

## **Impacto econômico da execução do projeto estrutural em uma residência localizada no bairro Tarumã em Manaus/Amazonas**

### **Economic impact of the implementation of the structural project in a residence located in the Tarumã neighborhood in Manaus/Amazonas**

DOI:10.34117/bjdv8n11-283

Recebimento dos originais: 24/10/2022

Aceitação para publicação: 24/11/2022

#### **Vielka Pamela Suarez Barba**

Discente de Engenharia Civil

Instituição: Universidade Nilton Lins (UNL)

Endereço: Av. Prof. Nilton Lins, 3259, Flores, Manaus - AM

E-mail: vielka.suarez99@gmail.com

#### **Igor Nonato Almeida Pereira**

Mestre em Ciências e Engenharia de Materiais

Instituição: Universidade Federal do Amazonas (UFAM)

Endereço: Av. Prof. Nilton Lins, 3259, Flores, Manaus - AM

E-mail: igor.pereira@uniniltonlins.edu.br

#### **Érika Cristina Nogueira Marques Pinheiro**

Especialista em Didática no Ensino Superior Tutoria e Docência em EAD

Instituição: Universidade Nilton Lins (UNL)

Endereço: Av. Prof. Nilton Lins, 3259, Flores, Manaus - AM

E-mail: erikamarquespinheiro@gmail.com

### **RESUMO**

O projeto estrutural na execução de obras influencia diretamente a eficácia construtiva final, tanto em obras de baixa quanto de alta complexidade. Através de dimensionamentos estruturais é possível obter dados específicos relevantes ao levantamento de materiais, decisões de métodos construtivos, técnicas de planejamento e otimização de cronograma, além de corroborar no efetivo orçamento de uma obra, controle de riscos e patologias. Nesse contexto, o trabalho tem como objetivo estudar o impacto econômico estrutural em uma obra residencial no localizada no bairro Tarumã, em Manaus/Amazonas. Foi verificado através das planilhas de custos e análises de dados, que os serviços da estrutura possuem significativa diferença entre o custo estimado e executado. Contudo, as etapas finalizadas demonstraram que a construção da residência ocorreu de maneira satisfatória.

**Palavras-chave:** estruturas, projeto estrutural, planilha de custo, impacto econômico.

### **ABSTRACT**

The structural project in the construction execution directly influences the final constructive effectiveness, both in works of low and high complexity. Through structural dimensioning it is possible to obtain specific data relevant to the survey of materials, decisions on construction methods, planning techniques and schedule optimization, besides corroborating the effective budget of a work, control of risks and pathologies. In this context, the work aims to study the structural economic impact on a residential

construction in the Tarumã neighborhood in Manaus/Amazonas. It was verified through the cost spreadsheets and data analysis that the structural services have the most differences between the estimated and executed costs. However, the finalized stages demonstrated that the construction of the residence occurred in a satisfactory way.

**Keywords:** structures, structural project, cost spreadsheet, economic impact.

## 1 INTRODUÇÃO

Os primeiros projetos estruturais para a construções de residências e edifícios apontam que a produção era proveniente de forma manual, com elevada carga horária, visto que grande parte compunha de cálculos expressivos, verificação de ábacos e análise de parte empírica. Como consequência, a realidade dos fatores negativos como a ocorrência de acidentes de pequena e larga escala era constante, o que era refletido no valor total das obras.

Esse cenário passou a mudar a partir da década de 90, com o início do uso de softwares. Entretanto, segundo dados de Celik et. al. (2021), mesmo que em menor número, os problemas persistiam pela falta de mão de obra qualificada perante às tecnologias digitais, ocorrendo também a redução do valor pago ao projeto estrutural, pois, sob a ótica do mercado, o profissional não precisava mais trabalhar com o período de tempo de antes.

Perante ao projeto arquitetônico, levantamento topográfico, investigações do solo, projetos complementares, o correto cumprimento da NBR 6118 (ABNT, 2014) que dita as diretrizes nos procedimentos de estrutura de concreto armado bem como a NBR 9062 (ABNT, 2017) para o projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado, implica na eficácia do processo construtivo de uma obra em todos seus âmbitos, sendo fator fundamental a ser considerado para o cumprimento de orçamentos previstos.

A construção que atenda o que foi previsto no orçamento de uma obra, ao que afirma Bezerra (2018) depende de um projeto estrutural que obedeça aos critérios de segurança, economia e compatibilidade com a arquitetura proposta. Para que estes critérios sejam satisfatórios é essencial mão de obra especializada no planejamento e elaborações técnicas projetuais. Dessa forma, a importância do estudo neste segmento irá refletir em como o correto processo de execução estrutural influencia na minoração de riscos, retrabalho, patologias estruturais e descarte da necessidade de aditivos na planilha orçamentária.

No estado do Amazonas, o estudo é relevante para a mudança da realidade atual, na qual apresenta-se um cenário onde há a demanda no setor construtivo em contrapartida ao baixo índice de profissionais qualificados na área estrutural. Sendo, portanto, possível verificar que quanto maiores incentivos área, mais positivos serão os impactos econômicos na execução satisfatória de obras como um todo.

Diante disso, este artigo tem o intuito de estudar o impacto econômico estrutural do processo construtivo em uma obra residencial localizada no bairro Tarumã em Manaus/Amazonas. Ademais, objetiva-se apresentar o projeto estrutural da obra, calcular o quantitativo dos materiais do projeto estrutural, realizar cotação de preço dos materiais, elaborar planilhas de custo da obra e comparar o custo total da execução com o custo da obra.

## 2 METODOLOGIA

Para a produção deste trabalho, primeiramente serão realizadas pesquisas a fim de compor embasamento geral teórico, onde permitirão apresentar definições contextuais referentes aos projetos estruturais, as normas técnicas específicas vigentes de execução bem como dados acerca do detalhamento e dimensionamento estrutural.

A metodologia, nesse sentido, classifica-se em abordagem primordialmente quantitativa e secundariamente qualitativa e descritiva, pois colhe dados do impacto econômico do projeto estrutural de determinada residência, apresenta cotação de materiais, elaboração de planilhas de custos e informações de projeto.

