escritórios com 22%. As construções de caráter especial, como os edifícios da Pampulha, Aeroporto Santos Dumont, Clube Diamantina, e os palácios de Brasília ficam em terceiro lugar com 20%. Os espaços de exposições como o MAM e os pavilhões do Ibirapuera formam 11% do total, seguidos dos edifícios educacionais (7%) e das construções destinadas à saúde, indústria e religião, todas empatadas com 4%.

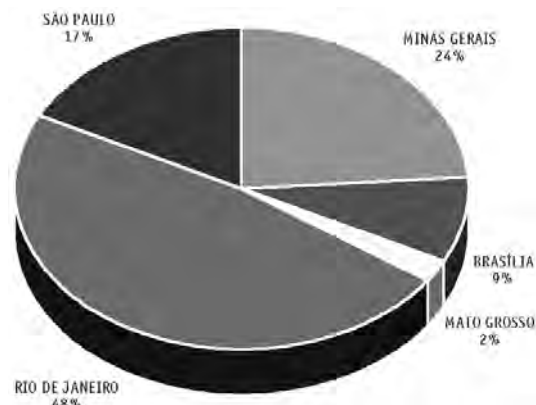


Fig. C.01 - Divisão das obras estudadas por unidades da federação.

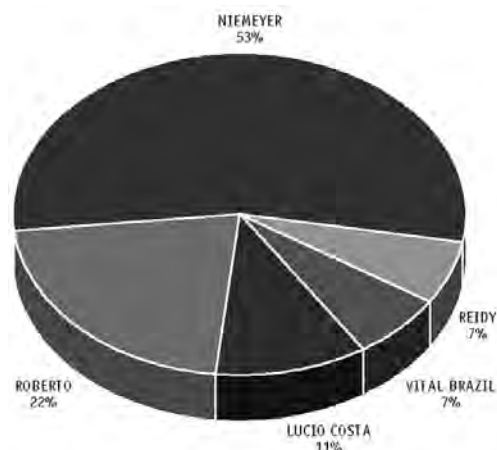


Fig. C.02 - Divisão das obras estudadas por autor de projeto.

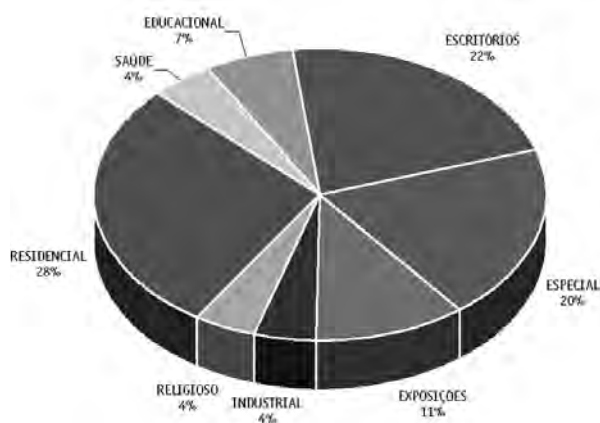


Fig. C.03 - Divisão das obras estudadas por programa arquitetônico.

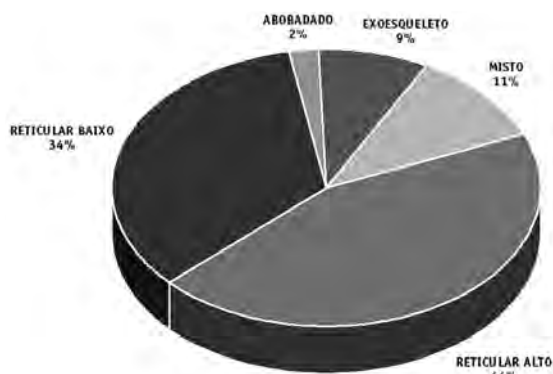


Fig. C.04 - Divisão das obras estudadas por tipos estruturais.

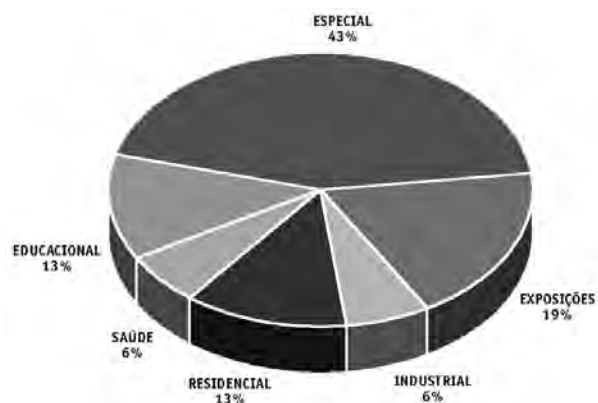


Fig. C.05 - Divisão das obras com estrutura reticular de baixa altura por tema de projeto.

Tipos estruturais

A classificação estrutural das obras analisadas está dividida em cinco tipos (fig. C.04), sendo que um deles é agrupador de uma situação de utilização mista, onde aparece mais de um tipo de estrutura no mesmo projeto. Nestes casos, procurou-se determinar dentro de cada obra suas diferentes configurações, especificando o dimensionamento de vãos e balanços em cada caso levantado.

O tipo estrutural de maior ocorrência dentro da pesquisa é o reticular¹⁵⁴, totalizando 78% das obras. Caracterizado pela presença de pisos e tetos compostos de lajes horizontais e suportado por pilares dispostos em modulação aquadrada ou retangular, este grupo foi dividido em dois sub-grupos a partir da altura das edificações por eles suportadas. Esta divisão tem o objetivo de se obter um resultado mais de acordo com a situação da própria estrutura, que varia dependendo das solicitações de vento (cargas dinâmicas)¹⁵⁵ e carregamento em função do acúmulo de andares (cargas permanentes). Assim, os edifícios altos – aqueles com mais de quatro pavimentos¹⁵⁶ – que possuem estrutura reticular, formam 44% do total. Os edifícios com quatro ou menos pavimentos, denominados como *reticular baixo* são pouco mais de um terço das 47 obras presentes no trabalho (34%).

É dentro desses 34% que está a maior variedade de programas em um tipo estrutural (fig. C.05). Edifícios com estrutura reticular de baixa altura são mais utilizados em termos especiais, como nos palácios de Brasília (43%), abrigando espaços de exposição como no Ibirapuera (19%), estruturando edifícios residenciais e escolas (13%) além de unidades industriais e de saúde (6%).

154. PARICIO (1995, p.12) classifica o tipo estrutural reticular como porticado. Nesta pesquisa, optou-se por tratar de porticadas as obras que estão estruturadas por elementos que tenham comportamento monolítico entre pilar e dintel, conforme define HELLER (1987, p. 109).

155. HELLER (1987, p.22) afirma que é difícil determinar com certa exatidão a carga exercida pelo vento em edifícios, pois esta depende da velocidade do deslocamento do ar e da forma e superfície das construções. Dependendo da forma, o vento pode produzir pressão ou sucção e a rugosidade de sua superfície pode modificar os valores das pressões locais.

156. Os quatro pavimentos determinados como divisor entre construções altas e baixas seguem a classificação de CARTER (1999, p.37) que divide a obra de Mies van der Rohe em três tipos: *high-rise skeleton frame building*, *low-rise skeleton frame building* e *single-storey clear span building*.

Onze por cento das obras possuem mais de um tipo estrutural. São essas, talvez, a representação mais clara da diversidade de alternativas que o concreto armado oferece: aparecem nesta situação estruturas reticulares e abobadadas, como no caso da escola do conjunto do Pedregulho; reticulares e cupulares, como no Palácio das Artes e no Congresso Nacional, e reticulares com arcos como no caso do Colégio Estadual. Nesses casos invariavelmente o esqueleto reticular ocorre em espaços onde há uma compartimentação menos flexível – como nos blocos de salas de aula –, e as curvas nos grandes espaços livres – como no ginásio de esportes ou na cobertura do plenário do Senado Federal (fig. C.06).

Com 9% ficam as estruturas com exoesqueleto que, conforme COLLARES (2003, p.9), são aquelas que apresentam *estrutura exposta*. Neste grupo estão o bloco industrial da Fábrica Duchén, o Hotel Diamantina, o Museu de Arte Moderna (fig. C.07) e a Catedral de Brasília. Em todos exemplos a estrutura se apresenta total (MAM) ou parcialmente (Hotel) externalizada em relação à vedação do espaço suportado, sendo fatalmente responsável pela imagem dos edifícios.

A Capela de São Francisco é o único exemplar completamente abobadado, compondo os 2% finais da estatística. É interessante observar que este tipo estrutural não ocorre exclusivamente em nenhum outro projeto, o que não indica necessariamente que a forma hiperbolóide seja programaticamente restrita, pelo contrário: abóbadas em seqüência cobrem os vestiários da escola no Pedregulho e o bloco de laboratório na Fábrica Duchén. Como arco único aparecem no anexo do Hospital Sulamerica e na cobertura do Clube Diamantina, além da pioneira casca do auditório no Ministério da Educação e Saúde Pública.

Os cinco tipos estruturais relacionados possuem dentro de cada um deles, características distintas, variando conforme a disposição, configuração e dimensão dos elementos sustentantes e sustentados. O caso mais comum dessas variações ocorre nas estruturas reticulares, onde os pilares assumem formatos distintos no térreo, e as lajes podem avançar ou não em relação à prumada dos apoios. Assim sendo, a pesquisa levantou os diferentes tipos de pilotis, a dimensão dos vãos e o avançamento de laje em cada uma das 47 obras.

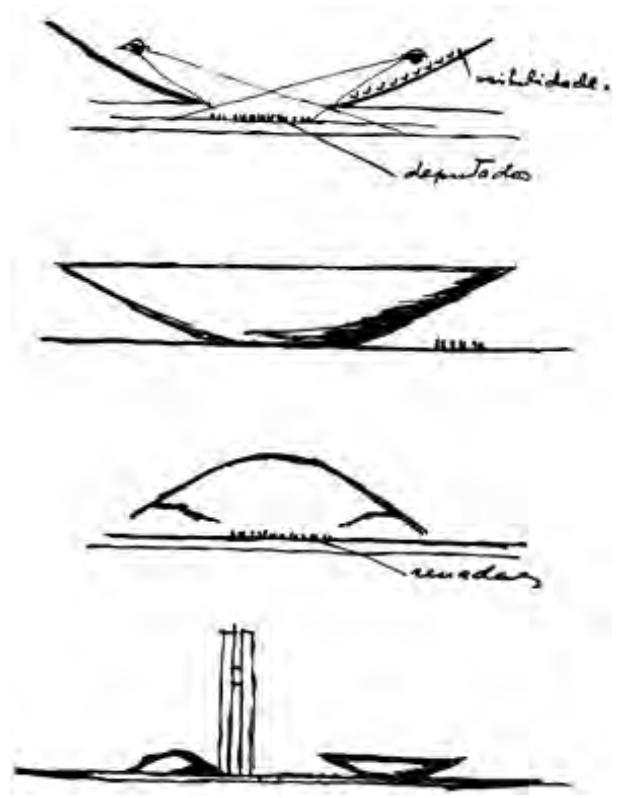


Fig. C.06 - Oscar Niemeyer: Congresso Nacional, Brasília, 1956-60. [CORONA, 2001]:66

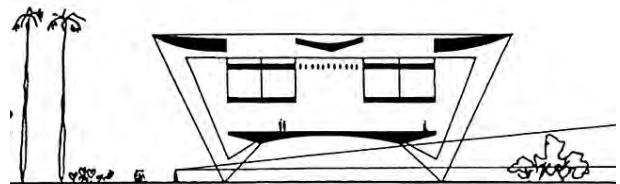


Fig. C.07 - Affonso Eduardo Reidy: Museu de Arte Moderna, Rio de Janeiro, 1953-58/1967-68. [CAIXETA, 1999]: 440

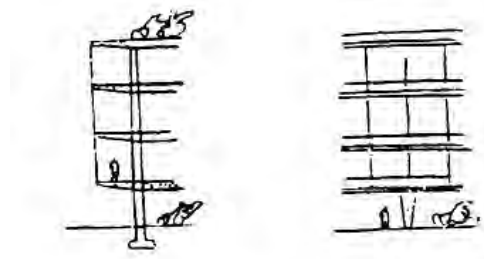


Fig. C.08 - Oscar Niemeyer: estrutura reticular. [CORONA, 2001]:29

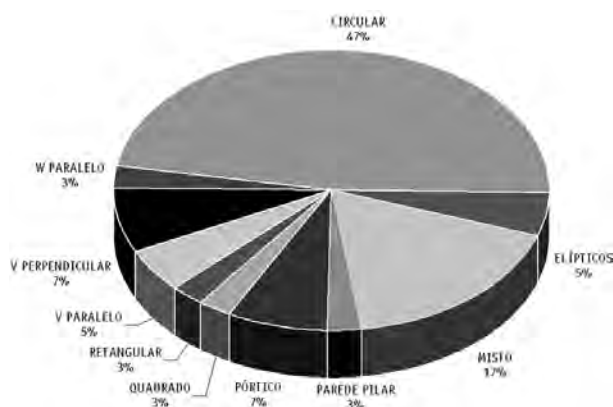


Fig. C.09 - Divisão dos tipos de pilotis dentro das obras estudadas.

Variações de pilotis e pilares

Dentre os nove tipos de pilotis levantados (fig. C.09), a maior ocorrência é do tipo formado por pilares de seção circular, com 47% dos edifícios. A clara dominância dos apoios do térreo em forma de coluna confirma a referência clássica desprovida de ornamento. Aparece como um cilindro liso e polido no Edifício Esther, opaco de estrias verticais deslocadas no Ministério ou com revestimento espelhado no espaço interno do Cassino. Todos possuem seção contínua entre o solo e o primeiro teto, reafirmando a geometria pura que, já no bloco de exposições do MESP, tem a altura duplicada configurando a ordem colossal.

A segunda maior ocorrência é mista (17%), com mais de um tipo de apoio no térreo. Aparecem pilares de seção retangular combinados com circular (como nos edifícios da ABI, Valparaíso e Plínio Catanhede), elípticos e retangulares (nos blocos administrativos e de lazer da Fábrica Duchén) e cilíndricos com pilares em “V” na grande marquise do Ibirapuera. No caso dos Roberto, a organização dos tipos de pilares acontece pela posição relativa ao alinhamento, tanto na esquina quanto na cabeça de quarteirão.

