



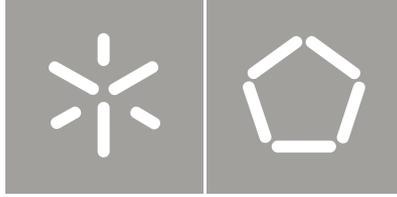
Universidade do Minho

Escola de Engenharia

André Luiz Aquere de Cerqueira e Souza

**Célula de Projectos: a organização celular
do processo de projecto de edifícios**

Julho de 2010



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

André Luiz Aquere de Cerqueira e Souza

Célula de Projectos: a organização celular
do processo de projecto de edifícios

Tese de Doutoramento
Engenharia de Produção / Gestão Industrial e Sistemas

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professor Doutor José Dinis Araújo Carvalho
Professor Doutor Rui Manuel Sá Pereira Lima

Agradecimentos

Aos meus orientadores, Prof. Dinis Carvalho e Prof. Rui Lima, agradeço o auxílio técnico, as discussões acadêmicas, o incentivo e a orientação precisa.

Aos meus amigos, Dinis Carvalho e Rui Lima, agradeço pelo companheirismo ao longo dos últimos anos, pelas conversas francas e abertas e pela hospitalidade com que me receberam em suas famílias. Famílias estas que mantenho no coração.

Amizade e hospitalidade foram, na verdade, ganhos preciosos nestes últimos anos. Paulo Martins, Francisco Moreira, Rui Souza, Anabela Alves e respectivas famílias são amigos que hoje tenho em Portugal e que espero, em breve, recebê-los no Brasil.

Do outro lado do Atlântico, amizades também se revelaram e se concretizaram ao longo deste processo: Edgar Mamiya, Humberto Abdalla, Luís Fernando Molinaro, Pedro Murrieta e Vânia Viana. Muito obrigado pelo apoio, estímulo e companheirismo.

À Fundação Universidade de Brasília agradeço o apoio financeiro e institucional para a realização deste trabalho.

Aos colegas docentes e não docentes, do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília, agradeço pelo apoio.

Aos amigos no Apoio Técnico, Direção e Secretaria do Departamento de Produção e Sistemas da Universidade do Minho, deixo minha gratidão e minha amizade.

Com os engenheiros, arquitetos, desenhistas, secretárias e estagiários do Laboratório de Projetos compartilho os méritos deste trabalho.

A meu pai (*in memoriam*) e à minha mãe, meu carinho e meu muito obrigado.

De forma muito especial, agradeço aos meus filhos, Yuri, Igor, Eduardo e João, o companheirismo, a paciência, o carinho e o apoio que me dedicaram ao longo de toda esta jornada. Apesar de todos os meus momentos de mau-humor, saibam que vocês sempre serviram de modelo, estímulo e motivação para seguir em frente.

Carla, sem você nada disso teria sido possível! Muito obrigado por todos estes anos juntos, pelos nossos meninos e por, mais do que me apoiar, viver cada momento desta tese comigo. *A você dedico este trabalho.*

CÉLULA DE PROJETOS: A ORGANIZAÇÃO CELULAR DO PROCESSO DE PROJETO DE EDIFÍCIOS

Resumo

O presente trabalho propõe, implementa e avalia um novo paradigma para o processo de projeto de edifícios, denominado Célula de Projetos. Tendo por base a abordagem transdisciplinar do processo de projeto, o conceito busca subsídios junto a práticas consagradas no ambiente fabril, reorganizando-os e transpondo-os ao ambiente de produção do projeto de edifícios.

Para tal apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre os conceitos de Engenharia Simultânea, Células de Produção e Células Administrativas, com ênfase nas características adotadas na proposição da Célula de Projeto.

Definido o conceito, analisa-se a implantação de uma Célula de Projetos na Universidade de Brasília e sua operação em uma situação real de projeto. O projeto em questão é fruto de encomenda por parte do Ministério da Educação do Brasil para subsidiar a implantação de estabelecimentos de educação infantil em diferentes municípios brasileiros.

Por fim, propõe-se um conjunto de indicadores de desempenho para o processo de projeto de edifícios. Com base nos indicadores de produtividade, redução de lead time e retrabalho propostos, avalia-se o desempenho da célula frente a valores de referência obtidos na literatura e no mercado brasileiro de projetos de edifício. Os índices de desempenho obtidos são, então, utilizados na verificação de ganhos organizacionais proporcionados pela Célula de Projetos.

Conclui-se, ao final, pela eficiência e eficácia do conceito proposto e pela validade do mesmo como um novo paradigma para o processo de projeto de edifícios.

PROJECT CELL: THE CELLULAR ORGANIZATION OF THE BUILDING DESIGN PROCESS

Abstract

This study suggests, implements and evaluates a new paradigm for the process of building design, which is named Project Cell. Based on the transdisciplinary approach of the design process, the proposed paradigm uses evidence-based practice in the industry, reorganizing them and transposing them to the production environment of the building design.