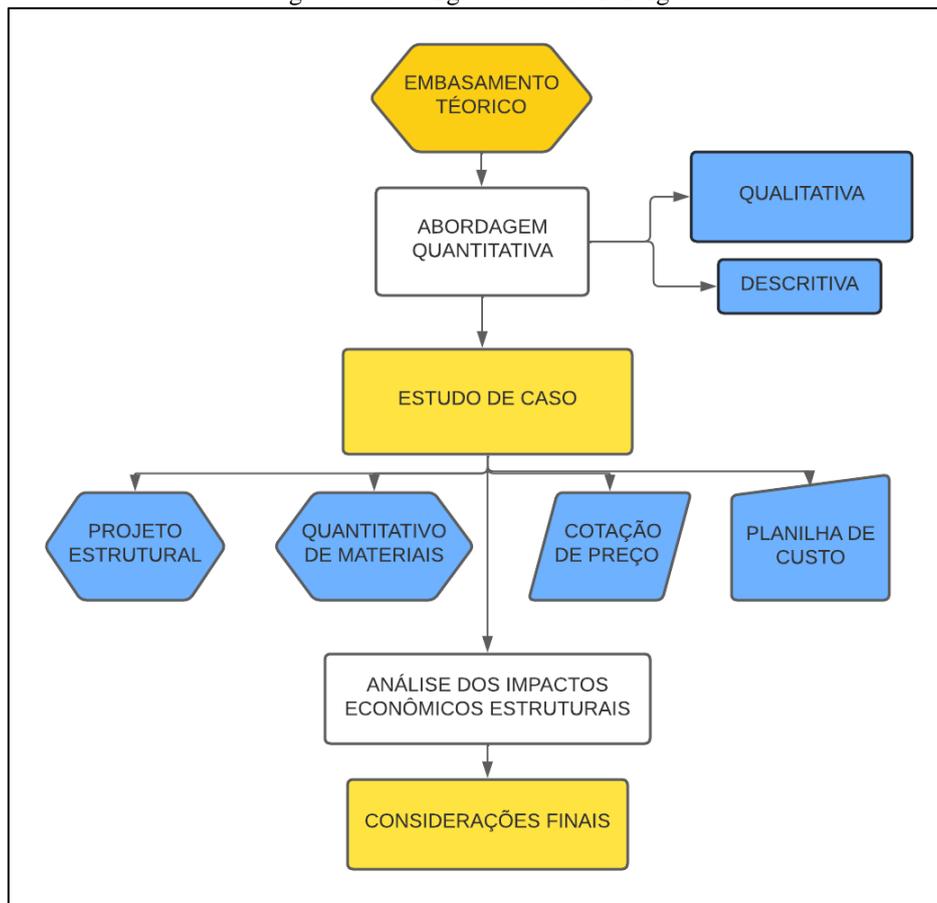
As informações coletadas têm função de gerar uma análise e devidas comparações de serviços durante o processo executivo da obra, evidenciando custos e otimização dos dados.

Nas considerações finais almeja-se expor percepções acerca do aprendizado que o presente artigo traz para construção civil no geral, bem como diretamente para o ramo estrutural de projetos, apresentando discussões dos resultados e interpretações do que foi construído e descrito na obra em questão.

Serão sugeridas mais pesquisas que visam motivar áreas do conhecimento técnico acerca do tema bem como maiores incentivos de capacitação de profissionais para a área estrutural.

O fluxograma na Figura 1, explana a metodologia.

Figura 1 – Fluxograma da Metodologia



### 3 RESULTADOS

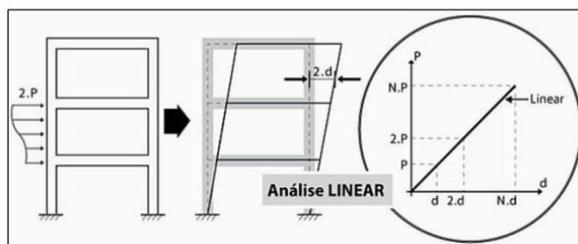
#### 3.1 ANÁLISE ESTRUTURAL

A principal norma vigente que dita a análise estrutural, é a NBR 6118 (ABNT, 2014) e dentre as principais, pode-se citar como primordiais os fundamentos definidos na análise linear e análise não linear.

Entende-se que um material é elástico-linear quando após sofrer deformações, devido às ações externas, retorna a sua forma inicial com a retirada do carregamento. Quando este mesmo material, para a situação citada, retorna totalmente a sua forma inicial é chamado de material perfeitamente elástico, porém se quase toda a deformação foi revertida o material é chamado de parcialmente elástico. Dessa forma, a análise linear consiste em considerar que os materiais têm comportamento elástico-linear.

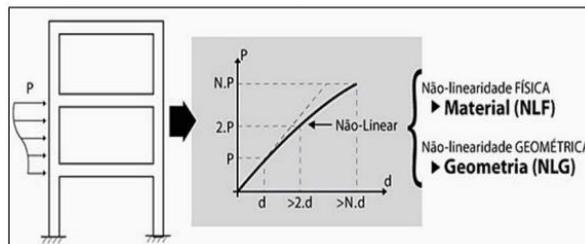
Já a análise não linear, impõe que para um determinado carregamento aplicado a relação entre tensão e deformação não possui relação proporcional como na análise linear, ou seja, a análise não-linear é caracterizada por expor uma relação não-linear entre tensão e deformação. (FONTES, 2005).

Figura 2 – Demonstração de análise linear



Fonte: Kimura (2007)

Figura 3 – Demonstração de análise não linear



Fonte: Kimura (2007)

Como observado na figura 2 e 3, em comparação à análise linear, na análise não linear não existe um módulo de elasticidade fixo e definido, pois este agora pode variar em cada ponto da relação tensão e deformação.

### 3.2 CONCEITOS ESTRUTURAIS BÁSICOS

Define-se estrutura como o conjunto dos elementos interligados de uma construção, que é estável para determinada carga, composto com a finalidade de receber e transmitir esforços. Dentre os elementos de uma estrutura, os principais em edifícios são as lajes, vigas, pilares e fundação (ROLIM, 2022).

A tabela 1, explana esses elementos com suas respectivas definições.

Tabela 1 – Principais elementos estruturais

ELEMENTO ESTRUTURAL	DEFINIÇÃO
LAJES	São placas que, além das cargas permanentes, recebem as ações de uso e as transmitem para as vigas, também tem a função de travar as vigas e pilares de um pavimento.
VIGAS	São barras horizontais que delimitam as lajes, suportam paredes e recebem ações das lajes ou de outras vigas e as transmitem aos pilares.
PILARES	São barras verticais que recebem as ações das vigas e dos andares superiores e que transmitem essas ações para os elementos inferiores ou para a fundação.
TIRANTES	Elementos lineares de eixo reto em que as forças normais de tração são preponderantes.