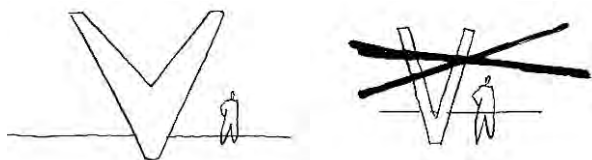


Fig. C.10 - Oscar Niemeyer: proporção biomórfica dos pilotis em “V”. [PAPADAKI, 1956]: 121

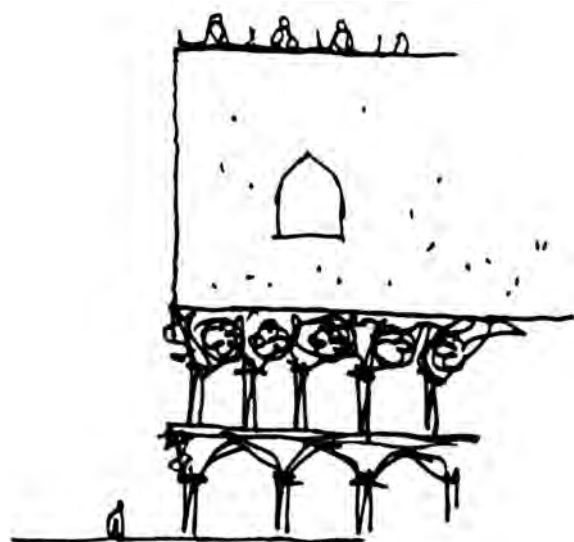


Fig. C.11 - Palácio dos Doges, Veneza, 1309-1424. Croqui de Niemeyer. [CORONA, 2001]: 41

Os pilares convergentes em formato de “V” (fig. C.10), introduzidos por Oscar Niemeyer desde o projeto não executado do Hotel Quitandinha, aparecem como terceira maior utilização (13% dos exemplares), somados aqueles que se colocam perpendiculares à fachada maior (8%) e os que se posicionam em paralelo à maior elevação (5%). Neste tipo de pilotis a transmissão das cargas de um par de apoios superior se unifica em um único ponto no solo, como na arcada do Palácio dos Doges (fig. C.11), exemplo utilizado por Niemeyer de contraste entre base porosa e corpo opaco (CORONA, 2001, p.86). É no próprio projeto do Ibirapuera que aparecem as duas posições de pilares em V citadas: nos perpendiculares dos pavilhões das Nações e Estados um aspecto biomórfico é enfatizado pelos “nós” que remetem a uma imagem de colmo de bambu. Já nos casos paralelos à fachada maior do Palácio da Agricultura, as peças agora lisas também se afinam à medida que se aproximam do corpo do edifício, determinando as proporções exatas e o dinamismo do desenho dos pilares (BRUAND, 1999, p. 153).

Os edifícios estruturados através de pórticos totalizam 7%, sendo o bloco de exposições do MAM o maior e mais explícito exemplar. O Hotel em Diamantina, precedente formal do museu (CAIXETA, 1999, p.131), também possui elementos de sustentação de pisos e coberturas em forma de pórticos, associados à fachadas inclinadas. O exoesqueleto do bloco industrial da Fábrica Duchen é o primeiro edifício da pesquisa que apresenta estrutura exposta formada por pórticos, neste caso apoiados em três pontos no solo.

Cinco por cento dos pilotis levantados são elípticos ou pelo menos de arestas adossadas. No edifício Marquês do Herval, os irmãos Roberto utilizam um perfil de seção variável, menor na base e maior no topo, mantendo a face voltada para a avenida na vertical e inclinando o lado interno do pilar. No edifício Finússia e Dona Fátima a seção é contínua, onde o que varia é a posição relativa entre os pilares, sempre ficando o menor lado perpendicular às vias que conformam a esquina.

Com 3% ficam os exemplos únicos de pilares e pilotis, como a seção quadrada dos pilares do Hotel de Ouro Preto, a retangular do Jockey Clube, a parede-pilar do edifício na Praça da Liberdade e os robustos pilares em W do Edifício Governador Kubitschek (fig. C.12).

O maior investimento no estudo das formas e variações é feito por Niemeyer – principalmente a partir do início da década de 50 – que ainda projeta os pilares em forma de K para sustentar a cobertura do bloco de bombas da Mecânica de Automóveis em Guaratinguetá (fig. C.14) e os pilares dos palácios da Alvorada, Planalto e Justiça em Brasília. A contribuição destes pilares para a imagem dos edifícios é decisiva (BRUAND, 1999, p.155), mesmo que o seu emprego esteja mais relacionado com o aumento de superfície livre do térreo de grandes edificações e à transmissão das cargas dos pavimentos superiores ou da cobertura. Já no caso dos palácios de Brasília a pesquisa evidencia a preocupação de tornar os apoios externos um invólucro das caixas de vidro elevadas do chão, formando um “*peristilo direcional*” (COMAS, 2004) que muitas vezes possuem sua função estrutural minimizada ou totalmente atribuídas aos esbeltos apoios internos de seções reduzidas que precisam ser reforçados interna e externamente.

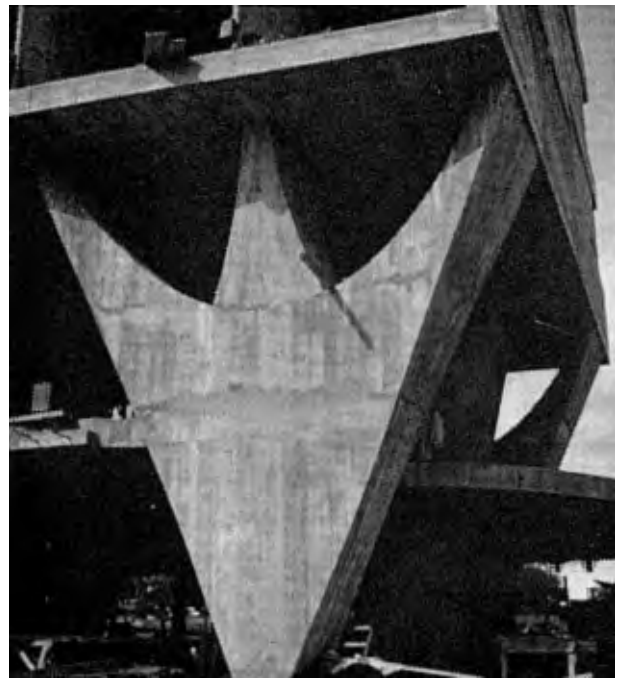


Fig. C.12 - Oscar Niemeyer: Edifício Governador Kubitschek, Belo Horizonte, 1951. Pilotis com pilares em “W”. [BRUAND, 1981]:151

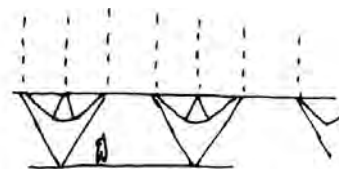


Fig. C.13 - Oscar Niemeyer: pilotis com pilares em forma de W, agrupando 3 linhas de pilares superiores. [ACRÓPOLE n°362, jun 1969]: 18



Fig. C.14 - Oscar Niemeyer: Mecânica de automóveis, Guaratinguetá/SP, 1952. Bloco de bombas de abastecimento. [PAPADAKI, 1956]: 121

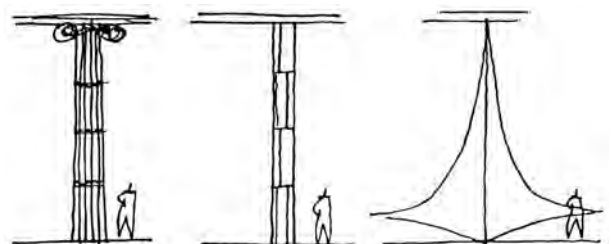


Fig. C.15 - Oscar Niemeyer: três tipos de pilares. [CORONA, 2001]: 68

Proporções e vãos estruturais

Lucio Costa afirma em *Considerações sobre arte contemporânea* que a simples escolha de um espaçamento de pilares, a busca da justa medida entre a relação da altura e largura de um vão, juntamente com os “*mais severos preceitos da técnica construtiva*” são, entre outros, alguns dos fatores que conferem à obra construída seu caráter de permanência. A constante busca destas proporções dentro da história da arquitetura está presente, sob o âmbito da tecnologia, primeiro com as possibilidades das vigas de perda e madeira, depois com vigas treliçadas de madeira e ferro e, finalmente, com o concreto armado:

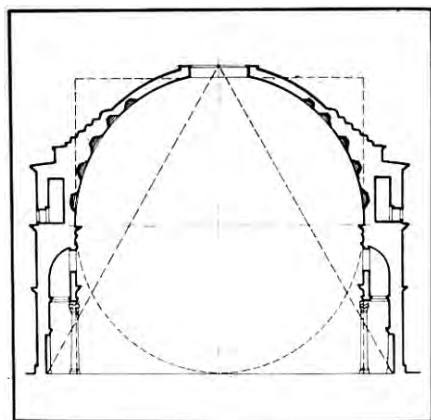


Fig. C.16 - Corte transversal do Pantheon de Roma. Vão de 42m.

“A cúpula do Pantheon em Roma, erguida há dois mil anos, em alvenaria de pedra, com os blocos justapostos uns aos outros; os vãos dos salões principais do Palácio dos Doges, concluídos em plena Idade Média, vencidos por treliças de madeira, construídos em época na qual não se tinha o devido embasamento matemático e físico para o cálculo estrutural, são admiráveis exemplos da evolução da técnica no sentido de atender à criação arquitetônica.” (SUSSEKIND apud NIEMEYER, 2004, prefácio)

Dentro do pensamento da arquitetura moderna, o espaço normativo do esquema Dom-ino pode ser interpretado como um sanduíche comprimido entre dois planos horizontais, onde o teto liso subordina a expressão espacial do vão estrutural (ROWE, 1999, p. 140). A partir desse momento é chave a equação das proporções entre o grande vão e altura do espaço construído que, no caso brasileiro, foi incrementada com a adição do fator da reduzida dimensão dos elementos suportantes e suportados. Estes, para serem esbeltos e corresponderem aos esforços dos consideráveis vãos que aparecem entre os tipos estruturais estudados tiveram, principalmente, um incremento de suas taxas de armadura, tanto no comparativo com as normas internacionais quanto em relação as próprias determinações elaboradas no país¹⁵⁷.

157. Pode-se constatar na pesquisa que alguns edifícios com mais de 30 metros de envergadura como o do Ministério **não apresentam juntas de dilatação térmica** (que só foram exigidas a partir da norma de 1978, mas já estavam presentes explicitamente no projeto do bloco residencial do Pedregulho de 1948/50). A pequena variação de temperatura do Rio de Janeiro aliada à própria planta livre – que não trava o esqueleto de concreto – de alguns destes edifícios podem ser alguns dos fatores que minimizam a ação das oscilações térmicas, que no caso do concreto armado podem chegar até a 100t/m (PARICIO, 1995, p.29).

Entendendo a relevância arquitetônica citada por Lucio da dimensão do espaço determinado entre os apoios da estrutura, a pesquisa levantou os maiores e menores vãos, além dos balanços de cada uma das 47 obras. O registro das medidas aconteceu a partir dos documentos publicados ou adquiridos durante o trabalho, procurando sempre se basear nas dimensões cotadas, na escala numérica e/ou gráfica dos desenhos, ou ainda em dados publicados por descrições das memórias de projeto em livros ou periódicos.

A casca de concreto que cobre o Palácio das Artes no Ibirapuera é a estrutura que possui o maior vão livre dentre todas analisadas, com 76 metros de diâmetro. O maior vão em estrutura reticular de corpo baixo é do Palácio do Planalto, com 70 metros na parte externa do lado menor. Os 60 metros vencidos pelo esqueleto exposto da Catedral de Brasília representa o terceiro maior espaço livre de apoios verticais. A viga superior dos pórticos do bloco de exposições do MAM carioca é a que possui maior vão nominal, com 38,75m. Já edifícios de corpo alto (com mais de 4 pavimentos e/ou elevador) que possui maior distância entre apoios é o da ABI, com o pano de laje de 27,2 x 13,6m que cobre o auditório.

A média aritmética dos vãos estruturais máximos dos edifícios de escritórios é de pouco mais de 9 metros e dos edifícios habitacionais de 7,60m (fig. C.19). Os projetos de Vital Brazil para a escola Raul Vidal e Instituto Vital Brazil e a Colônia de Férias do IRB dos Roberto são os mais representativos da solução convencional de vigas aparentes e pequenos vãos transversais.

O levantamento evidencia que, desconsiderando a excepcionalidade da cobertura do Pavilhão das Artes paulista, os edifícios de Niemeyer em Brasília são os que mais avançam na questão da dimensão dos vãos estruturais. Na estrutura reticular do palácio do Planalto, na cúpula invertida da Câmara ou ainda na estrutura exposta da Catedral, a busca pelo vão incomum aliada à esbelteza dos elementos representa a tentativa da superação a qualquer preço, mesmo que, como disse Nervi, o concreto tenha que funcionar muito mais como elemento de proteção da armadura contra a oxidação e fogo do que como um material de grande capacidade de absorção dos esforços de compressão.

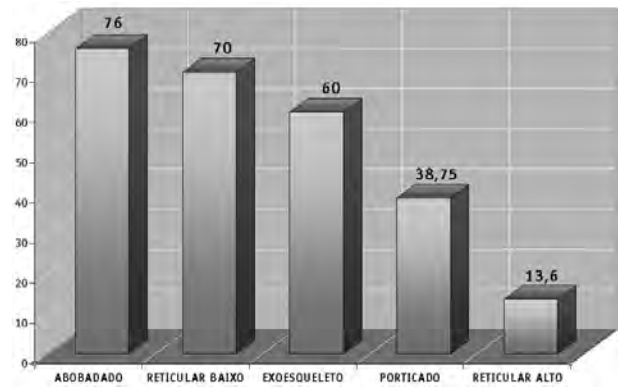


Fig. C.17 - Maiores vãos (em metros) dentro das obras estudadas, divididos pelos tipos estruturais.

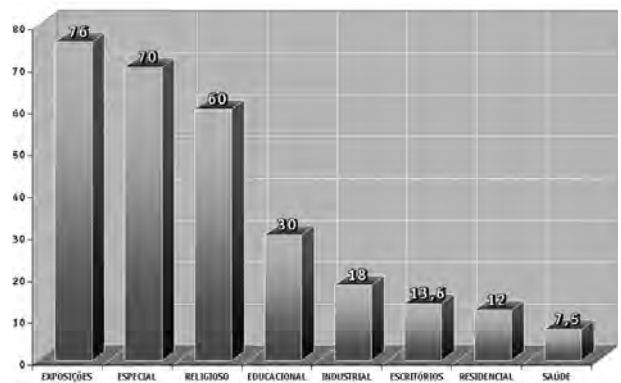


Fig. C.18 - Maiores vãos (em metros) dentro das obras estudadas, divididos pelo tema de projeto.