It is presented, for this purpose, a literature review on the concepts of Concurrent Engineering, Production Cells and Office Cells, with emphasis on the characteristics adopted in the proposed Project Cell concept.

Once defined the concept, we then analyzed the implementation of a Project Cell in the University of Brasília and its operation in a real situation of building design. The project was made upon request of the Brazilian Ministry of Education and it is aimed at implementing child education establishments in diverse Brazilian municipalities.

Finally, it was proposed a set of performance indicators for the building design process. Based on the proposed indicators of productivity, lead time reduction and rework, the performance of the cell was evaluated in contrast to the reference values found in the literature and the Brazilian market of building design. The performance indexes obtained were then used to measure the organizational gains provided by the Project Cell.

It is concluded, at the end, that the proposed concept is efficient, effective and valid as a new paradigm for the building design process.

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract.....	vii
Índice de Figuras	xiii
Índice de Tabelas	xv
Índice de Equações	xvii
1 Introdução.....	1
1.1 Motivação	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Metodologia	2
1.4 Estrutura do trabalho.....	3
2 Célula de Projetos.....	5
2.1 Engenharia Simultânea	5
2.1.1 Consideração dos aspectos da produção nas decisões de projeto.....	8
2.1.2 Foco no usuário ao longo do processo de desenvolvimento	10
2.1.3 Uso do <i>lead time</i> como fator de vantagem competitiva	12
2.1.4 Formação de times multidisciplinares	15
2.2 Célula de Produção	17
2.2.1 Conexões: tempo, espaço e informação	18
2.2.2 Fluxo de Produção	20
2.2.3 Transferência Unitária de Artigos	20
2.2.4 Possibilidade de Reconfiguração.....	20
2.2.5 Trabalho em Equipe.....	21
2.3 Célula Administrativa	22
2.3.1 Desperdício da movimentação.....	23
2.3.2 Desperdício da espera.....	24

2.3.3	Desperdício do retrabalho.....	25
2.3.4	Desperdício do superdimensionamento do <i>lead time</i>	25
2.4	A Proposta de Célula de Projeto	26
2.4.1	O projeto de edifícios como um produto único	29
2.4.2	A integração longitudinal do ciclo de vida do edifício.....	30
2.4.3	A integração transversal do processo de projeto	31
2.4.4	A proximidade física e a permanência da equipe	32
3	Implantação: uma Célula de Projetos na UnB	35
3.1	A montagem da experiência: três possíveis visões	36
3.1.1	A visão do pesquisador: a experiência acadêmica.....	37
3.1.2	A visão dos membros da célula: o ato de projetar um edifício.....	38
3.1.3	A visão de um observador externo: dois projetos em paralelo.....	40
3.2	A implantação da célula: quatro perspectivas.....	42
3.2.1	A perspectiva organizacional.....	42
3.2.2	A perspectiva dos recursos: recursos humanos	44
3.2.3	A perspectiva dos recursos: recursos materiais	54
3.2.4	A perspectiva espacial	57
3.2.5	A perspectiva da transformação	62
4	Operação: a célula em ação	65
4.1	Fase A: Concepção do Produto.....	65
4.1.1	A abertura do projeto	66
4.1.2	O desenvolvimento da Declaração de Escopo Preliminar do Projeto	71
4.2	Fase B: Definição do Produto	77
4.2.1	A análise do Estudo Preliminar	79
4.2.2	O trabalho no Laboratório	84
4.3	Fase C: Identificação e Solução de Interfaces de Projeto	86
4.3.1	O Projeto Básico vs. Estudo Preliminar Consolidado.	86

4.3.2	A quebra no projeto	87
4.3.3	A célula e um novo projeto	89
4.4	Fase D: Detalhamento de Projetos.....	90
4.4.1	O desenvolvimento do Projeto Executivo	91
4.4.2	O produto.....	92
5	Avaliação do Desempenho da Célula.....	95
5.1	Avaliação de Desempenho na Indústria da Construção Civil.....	95
5.2	Indicadores de Desempenho no Projeto de Edifícios	99
5.2.1	Custo: Produtividade	100
5.2.2	Tempo: Redução do <i>Lead Time</i>	103
5.2.3	Qualidade: Retrabalho	105
5.3	O desempenho da Célula implantada.....	107
5.3.1	Produtividade (IPDP)	107
5.3.2	Redução de <i>Lead Time</i> (IRLT).....	110
5.3.3	Retrabalho (IRDD e IRHH).....	112
5.4	Ganhos organizacionais da Célula de Projetos	117
5.4.1	Integração transversal: Relacionamento da equipe	117
5.4.2	A integração longitudinal: projeto.....	119
5.4.3	A integração longitudinal: Ciclo de vida completo do edifício.....	121
6	Conclusões	125
6.1	Quanto à construção do conceito	125
6.2	Quanto à validação do conceito	127
6.3	Quanto ao sistema de medição de desempenho.....	128
6.4	Quanto aos desafios para implantação de Células de Projeto.....	128
6.5	Possíveis desdobramentos.....	129
	Referências Bibliográficas.....	131