ARCOS	Elementos lineares curvos em que as forças normais de compressão são preponderantes agindo ou não simultaneamente com esforços solicitantes de flexão, cujas ações estão contidas em seu plano
ESCADAS	São lajes inclinadas com degraus sobre elas, executadas para vencer os desníveis entre pavimentos.
FUNDAÇÃO	São elementos que recebem os esforços da estrutura e as transferem para o solo

Fonte: Adaptado de Rolim (2022) e NBR 6118 (ABNT, 2014)

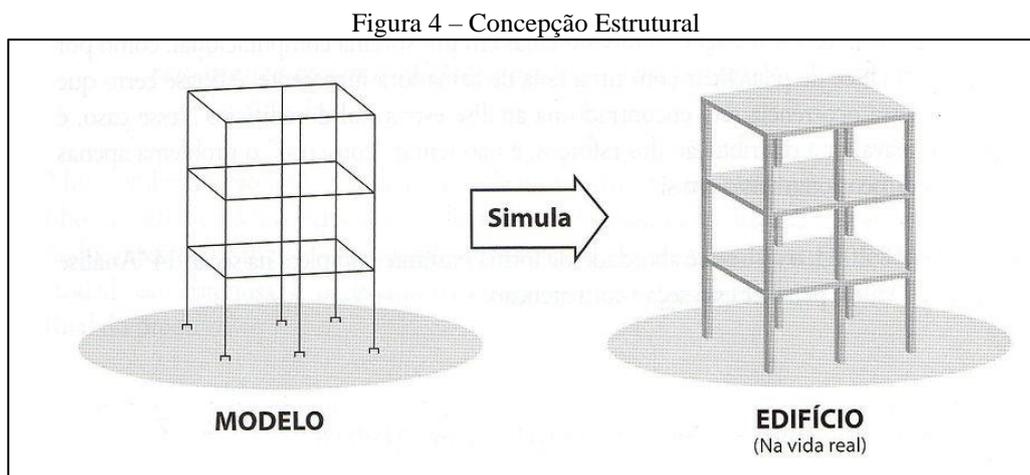
### 3.3 CONCEPÇÃO ESTRUTURAL

Ainda segundo Rolim (2022), a concepção estrutural consiste em escolher um sistema estrutural que componha a parte resistente do edifício e os tipos dos seus principais elementos.

Após a escolha do sistema estrutural, segue a etapa denominada “lançamento da estrutura” que tem por objetivo escolher os elementos a serem utilizados e definir suas posições, a fim de absorver os esforços provenientes das cargas atuantes e conduzi-las às fundações e, conseqüentemente, ao solo.

No projeto estrutural, a solução adotada deve atender aos requisitos estabelecidos nas normas técnicas, relativos à capacidade resistente, ao desempenho em serviço e à durabilidade da estrutura. Deve levar em conta, também, a finalidade da edificação e atender, tanto quanto possível, às imposições da arquitetura.

A figura 4 ilustra o que se propõe na concepção estrutural.



Fonte: Adaptado de Rolim (2022)

Na fase do projeto modelo, figura 2 acima, utiliza-se o cálculo estrutural para determinar os efeitos que as cargas exercem sobre estruturas físicas. Com esta análise, emprega-se conceitos da mecânica aplicada, matemática aplicada e ciência dos materiais

para calcular as forças internas, deformações da estrutura, tensão, estabilidade e reações de apoio (TIOTTO, s/a).

### 3.4 PROJETO DE ARQUITETURA

Segundo Odebrecht (2006), a arquitetura tem como função a resolução de problemas de ordem funcional e de ordem estética, observando o contexto em que se inserem, tanto o físico, como o cultural, o socioeconômico e o tecnológico. Nesse sentido, o projeto arquitetônico é, portanto, a materialização da concepção. É por meio dele que as ideias deixam de ser abstratas e tomam forma.

Afirma-se, portanto, que o o projeto arquitetônico representa a base para a elaboração do projeto estrutural. Ambos estrutural devem estar em harmonia com os demais projetos complementares, tais como: de instalações elétricas, hidráulicas, telefonia, interfonia, ar condicionado e outros, de modo a permitir a coexistência dos diversos sistemas.

A definição do arcabouço estrutural começa com a localização dos pilares e prossegue com o posicionamento das vigas e das lajes, nessa ordem, levando em conta, contudo, o projeto arquitetônico (ROLIM, 2022).

A tabela 2 demonstra as principais fases que compõem um projeto arquitetônico.

Tabela 2 – Etapas do projeto arquitetônico

ETAPA	DESCRIÇÃO	
1) ENTREVISTA/ PROGRAMA DE NECESSIDADES	Momento de decisão onde é discutido o que se deseja na obra, quantidade e especificidade de cada ambiente, padrão e expectativa de custo, técnica construtiva e materiais desejados. Devem ser mostradas referências arquitetônicas.	
2) ANTEPROJETO/ ESTUDO PRELIMINAR	Primeira proposta gráfica apresentada para posterior revisões e considerações. Fase onde é apresentada a proposta.	Planta baixa
		Implantação
		Situação
		Planta de cobertura
		Cortes
		Fachadas
	Análise do terreno	Maquetes
		Insolação
		Ventilação
		Ruídos
3) PROJETO EXECUTIVO	O projeto executivo exige maior quantidade técnica de detalhes. Será utilizado para a aprovação na Prefeitura, por possuir todos os detalhes exigidos. Em alguns locais recebe o nome de Projeto Legal. As prefeituras exigem um mínimo de desenhos necessários, que normalmente são: planta baixa, implantação, situação, planta de cobertura, cortes e fachadas,	Visadas
		Topografia
		Análise da legislação

Fonte: Adaptado de Gaspar (2020)

Quanto ao anteprojeto, etapa 2 da tabela 2, acrescenta-se que esta é a fase onde é expressa a criatividade e conhecimento técnico do profissional de arquitetura responsável pela obra, indo além do aspecto estético. Além do mais, as informações contidas na análise do terreno permitem planejar posicionamento de cômodos, conforto, controle de ruídos e paisagem.

### 3.5 REQUISITOS GERAIS DE QUALIDADE DA ESTRUTURA E AVALIAÇÃO DA CONFORMIDADE DO PROJETO

A NBR 6118 (ABNT, 2014) estabelece os requisitos de qualidade de uma estrutura de concreto, classificados e verificados abaixo.

- **Capacidade resistente:** consiste basicamente na segurança à ruptura;
- **Desempenho em serviço:** Consiste na capacidade de a estrutura manter-se em condições plenas de utilização durante sua vida útil, não podendo apresentar danos que comprometam em parte ou totalmente o uso para o qual foi projetada.
- **Durabilidade:** Consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e pelo contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.

Acerca da avaliação da conformidade do projeto, a NBR supracitada estabelece que esta deve ser realizada por profissional habilitado, independente e diferente do projetista, requerida e contratada pelo contratante, e registrada em documento específico, que acompanhará a documentação do projeto.