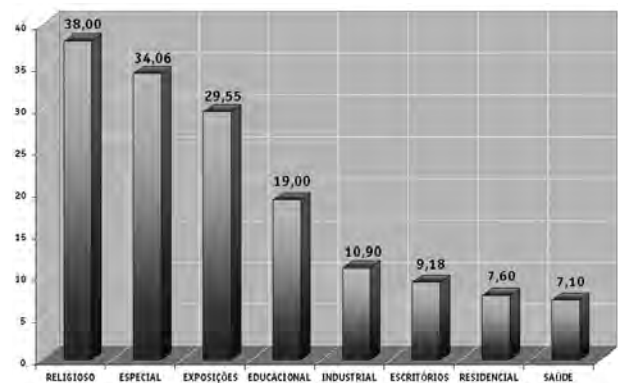


Fig. C.19 - Média aritmética dos vãos estruturais (em metros) dentro das obras estudadas, divididos pelo tema de projeto.

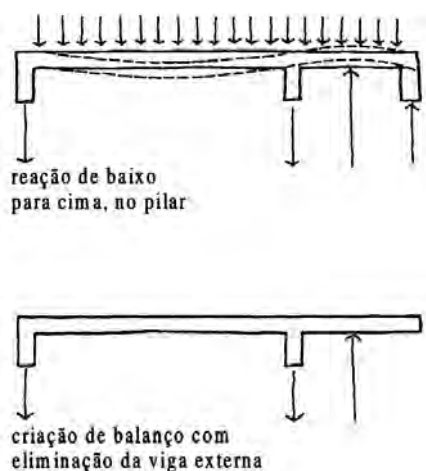


Fig. C.20 - Diagrama estrutural comparativo entre soluções de laje com viga externa e sem viga (plano em balanço). [REBELLO, 2000]:196

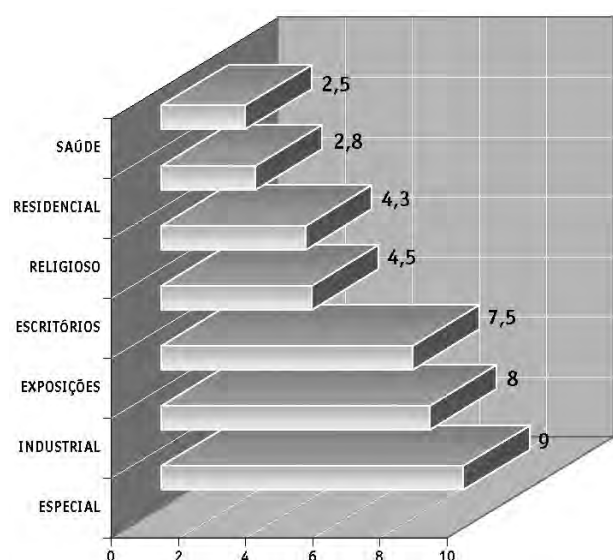


Fig. C.21 - Maiores balanços (em metros) dentro das obras estudadas, divididos pelo tema de projeto.

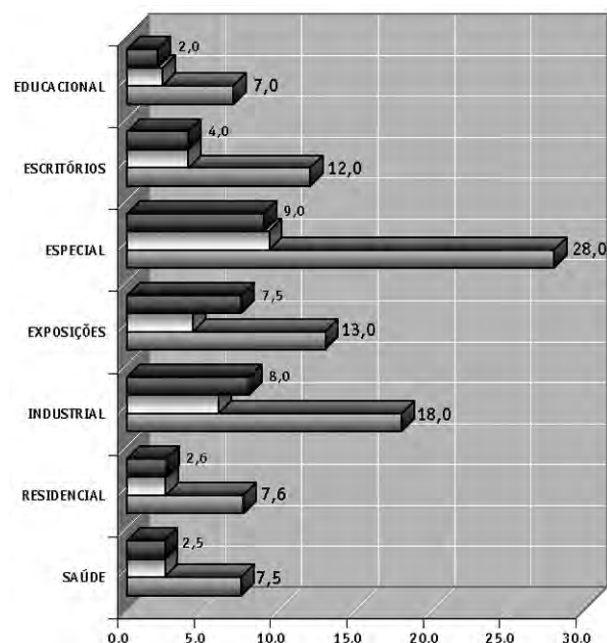


Fig. C.22 - Gráfico comparativo entre a dimensão dos vãos (barra inferior) seu terço (barra intermediária) e o balanço de laje empregado (barra superior), divididos pelo tema de projeto (dimensões em metros).

Balanços de laje

O avançamento da laje em relação à prumada dos apoios verticais está presente em 39 das 47 obras analisadas. A colaboração do balanço para aliviar o seu respectivo vão – em função do comportamento dos esforços no plano de laje (fig. C.20) – também é um fator que aumenta sua importância à medida que a distância entre os apoios se amplia, proporcionando um maior vão com planos de laje de seção mais reduzida. A ocorrência é maioria absoluta nas estruturas reticulares e está ligada muitas vezes ao descolamento da vedação em relação aos pilares, invariavelmente com o topo da laje coplanar à face externa das esquadrias – como o caso do MESP e do Banco Aliança– ou ainda fazendo parte do balcão – como na ABI ou no edifício Valparaíso.

O caso do maior balanço encontrado na pesquisa é especial: a grande laje do Ibirapuera – que possui uma diversidade de afastamentos de pilares e balanços – tem 28m de vão máximo, com 9m de balanço da laje no ponto mais afastado (fig. C.21). Como o plano de laje funciona apenas como cobertura, o balanço não tem intenção direta de descolamento da vedação, operando muito mais como elemento determinante de um espaço de grande fluidez, conseguido através do equilíbrio apontado pelo diagrama de momento fletor. O segundo maior balanço também pertence a uma marquise de Niemeyer: no bloco de lazer da Fábrica Duchon a laje amebóide chega a avançar 8m em relação aos pilares que possuem 20m de vão. O fator plástico é aliado ao fator estático com maior evidência no caso das pontas da laje em forma de estrela do Palácio das Artes, que tem 5m de balanço para um vão máximo de 13m.

A dimensão dos balanços, em sua maioria absoluta, respeita a regra de 1/3 do vão a que estão atrelados, conforme mostra o gráfico comparativo da figura C.22. A maior diferença entre a distância entre apoios e a terça parte do valor ocorre no caso do Palácio das Indústrias do Ibirapuera, que possui vão maior de 13m e balanço de 7,5m nas pontas das lajes internas. Conforme descrição da obra, esta diferença é explicável pela adoção de uma estrutura em concreto protendido, o que determina a possibilidade de se avançar com uma proporção diferente dos demais edifícios listados na pesquisa.

Estática e estética

Em artigo na revista *Módulo* em 1958, intitulado “Forma estática - Forma Estética” o engenheiro Joaquim Cardozo trata das relações formais entre estabilidade e estética da construção, bem como da influência dos estudos teóricos e experimentais a respeito da resistência dos materiais na forma arquitetônica. Comenta o papel dos engenheiros no lançamento das principais linhas iniciadoras da nova arquitetura, mas alertando que muitas vezes contribuem de forma exagerada para conservar o espírito real e intrínseco da arquitetura: o problema estético se resumiria absurdamente a um problema de economia, mantendo o equilíbrio com menor quantidade de matéria com a redução da “forma estética” a uma consequência da “forma estática”.

Afirma que a forma projetada pelo arquiteto é estabelecida *a priori*, condicionada a uma questão de estabilidade, mas nunca resultante *a posteriori* desta última. Através deste raciocínio deduz que elementos construtivos obtidos com muito engenho e habilidade pelos engenheiros não são muito do agrado dos arquitetos, como por exemplo as lajes cogumelos e os *vôutes* das estruturas porticadas, mesmo sendo “formas de transição muito puras e lógicas”.

A partir deste ponto, Cardozo assume uma postura de defesa das soluções adotadas pelos arquitetos, pois estes procuram, às vezes, “formas de transições mais raras”, que estariam em desacordo com a solução mais verdadeira do ponto de vista estático. Utiliza o exemplo dos consolos que suportam as lajes da ordem colossal, sujeitos a grandes esforços cortantes mas de “efeito plástico indiscutível”. Outro exemplo utilizado são os já citados pilares de Niemeyer nos três palácios de Brasília (fig. C.24), obtidos através de “superabundância de material construtivo”.

Cardozo conclui que não há adaptação perfeita entre a estética dos arquitetos e a estática dos engenheiros, mesmo que essa última tenha sua “intima importância estética”. Reforça, por fim, que as invenções dos engenheiros, tanto no aspecto da criação de novos tipos e materiais construtivos, são as fontes onde se alimenta a capacidade criadora dos arquitetos.



Fig. C.23 - Engenheiro e poeta Joaquim Cardozo. [INFORMATIVO DO IAB/PE, JAN 1986]: 04

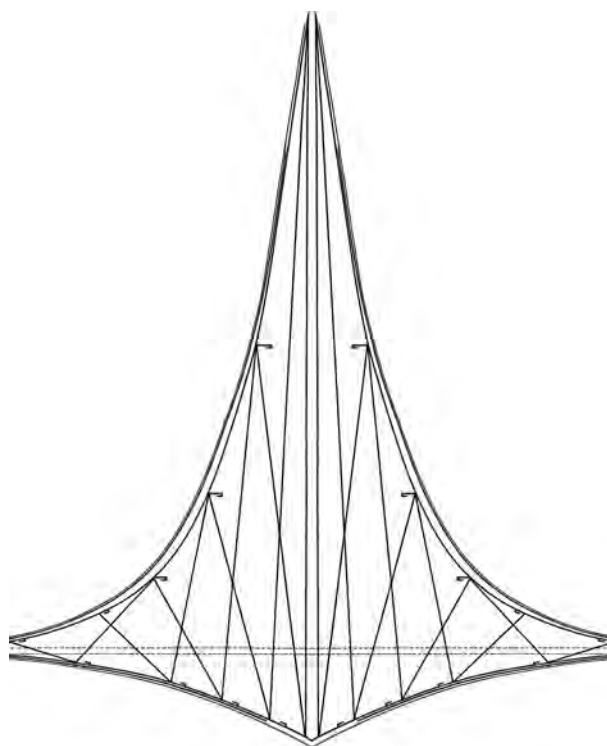


Fig. C.24 - Desenho das armaduras dos pilares externos do Palácio da Alvorada. [MÓDULO nº 10, AGO 1958]: 03

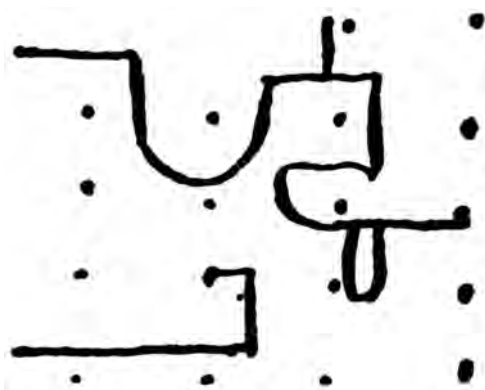


Fig. C.25 - **Le Corbusier**: esquema emblemático da dissociação entre estrutura e fechamento, que acompanhava os 5 pontos. [PARICIO, 1995]: 52



Fig. C.26 - **Walter Bauersfeld, Dyckerhoff & Widmann**: Planetário em Jena, Alemanha, 1924-25. Malha da cúpula durante a construção: vão de 25 metros com casca em concreto armado de apenas 6 centímetros de espessura. [GÖSSEL, 2001]: 104

Dentro dos aspectos abordados nesta pesquisa, o raciocínio de Cardozo quanto a função da estrutura e o seu papel plástico está, de certa forma até o final do século XIX, relacionada exclusivamente à idéia de sua forma estática. Desde as lajes de Wilkinson – apresentadas como simples variação do sistema estrutural em madeira – até a casa-cobaia de Hennebique, a estrutura em concreto armado não tinha sido explorada como agente catalizador de uma arquitetura culta, de abstração geométrica e que primasse pelo controle da forma.

A partir do momento em que a estrutura independente surgiu, mais precisamente na obra de Perret, como garantia de ordem e vertebradora da composição arquitetônica, tornando-se nova protagonista da “*melhor arquitetura*” (PARICIO, 1995, p.9) a combinação entre o ordinariamente funcional e o universalmente abstrato acaba por resultar em uma ousadia inquietante, constituindo-se, como observa BANHAM (1986, p.210), “*na essência da sensibilidade moderna*”. Mesmo sendo puras e lógicas, as formas resultantes da “*lei da economia conduzida pelo cálculo*” que faz parte da estética do engenheiro citada por Le Corbusier em *Por uma Arquitetura*, foram equacionadas de maneira diferente pelos arquitetos com a participação direta dos engenheiros, dentro da estética moderna, desde a compilação do sistema Dom-ino.

Analisando economia e racionalidade, estática e estética formam um dueto mais afinado do que se imagina: a laje plana – genitora do teto liso sem estrias – não necessitava mais de capitel de reforço pelo seu aumento de seção e diminuição dos esforços de punção; os balanços à medida que cresciam – dentro da natureza do material – aumentavam as possibilidades de grandes vãos com mais economia, diminuindo a seção da laje plana e/ou nervurada; a proposta de maiores vãos implica em menor número de pilares, o que não só diminui a incidência de interpolação vertical no espaço construído, mas também na redução do tempo de montagem de fôrmas – como já ocorrera na eliminação total das vigas – e na própria diminuição de material a ser empregado. Pelas mãos de arquitetos e engenheiros, as cúpulas de cobertura – historicamente elementos de complexa feitura em outras técnicas – vencem, em concreto armado, vãos cada vez maiores com espessuras cada vez menores, executadas em prazos exíguos.

Sobre arquitetos e engenheiros

Cardozo é claro ao afirmar que se o engenheiro trabalha com a matemática para gerar formas estáticas puras, o arquiteto moderno se vale destas formas não como fim, mas como ponto de partida do raciocínio compositivo. Cabe, neste ponto, ressaltar que a participação dos engenheiros no desenvolvimento da arquitetura brasileira entre 1930 e 1960, foi extremamente importante, principalmente no que se refere aos arcos que esta se permitiu em função do cálculo das estruturas em concreto armado. Como escreve CAIXETA (1999, p.76) *“Emílio Baumgart e, posteriormente, Joaquim Cardozo consagraram-se no uso da técnica do concreto armado pela qualidade e originalidade das soluções empregadas”*.