Índice de Figuras

Figura 2-1. Transferência de informações na engenharia sequencial.....	9
Figura 2-2. Transferência de informações na Engenharia Simultânea.....	10
Figura 2-3. Redução de <i>Lead Time</i> decorrente da Engenharia Simultânea.....	15
Figura 2-4. Organização do espaço fabril e do processo de produção. Adaptada de (Hunter,2002)	18
Figura 3-1. Ciclo de Vida da experiência	35
Figura 3-2. Ciclo de Vida da experiência: fases de projeto e os grupos de processos. ..	38
Figura 3-3. Ciclo de vida: a visão da equipe e sua relação com o ciclo de vida da experiência.....	39
Figura 3-4. Ciclo de vida e grupos de processos: visão do observador externo.....	41
Figura 3-5. Importância da Paralinguagem na Comunicação.....	58
Figura 3-6. Primeiro arranjo físico das estações de trabalho.....	60
Figura 3-7. Arranjo físico após reconfiguração da célula.	62
Figura 4-1. Principais parâmetros para o projeto, segundo o FNDE.....	68
Figura 4-2. Anteprojeto para as creches, elaborado pelo FNDE.	68
Figura 4-3. Configuração proposta para 150 crianças, segundo FNDE.	69
Figura 4-4. Vista aérea da fachada, segundo proposta FNDE.....	69
Figura 5-1. Percentual de participação de indicadores por tema, nos Sistemas de Indicadores. (Costa et al, 2006)	98
Figura 5-2. Redução do <i>lead time</i> . Estrutura Sequencial vs. Célula de Projetos.....	104
Figura 5-3. Indicadores de eficiência por especialidade, normalizados em relação ao indicador geral.	118
Figura 5-4. Parcela do esforço de projeto: fases conceituais e operacionais.....	121
Figura 5-5. ProInfância - Obras concluídas (SIMEC).....	122

Índice de Tabelas

Tabela 3-1. Projeto de edifícios: especialidades, profissionais e projetos.....	47
Tabela 5-1. Carga horária de dedicação ao projeto por profissional.	108
Tabela 5-2. Índice de Produtividade por Desenho Produzido (IPDP).....	109
Tabela 5-3. Eficiência da célula em relação ao <i>benchmark</i>	109
Tabela 5-4. IPDP e IE na ausência de alteração de requisito	110
Tabela 5-5. IRLT calculado para o projeto entregue.....	112
Tabela 5-6. IRLT calculado para o projeto sem alterações de requisito.	112
Tabela 5-7. Indicadores de retrabalho: por falha da equipe	113
Tabela 5-8. Valores de IRHH e IPDD	114
Tabela 5-9. Valores de IRHH: falha da equipe, solicitação do cliente e total.....	114
Tabela 5-10. Eficiência da célula em relação ao retrabalho	115
Tabela 5-11. IRHH na ausência de alteração de requisito.....	116
Tabela 5-12. Eficiência relativa ao retrabalho na ausência de alteração de requisito ..	117

Índice de Equações

Equação 5.1	Indicador de Produtividade por Área Projetada (IPAP).....	101
Equação 5.2a	Indicador de Produtividade por Desenho Produzido (IPDP).....	102
Equação 5.2b	Indicador de Produtividade por Desenho Produzido (IPDP).....	103
Equação 5.3	Indicador de Redução do Lead Time (IRLT).....	105
Equação 5.4	Indicador de Retrabalho por Desenho Descartado (IRDD).....	105
Equação 5.5	Indicador de Retrabalho por Hora*homem (IRHH).....	106
Equação 5.6	Indicador de Produtividade por Desenho Descartado (IPDD).....	106
Equação 5.7	Relação entre IRHH e IRDD	106
Equação 5.8	Indicador de Eficiência (IE)	107

1 Introdução

1.1 Motivação

Vários trabalhos têm explicitado o impacto das decisões de projeto nas deficiências da etapa de produção (construção), assim como na qualidade e custo do produto final, o edifício, (Melhado, 1994) (Love, Irani, & Edwards, 2004). Tais trabalhos ressaltam a necessidade da incorporação, já na fase de projeto, não só das exigências dos clientes, mas, também, daquelas dos usuários, dos empreendedores, dos projetistas, das construtoras e do setor de suprimentos (Fabrício, Melhado, & Baía, 1999).