O contratante definirá em comum acordo com o projetista, as demais prerrogativas, exigências e necessidades para atendimentos da Norma, sempre que alguma tomada de decisão resultar em responsabilidades presentes e futuras de ambas as partes.

A avaliação da conformidade do projeto deve ser realizada antes da fase de construção e, de preferência, simultaneamente com a fase de projeto. A NBR 6118 (ABNT, 2014) estabelece os critérios de aceitação do projeto, do recebimento do concreto e aço e da confecção do manual de utilização, inspeção e manutenção.

### 3.6 AÇÕES NA ESTRUTURA

Conforme consta na NBR 6118 (ABNT, 2014), na análise estrutural deve ser considerada a influência de todas as ações que possam produzir efeitos significativos para

a segurança da estrutura em exame, levando-se em conta os possíveis estados limites últimos e os de serviço.

Assim, a NBR 8681 (ABNT, 2003) descreve a classificação das ações em permanentes, variáveis e excepcionais. As ações permanentes são as que ocorrem com valores praticamente constantes durante toda a vida da construção. Também são consideradas permanentes as ações que aumentam no tempo, tendendo a um valor-limite constante. Já as ações variáveis diretas são constituídas pelas cargas acidentais previstas para o uso da construção, pela ação do vento e da água, devendo-se respeitar as prescrições feitas por Normas Brasileiras específicas. Por fim, no projeto de estruturas sujeitas a situações excepcionais de carregamento, cujos efeitos não possam ser controlados por outros meios, devem ser consideradas ações excepcionais com os valores definidos, em cada caso particular, por normas brasileiras específicas.

### 3.7 ESTADOS LIMITE

Para as estruturas de concreto, devem ser considerados os estados-limites últimos e os estados-limites de serviço.

#### 3.7.1 Estados-limites últimos (ELU)

São aqueles relacionados ao colapso, ou a qualquer outra forma de ruína estrutural, que determine a paralisação do uso da estrutura. Camacho (2005), mostra que a segurança das estruturas de concreto deve sempre ser verificada em relação aos seguintes estados limites últimos:

- Estado limite último da perda do equilíbrio da estrutura, admitida como corpo rígido;
- Estado limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, devido às solicitações normais e tangenciais;
- Estado limite último de esgotamento da capacidade resistente da estrutura, no seu todo ou em parte, considerando os efeitos de segunda ordem;
- Estado limite último provocado por solicitações dinâmicas;
- Casos especiais.

### 3.7.2 Estado-limite de serviço (ELS)

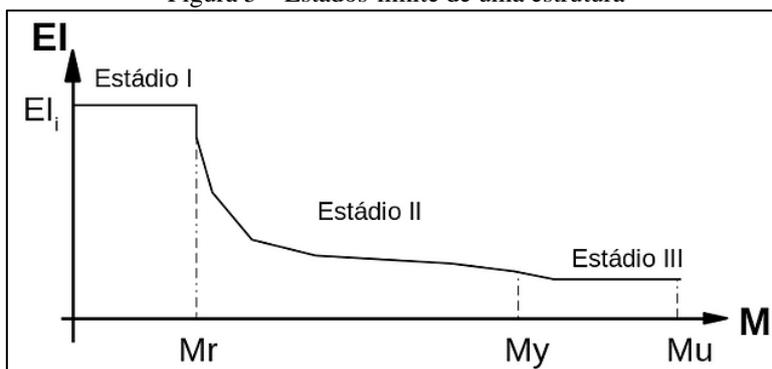
Correspondem à impossibilidade do uso normal da estrutura, estando relacionados à durabilidade das estruturas, aparência, conforto do usuário e a boa utilização funcional da mesma, seja em relação aos usuários, seja às máquinas e aos equipamentos utilizados.

Podem se originar de uma das seguintes causas:

- Estado limite de formação de fissuras;
- Estado limite de abertura de fissuras;
- Estado limite de deformações excessivas;
- Estado limite de vibrações excessivas;
- Casos especiais.

Verifica-se o esquema dos estados-limites na figura 5.

Figura 5 – Estados-limites de uma estrutura



Fonte: Adaptado

### 3.8 INSTABILIDADE E EFEITOS DE 2ª ORDEM

O quadro 1 explana os três tipos de instabilidade existentes nas estruturas. Nas estruturas de concreto armado, o estado-limite último de instabilidade é atingido sempre que, ao crescer a intensidade do carregamento e, portanto, das deformações, há elementos submetidos a flexo-compressão em que o aumento da capacidade resistente passa a ser inferior ao aumento da sollicitação.

Quadro 1 – Tipos de instabilidade na estrutura

Tipos de instabilidade na estrutura
a) Nas estruturas sem imperfeições geométricas iniciais, pode haver, para casos especiais de carregamento, perda de estabilidade por bifurcação do equilíbrio: flambagem;
b) Em situações particulares (estruturas abatidas), pode haver perda de estabilidade sem bifurcação do equilíbrio por passagem brusca de uma configuração para outra reversa da anterior (ponto - limite com reversão);

c) Em estruturas de material de comportamento não linear, com imperfeições geométricas iniciais, não há perda de estabilidade por bifurcação do equilíbrio, podendo, no entanto, haver perda de estabilidade quando, ao crescer a intensidade do carregamento, o aumento da capacidade resistente da estrutura passa a ser menor do que o aumento da sollicitação (ponto-limite sem reversão).

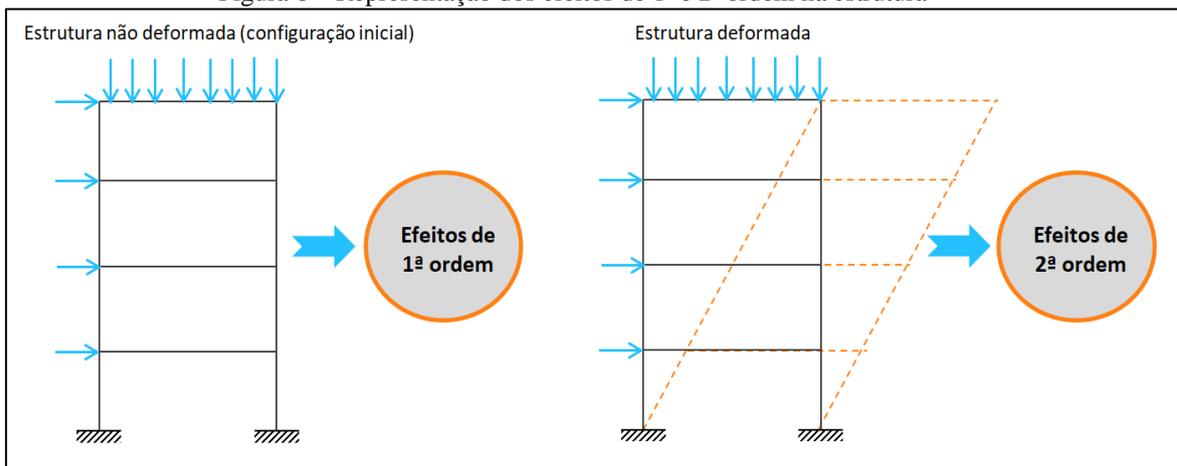
Fonte: Adaptado da NBR 6118 (ABNT, 2014)

Ademais, nos casos a) e b) podem ocorrer para estruturas de material de comportamento linear ou não linear.