No caso dos arquitetos, a formação dos profissionais oriundos da Escola Nacional de Belas Artes¹⁵⁸ – principalmente nos anos 20 e início dos anos 30 – era distanciada da realidade brasileira e das novas conquistas e perspectivas da arquitetura moderna. Conforme comenta Alfredo Brito (apud BONDUKI, 2000, p.12), *“o ensino oficial nada havia lhes dito sobre concreto armado, sobre a estrutura independente, sobre o plano livre. Todo tempo daqueles jovens e o melhor do seu esforço haviam sido dedicados ao aprendizado da gramática dos estilos franceses, à solução de templos egípcios, gregos, romanos, palácios renascentistas”*. Este distanciamento deu margem à procura de uma formação alternativa, fora da academia, principalmente pelo interesse dos arquitetos de vertente moderna nas novas técnicas construtivas. Em 1951 Lucio destaca tal interesse em *“Muita construção, alguma arquitetura e um milagre”* colocando em evidência a troca de conhecimentos que havia entre arquitetos e engenheiros na época, e na *“insistência apaixonada dos arquitetos de espírito moderno empolgados pelas possibilidades plásticas inerentes à técnica nova do concreto armado”*. Segundo Lucio, *“a beleza formal imatura”* desta técnica *“ainda escapava da percepção da grande maioria dos engenheiros”* principalmente pelo caráter científico da própria formação.

158. O alto nível de especialização do Curso de Arquitetura da ENBA nos anos 20 e 30 era evidente, além de ser maior duração no mundo. Nas escolas técnicas alemãs o curso era realizado em oito semestres, enquanto o curso brasileiro se desenvolvia ao longo de 12, mais 50% do tempo exigido na Alemanha e, de modo geral, nos Estados Unidos e no resto da Europa. Comparado com as escolas politécnicas – que realizavam os cursos de Elétrica, Civil, etc. em apenas cinco anos – o curso da ENBA possuía um ano a mais e tratava somente do projeto e construção de edifícios (além do urbanismo). [Ver artigo de Furtado Simas na Revista da Diretoria de Engenharia (PDF) de maio de 1937]



Fig. C.27 - Oscar Niemeyer e Lucio Costa. [Disponível em <<http://images.orkut.com/images9/album/10/96/802096.jpg>> Acesso em 12 dez. 2004]



Fig. C.28 - Marcelo e Milton Roberto em frente ao edifício sede da Associação Brasileira de Imprensa. [MÓDULO, nº 03 dez 1955]: 71



Fig. C.29 - Afonso Eduardo Reidy com o MAM em obras ao fundo. [BONDUKI, 2000]: 10



Fig. C.30 - Álvaro Vital Brazil em seu escritório no ano de 1952. [CONDURU, 2000]: frontispício

“O legítimo propósito de inovar”

As novas formas em concreto armado, concebidas pelos arquitetos de formação carioca, revelaram uma deliberada introdução de elementos formal e estruturalmente autônomos, como pilares, marquises, arcos, pórticos e abóbadas. Estes elementos simbólicos desmaterializam a rigidez geométrica do edifício, como no caso da Pampulha (fig. C.31), ou simplesmente adicionam uma nova lógica estrutural, como no caso da ordem colossal. Utilizados como signos, exercem suas funções objetivas e ainda são explorados em sua estética e em seu funcionamento estático. A predominância do concreto armado transformou-se na expressão contemporânea da técnica construtiva brasileira, com a estrutura passando a ser considerada um atributo formal de primeira importância na concepção do projeto. Lucio Costa ainda reforça tal interesse no trecho abaixo:

“Não se trata da procura arbitrária da originalidade por si mesma, ou da preocupação alvar de soluções “audaciosas” – o que seria avesso da arte –, mas do legítimo propósito de inovar, atingindo o âmago das possibilidades virtuais da nova técnica, com a sagrada obsessão, própria dos artistas verdadeiramente criadores, de desvendar o mundo formal ainda não revelado.” (COSTA, 1962, p.198)

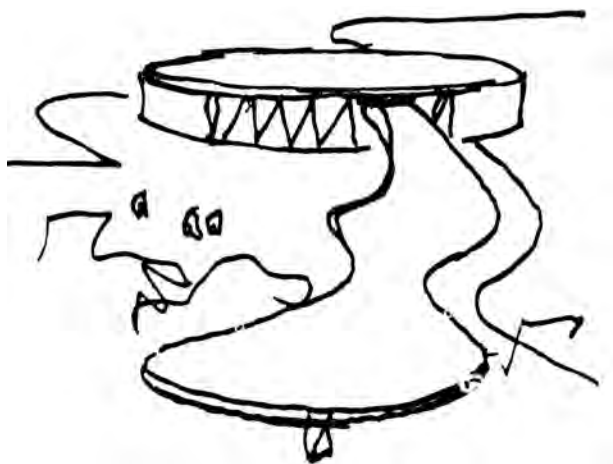


Fig. C.31 - Oscar Niemeyer: Casa do Baile, Pampulha, Belo Horizonte, 1940-42. [CORONA, 2001]: 21

A inovação da arquitetura moderna brasileira se sedimenta ao mesmo tempo que se estabelece a afirmação da “nova técnica”, exaltada também como símbolo de uma cultura tecnológica inédita, onde a prática pode possibilitar uma ordem espacial renovada, sem deixar de tornar inteligível a intervenção que se constrói^{XX}. O “determinismo sóciotécnico” citado por MAHFUZ (2001, p.102) e demonstrado na primeira parte do presente trabalho, é fator mais de suporte construtivo do que condutor da forma.

Assim, é importante salientar que a busca obsessiva do inédito está inserida neste contexto de efervescência da técnica – trabalhada como elemento formal de projeto, como procedimento racional e como elemento construtivo – através de uma “feliz conjugação de capacidades e de intenções complementares” (COSTA, 1951, p.189)

XX. Ver CAIXETA, 1999, p.590

Considerações finais

Do castelo à catedral

Montando um cenário de quase 100 anos dentro da pesquisa, pode-se afirmar que desde a primeira realização onde o concreto efetivamente se utiliza da armadura como elemento de resistência à tração – o “Castelo Ward” de William Ward e Robert Mook em 1872 (fig. C.32) – até a última obra da Escola Carioca analisada – a catedral de Brasília de Oscar Niemeyer em 1960 – o concreto armado fecha um ciclo de realizações que se inicia com a preocupação inicial de proteção da estrutura contra o fogo, passando pelas experiências dentro da engenharia e logo após da arquitetura, pela sua afirmação como sistema construtivo completo, subindo em altura em arranha-céus – que antes eram exclusividade das estruturas metálicas – além de ter sua eleição como técnica fundamental dos Cinco Pontos. Como plano horizontal se tornou independente da vedação, com vãos cada vez maiores muitas vezes acompanhados de balanços bem proporcionados. Alcançou vão livre de mais de 70 metros como cúpula e na estrutura reticular seus pilares, que já haviam sido moldados como letras do alfabeto, se tornaram cada vez mais esbeltos.

A associação de concreto com o metal chega ao final do período de estudo com altas taxas de armadura – situação antípoda do que ocorrera nos primórdios da técnica –, o que acabou alijando o concreto de sua função principal, sendo elemento muito mais protetor da armadura do que material resistente à compressão. As formas possibilitadas pela combinação dos dois materiais foram exploradas ao extremo no Brasil, mesmo indo contra à tendência reguladora das normas locais que, contrariando todo o legado e a evolução natural da técnica no país, indicavam cobrimentos cada vez maiores baseadas em regras estrangeiras. As visitas de Kleinlogel e Boase apontavam uma prática onde as armaduras eram utilizadas em maior quantidade que na Europa e nos EUA, estimulada mais pelo custo acessível de mão de obra do que propriamente por abundância de material, escasso no anos 30 e início dos 40. É a partir dos anos 50 que esta tradição brasileira em “superarmar” as estruturas assume proporções maiores – identificável nos pavilhões do Ibirapuera – e que se estabelece definitivamente nos anos 60 com a construção dos palácios e da Catedral de Brasília (fig. C.33).



Fig. C.32 - William E. Ward e Robert Mook: Castelo Ward em Port Chester, Nova York, 1872-1875. [Disponível em <http://www.bsci.auburn.edu/heinmic/concrete-history/images/Medium/m_ward.jpg> Acesso em 08 ago. 2003]

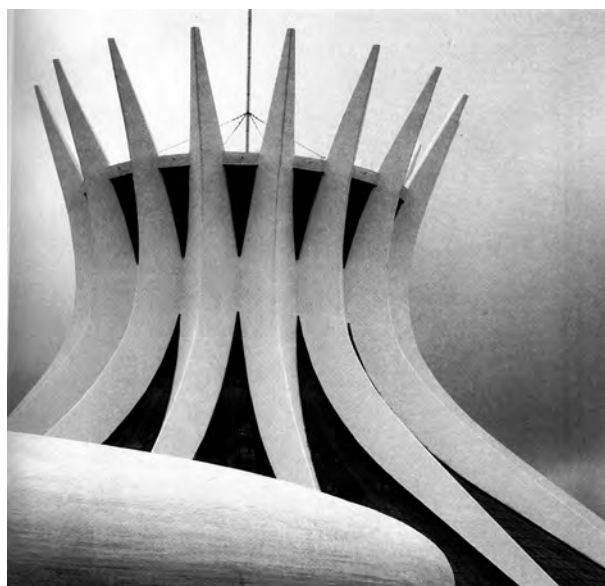


Fig. C.33 - Oscar Niemeyer: Catedral de Brasília (nave principal), 1959-60. [BOTTEY, 1997]: 165

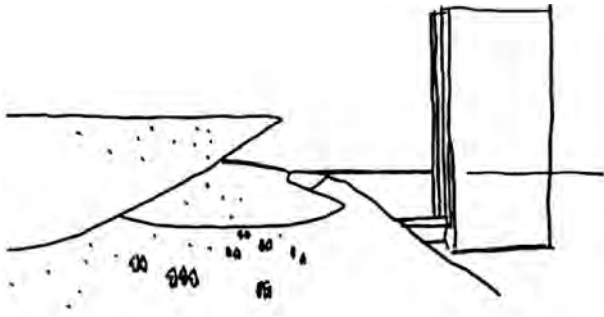


Fig. C.34 - Oscar Niemeyer: Palácio do Congresso, Brasília, 1958-60. [CORONA, 2001]: 76

Essa “armadura concretada”, contraversão do sistema original, foi o recurso que permitiu a execução de um objetivo deliberado de leveza, como os peristilos que envolvem as caixas de vidro, as cúpulas normais e invertidas, além dos generosos e anômalos vãos gerados a partir da subtração de pilares dos palácios. Neste cenário, Niemeyer é ator em monólogo, já que Lucio preferiu a qualidade no lugar da quantidade. Os outros integrantes da Escola Carioca, que teve duração maior que a própria Bauhaus, já haviam saído de cena:

“Brasília não é mais representativa de escola coesa, quanto mais não seja porque Reidy, Marcelo Roberto (ambos falecidos em 1964), Moreira, Rino Levi, Artigas não são chamados a colaborar, Milton Roberto, Correa Lima e Luiz Nunes não estão mais vivos, Leão se retirou da arquitetura, e Vital Brazil se esgotou como antes Warchavchik” (COMAS, 2002, p.17)

Se Brasília é fecho de ciclo nesse aspecto, também pode ser considerada em relação à técnica construtiva: exaltado como material de grande flexibilidade o concreto armado parece atingir a linha limite entre o uso convencional de barras simplesmente mergulhadas e o de barras protendidas – que já haviam sido experimentadas no projeto do Ibirapuera –, mesmo que em obras de dimensionamento convencional as características originais do material continuassem sendo mantidas.

Foi essa pluralidade de experiências – que por vezes assumiram proporções extremas – realizadas durante os 25 anos de arquitetura moderna brasileira que determinam a excelência e o pleno domínio da técnica, tanto pelos arquitetos quanto pelos engenheiros locais. No campo do concreto armado também se constituiu uma escola autônoma, que suplantou a técnica estrangeira, sendo capaz de orientar inclusive a sua prática que, como afirmou Lucio, era “*sob tantos aspectos menos experimentada*” que a brasileira. O panorama registrado pela pesquisa não deixa dúvidas desses avanços históricos e técnicos, muito mais do que uma simples prática a ser revivida. Trata-se de uma produção de referência independente do tempo em que foi concebida – mesmo com todos os avanços de uma técnica construtiva –, reafirmando que, se as formas variam, o espírito deveria ser o mesmo, e deveriam permanecer, fundamentais, as mesmas leis.