Na indústria da construção civil, o retrabalho tem se mostrado como um dos principais fatores de não cumprimento do cronograma previsto, de aumento de custos e de desperdício de material na indústria da construção civil. Embora não existam estudos precisos sobre o custo do retrabalho no Brasil, trabalhos baseados na indústria da construção civil australiana estimam o custo do retrabalho superior a 12% do custo total do contrato (Love, 2002).

Assumindo, inicialmente, percentual semelhante para a realidade brasileira e tomando por base a estimativa de investimentos na construção civil brasileira da ordem de R\$625.000 milhões para o ano de 2010¹, chega-se a uma perda estimada superior a R\$75.000 milhões, ou seja, acima de US\$ 42.000 milhões.

Tal perda, até o final dos anos 80 era creditada ao desperdício de materiais e problemas de gestão na fase de execução da obra (construção). A partir dos anos noventa esta perda passou a ser predominantemente associada à deficiência do processo de projeto (Cnuddle, 1991) (Abdul-Rahman, 1993) (Love & Smith, 2003).

Segundo os autores citados, práticas inadequadas de organização e gestão do processo de projeto têm contribuído para o quadro de perdas aqui descrito.

¹ Estimativa apresentada pelo Presidente do Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SINDUSCON-SP), Sérgio Watanabe, em 02/12/2009.

FONTE:

<http://ultimosegundo.ig.com.br/economia/2009/12/02/pib+da+construcao+civil+deve+crescer+88+em+2010+preve+sinduscon+9189504.html>. (Consultado pela última vez em 15/01/2011 às 12:36)

1.2 Objetivos

Face aos desafios apresentados pela abordagem corrente do processo de projeto de edifícios, o presente trabalho tem por objetivo propor um novo paradigma para o desenvolvimento de projetos de edifícios², denominado Célula de Projetos.

Com base em princípios oriundos da Engenharia Simultânea (Pennell & Winner, 1989), da Célula de Produção (Hyer & Brown, 1999) e da Célula Administrativa (Suri, 1998), o conceito de Célula de Projetos busca, a partir de um enfoque transdisciplinar do processo de projeto de edifícios, atingir os seguintes objetivos:

- Reduzir o tempo de desenvolvimento do projeto;
- Reduzir o retrabalho no processo de projeto;
- Reduzir as incompatibilidades entre as fases de projeto e construção no ciclo de vida do edifício.

1.3 Metodologia

A busca pela concretização dos objetivos propostos está baseada na conjugação da pesquisa bibliográfica com a observação participativa em situações, ou experiências, reais de projeto de edifício.

Em uma etapa preparatória para o trabalho aqui descrito, cria-se um espaço destinado à prática do projeto de edifícios na Universidade de Brasília, denominado Laboratório de Projetos, tendo por destinação a produção de projetos de edifícios para a própria universidade. Neste espaço passa-se, então, a observar as dificuldades enfrentadas na prática do projeto e a criar condições para a experimentação de processos alternativos de projeto. Em paralelo, realiza-se uma pesquisa bibliográfica sobre a prática do projeto de edifícios e linhas de investigação da engenharia civil e arquitetura sobre o tema em foco.

Tendo estabelecida a base para experimentação e identificados os principais problemas enfrentados pela engenharia e arquitetura no projeto de edifícios, a etapa seguinte tem por objetivo a identificação de possíveis soluções. Para tal, realiza-se pesquisa bibliográfica no campo da gestão industrial, com vista à identificação de problemas

² O termo “projeto de edifício” é aqui entendido como o conjunto de documentos necessários à completa especificação do produto “edifício” a ser posteriormente produzido, ou seja, construído. Por “processo de projeto”, entende-se o conjunto de atividades necessárias à produção do produto “projeto de edifício”.

semelhantes no ambiente fabril e ao mapeamento de abordagens do sistema produtivo que possam ser aplicadas à solução destes problemas.

Uma terceira etapa trata da elaboração de um novo paradigma para o projeto de edifícios, com base nas experiências identificadas na gestão industrial, e sua aplicação a uma situação real de projeto de edifício.

Por fim, propõe-se um sistema de medição de desempenho para o processo de projeto de edifício em consonância com o novo paradigma de projeto apresentado. Tal sistema, baseado na metodologia de *benchmarking*, é então aplicado à experiência realizada na etapa anterior. Os valores de referência, ou *benchmark*, utilizados são obtidos via pesquisa bibliográfica e consulta a empresas do mercado de projeto de edifícios. A partir dos resultados da medição de desempenho do processo de projeto, analisa-se o desempenho da presente experiência frente aos objetivos propostos.

1.4 Estrutura do trabalho

O trabalho ora apresentado é composto por seis capítulos, cujas descrições são apresentadas a seguir:

Neste capítulo introdutório, Capítulo 1, apresenta-se a motivação da pesquisa, seus objetivos principais, metodologia adotada e, por fim a estrutura de apresentação do mesmo.