Sobre os efeitos de 2ª ordem, a NBR 6118 (ABNT, 2014) define como aqueles onde se somam aos obtidos em uma análise de primeira ordem, no qual o equilíbrio da estrutura é estudado na configuração geométrica inicial, quando a análise do equilíbrio passa a ser efetuada considerando a configuração deformada.

Na figura 6, observa-se o comportamento do efeito de primeira e segunda ordem em uma estrutura.

Figura 6 – Representação dos efeitos de 1ª e 2ª ordem na estrutura



Fonte: SHNEIDER (2020)

Os efeitos de 2ª ordem, em cuja determinação deve ser considerado o comportamento não linear dos materiais, podem ser desprezados sempre que não representarem acréscimo superior a 10% nas reações e nas sollicitações relevantes na estrutura.

### 3.9 POSIÇÃO DOS PILARES

Os estudos de Rolim (2020), discorrem que recomendasse iniciar a locação dos pilares pelos cantos e, depois, pelos pontos que sejam coincidentes em todos os andares. Em seguida, posicionam-se os pilares de extremidade e os internos, procurando embuti-

los nas paredes. Em qualquer caso, deve-se buscar respeitar as condições impostas pelo projeto de arquitetura.

Logo, devem-se formar pórticos de vigas e pilares. Para isso, sempre que possível, os pilares devem ser alinhados. Essa configuração em forma de retângulos contribui de modo significativo para a estabilidade global da edificação.

Após a locação dos pilares, é importante conferir as distâncias entre eles. Para edificações, usualmente as distâncias devem ser da ordem de 3m a 5m entre seus dos pilares. Distâncias muito grandes geram vigas com dimensões incompatíveis. Pilares muito próximos, por outro lado, podem causar problemas nos elementos de fundação. Em qualquer dos casos, os custos de construção aumentam.

### 3.10 POSIÇÃO DE VIGAS E LAJES

O lançamento prossegue com o posicionamento das vigas nos respectivos andares. Além das vigas que ligam os pilares, outras vigas podem ser necessárias, por exemplo, para dividir um painel de laje com grandes dimensões ou para suportar uma parede divisória e evitar que se apoie diretamente sobre a laje.

Para atender as exigências do projeto arquitetônico e minimizar as interferências no acabamento e no aproveitamento dos espaços, normalmente adota-se como largura das vigas a espessura das paredes. As alturas das vigas, influenciada pelo vão entre apoios, devem ser determinadas levando-se em conta as aberturas de portas e janelas e de outros espaços livres previstos no projeto de arquitetura.

Como as vigas delimitam os painéis de laje, suas disposições devem levar em conta o menor vão de lajes ( $l_x$ ), que para lajes maciças, é da ordem de 3 a 4m. O posicionamento das lajes fica, então praticamente definido pelo arranjo de vigas (ROLIM, 2020).

### 3.11 ANÁLISE ESTRUTURAL DA OBRA TARUMÃ

#### 3.11.1 Caracterização da área de estudo

O imóvel analisado teve tipologia de característica residencial, com sistema construtivo convencional de estrutura de concreto e blocos de vedação, onde a área construída total foi de 168,03m<sup>2</sup> em um terreno de 360m<sup>2</sup>. Sua localização é na Avenida Sócrates Bonfim, no bairro Tarumã, cidade de Manaus/Amazonas.

A figura 8 refere-se à planta de localização.

Figura 8 – Localização da área de construção da residência



Fonte: Google Maps (2022)

Os serviços e especificações a serem aplicadas na obra em questão foram otimizados na tabela 3.

Tabela 3 – Descrições a serem aplicados no imóvel de estudo

Cobertura	Teto	Pavto	Quarto	Suit	Sala	Vaga	Tipo de Vagas
<b>Laje Impermeabilizada</b>	<b>Forro</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>Coberta(s)</b>
Acabamento Paredes Externas	Louças e Metais	Área Serviço		Cozinha		Água Quente	
<b>Pintura/Textura/Grafiato</b>	<b>Linha Média</b>	<b>Interna</b>		<b>Cozinha</b>		<b>Aquecimento solar</b>	
Acabamento Paredes Internas	Paredes./Painéis Áreas Secas	Calefação		Sustentabilidade		Implantação/ Inserção	
<b>Pintura/Textura/Grafiato</b>	<b>Alvenaria</b>	<b>Não</b>		<b>Não</b>		<b>Condomínio</b>	
Revest.Pards. Áreas Molhadas	Revest.Piso Áreas Secas	Revest.Piso Áreas Molhadas					
<b>Porcelanato 1ª</b>	<b>Porcelanato 1ª</b>	<b>Cerâmica Comercial</b>					
Esquadrias Externas	Esquadrias Internas	Abastecimento d'Água					
<b>Alumínio</b>	<b>Alumínio</b>	<b>Poço</b>					
Drenagem	Coleta/Tratmto. Esgoto	Ger. Alternat. de Energia					
<b>Rede de Água Pluvial</b>	<b>Rede de Esgoto</b>	<b>Nenhuma</b>					

Fonte: Adaptado de Pereira (2022)

Quanto ao projeto estrutural, a descrição de vigas, pilares e lajes estão de acordo ao que se observa nas figuras 9 e 10 e 11.