Bibliografia

LIVROS

1. ATIQUE, Fernando. *Memória de um projeto moderno: a idealização e a trajetória do Edifício Esther*. São Carlos: Dissertação de Mestrado - São Carlos, 2002.
2. BAHIMA, Carlos Fernando Silva. *Edifício moderno brasileiro : a urbanização dos cinco pontos de Le Corbusier 1936-57*. Porto Alegre: Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul-PROPAR, 2001.
3. BAKER, Geoffrey H. *Le Corbusier. Analisis de la forma*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A, 1994.
4. BANHAM, Reyner. *A concrete atlantis : u.s. industrial building and european modern architecture 1900-1925*. London: Mit Press, 1986.
5. BARDI, Pietro Maria. *Lembrança de Le Corbusier: Atenas, Itália, Brasil*. São Paulo: Nobel, 1984.
6. BENNETT, D. *Skyscrapers*. London: Aurum Press, 1995.
7. BILLINGTON, D. P. *Robert Maillart : builder, designer and artist*. New York: Cambridge University Press, 1997.
8. BILLINGTON, D. P. *Robert Maillart and the art of reinforced concrete*. Cambridge, Massachusetts: M.I.T. Press, 1989.
9. BILLINGTON, D. P. *Robert Maillart's bridges : the art of engineering*. Princeton: Princeton University Press, 1979.
10. BILLINGTON, D. P. *The Tower and the Bridge*. New York: Basic Books, 1983.
11. BILLINGTON, D. P. *Thin shell concrete structures*. New York: McGraw-Hill, 1965.
12. BOECHAT, Ricardo. *Copacabana Palace, um hotel e sua história*. São Paulo: Dórea Books and Arts-DBA, 2000.
13. BOESIGER, W, and H Girsberger. *Le Corbusier 1910-65*. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.
14. BONDUKI, Nabil Georges. *Afonso Eduardo Reidy*. Coleção Arquitectos Brasileiros. São Paulo: Revista Literaria Blau, 1999.
15. BOON, Anthonie Adrianus. *Der Bau von Schiffen aus Eisenbeton*. Berlin: Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, 1918.
16. BOSCH, J. L, and B Marrey. *Joseph Monier et la naissance du ciment armé*. Paris: Editions du Linteau, 2001.
17. BOTELHO, Manoel Henrique Campos. *Concreto Armado: eu te amo*. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1983.
18. BOTEY, Josep Ma. *Oscar Niemeyer*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A. 2 ed, 1997.
19. BRINO, Alex. *A superquadra na arquitetura do século XX*. Porto Alegre: Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul-PROPAR, 2003.
20. BRITTON, Karla. *Auguste Perret*. New York: Phaidon, 2001.
21. BRUAND, Yves. *Arquitetura contemporânea no Brasil*. São Paulo: Editora Perspectiva, 1999.
22. CAIXETA, Eline Maria Moura Pereira. *Afonso Eduardo Reidy: "o poeta construtor"*. Barcelona: Tese de Doutorado, 1999.
23. CARTER, Peter. *Mies van der Rohe at Work*. London: Phaidon Press Limited, 1999.
24. CAVALCANTI, Lauro. *Quando o Brasil era moderno : guia de arquitetura 1928-1960*. Rio de Janeiro: Aeroplano, 2001.
26. Centro de Estudantes Universitários de Arquitetura. *Lucio Costa: sobre arquitetura*. Porto Alegre: UFRGS, 1962.
27. CHAMBRE SYNDICALE DES CONSTRUCTEURS EN CIMENT ARMÉ DE FRANCE. *Cent ans de béton armé (1849-1949)*. Paris: Science et Industrie, 1949.
28. CHAMPIGNEULLE, Bernard. *Perret*. Paris: Arts et Métiers Graphiques, 1959.
29. COHEN, Jean-Louis. *Architecture et culture technique au XXe siècle. Bilan international*. Paris: Relatório de Pesquisa - Ecole d'Architecture de Paris-Villemin, 1990.
30. COHEN, Jean-Louis, Joseph Abraham, and Guy Lambert. *Encyclopedie Perret*. Paris: Editions du Patrimoine, Le Moniteur, 2002.
31. COLLARES, Julio Ramos. *Exoesqueletos*. Porto Alegre: Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul-PROPAR, 2003.
32. COLLINS, Peter. *Concrete: the vision of a new architecture; a study of Auguste Perret and his precursors*. London: Faber and Faber, 1959.
33. COLLINS, Peter. *Los ideales de la arquitectura moderna; su evolución (1750-1950)*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A, 1998.
34. COMAS, Carlos Eduardo Dias. *Precisões Brasileiras*. Paris: Tese de Doutorado, 2002.
35. CONDURU, Roberto. *Vital Brazil*. São Paulo: Cosac & Naify, 2000.
36. CORDOVIL, Fábio Armando Botelho. *Lajes de concreto armado: punção*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1997.
37. CORONA, Eduardo. *Oscar Niemeyer: uma lição de arquitetura (apontamentos de uma aula que perdura há 60 anos)*. São Paulo: FUPAM, 2001.
38. COSTA, Lucio. *Lucio Costa: registro de uma vivencia*. São Paulo: Editora UNB/Empresa das Artes, 1995.
39. COWAN, H. J. *Science and Building*. New York: John Wiley & Sons, 1978.
40. COWAN, H. J. *The Master Builders*. New York: John Wiley & Sons, 1977.
41. CRANSTON, Jones. *Architecture Today and Tomorrow - Oscar Niemeyer: Builder of Brasil*. p. 192-202. New York: McGraw-hill Book Company, 1961.

42. CURTIS, William J R. *Le Corbusier: Ideas and Forms*. New York: Phaidon, 2001.
43. CURTIS, William J. R. *Modern architecture since 1900*. London: Phaidon Press Limited, 2000.
44. DELHUMEAU, G, J GUBLER, and R LEGEAULT, SIMONNET C. *Le Béton en représentation. La Mémoire photographique de l'entreprise Hennebique 1890-1930*. Paris: Hazan, 1993.
45. DELHUMEAU, G. *Hennebique et la construction en béton armé, 1892-1914*. Paris, Université de Paris IV-Sorbonne: Tese de Doutorado, 1995.
46. DELHUMEAU, G. *L'Invention du béton armé. Hennebique 1890-1914*. Paris: Norma, 1999.
47. DESIDERI, Paolo. *Pier Luigi Nervi*. Barcelona: Gustavo Gili, 1982.
48. DORFMAN, Gabriel. *História do cimento e do concreto: desde os primórdios até a primeira guerra mundial*. Brasília: Editora Universidade, 2003.
49. DREBES, Fernanda Jung. *O edifício residencial na arquitetura moderna brasileira 1936-1955*. Porto Alegre: Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul-PROPAR, 2003.
50. EMPERGER, Fritz von (herausgegeben-organizador). *Handbuch für eisenbetonbau*. vol. 1. Berlin: Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn, 1908.
51. FERNANDEZ, Ordonez J. A. *Eugène Freyssinet*. Barcelone: 2C Editions, 1979.
52. FERNANDEZ, Ordonez J. A. *La Modernidad en la obra de Eduardo Torroja*. Madrid: Turner, 1979.
53. FERRAZ, Geraldo. *Warchavchik e a introdução da nova arquitetura no Brasil: 1925 a 1940*. São Paulo: Museu de Arte de São Paulo, 1965.
54. FISHMAN, Robert. *Urban Utopias in the Twentieth Century: Ebenezer Howard, Frank Lloyd Wright and Le Corbusier*. New York: Basic Books, 1977.
55. FRAMPTON, Kenneth. *Estudios sobre cultura tectónica*. Madrid: Ediciones Akal, 1999.
56. FRAMPTON, Kenneth. *História e crítica da arquitetura moderna*. São Paulo: Martins Fontes, 2000.
57. FRAMPTON, Kenneth. *Studies in tectonic architecture. The Poetics of construction in nineteenth and twentieth century architecture*. Cambridge, Massachusetts: M.I.T. Press, 1995.
58. FREYSSINET, Eugène. *Un Amour sans limites*. Coleção de Textos: Editions du Linteau, 1993.
59. GANS, Deborah. *Guias de Arquitectura - Le Corbusier*. Barcelona: Gustavo Gili, 1992.
60. GARGIANI, Roberto. *Auguste Perret. La Théorie et l'œuvre*. Paris: Gallimard, 1994.
61. GIEDIION, Siegfried. *Espacio, tiempo y arquitectura : el futuro de una nueva tradicion*. ed. 5. Madrid: Dossat, 1978.
62. GÖSSEL, *Architecture in the Twentieth Century*. Germany: Benedikt Taschen, 1991.
63. GÖSSEL, Peter, and Gabriele Leuthäuser. *Arquitectura no Século XX*. Köln: Taschen, 2001.
64. GUILLERME, A. *Bâtir la ville. Révolutions industrielles dans les matériaux de construction. France-Grande-Bretagne (1760-1840)*. Paris: Champ-Vallon, 1995.
65. HARRIS, Elizabeth D. *Le Corbusier: Riscos Brasileiros*. São Paulo: Nobel, 1987.
66. HERBERT, G. *Pionners of prefabrication. The British contribution in the 19th century*. Baltimore: John Hopkins University Press, 1976.
67. IORI, Tullia. *Il cemento armato in Italia dalle origini alla seconda guerra mondiale*. Roma: EdilStampa, 2001.
68. JOEDICKE, J. *Shell architecture*. Londres: A. Tiranti, 1963.
69. KHAN, Hasan-Uddin. *Estilo Internacional: Arquitetura Modernista de 1925 a 1965*. Köln: Taschen, 1999.
70. KIND-BARKAUSKAS, Friedbert, et al. *Concrete Construction Manual*. Munich: Birkhauser, 2002.
71. KIRBY, R. S, et al. *Engineering in History*. New York: McGraw-Hill, 1956.
72. KLICZKOWSKI, H. *Le Corbusier*. Barcelona: Loft Publications, 2003.
73. KLOTZ, H. *Vision der Moderne Das Prinzip Konstruktion*. Munich: Prestel Verlag, 1986.
74. LAVERGNE, Gerard. *Etude des divers systemes de constructions en ciment armé*. Paris: Beranger, 1912.
75. LE CORBUSIER, and Pierre JEANNERET. *Œuvre complète*. vol. 1-8. Zurich: Les Editions D'Architecture, 1995.
76. LE CORBUSIER, *El espíritu nuevo en arquitectura. En defensa de la arquitectura*. 2ª ed., vol.7. Murcia: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Murcia - Librería Yerba, 1993.
77. LE CORBUSIER, *Por uma arquitetura*. São Paulo: Editora Perspectiva, 2000.
78. LE CORBUSIER, *Vers une architecture*. Arthaud, 1924.
79. LISSOVSKY, Maurício, and Paulo Sérgio Moraes de Sá (organizadores). *Colunas da educação: a construção do Ministério da Educação e Saúde(1935-1945)*. Rio de Janeiro: MINC/IPHAN, 1996.
80. MACEDO, Danilo Matoso. *A matéria da invenção: criação e construção das obras de Oscar Niemeyer em Minas Gerais - 1938-1954*. Belo Horizonte: Dissertação de Mestrado - Escola de Arquitetura da UFMG, 2002.
81. MAHFUZ, Edson da Cunha. *O clássico, o poético e o erótico : método, contexto e programa na obra de Oscar Niemeyer*. In: *Cadernos de arquitetura Ritter dos Reis*. vol. 4. Porto Alegre: Ritter dos Reis, 2002.
82. MAHFUZ, Esdon da Cunha. *O sentido da arquitetura moderna brasileira*. In: *Cadernos de arquitetura Ritter dos Reis*. vol. 4. Porto Alegre: Ritter dos Reis, 2002.
83. MARREY, B, and F HAMMOUTÈNE. *Le Béton à Paris*. Paris: Editions du Pavillon de l'Arsenal, Picard, 1999.
84. MARREY, B. *Nicolas Esquillan. Un Ingénieur d'entreprise*. Paris: Picard, 1992.
85. MAYERHOFER, Lucas. *Introdução ao estudo dos tetos abobadados: sua origem e evolução na antiguidade*. Rio de Janeiro: (Edição do autor), 1953.
86. MELARAGNO, M. *An Introduction to shell structures. The Art and science of vaulting*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.
87. MENDONÇA, Rosalia Fresteiro. *Palácio do Congresso de Brasília*. Porto Alegre: Trabalho apresentado para a disciplina Arquitetura Moderna Brasileira - Universidade Federal do Rio Grande do Sul-PROPAR, 1991.
88. MICHELIS, P. A. *Esthétique de l'architecture du béton armé*. Paris: Dunod, 1963.
89. MINDLIN, Henrique Ephim. *Arquitetura moderna no Brasil*. Rio de Janeiro: Aeroplano Editora, 2000.
90. MONTIGNY, Solar GrandJean. *Affonso Eduardo Reidy*. Rio de Janeiro: Index, 1985.
91. NEWBY, Frank. *Early Reinforced Concrete*. Burlington, VT: Ashgate, 2001.