Em seguida, o Capítulo 2 trata da conceituação da proposta desta tese, ou seja, a constituição da Célula de Projetos aplicada aos projetos de edifícios. Para tal são apresentados e discutidos três conceitos consagrados da gestão industrial: a Engenharia Simultânea, a Célula de Produção e a Célula Administrativa. A cada conceito discutido apresenta-se uma breve referência histórica e, em seguida, suas características principais sempre tendo em mente sua importância para o conceito da Célula de Projetos. Por fim, a Célula de Projetos é descrita com base em suas características definidoras.

A implantação de uma Célula de Projetos na Universidade de Brasília é discutida no Capítulo 3. Neste capítulo apresentam-se, no decorrer da descrição de uma situação real, os principais aspectos da implantação de uma Célula de Projetos. Discutem-se, assim, os aspectos operacionais necessários à implantação, tais como a organização administrativa, a definição dos recursos humanos e materiais e a configuração física da célula. Sendo a comunicação interpessoal e o fluxo de informações fundamentais ao

conceito Célula de Projetos, suas relações com a configuração física da célula são aqui discutidas.

No Capítulo 4 apresenta-se a Célula de Projetos em operação, em uma situação real de projeto. Em formato de narrativa descreve-se o funcionamento da célula durante o desenvolvimento de um *projeto de referência* para construção de estabelecimentos de ensino infantil em municípios brasileiros. O capítulo, organizado segundo o ciclo de vida do projeto de edifícios proposto pela Associação Brasileira de Gestores de Projetos (AGESC), descreve o dia-a-dia do processo de projeto tendo como foco principal as relações entre os membros da equipe e entre estes e os representantes do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), órgão do Ministério da Educação do Brasil responsável pela contratação do projeto.

O Capítulo 5 é devotado à avaliação do desempenho da Célula de Projetos no projeto contratado, tendo como foco as dimensões de custo, tempo e qualidade. Abre-se o capítulo com uma breve descrição do cenário da medição de desempenho na indústria da construção civil, seguida da proposição de um conjunto de indicadores de desempenho para uso no processo de projeto de edifícios. Com base nos indicadores propostos, são determinados os índices de desempenho para a célula em estudo e comparam-se os mesmos a valores de referência obtidos na literatura ou no mercado de projeto de edifícios no Brasil. Por fim, analisa-se a ocorrência, no processo de projeto em estudo, das características propostas para a Célula de Projetos e os ganhos delas decorrentes tanto para o processo de projeto quanto para a fase de construção das edificações projetadas.

As conclusões do trabalho desenvolvido e as possibilidades de desdobramento do mesmo são tratadas no Capítulo 6.

Encerra-se este documento com a lista de referências bibliográficas utilizadas no mesmo.

2 Célula de Projetos

No capítulo anterior apresenta-se uma breve visão do cenário vigente no processo de produção de edifícios na indústria da construção civil. Processo este, como mostrado, marcado por etapas estanques de desenvolvimento e produção, levando a alto índice de retrabalho, baixo atendimento aos requisitos do cliente e excessivos tempos de desenvolvimento e produção.

O presente capítulo apresenta um conceito de desenvolvimento do produto edifício ou, como aqui definido, de produção de “projetos de edifícios”, construído a partir de experiências desenvolvidas na indústria seriada na segunda metade do Século XX e início do Século XXI. A tal conceito, pelos motivos desenvolvidos ao longo do capítulo, dá-se a denominação de “Célula de Projetos”.

Dentre as abordagens desenvolvidas na indústria seriada, voltadas à redução dos tempos de desenvolvimento e produção de um novo produto, são a seguir abordadas: 1) a visão do desenvolvimento do produto segundo a Engenharia Simultânea e 2) a organização celular do processo de produção, presentes nas Células de Produção e Administrativa.

Por fim, apresenta-se o conceito da “Célula de Projetos” e suas conexões com as experiências anteriormente citadas.

2.1 Engenharia Simultânea

Na versão mais difundida na bibliografia, a Engenharia Simultânea, na forma como hoje é entendida, surge no final dos anos 80 como uma proposta para aumentar a competitividade na indústria. Para tal, visa a ampliação da capacidade da empresa em apresentar novos produtos ao mercado, em prazos menores e com características que atendam aos anseios do consumidor.

Como afirma Prasad (1999) a Engenharia Simultânea vem substituir a abordagem sequencial tradicional, “*over the wall*”, por uma abordagem simultânea do espectro projeto, manufatura e manutenção, baseada em processos paralelos. O objetivo é a redução do esforço necessário para levar o produto da concepção à entrega ao cliente, ao mesmo tempo em que atende às necessidades dos diferentes consumidores ao longo do ciclo de vida do produto, dentre estes os agentes envolvidos na produção.