Figura 9 – Descrição dimensional das vigas

Vigas			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
V1	15x45	0	315
V2	15x40	0	315
V3	15x40	0	315
	15x50	10	325
V4	15x30	0	315
V5	15x50	0	315
V6	15x50	20	335
V7	15x30	0	315
V8	15x50	10	325
V9	15x30	0	315
V10	15x50	0	315
V11	12x25	0	315
V12	15x30	0	315
V13	15x40	0	315
V14	15x30	0	315
V15	15x30	-30	285
V16	20x15	-15	300
V17	20x15	-15	300
V18	20x15	-15	300
V19	20x15	-15	300
V20	15x40	0	315
V21	20x15	-15	300
V22	15x40	0	315
V23	20x15	-15	300
V24	20x15	-15	300
V25	20x15	-15	300
V26	15x30	0	315
V27	15x40	0	315
V28	15x50	20	335

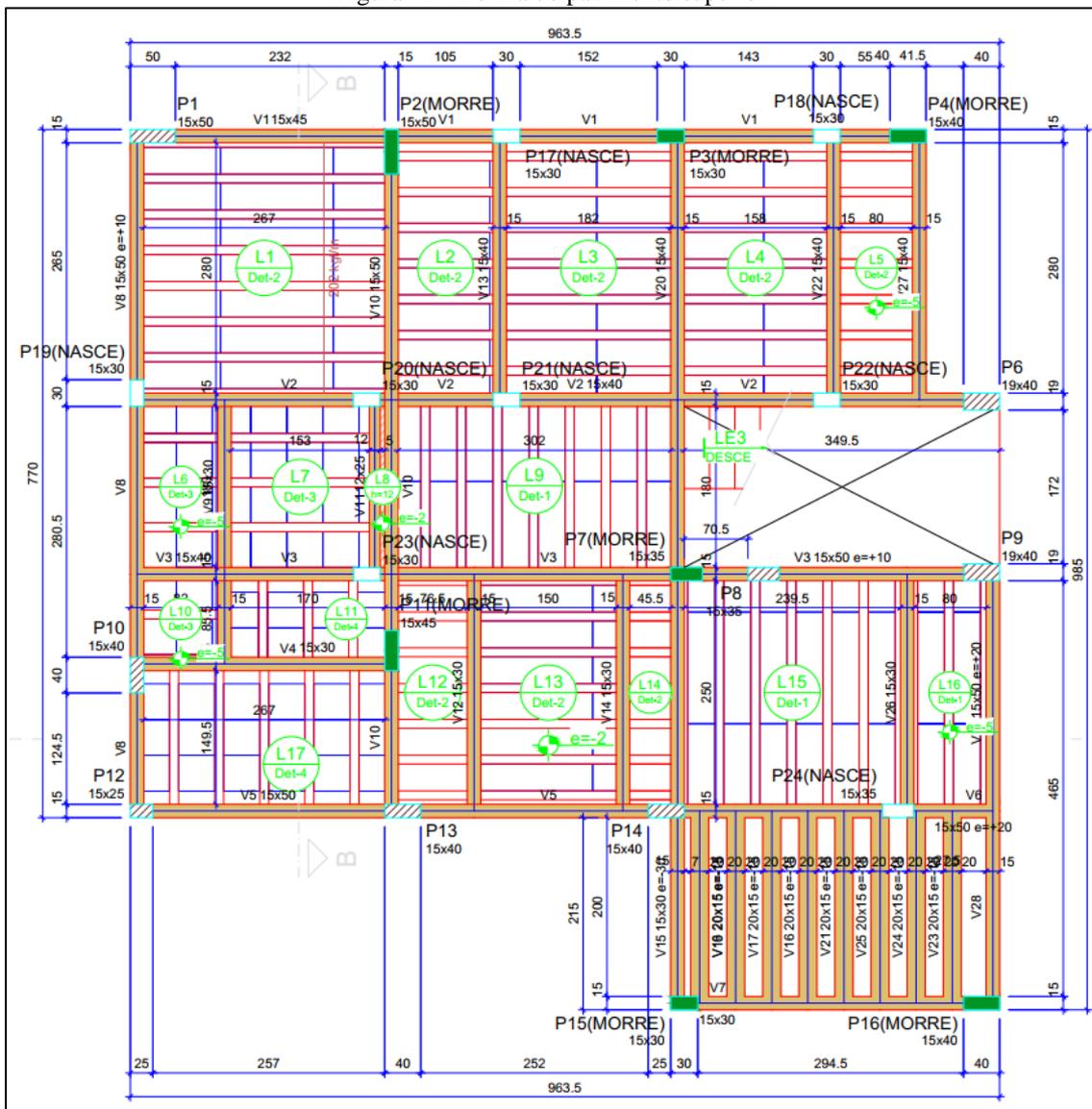
Figura 10 – Descrição dimensional dos pilares

Pilares			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
P1	15x50	10	325
P2	15x50	0	315
P3	15x30	0	315
P4	15x40	0	315
P6	19x40	0	315
P7	15x35	0	315
P8	15x35	0	315
P9	19x40	20	335
P10	15x40	10	325
P11	15x45	0	315
P12	15x25	10	325
P13	15x40	0	315
P14	15x40	20	335
P15	15x30	0	315
P16	15x40	20	335
P17	15x30	0	315
P18	15x30	0	315
P19	15x30	0	315
P20	15x30	0	315
P21	15x30	0	315
P22	15x30	0	315
P23	15x30	0	315
P24	15x35	0	315

Figura 11 – Descrição dimensional das lajes

Lajes								
Nome	Tipo	Dados			Sobrecarga (kgf/m <sup>2</sup> )			
		Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Peso próprio (kgf/m <sup>2</sup> )	Adicional	Acidental	Localizada
L1	Treliçada 1D	12	0	315	151	182	150	sim
L2	Treliçada 1D	12	0	315	151	154	150	-
L3	Treliçada 1D	12	0	315	151	154	150	-
L4	Treliçada 1D	12	0	315	151	154	150	-
L5	Treliçada 1D	12	-5	310	151	182	250	-
L6	Treliçada 1D	12	-5	310	141	182	250	-
L7	Treliçada 1D	12	0	315	141	182	200	-
L8	Maciça	12	-2	313	300	182	100	-
L9	Treliçada 1D	12	0	315	151	154	150	-
L10	Treliçada 1D	12	-5	310	141	182	250	-
L11	Treliçada 1D	12	0	315	141	154	150	-
L12	Treliçada 1D	12	0	315	151	154	150	-
L13	Treliçada 1D	12	-2	313	151	182	150	-
L14	Treliçada 1D	12	0	315	151	154	150	-
L15	Treliçada 1D	12	0	315	151	154	150	-
L16	Treliçada 1D	12	-5	310	151	182	250	-
L17	Treliçada 1D	12	0	315	141	154	150	-
LE3	Maciça	14	0	315	673	155	250	-

Figura 12 – Forma do pavimento superior



O modelo padrão estrutural escolhido foi o qual foi possível realizar um maior detalhamento para apresentar a modelagem e seus dados adotados. Depois de realizada a modelagem e considerações na análise do modelo, foram selecionados as vigas e os pilares da estrutura para a comparação com os demais modelos estruturais. As vigas foram escolhidas conforme sua direção transversal e longitudinal. Já os pilares foram escolhidos com base na sua classificação de canto, intermediário ou extremidade, dentre os mais solicitados na estrutura.