92. NIEMEYER, Oscar. *Catedral de Brasília, 1958 (folder)*. São Paulo: Fundação Oscar Niemeyer, 1998.
93. NIEMEYER, Oscar. *Catedral de Brasília, 1958*. São Paulo: Fundação Oscar Niemeyer, 1998.
94. NIEMEYER, Oscar. *Minha Arquitetura - 1937-2004*. Rio de Janeiro: Editora Revan, 2004.
95. ORDÓÑEZ, José Antonio Fernández, and José Ramón Navarro Vera. *EDUARDO TORROJA Ingeniero, Engineer*. Madrid: Ediciones Pro-naos, 1999.
96. ORDÓÑEZ, José Antonio Fernández. *Eugène Freyssinet*. Barcelona: Coop. Industrial Trabajo Asoc, 1979.
97. ORICO, Osvaldo. *Brasil, capital Brasília*. Brasília: Editora Record, 1961.
98. PARICIO, Ignacio. *La construcción de la arquitectura - V. 1 Las técnicas*. Barcelona: Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya-ITEC, 1999.
99. PARICIO, Ignacio. *La construcción de la arquitectura - V. 3 La estructura*. Barcelona: Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya-ITEC, 1995.
100. PARICIO, Ignacio. *Vocabulario de arquitectura y construcción vol.5*. Barcelona: Bisagra, 1999.
101. PEEL. *Twentieth Century Architecture*. London: Quintet Publishing Ltd, 1989.
102. PEIXOTO, Marta Silveira. *Sistema de proteção de fachadas na escola carioca: de 1935 a 1955*. Porto Alegre: Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul-PROPAR, 1994.
103. PEREIRA, Claudio Calovi. *Os irmãos Roberto e a arquitetura moderna no Rio de Janeiro (1936-1945)*. Porto Alegre: Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul-PROPAR, 1993.
104. PEREIRA, Izabella Mercante. *Escolas de Niemeyer*. Campo Grande: Trabalho Disciplina Arquitetura Moderna Brasileira, PROPAR, 2000.
105. PETIT, Jean. *Oscar Niemeyer: poète d'architecture*. Lugano: Fidia, 1995.
106. PETROSKI, H. *Engineers of Dreams - Great Bridge Builders and the Spanning of America*. New York: Alfred A. Knopf, 1995.
107. PICA, Agnoldomenico. *Pier Luigi Nervi*. Barcelona: Gustavo Gili, 1969.
108. PICON, Antoine. *L'art de l'ingénieur*. Paris: Éditions du Centre Georges Pompidou, 1997.
109. POLIÃO, Marco Vitruvius. *Da Arquitetura*. São Paulo: Hucitec; Fundação para a Pesquisa Ambiental, 1999.
110. Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, *Jorge Machado Moreira*. Rio de Janeiro: Centro de Arquitetura e Urbanismo do Rio de Janeiro, 1999.
111. REBELLO, Yopanan Conrado Pereira. *A concepção estrutural e a arquitetura*. São Paulo: Zigurate Editora, 2000.
112. REIDY, Affonso Eduardo. *Affonso Eduardo Reidy*. Portugal: Editorial Blau, 2000.
113. Rio de Janeiro. Prefeitura Municipal. *Guia da arquitetura moderna no Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Editora Casa da Palavra: Prefeitura Municipal, 2000.
114. ROWE, Colin. *Manierismo y arquitectura moderna y otros ensayos*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1999.
115. RÜSCH, Hubert. *Stahlbeton-Spannbeton*. vol. 1. Düsseldorf: Werner Verlag, 1972.
116. SALVADORI, Mario. *Why Buildings Stand Up*. New York: W. W. Norton, 1980.
117. SALVADORI, Mario, and Robert HELLER. *Estructuras para arquitectos*. Buenos Aires: CP 67, 1997.
118. SANTOS, Paulo F. *Quatro séculos de arquitetura*. Rio de Janeiro: Valença, 1977.
119. SCULLY JUNIOR, Vicente. *Arquitetura moderna*. São Paulo: Cosac & Naify Edições, 2002.
120. SHAEFFER, R. E. *Reinforced concrete: preliminary design for architects and builders*. New York: McGraw-Hill, 1992.
121. SIMONNET, C. *Matériau et architecture. Le Béton armé : origine, invention, esthétique*. Paris: Tese de Doutorado - Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, 1994.
122. SIRY, Joseph M. *Unity Temple - Frank Lloyd Wright and Architecture for Liberal Religion*. New York: Cambridge University Press, 1996.
123. SMITH, T. *Making the modern. Industry, art and design in America*. Chicago: The University of Chicago Press, 1993.
124. STAUBLI, Willy. *Brasília*. Stuttgart: Alexander Koch, 1966.
125. SUBIRATIS, Eduardo. *A Flor e o Cristal: Ensaio sobre arte e arquitetura modernas*. São Paulo: Nobel, 1988.
126. TIMOSHENKO, S. P. *History of Strength of Materials*. New York: Dover, 1983.
127. TORROJA, Eduardo, and Mario Salvadori. *The structures of Eduardo Torroja: an autobiography of engineering accomplishment*. New York: F.W. Dodge Corporation, 1958.
128. TORROJA, Eduardo. *Razon y ser de los tipos estructurales*. Madrid: Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del cemento, 1960.
129. TORROJA, Eduardo. *The Structures of Eduardo Torroja. An Autobiography of engineering accomplishment*. New York: F.W. Dodge, 1958.
130. TSIOMIS, Yannis. *Le Corbusier - Rio de Janeiro: 1929, 1936*. Rio de Janeiro: Centro de Arquitetura e Urbanismo do Rio de Janeiro, 1998.
131. UNDERWOOD, David. *Oscar Niemeyer and the Architecture of Brazil*. New York: Rizzoli, 1994.
132. UNDERWOOD, David. *Oscar Niemeyer e o modernismo de formas livres no Brasil*. São Paulo: Cosac & Naify Edições, 2002.
133. VARGAS, Milton (organizador). *História da técnica e da tecnologia no Brasil*. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista: Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 1994.
134. VASCONCELOS, Augusto Carlos. *Estruturas Arquitetônicas*. São Paulo: Studio Nobel, 1991.
135. VASCONCELOS, Augusto Carlos. *O Concreto no Brasil: recordes, realizações, história*. São Paulo: Copiare, 1985.
136. VESPUCCI, Ana Cândida (organizadora). *Aeroporto Santos Dumont, 1936-1996*. São Paulo: Empresa das Artes, 1996.
137. WISNIK, Guilherme. *Espaços da arte brasileira - Lucio Costa*. São Paulo: Cosac & Naify, 2001.
138. XAVIER, Alberto (organizador). *Arquitetura moderna brasileira: Depoimento de uma geração*. São Paulo: Cosac & Naify, 2003.
139. XAVIER, Alberto. *Arquitetura Moderna no Rio de Janeiro*. São Paulo: Pini: Fundação Vilanova Artigas, 1991.

ARTIGOS DE REVISTAS E PERIÓDICOS

1. "Arquitetura no Parque Ibirapuera. As obras para a Exposição do IV Centenário de São Paulo. Arqs. Oscar Niemeyer Filho, Helio Uchôa Cavalcanti, Zenon Lotufo e Eduardo Kneese de Mello." *Habitat*. São Paulo. mai./jun. 1954, n. 16: p. 20-27.
2. "Brasília: A Completed Chapel and a Planned Cathedral. Two religious buildings at Brasília, designed by Oscar Niemeyer." *Architectural Record*. Nova Iorque. mar. 1960: p. 20.
3. "Catedral de Brasília. Arq. Oscar Niemeyer Filho." *Habitat*. São Paulo. nov./dez. 1958, n. 51: p. 2-3.
4. "Concurso de Anteprojetos para o Ministério de Educação e Saúde Pública: Projetos de Affonso Eduardo Reidy e de Jorge Machado Moreira e Ernani M. de Vasconcellos." *Revista da Diretoria de Engenharia (PDF)*. sd: p. 510-519.
5. "Lambot's boat." *Concrete*. London. fev. 1977, n. 11: p. 24-25.
6. "Reinforced concrete : Ideologies and forms from Hennebique to Hilberseimer." *Rassegna*. mar. 1992, n. 49.
7. "UMA QUESTÃO DE OPORTUNIDADE: Universidade do Brasil - Anteprojeto. Arqs: Lucio Costa, Affonso Eduardo Reidy, Oscar Niemeyer Filho, F.F. Saldanha, José de Souza Reis, Jorge M. Moreira, Angelo Bruhns, Eng. Paulo R. Fragoso." *PDF*. mai. 1937: p. 110-139.
8. "X." *Revista Municipal de Engenharia*. out./dez. 1948: p. 149-153.
9. AA"BRÉSIL: N° dedicado a la arquitectura moderna en Brasil." *L'Architecture d'Aujourd'hui*. ago. 1952.
10. AA"Special: Brésil. L'Architecture au Brésil." *L'Architecture d'Aujourd'hui*. set. 1947: p. 3-119.
11. AU"Aeroporto Santos Dumont. Termo de Julgamento do Concurso e Anteprojetos Finalistas." *AU - Arquitetura e Urbanismo*. nov./dez. 1937: p. 295-313.
12. BATTANDIER, A. "Une barque en ciment." *Le Cosmos*. Turim. 1897, vol. 36: p. 718.
13. BERNARDO, Joaquín Antuña. "The grandstand roof of the Zarzuela Hippodrome in Madrid: The constructive talent of Eduardo Torroja." *First International Congress on Construction History*. Madrid. 20-24 jan. 2003.
14. BOASE, Arthur J. "Brazilian Concrete Building Design Compared with United States Practice." *Engineering News-Record*. 28 jun. 1945: p. 80-88.
15. BOASE, Arthur J. "Explain the Slenderness of South American Structures." *Engineering News-Record*. 19 abr. 1945: p. 68-77.
16. BOASE, Arthur J. "South American Building is Challenging." *Engineering News-Record*. 19 out. 1944: p. 121-128.
17. BRASIL, Alvaro Vital, and Adhemar Marinho. "Edifício Esther." *Revista Politécnica*. São Paulo. mai./ago. 1938, vol. XXXIV, n. 127: sp.
18. BROWN, J. M. "W.B. Wilkinson (1819-1902) and his place in the history of reinforced concrete." *Transactions of the Newcomen Society*. 1966-1967, vol. 35: p. 129-142.
19. CARDOZO, Joaquim. "Azuleijo: Renaissance d'une ancienne technique iberique." *L'Architecture d'Aujourd'hui*. set. 1947: p. 7-9.
20. CARDOZO, Joaquim. "Azuleijos of two continents/ The ancestry of the azuleijo." *Architectural Review*. out. 1947: p. 138-139.
21. CARDOZO, Joaquim. "Rebirth of the Azuleijo." *Architectural Review*. dez. 1946: p. 178-182.
22. CARNEIRO, Luiz Lobo B, and Gilberto M. B. do Valle. "O Concreto e o descimbramento dos quadros do museu de Arte Moderna." *Boletim do Museu de arte moderna do Rio de Janeiro*. jan. 1959.
23. CARROLL, Rutter, and J. G Cabrera. "Reinforced Concrete in Northeast England." *Concrete International*. jun. 1998: p. 59-60.
24. CHUSID, J. M. "The American discovery of reinforced concrete." *Rassegna*. mar. 1992, n. 49: p. 66-73.
25. COMAS, Carlos Eduardo Dias. "A legitimidade da diferenca : pré-brasília." *AU-Arquitetura e Urbanismo*. ago./set. 1994, n. 55: p. 49-52.
26. COMAS, Carlos Eduardo Dias. "A máquina para recordar : Ministério da educação no Rio de Janeiro, 1936/45." *Arquitextos*. out. 2000, n. 5: p. 1-3.
27. COMAS, Carlos Eduardo Dias. "A obra de Eládio Dieste no Rio Grande do Sul." *Encontro de Teoria e História da Arquitetura do Rio Grande do Sul (6.: 2001: Santiago)*. *As relações arquitetônicas do Rio Grande do Sul com os países do Prata*. 2001: p. 55-58.
28. COMAS, Carlos Eduardo Dias. "A racionalidade da meia lua : apartamentos do Parque Guinle no Rio de Janeiro, Brasil, 1948-52." *Arquitextos*. mar. 2001, n. 10: p. 1-3.
29. COMAS, Carlos Eduardo Dias. "Arquitetura brasileira, anos 80 : um fio de esperança." *AU-Arquitetura e Urbanismo*. fev./mar. 1990, vol. 6, n. 28: p. 91-97.
30. COMAS, Carlos Eduardo Dias. "Arquitetura moderna, estilo corbu, pavilhão brasileiro." *AU-Arquitetura e Urbanismo*. out./nov. 1989, vol. 5, n. 26: p. 92-101.
31. COMAS, Carlos Eduardo Dias. "Década e meia de arquitetura brasileira." *AU-Arquitetura e Urbanismo*. ago./set. 1993, vol.9, n.49: p.73-76.
32. COMAS, Carlos Eduardo Dias. "El joven Niemeyer: La legitimidad de Ia diferenca." *Revista Basa*. jan. 1990.
33. COMAS, Carlos Eduardo Dias. "Em busca de uma arquitetura latino-americana própria." *Projeto*. ago. 1989, n. 124: p. 133-134.
34. COMAS, Carlos Eduardo Dias. "Entre 2 amores: o afeto que se aplica." *AU-Arquitetura e Urbanismo*. ago./set. 1987, vol. 3, n. 13: p. 46-49.
35. COMAS, Carlos Eduardo Dias. "Identidade Nacional, Caracterização Arquitetônica." *s/f*. (paper).
36. COMAS, Carlos Eduardo Dias. "Lúcio Costa e a revolução na arquitetura brasileira 30/39 : de lenda(s e) Le Corbusier." *Arquitextos*. mar.2002, n. 22: p. 1-7.
37. COMAS, Carlos Eduardo Dias. "Nemours-sur-tiete, ou a modernidade de ontem." *Projeto*. jul.1986, n. 89: p. 90-93.
38. COMAS, Carlos Eduardo Dias. "O encanto da contradição : conjunto da Pampulha, de Oscar Niemeyer." *Arquitextos*. *Texto especial*. set. 2000, n. 11: p. 1-3.
39. COMAS, Carlos Eduardo Dias. "O lento e gradual retorno as bases." *Projeto*. jan./fev. 1990, n. 129: p. 164-167.
40. COMAS, Carlos Eduardo Dias. "O oásis de Niemeyer : uma vila brasileira dos anos 50." *Rua : revista de urbanismo e arquitetura*. jul./dez. 1999, n. 7: p. 30-37.
41. COMAS, Carlos Eduardo Dias. "O passado mora ao lado : Lúcio Costa e o projeto do Grande Hotel de Ouro Preto, 1938/40." *Arqtexto*. 2002, n. 2: p. 18-31.
42. COMAS, Carlos Eduardo Dias. "Protótipo e monumento, um ministério, o ministério." *Projeto*. ago. 1987, n. 102: p. 136-149.
43. COMAS, Carlos Eduardo Dias. "Teoria Acadêmica, Arquitetura Moderna, Corolário Brasileiro." *GÁVEA: Revista de História de Arte e Arquitetura*. abr. 1994, vol. 11, n. 11: p. 180-193.
44. COMAS, Carlos Eduardo Dias. "Uma certa arquitetura moderna brasileira : experiência a re-conhecer." *Arquitetura Revista*. n. 5: p. 22-28.
45. CONCRETO, "A Visita do Professor Dr. Kleinlogel ao Brasil." *Concreto*. Rio de Janeiro. jun. 1938, ano II, vol. 1, n. 9: p. 264-266.
46. CONDIT, Carol W. "The First Reinforced-Concrete Skyscraper: The