O marco mais aceito na literatura para a consolidação do conceito de Engenharia Simultânea, ou como originalmente definida *Concurrent Engineering*, remonta ao relatório apresentado por equipe liderada por Robert I. Winner ao *Institute for Defense Analyses* (IDA), em dezembro de 1988, conhecido por R-338. Em artigo posterior, Pennel & Winner (1989) que discutem o relatório citado e apresentam o conceito de *Concurrent Engineering* nos seguintes termos:

“Concurrent engineering is a systematic approach to the integrated, concurrent design of products and their related process including manufacturing and support. This approach is intended to cause the developers, from the outset, to consider all elements of the product's life cycle, from the conception through disposal, including quality, cost and user requirement.” (Pennell & Winner, 1989)

Nos anos que se seguiram, diversas interpretações da definição de *Concurrent Engineering* são apresentadas na literatura, originando concepções e denominações afins à medida que enfatizam um ou outro aspecto do conceito apresentado por Winner.

São localizados na literatura em língua inglesa termos tais como: *Design Integrated Manufacturing, Synchronous Engineering, Concurrent Product/Process Development, Team Approach, Life-Cycle Engineering, Product and Cycle-time Excellence e Overlapping Engineering, Simultaneous Engineering, Design Teams, Integrated Product Development e Total Engineering*. Na literatura em idioma português são recorrentes os termos Engenharia Simultânea, Engenharia Concorrente, Engenharia Paralela e Engenharia Concomitante. Para um levantamento de tais definições recomendam-se os trabalhos de Prasad (1999) e Silva (1997).

A adoção no presente trabalho do termo Engenharia Simultânea, se dá face à sua maior incidência na literatura e melhor tradução para o idioma português da ideia de “*concurrent*” utilizado por Pennel&Winner (1989). Para uma discussão do uso do termo Engenharia Simultânea indica-se o trabalho de Krunglianskas (1995).

Na definição apresentada no Relatório R-338 acima transcrita, observa-se como característica principal da Engenharia Simultânea a integração entre projeto, produção e manutenção, com a consideração ainda na fase de projeto, das demandas presentes em todo o ciclo de vida do produto, da concepção ao descarte. Incluem-se em tais demandas, não só os requisitos de qualidade e custo como também a preocupação com

as necessidades do usuário.

Desta perspectiva, os demais aspectos contidos na Engenharia Simultânea passam, então, a serem tratados como valores, aspectos, estratégias ou mecanismos facilitadores necessários à sua implementação.

Na busca pela caracterização da Engenharia Simultânea, autores defendem a existência de elementos da Engenharia Simultânea tanto na indústria japonesa dos anos 70 quanto nas indústrias americana e europeia do início do século XX ao final dos anos 60.

Smith (1997) defende que alguns dos elementos da Engenharia Simultânea estão presentes na indústria ocidental desde o início do Século XX. Em seu trabalho de pesquisa, o autor identifica a presença, inclusive, de “pacotes completos de Engenharia Simultânea” sendo utilizados no desenvolvimento de produtos durante a Segunda Grande Guerra e mesmo no período pré-Guerra. Defende, ainda, que há uma desaceleração no uso de tais princípios no período pós-guerra, até o seu gradual ressurgimento no final dos anos 70 e sua formalização no final dos anos 80.

Hartley (1998) por sua vez, identifica a Engenharia Simultânea na adoção de times multidisciplinares de desenvolvimento de produtos pela fabricante de veículos japonesa *Honda Company*, no final dos anos 70. Para formação de tais times, são selecionados profissionais de diversos departamentos da empresa e convidados engenheiros de seus principais fornecedores. Com esta abordagem, a empresa obtém substancial melhoria na qualidade de seus produtos e na eficiência de suas fábricas.

Face ao crescimento desta nova abordagem, vários autores ao longo dos anos 90 buscam perceber os aspectos fundamentais para a implantação da Engenharia Simultânea em uma empresa.

Prasad (1999), por exemplo, define sete aspectos que devem ser considerados na implantação da Engenharia Simultânea, por ele denominados os sete T's: “*talent, tasks, teams, techniques, technologies, time and tools*”.

Silva (1997) apresenta uma compilação de diversos autores e agrupa as características em cinco áreas: comunicação, organização, registros, atitudes, sobreposição de atividades e sistemática.

No entanto, defende-se no presente trabalho que uma análise das características

apresentadas na bibliografia, permite a separação das mesmas em características fundamentais de um lado e ferramentas para implantá-las de outro. Por exemplo, o uso de tecnologia da informação, listada por Fabrício (2002) não é, em si, uma característica da Engenharia Simultânea, mas apenas uma das ferramentas possíveis para promover a integração de informações das diversas fases do ciclo de vida do produto. Ou seja, mesmo sem o uso de tecnologia da informação a Engenharia Simultânea pode ser implantada.