Com execução da concepção estrutural e determinado o posicionamento das vigas, pilares e lajes, foi possível encontrar a distância dos vãos das lajes, sendo esses vãos atribuídos entre os eixos das vigas de contorno. Assim, com essas distâncias obteve-se maior detalhamento do pavimento, definindo os casos de vinculação e adotada a pior situação.

Os detalhes da armadura superior da laje, montagem de distribuição e esquema estrutural 3D da estrutura, podem ser observados nas figuras 13 e 14 respectivamente.

Figura 13 – Detalhe da armadura superior de continuidade da laje e montagem da armadura de distribuição

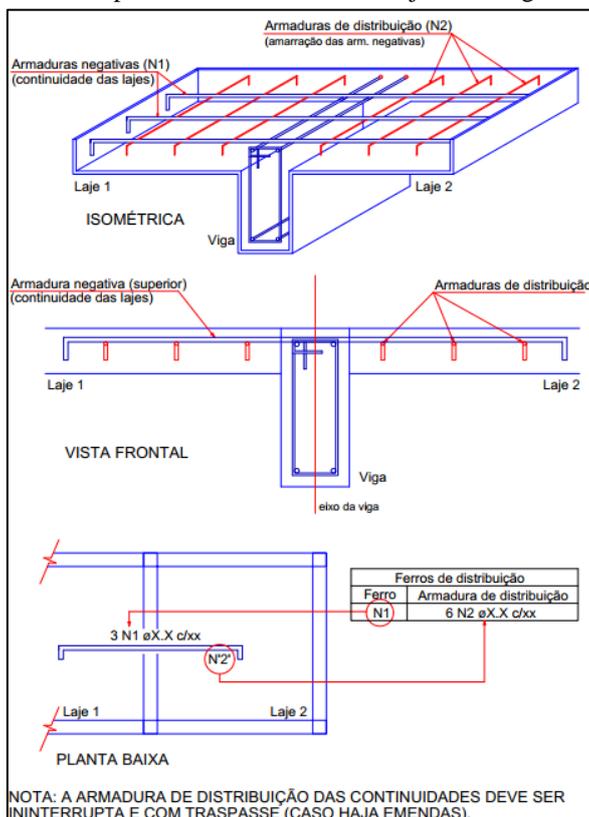
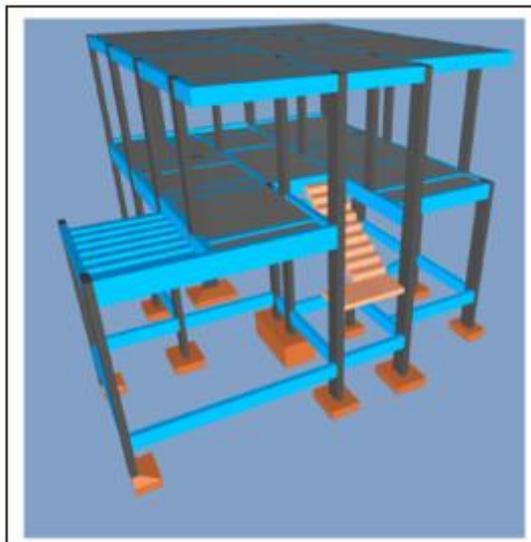


Figura 14 – Imagem 3D do esquema estrutural



A composição da concepção estrutural iniciou-se com uma visão geral das plantas baixas, em base à compreensão exigida do projeto arquitetônico de modo a compatibilizar o posicionamento dos elementos estruturais entre os pavimentos.

Figura 15 – Fôrmas aplicadas na laje



Figura 16 – Fôrmas dos pilares



Após análise da estrutura, foi locado primeiramente os pilares de canto para posicionamento. Em seguida, definiram-se as vigas embaixo das paredes, e por fim, locaram-se os pilares de extremidade e intermediários. As demais instalações ocorreram conforme as etapas compostas no cronograma da obra. Outras etapas de execução dos serviços estruturais podem ser vistas nas figuras abaixo.

Figura 17 – Laje parcialmente finalizada



Figura 18 – Tubulação de instalações hidráulicas



Figura 19 – Estrutura do primeiro pavimento parcialmente finalizada



#### 4 DISCUSSÕES

Com os dados obtidos da execução estrutural da obra até a última visita *in loco*, junto à tabela 4, verifica-se a diferença entre planejamento em projeto e real execução de serviços.

Tabela 4 – Serviços componentes do projeto/custo de referencial adotado

Item	Serviços	Custos Propostos			Custo Real
		Incidência	Custos [R\$]	% Ac.	
1	Barracão+lig. provisórias(água/luz)+projetos/aprovs.	2,38	<b>8.373,26</b>	2,38	8531,3095
2	Infraestrutura (estacas, brocas, baldrame, sapatas)	6,72	<b>23.642,12</b>	9,10	24088, 377
3	Supraestrutura (Vigas, pilares, cintas, escadas)	15,96	<b>56.135,26</b>	25,06	57194, 836
4	Paredes e Painéis	8,59	<b>30.194,48</b>	33,65	30764, 416
5	Esquadrias	4,67	<b>16.418,14</b>	38,32	16728, 041
6	Vidros e Pásticos	1,14	<b>4.022,44</b>	39,46	4098, 3656
7	Coberturas (estrutura e telhas)	7,36	<b>25.874,31</b>	46,82	26362, 701
8	Impermeabilizações	0,93	<b>3.283,62</b>	47,75	3345,6
9	Revestimentos Internos	7,06	<b>24.842,32</b>	54,82	25311, 231
10	Forros	1,02	<b>3.579,15</b>	55,83	3646, 7083
11	Revestimentos Externos	4,28	<b>15.055,43</b>	60,11	15339, 609
12	Pisos	8,89	<b>31.251,32</b>	69,00	31841, 204
13	Pinturas	3,74	<b>13.146,32</b>	72,74	13394, 463
14	Acabamentos (soleiras, rodapes, peitoril etc.)	1,12	<b>3.923,93</b>	73,85	3997,9962
15	Instalações Elétricas e Telefônicas	3,93	<b>13.806,16</b>	77,78	14066,758

16	Instalações Hidráulicas	3,98	<b>13.985,20</b>	81,76	142449,178
17	Instalações: Esgoto e Águas Pluviais	4,01	<b>14.116,59</b>	85,77	14383,048
18	Louças e Metais	4,49	<b>15.791,24</b>	90,26	16089,308
19	Complementos (limpeza final e calafete)	0,85	<b>3.001,33</b>	91,11	3057,9816
20	Outros (discriminar em Serviços Adicionais, abaixo)	8,89	<b>31.252,30</b>	100,00	
<b>TOTAIS</b>		<b>Custo Total de Serviços</b>			
		<b>BDI</b>	<b>18,00</b>	<b>63.305,08</b>	
		<b>Custo Total com BDI</b>		<b>415.000,00</b>	

Com a tabela 4 na qual caracteriza os serviços componentes de projeto e seus respectivos custos, é constatado que o serviço que obteve maior majoração foi o da supraestrutura, ou seja, vigas, pilares, cintas e escadas, com R\$ 1059,58 reais de aumento. Em seguida, foram os serviços da estrutura de cobertura, com R\$ 569,94.