- Ingalls Building in Cincinnati and Its Place in Structural History." *T&C*. jan. 1968, n. 9: p. 1-33.
47. COSTA, Lucio, and Fernando Valentim. "As residências do Dr. João Daudt de Oliveira e Ex. Senhora D. Adelaide Daudt de Oliveira (projeto ano 1926)." *Arquitetura e Urbanismo*. set./out. 1938: p. 238-250.
48. COSTA, Lucio, and Fernando Valentim. "Projeto de um prédio a ser construído a Rua Rumania nº, de propriedade do llmo. Sr. Raul Pedrosa." *Arquitetura no Brasil*. fev./mar. 1926: p. 86-87.
49. COSTA, Lucio, and Oscar NIEMEYER. "Brazilian Pavilion in the New York World's Fair." *Architectural Review*. Londres. ago. 1939, vol. 86: p. 72.
50. COSTA, Lucio, and Oscar NIEMEYER. "Office Building for Ministry of Education and Health - Rio, Brazil." *Architectural Forum*. Nova Iorque. fev. 1943: p. 37-44.
51. COSTA, Lucio, et al. "Universidade do Brasil." *Revista da Diretoria de Engenharia (PDF)*. mai. 1937: p. 120-139.
52. COSTA, Lucio. "A Obra de Oscar Niemeyer." *Centro de Estudantes Universitário de Arquitetura*. 1960: s.p.
53. COSTA, Lucio. "Anteprojeto para a Vila de Monlevade (1934)." *Revista da Diretoria de Engenharia (PDF)*. mai. 1936: p. 114-128.
54. COSTA, Lucio. "Brasília." *Centro de Estudantes Universitário de Arquitetura*. 1962: s.p.
55. COSTA, Lucio. "Considerações sobre o ensino da arquitetura." *Centro de Estudantes Universitários de Arquitetura*. 1960: s.p.
56. COSTA, Lucio. "Destruí algo que existia - Entrevista e depoimentos a Haifa Y. Sabbag." *AU - Arquitetura e Urbanismo*. abr. 1986, vol. 5, ano 1: p. 18-21.
57. COSTA, Lucio. "Edifício do Ministério da Educação e Saúde." *AU - Arquitetura e Urbanismo*. Rio de Janeiro. jul./ago. 1939: p. 543-551.
58. COSTA, Lucio. "Entrevista com Lucio Costa." *Pampulha1*. Belo Horizonte. nov./dez. 1979, ano I: p. 13-19.
59. COSTA, Lucio. "Ministério, da participação de Baumgart à revelação de Niemeyer." *Projeto*. ago. 1987, n. 102: p. 158-160.
60. COSTA, Lucio. "O Aleijadinho e a arquitetura tradicional." *Centro de Estudantes Universitários de Arquitetura*. 1962: s.p.
61. COSTA, Lucio. "Presença de Le Corbusier." *Arquitetura Revista*. Rio de Janeiro. 1987, vol. 5: p. 2-15.
62. COSTA, Lucio. "Projeto para uma residência." *Revista da Diretoria de Engenharia (PDF)*. set. 1934: p. 87.
63. COSTA, Lucio. "Razões da Nova Arquitetura." *Revista da Diretoria de Engenharia (PDF)*. jan. 1936, vol. 3, n. 1: 3-9.
64. COSTA, Lucio. "Relatório do Plano-piloto de Brasília." *Módulo 8, ano 3, edição especial*. Rio de Janeiro. jul. 1957: sp.
65. COSTA, Lucio. "Search of a new Monumentality - The symposium. (depoimento de Lucio Costa e outros importantes técnicos, sobre a necessidade da monumentalidade na arquitetura moderna)." *Architectural Review*. set. 1948: p. 127.
66. COSTA, Lucio. "Sementes de um Gênio." *Centro de Estudantes Universitários de Arquitetura*. 1960: s.p.
67. COSTA, Lucio. "Uma escola viva de Belas-Artes." *ABEA/Fundação Vilanova Artigas*. 1987: s.p.
68. CUSACK, P. "François Hennebique : the specialist organisation and the success of ferro-concrete 1892-1909." *Transactions of the Newcomen Society*. 1984-1985, vol. LVI: p. 71-86.
69. CZAJKOWSKI, Jorge. "A Arquitetura Racionalista e a Tradição Brasileira." *GÁVEA: Revista de História de Arte e Arquitetura*. jan. 1985: p. 23-35.
70. BATTISTA, Eduardo M., Ronaldo C. Battista, et al. "Reabilitação estrutural do prédio do aeroporto Santos Dumont após danos causados por incêndio." *Revista Internacional de desastres naturais, Accidentes e infraestrutura civil*. Maio, 2001: 51-60.
71. FERRAZ, Geraldo. "Lucio Costa: Individualidades na história da atual arquitetura no Brasil." *Habitat*. São Paulo. out. 1956, n. 35: p. 28-43.
72. FRAMPTON, Kenneth (organizador). "The Dom-ino idea." *Oppositions 15/16*. Cambridge. 1979: p. 61-79.
73. FÜRST, Armand, and Peter Marti. "Robert Maillart's Design Approach for Flat Slabs." *Journal of Structural Engineering - ASCE*. ago. 1997, vol. 123, n. 8: p. 1102-1110.
74. GASPARINI, D. A. "Contributions of C. A. P. Turner to Development of Reinforced Concrete Flat Slabs 1905-1909." *Journal of Structural Engineering - ASCE*. out. 2002, vol. 128, n. 10: p. 1243-1252.
75. GUILLERME, A. "From Lime to cement : The Industrial revolution in French civil engineering (1770-1850)." *History and technology*. 1986, vol. 3: p. 25-85.
76. LE CORBUSIER "Cidade Universitaria do Rio de Janeiro. (1936)." *Revista da Diretoria de Engenharia (PDF)*. jul. 1937: p. 185-186.
77. LIMA, Edgardo Luis, Victorio Hernández Balat, and Juan Francisco Bissio. "Hormigón Armado: notas sobre su evolución y la de su teoría." *Seminario sobre Fundamentos de la Resistencia de Materiales*. s.d: s.p.
78. NIEMEYER Fº, Oscar. "Hotel de Ouro Preto." *Revista da Diretoria de Engenharia (PDF)*. mar. 1942, vol. 9, n. 2: 82-87.
79. NIEMEYER, Oscar. "Boa Vista Bank, Rio de Janeiro, Brazil." *Progressive Architecture*. Nova Iorque. mar. 1949: p. 60-62.
80. NIEMEYER, Oscar. "Brasília: A Completed Chapel and a Planned Cathedral. Two religious buildings at Brasília." *Architectural Record*. mar. 1960: p. 20.
81. NIEMEYER, Oscar. "Bridgehead to Brasília. Government Palace, a Presidential Residence, an Hotel and a Chapel." *Progressive Architecture*. abr. 1957: p. 136-138.
82. NIEMEYER, Oscar. "Chapelle a Pampulha." *L'Architecture D'Aujourd'Hui*. Paris. dez. 1946, n. 9: p. 54-55.
83. NIEMEYER, Oscar. "Maternidade - Anteprojeto." *Revista da Diretoria de Engenharia (PDF)*. set. 1937: p. 272-273.
84. NIEMEYER, Oscar. "Obra do Berço." *Revista da Diretoria de Engenharia (PDF)*. mai. 1937, vol. IV, n. 3: p. 140-141.
85. NIEMEYER, Oscar. "Pampulha." *L'Architecture L'Architecture d'Aujourd'hui*. set. 1947: p. 22.
86. NIEMEYER, Oscar. "Projeto das Fábricas Duchon-Peixe." *Revista Politécnica*. São Paulo. nov. 1951 - fev. 1952, ano 48, n. 164: p. 11-21.
87. PDF "Aeroporto Santos Dumont. Estação Central de Passageiros. Arqs. Hermínio de Andrade e Silva, Edwaldo M. de Vasconcelos." *Revista da Diretoria de Engenharia (PDF)*. set. 1937, vol. IV, n. 5: 277-284.
88. PDF "Cidade Universitária do Rio de Janeiro. Le Corbusier e P. Jeanneret." *Revista da Diretoria de Engenharia (PDF)*. jul. 1937, vol. IV, n. 4: 185-187.
89. PDF "Colégio Pedro II. Arquiteto Carlos Leão." *Revista da Diretoria de Engenharia (PDF)*. jul. 1937, vol. IV, n. 4: 201-208.
90. PDF "Concurso de ante-projetos para o Ministério d Educação e Saúde Pública." *Revista da Diretoria de Engenharia (PDF)*. set. 1935: p. 510.
91. PDF "Instituto Nacional de Puericultura. Arqs. Oscar Niemeyer Filho, Olavo Redig de Campos e José de Souza Reis." *Revista da Diretoria de Engenharia (PDF)*. jul. 1937, vol. IV, n. 4: 188-200.
92. PDF "Le Corbusier. Nota de Redação da revista noticiando a estadia de Le Corbusier no Rio de Janeiro, convidado pelo Ministro da

Educação Capanema." *Revista da Diretoria de Engenharia (PDF)*. jul. 1937, vol. IV, n. 4: 184.

93. PDF"Maternidade. Anteprojeto. Arq. Oscar Niemeyer Filho." *Revista da Diretoria de Engenharia (PDF)*. set. 1937, vol. IV, n. 5: 272-273.

94. PDF"O Edifício Central do Aeroporto Santos Dumont. Arqs. Marcelo Roberto e Milton Roberto." *Revista da Diretoria de Engenharia (PDF)*. jul. 1938, vol. V, n. 4: 414-420.

95. PDF"Projeto do Ministério de Educação e Saúde. Le Corbusier e P. Jeanneret." *Revista da Diretoria de Engenharia (PDF)*. jul. 1937, vol. IV, n. 4: 182-183.

96. PERRET, Auguste. "O Que É Arquitetura?." *AU-Arquitetura e Urbanismo*. Rio de Janeiro. nov./dez. 1936: p. 238-239.

97. PINHEIRO, Arq. Gerson Pompeu. "A Estrutura Livre." *AU-Arquitetura e Urbanismo*. Rio de Janeiro. jul./ago. 1937: p. 173-175.

98. PORTINHO, Carmen. "Assumptos Varios - Instalação para pinguins no Jardim Zoológico de Londres." *Revista da Diretoria de Engenharia (PDF)*. Rio de Janeiro. mai. 1935, ano IV, n. 16: p. 401-404.

99. REIDY, Affonso Eduardo, and Gerson Pompeu Pinheiro. "Albergue da Boa Vontade." *Revista da Diretoria de Engenharia (PDF)*. out. 1932: p. 26-27.

100. REIDY, Affonso Eduardo. "Neighborhood Group (Pedregulho). Location: Rio de Janeiro." *Progressive Architecture*. ago. 1955: p. 104-109.

101. REIDY, Affonso Eduardo. "Neighborhood Public Housing Units in Rio de Janeiro. Pedregulho and Gavea Neighborhood Housing Units, Departamento de Habitação Popular, City of Rio de Janeiro, Brazil." *Architectural Record*. jul. 1958: p. 166-170.

102. REIDY, Affonso Eduardo. "Pedregulho, built by the Housing Department of Rio de Janeiro Municipality." *Architectural Design*. fev. 1951: p. 40-46.

103. REIS, Felipe dos Santos. "O Prof. Dr. Ing. A. Kleinlogel, Sua Vida e Seus Trabalhos." *Concreto*. Rio de Janeiro. jun. 1938, ano II, vol. 1, n. 9: p. 267-268.

104. ROBERTO, Marcelo, and Milton. "ABI" Brazilian Press Association. From new techniques spring new forms." *Architectural Record*. Nova Iorque. dez. 1940, vol. 88: p. 74-79.

105. ROBERTO, Marcelo, and Milton. "Associação Brasileira de Imprensa. O edifício da A.B.I. (1936)." *AU - Arquitetura e Urbanismo*. set./dez. 1940: p. 259-278.

106. ROBERTO, Marcelo, and Milton. "IRB Building at Rio de Janeiro." *Architectural Review*. Londres. jan. 1948, n. 613: p. 7-8.

107. ROBERTO, Marcelo, and Milton. "O Edifício Central do Aeroporto Santos Dumont." *Revista Municipal de Engenharia (PDF)*. jul. 1938: p. 414-420.

108. ROBERTO, Marcelo, and Milton. "O Palácio da Imprensa. ABI - Associação Brasileira de Imprensa." *AU - Arquitetura e Urbanismo*. mar./abr. 1937: p. 64-72.

109. ROBERTO, Marcelo, and Milton. "Rio de Janeiro Airport." *Architectural Review*. Londres. mar. 1947, n. 603: p. 83-88.

110. ROBERTO, Marcelo, and Milton. "Um Edifício Tipo "Duplex" (1937)." *AU - Arquitetura e Urbanismo*. set./out. 1939: p. 628-630.

111. SABBAH, Catherine. "La maison Hennebique un "cobaye" architectural." *Moniteur des Travaux Publics et du Bâtiment*. fev. 2000, n. 18: p. 454.

112. SCHJODT, Rolf. "Long Rigid-Frame Bridge Erected by Cantilever Method." *Engineering News-Record*. 6 ago. 1931: p. 208-209.

113. SIMONNET, C. "The Origins of reinforced concrete." *Rassegna*. mar. 1992, n.49: p. 6-14.

114. SOUZA, A. F. Paula. "Estabilidade das Construções." *Escola Polytechnica*. São Paulo. 1915: p. 328.

LIVROS SOBRE HISTÓRIA GERAL E DO BRASIL

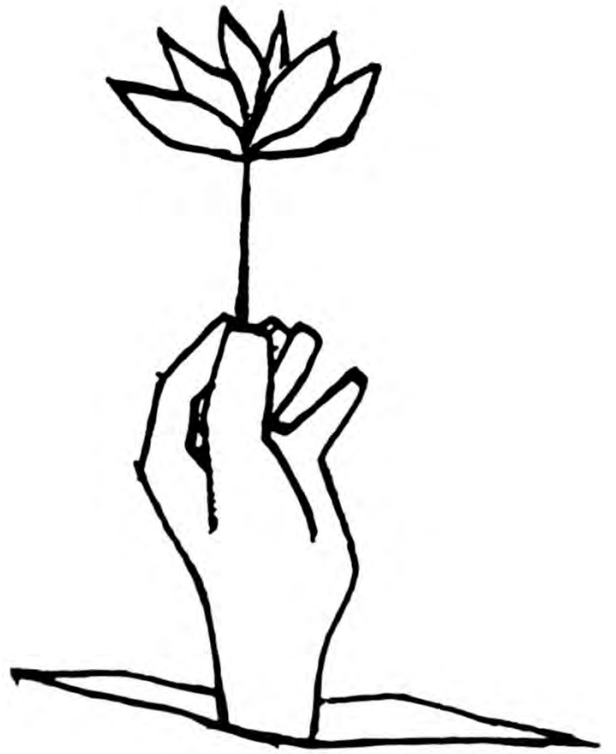
1. ARNAUT, Luiz, and Rodrigo P. Sá. *A segunda grande guerra : do nazi-fascismo à guerra fria*. São Paulo: Atual, 1999.

2. FREIRE, Américo, et al. *A república no Brasil*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil - CPDOC, 2002.

3. ISNENGI, Mario. *História da Primeira Guerra Mundial*. São Paulo: Ática, 1995.

4. LOBO, César, and Carlos Eduardo Novaes. *História do Brasil: de Cabral a Cardoso, 500 anos de novela*. 3ª ed. São Paulo: Ática, 1999.