Com este objetivo, adota-se, no presente trabalho, a proposta de Smith (1997) na qual a implantação da Engenharia Simultânea tem por base quatro fundamentos:

- a. Consideração dos aspectos da produção nas decisões de projeto;
- b. O foco no cliente/usuário ao longo do processo de desenvolvimento;
- c. O uso do *lead time* como fator de vantagem competitiva.
- d. A formação de times multidisciplinares no desenvolvimento do produto;

No entendimento do autor do presente trabalho, as características (a) e (b) podem ser unificadas sob a exigência de “consideração do ciclo de vida completo do produto nas decisões de projeto”. No entanto, os dois itens são aqui tratados em separado em respeito à importância atribuída aos dois aspectos na literatura pesquisada e face à dinâmica própria das relações desenvolvidas em cada uma destas esferas de interação.

Por fim, observa-se que cada uma das características citadas, considerada de forma independente, faz parte de um conjunto de “melhores práticas” da engenharia anteriores ao conceito de Engenharia Simultânea. Tais práticas estão presentes na literatura clássica de projeto e são reconhecidas pelos profissionais que atuam na área de projeto. O que vem a caracterizar a Engenharia Simultânea, na visão do presente trabalho, é a ênfase institucional, e não mais uma visão pessoal, dada a cada uma das quatro características citadas, traduzida no uso das mesmas de forma sistemática e integrada, como mostrado a seguir.

2.1.1 Consideração dos aspectos da produção nas decisões de projeto

A separação entre o trabalho de projeto e o trabalho de produção, tradicionalmente encontrada na estrutura sequencial de produção mostrada na Figura 2-1, leva as decisões relativas à produção para estágios tardios do ciclo de vida de desenvolvimento do produto. Como é bem conhecido na gestão de projetos, tal fato leva a custos mais

elevados das alterações do produto, eventualmente necessárias, e reduz a possibilidade de realização de tais alterações (PMI, 2004).

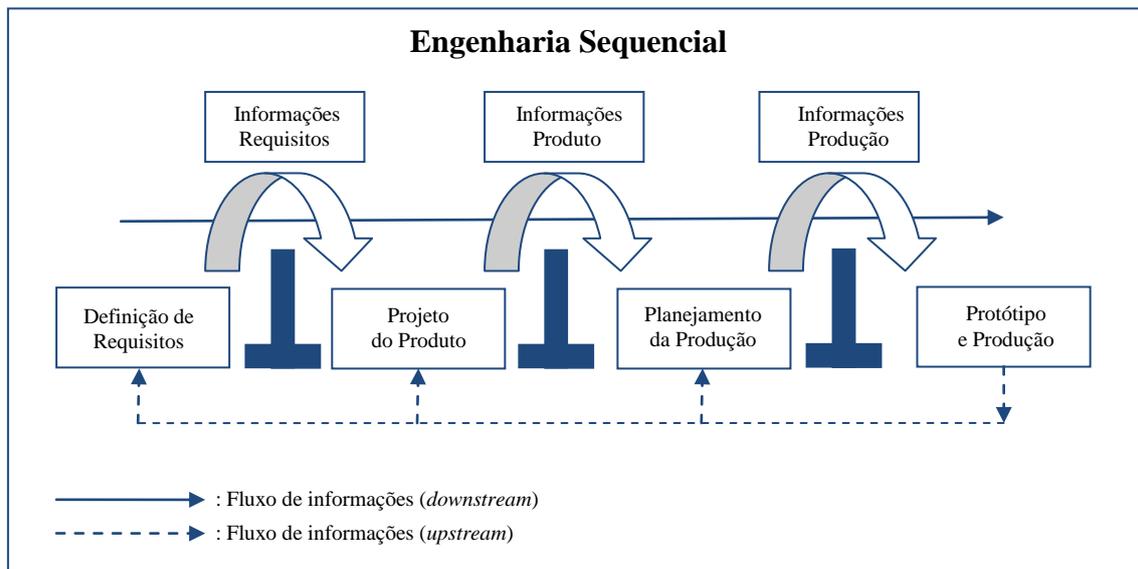


Figura 2-1. Transferência de informações na engenharia sequencial.

Em consonância com tal pressuposto, estudos relatados por Boothroyd (1994) mostram que cerca de 80% do custo de produção é determinado durante a etapa de desenvolvimento do produto. A solução, portanto, para redução do custo e racionalização dos processos de produção passa pelo desenvolvimento integrado do produto e da produção.

Em artigo no qual são apresentadas as conclusões do relatório considerado marco da Engenharia Simultânea, Pennel&Winner (1989) afirmam, textualmente, que tal integração é a chave da engenharia simultânea. Para tal, continuam, as empresas por eles pesquisadas criam mecanismos de compartilhamento das informações técnicas (projeto do produto) com as informações processuais (planejamento da produção) desde o início do processo de desenvolvimento do produto.

De tal maneira, as informações que na abordagem sequencial formam blocos estanques, transferidos de forma discreta, como mostrado na Figura 2-1, passam a compor um conjunto único e integrado, disponível ao acesso contínuo de todos os profissionais envolvidos, como mostra a Figura 2-2.