Contudo, em frente à ocorrência desses aumentos, considera-se que a obra até este ponto, esteve em eficaz execução, se comparada à obras com carência de planejamento prévio e correto detalhamento.

A tabela 5 demonstra a cotação do preço do aço e com os seus dados, verifica-se a importância desse procedimento para o orçamento total da obra. Através da cotação, é possível comparar os preços do mercado e concluir a relação custo e benefício para a efetiva aquisição do material.

Dentre seis fornecedores do aço, foi escolhido o terceiro fornecedor para aquisição da obra, visto que o seu custo era cabível ao orçamento previsto.

Tabela 5 – Cotação de preço do aço

Aço	Fornecedor 1	Fornecedor 2	Fornecedor 3	Fornecedor 4	Fornecedor 5	Fornecedor 6
5,0mm	R\$20,95		R\$19,76	R\$17,50	R\$19,20	R\$17,80
6,3mm	R\$29,36	R\$33,50	R\$27,84	R\$23,70	R\$24,00	R\$20,88
8,0mm	R\$46,33	R\$55,90	R\$40,92	R\$37,90	R\$35,00	R\$32,48
10,0mm	R\$69,12	R\$66,90	R\$60,40	R\$55,00	R\$52,50	R\$51,65
12,5mm	R\$104,88		R\$92,00	R\$84,80	R\$85,90	R\$116,14
16,0mm	R\$171,79		R\$168,70	R\$134,30	R\$140,25	R\$155,73
20,0mm	R\$268,46	R\$225,00	R\$253,09			

Tendo em vista que o aço atua como componente estrutural, a necessidade de o dimensionamento atender às corretas normas vigentes quanto à cálculos, a etapa de

cotação e posterior aquisição do material influencia diretamente no orçamento, pois caso haja erros de superdimensionamento, haverá desperdício ou falta do material, logo, influencia no custeio.

Por fim, a figura 20 demonstra a porcentagem dos serviços executados da obra até as visitas para a composição deste artigo.

Figura 20 – Cronograma dos serviços da obra

Etapa	Cronograma Original		Cronograma Reprogramado	
	% Evolução	% Acumulado	% Evolução	% Acumulado
PréExst.				
1	12,00%	12,00%	20,00%	20,00%
2	23,00%	35,00%	9,10%	29,10%
3	20,00%	55,00%	0,00%	
4	25,00%	80,00%	0,00%	
5	15,00%	95,00%	10,00%	10,00%
6	5,00%	100,00%	10,00%	20,00%
7			10,00%	30,00%
8			10,00%	40,00%
9			14,90%	54,90%
10			11,00%	65,90%
11			5,00%	70,90%
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
<b>TOTAIS</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>70,90%</b>

Considerando os dados da figura 20, verifica-se que os serviços de estrutura compõem o maior valor de acúmulo a ser executado. Isso pode ser explicado ao analisar que a obra possui dois pavimentos e as visitas in loco bem como coleta de dados foram realizados quando apenas o primeiro pavimento da residência estava com sua construção parcialmente finalizada.

Ademais, em análise geral, a obra manteve os serviços construtivos de maneira satisfatória.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração deste trabalho e todas as ferramentas necessárias para sua confecção permitiu confirmar a importância que o projeto estrutural tem para a construção civil e consequentemente para a sociedade como um todo.

Como visto, as estruturas de concreto devem atender aos requisitos mínimos de qualidade, durante sua construção e serviço, e aos requisitos adicionais estabelecidos em conjunto entre o autor do projeto estrutural e o contratante. Isso influencia diretamente na

entrega de obras completas, com correta margem de erros e dentro do período correto de manutenção.

Logo, o impacto econômico quando o dimensionamento estrutural é detalhado em projeto, é evidente pois implica na definição da planilha orçamentária, posterior aquisição de materiais e execução. Assim, é possível evitar a incidência de desperdícios, acidentes e retrabalhos.

Diante do exposto, as pesquisas realizadas referem no baixo índice de profissionais na área estrutural. Como resposta, pode-se afirmar o desinteresse tendo em vista a complexidade e detalhamento que os projetos de estrutura exigem. Entretanto, na medida que são inseridos incentivos de capacitação de mão de obra técnica, esse cenário pode ser alterado.

Nesse aspecto, para trabalhos futuros, sugere-se a análise de como o impacto econômico estrutural pode ser relacionado à necessidade de engenheiros estruturais e como essa questão afeta a inserção e busca em todas as classes sociais.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6118:2014. **Estruturas de Concreto Armado – Procedimento.**

\_\_\_\_\_. NBR 8681:2003. **Ações e segurança nas estruturas – Procedimento.**

\_\_\_\_\_. NBR 9062:2017. **Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.**

BEZERRA, Lindcyney Palmeira. **O impacto do projeto estrutural na execução de uma obra.** Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza-CE, 2018.

CAMACHO, Jefferson Sidney. **Concreto Armado: Estados Limites de Utilização.** UNESP. Ilha Solteira-SP, 2005.

CARVALHO, Roberto Chust; FILHO, Jasson F. de. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: segundo a NBR 6118:2003.** Universidade Federal de São Carlos. São Carlos/SP, 2013.

CELIK, Tantek; MULLENWEG, Matthew; MEYER, Eric. CRJ ENGENHARIA. **Projetos Estrutural: Definições e Objetivos.** 2021. Disponível em: <<https://cjrengenharia.eng.br/2021/03/23/evolucao-nos-projetos>>. Acesso em: 25 de agosto de 2022.

FONTES, Fernando Fernandes. **Análise estrutural de elementos lineares segundo a NBR 6118:2003.** Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos/SP, 2005.

GASPAR, Marília. **Projeto arquitetônico: o que é e para que serve.** Sienge plataforma, 2020.

JUNIOR Davidson de O. França. **Análise estrutural de um edifício em concreto armado com quatro pavimentos: estudo de caso para diferentes modelos estruturais.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco/PR, 2015.

PEREIRA, Igor N. Almeida. **Projetos de NorteHub Engenharia.** Manaus/AM, 2022.

ROLIM, Antonio C. R. da Silva. **Estruturas de concreto armado para edificações.** São Paulo/SP, 2022.