5. SKIDMORE, Thomas E. *Brasil: de Getúlio Vargas a Castelo Branco, (1930-1964)*. Rio de Janeiro: Saga, 1969.



Anexo

Planilha geral de obras

Em ordem cronológica por data de projeto:

	Nº	PROGRAMA	OBRA	ANO PROJ.	ANO CONST.	ARQUITETO(S)	CALCULISTA(S)
E M E R G Ê N C I A	1	RESIDENCIAL	EDIFÍCIO ESTHER	1935	1938	ÁLVARO VITAL BRAZIL	-
	2	ESCRITÓRIOS	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE IMPRENSA (ABI)	1936	1938	MARCELO E MILTON ROBERTO	-
	3	ESCRITÓRIOS	MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E SAÚDE PÚBLICA (MESP)	1936	1945	LUCIO COSTA E EQUIPE	EMÍLIO BAUMGART
	4	SAÚDE	OBRA DO BERÇO	1937	1942	OSCAR NIEMEYER	EMÍLIO BAUMGART
	5	ESPECIAL	AEROPORTO SANTOS DUMONT	1937	1944	MARCELO E MILTON ROBERTO	GLABE ZAHAROV
	6	ESCRITÓRIOS	LIGA BRASILEIRA CONTRA A TUBERCULOSE (VALPARAÍSO)	1937	1944	MARCELO E MILTON ROBERTO	-
	7	ESCRITÓRIOS	INSTITUTO DOS INDUSTRIÁRIOS (PLÍNIO CATANHEDE)	1938	1940	MARCELO E MILTON ROBERTO	(COMPANHIA CONSTRUTORA NACIONAL)
	8	RESIDENCIAL	GRANDE HOTEL DE OURO PRETO	1939	1940	OSCAR NIEMEYER	ALBINO SANTOS FROUFE
	9	ESPECIAL	PAMPULHA - CASSINO	1940	1942	OSCAR NIEMEYER	JOAQUIM CARDOZO
	10	ESPECIAL	PAMPULHA - CASA BAILE	1940	1942	OSCAR NIEMEYER	ALBINO SANTOS FROUFE
	11	ESPECIAL	PAMPULHA - IATE CLUBE	1940	1943	OSCAR NIEMEYER	JOAQUIM CARDOZO
	12	ESCRITÓRIOS	INSTITUTO DE RESSEGUROS DO BRASIL (IRB)	1941	1942	MARCELO E MILTON ROBERTO	RUI MOREIRA REIS
	13	EDUCACIONAL	ESCOLA RAUL VIDAL	1941	1941	ÁLVARO VITAL BRAZIL	-
	14	INDUSTRIAL	INSTITUTO VITAL BRAZIL	1942	1942	ÁLVARO VITAL BRAZIL	-
	15	RELIGIOSO	PAMPULHA - CAPELA SÃO FRANCISCO	1944	1945	OSCAR NIEMEYER	JOAQUIM CARDOZO
	16	RESIDENCIAL	COLÔNIA DE FÉRIAS DO IRB	1944	1944	MARCELO E MILTON ROBERTO	-
	17	RESIDENCIAL	EDIFÍCIO MMM ROBERTO	1945	1945	MMM ROBERTO	-
C O N S O L I D A Ç Ã O	18	ESCRITÓRIOS	EDIFÍCIO DO BANCO BOA VISTA	1946	1947	OSCAR NIEMEYER	JOAQUIM CARDOZO
	19	RESIDENCIAL	PARQUE GUINLE - BRISTOL	1947	1953	LUCIO COSTA	JOSÉ DE AZEVEDO MARQUES
	20	RESIDENCIAL	PARQUE GUINLE - NOVA CINTRA	1947	1953	LUCIO COSTA	JOSÉ DE AZEVEDO MARQUES
	21	RESIDENCIAL	PARQUE GUINLE - CALEDÔNIA	1947	1953	LUCIO COSTA	JOSÉ DE AZEVEDO MARQUES
	22	RESIDENCIAL	CONJUNTO RESIDENCIAL PEDREGULHO - BLOCO A	1948	1950	AFFONSO EDUARDO REIDY	CARMEM PORTINHO E EQUIPE
	23	EDUCACIONAL	CONJUNTO RESIDENCIAL PEDREGULHO - ESCOLA	1948	1950	AFFONSO EDUARDO REIDY	CARMEM PORTINHO E EQUIPE
	24	ESCRITÓRIOS	EDIFÍCIO BANCO DA LAVOURA	1948	1951	ÁLVARO VITAL BRAZIL	-
	25	ESCRITÓRIOS	EDIFÍCIO SEGURADORAS	1949	1950	MMM ROBERTO	-
	26	ESPECIAL	CLUBE DIAMANTINA	1950	1950	OSCAR NIEMEYER	WERNER MÜLLER
	27	INDUSTRIAL	FÁBRICA DUCHEN	1950	1951	OSCAR NIEMEYER	JOAQUIM CARDOZO
H E G E M O N I A	28	EXPOSIÇÕES	IBIRAPUERA - PALÁCIO DAS NAÇÕES	1951	1953	OSCAR NIEMEYER E EQUIPE	ENG. GUSTAVO GAM
	29	EXPOSIÇÕES	IBIRAPUERA - PALÁCIO DOS ESTADOS	1951	1953	OSCAR NIEMEYER E EQUIPE	ENG. GUSTAVO GAM E EQUIPE
	30	EXPOSIÇÕES	IBIRAPUERA - PALÁCIO DAS INDÚSTRIAS	1951	1954	OSCAR NIEMEYER E EQUIPE	ENG. LUIZ J. DA COSTA LEITE
	31	EXPOSIÇÕES	IBIRAPUERA - PALÁCIO DAS ARTES	1953	1954	OSCAR NIEMEYER E EQUIPE	JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
	32	ESCRITÓRIOS	IBIRAPUERA - PALÁCIO DA AGRICULTURA	1955	-	OSCAR NIEMEYER E EQUIPE	-
	33	ESPECIAL	IBIRAPUERA - GRANDE MARQUISE	1951	1955	OSCAR NIEMEYER E EQUIPE	FERNANDO PAES DA SILVA
	34	RESIDENCIAL	EDIFÍCIO GOVERNADOR KUBITSCHKE	1951	-	OSCAR NIEMEYER	JOAQUIM CARDOZO
	35	EDUCACIONAL	ESCOLA JULIA KUBITSCHKE	1951	1952	OSCAR NIEMEYER	-
	36	RESIDENCIAL	HOTEL DIAMANTINA	1951	1951	OSCAR NIEMEYER	JOAQUIM CARDOZO
	37	RESIDENCIAL	EDIFÍCIO MARQUÊS DO HERVAL	1952	1955	MMM ROBERTO	-
	38	RESIDENCIAL	EDIFÍCIO FINÚSIA E DONA FÁTIMA	1952	1954	MMM ROBERTO	-
	39	SAÚDE	HOSPITAL SULAMERICA (HOSPITAL DA LAGOA)	1952	1959	OSCAR NIEMEYER	MORALES RIBEIRO
	40	EDUCACIONAL	COLÉGIO ESTADUAL	1952	-	OSCAR NIEMEYER	J. ALVARIZ
	41	EXPOSIÇÕES	MUSEU DE ARTE MODERNA (MAM-RJ)	1953	1968	AFFONSO EDUARDO REIDY	CARMEM PORTINHO, ESC. EMÍLIO BAUMGART Fº
	42	RESIDENCIAL	EDIFÍCIO OSCAR NIEMEYER	1954	1960	OSCAR NIEMEYER	PAULO MARQUES DE SOUZA
	43	ESCRITÓRIOS	JOCKEY CLUBE BRASILEIRO	1956	1956	LUCIO COSTA	-
	44	ESPECIAL	PALÁCIO DA ALVORADA	1957	1958	OSCAR NIEMEYER	JOAQUIM CARDOZO
45	ESPECIAL	PALÁCIO DO PLANALTO	1958	1960	OSCAR NIEMEYER	JOAQUIM CARDOZO	
46	ESPECIAL	PALÁCIO DO CONGRESSO NACIONAL	1958	1960	OSCAR NIEMEYER	JOAQUIM CARDOZO	
47	RELIGIOSO	CATEDRAL DE BRASÍLIA	1959	1960	OSCAR NIEMEYER	JOAQUIM CARDOZO	

CONSTRUTOR(A)	LOCALIZAÇÃO	TIPO ESTRUTURAL	SEÇÃO PILOTIS	VÃO MAIOR	VÃO MENOR	BALANÇO MAIOR	BALANÇO MENOR
A.R.N SOCIEDADE CONSTRUTORA	SÃO PAULO/SP	RETICULAR ALTO	CIRCULAR	4,00	2,65	1,30	-
DUARTE E CIA	RIO DE JANEIRO/RJ	RETICULAR ALTO	MISTO	13,60	6,80	2,30	-
DIVISÃO DE OBRAS DO MESP	RIO DE JANEIRO/RJ	RETICULAR ALTO	CIRCULAR	24,00 (*)	6,16	1,53	0,775
CAVALCANTI E MACHADO	RIO DE JANEIRO/RJ	RETICULAR BAIXO	CIRCULAR	7,5	4,00	2,50	-
CÉSAR GRILO	RIO DE JANEIRO/RJ	RETICULAR BAIXO	CIRCULAR	28,80	4,00	-	-
DIVISÃO DE ENG. IAPI	RIO DE JANEIRO/RJ	RETICULAR ALTO	MISTO	8,00	-	2,30	-
DIVISÃO DE ENG. IAPI	RIO DE JANEIRO/RJ	RETICULAR ALTO	MISTO	7,00	6,65	4,50	-
-	OURO PRETO/MG	RETICULAR BAIXO	QUADRADO	6,00	3,20	2,30	-
AJAX CORRÊA RABELLO	BELO HORIZONTE/MG	RETICULAR BAIXO	CIRCULAR	13,70	1,00	1,70	0,90
AJAX CORRÊA RABELLO	BELO HORIZONTE/MG	RETICULAR BAIXO	CIRCULAR	20,00	3,50	-	-
AJAX CORRÊA RABELLO	BELO HORIZONTE/MG	RETICULAR BAIXO	MISTO	11,00	4,00	1,45	-
INSTITUTO DE RESSEGUROS DO BRASIL	RIO DE JANEIRO/RJ	RETICULAR ALTO	CIRCULAR	8,00	6,00	2,00	1,00
-	NITERÓI/RJ	RETICULAR BAIXO	CIRCULAR	7,00	3,00	2,00	-
-	NITERÓI/RJ	RETICULAR BAIXO	CIRCULAR	3,80	2,00	-	-
-	BELO HORIZONTE/MG	ABOBADADO	-	16,00	4,30	-	-
-	RIO DE JANEIRO/RJ	RETICULAR BAIXO	CIRCULAR	9,00	3,00	-	-
FERNANDO BASTOS SIQUEIRA	RIO DE JANEIRO/RJ	RETICULAR ALTO	-	5,50	4,00	2,00	-
JOSE DE A. MARQUES SALES	RIO DE JANEIRO/RJ	RETICULAR ALTO	CIRCULAR	7,50	5,80	2,80	0,80
SERVIX ENGENHARIA LTDA.	RIO DE JANEIRO/RJ	RETICULAR ALTO	CIRCULAR	6,25	4,25	1,30	0,65
SERVIX ENGENHARIA LTDA.	RIO DE JANEIRO/RJ	RETICULAR ALTO	CIRCULAR	5,60	2,20	1,35	0,65
SERVIX ENGENHARIA LTDA.	RIO DE JANEIRO/RJ	RETICULAR ALTO	CIRCULAR	6,25	4,25	1,30	0,65
DEP. HABITAÇÃO POPULAR	RIO DE JANEIRO/RJ	RETICULAR ALTO	CIRCULAR	7,60	5,80	2,80	-
DEP. HABITAÇÃO POPULAR	RIO DE JANEIRO/RJ	MISTO	CIRCULAR	20,00	4,00	2,10	-
-	BELO HORIZONTE/MG	RETICULAR ALTO	CIRCULAR	6,40	3,00	1,00	-
ENG. JULIO BARROS BARRETO	RIO DE JANEIRO/RJ	RETICULAR ALTO	CIRCULAR	10,40	3,70	1,50	0,70
-	DIAMANTINA/MG	MISTO	-	45,00	25,00	8,00	-
-	SÃO PAULO/SP	EXOESQUELETO	MISTO	18,00	6,00	8,00	1,00
CONST. MARTINS ENGEL LTDA	SÃO PAULO/SP	RETICULAR BAIXO	"V" PERPENDICULAR	10,00	-	1,00	-
SOCIEDADE NACIONAL DE ENGENHARIA	SÃO PAULO/SP	RETICULAR BAIXO	"V" PERPENDICULAR	10,00	-	1,00	-
ENG. JOSÉ RUDOLFF	SÃO PAULO/SP	RETICULAR BAIXO	"V" PERPENDICULAR	13,00	10,00	7,50	-
MONTEIRO, WIGDEROWITZ & MONTEIRO	SÃO PAULO/SP	MISTO	-	76,00	9,00	5,00	-
-	SÃO PAULO/SP	RETICULAR ALTO	"V" PARALELO	12,00	6,00	4,00	1,75
ESCRITÓRIO ECEL LTDA	SÃO PAULO/SP	RETICULAR BAIXO	MISTO	28,00	6,00	9,00	3,00
ALCASAN, WADY SIMÃO E CONST RABELLO	BELO HORIZONTE/MG	RETICULAR ALTO	"W" PARALELO	12,00	-	1,70	-
-	DIAMANTINA/MG	RETICULAR BAIXO	MISTO	7,00	6,00	2,00	-
-	DIAMANTINA/MG	EXOESQUELETO	PÓRTICOS	12,00	6,00	-	-
ESCRITÓRIO TÉCNICO JOÃO CARLOS VITAL	RIO DE JANEIRO/RJ	RETICULAR ALTO	ELÍPTICO	10,00	5,00	1,50	-
COMP. BRASILEIRA DE EMPREENDIMENTOS ECONÔMICOS	RIO DE JANEIRO/RJ	RETICULAR ALTO	ELÍPTICO	8,00	3,80	1,40	-
CIA. CONSTRUTORA PEDERNEIRAS	RIO DE JANEIRO/RJ	RETICULAR ALTO	"V" PARALELO	6,70	5,50	1,20	-
CONSTRUTORA COMÉRCIO	CAMPO GRANDE/MT	MISTO	-	30,00	8,00	-	-
-	RIO DE JANEIRO/RJ	EXOESQUELETO	PÓRTICOS	38,75	10,00	4,97	1,70
CONSTRUTORA WALDEMAR POLIZZI	BELO HORIZONTE/MG	RETICULAR ALTO	PAREDE-PILAR	6,65	2,00	2,50	1,70
CHRISTIANI & NIELSEN	RIO DE JANEIRO/RJ	RETICULAR ALTO	RETANGULAR	10,00	5,00	3,00	1,00
CONSTRUTORA RABELLO	BRASÍLIA/DF	RETICULAR BAIXO	-	30,00	10,00	3,50	-
ENG. FAUSTO A. F. FAVALE	BRASÍLIA/DF	RETICULAR BAIXO	CIRCULAR	70,00	11,00	2,50	-
COMPANHIA CONSTRUTORA NACIONAL	BRASÍLIA/DF	MISTO	CIRCULAR	60,00	10,00	5,00	-
CARLOS MAGALHÃES	BRASÍLIA/DF	EXOESQUELETO	-	60,00	-	-	-

(*) O vão de 24m no edifício do MESP corresponde à cobertura do auditório. No bloco de escritórios o vão máximo da estrutura reticular é de 8,85m.