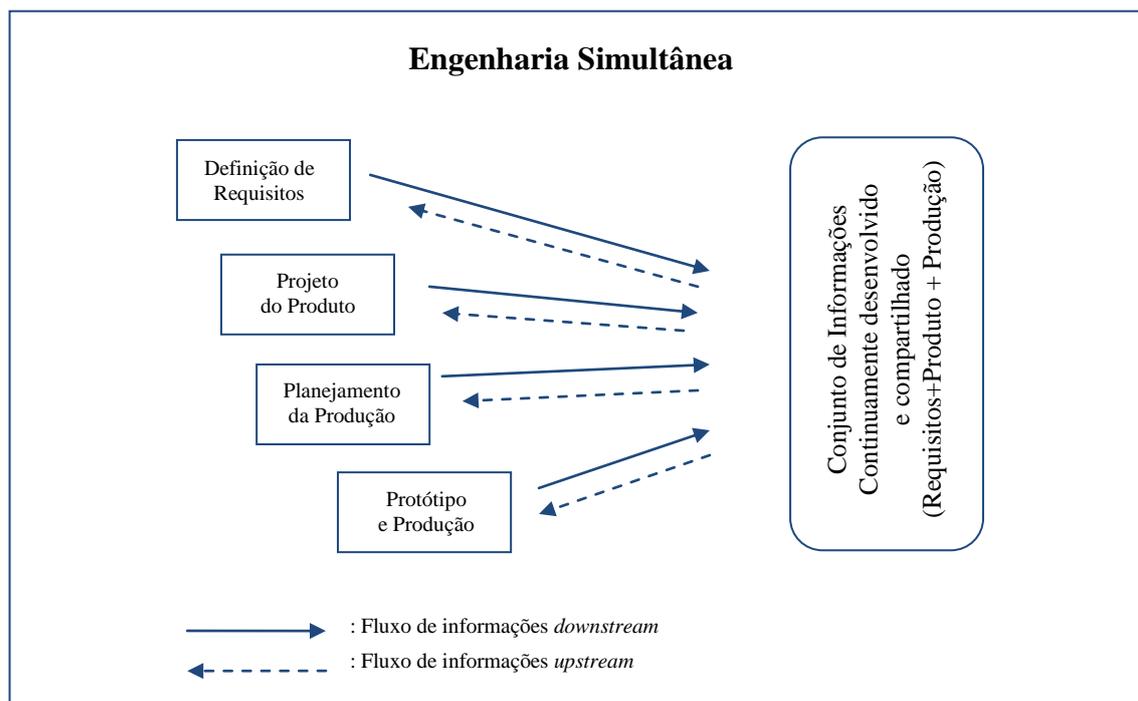


Figura 2-2. Transferência de informações na Engenharia Simultânea.

Observa-se ainda que na abordagem sequencial a informação flui de forma unidimensional ao longo do ciclo de vida de desenvolvimento do produto (*downstream*). O retorno de informações (*upstream*), ou *feedback*, ocorre apenas ao final da cadeia de desenvolvimento. Na abordagem simultânea, por sua vez, o fluxo de informações é bidimensional (*downstream* e *upstream*) possibilitando que decisões, ajustes e correções ocorram de forma precoce. Garante-se, assim, que as soluções e características técnicas presentes no projeto do produto estejam em sintonia com: (1) as características do sistema de produção presentes no planejamento da produção; e (2) com as metas e requisitos do processo de desenvolvimento do produto.

Por fim, pode-se afirmar que a integração proposta entre projeto do produto e projeto da produção leva a uma diminuição das incertezas, reduzindo o retrabalho e os custos associados ao ciclo de vida de desenvolvimento do produto.

2.1.2 Foco no usuário ao longo do processo de desenvolvimento

A aplicação plena da Engenharia Simultânea pressupõe o envolvimento, ainda na fase de projeto, de todos os agentes envolvidos no ciclo de vida completo do produto e não apenas daqueles ligados ao ciclo de vida do desenvolvimento do produto (Pennell & Winner, 1989).

No entendimento do presente trabalho, a figura do cliente/usuário assume diferentes configurações ao longo do ciclo de vida do produto. Os agentes responsáveis pela produção e os fornecedores podem ser vistos como usuários da fase de desenvolvimento do projeto, assim como os consumidores e os responsáveis pela manutenção do produto são clientes das fases de desenvolvimento e de produção do produto.

Embora aparentemente sutil, a adoção da Engenharia Simultânea nos termos descritos nos parágrafos anteriores, estende a responsabilidade do ato de projetar ou desenvolver um produto para além dos portões da fábrica. A adoção da Engenharia Simultânea baseada no ciclo de vida completo do produto incorpora ao ato de projetar a perspectiva da responsabilidade social sobre o produto e, em uma abordagem posterior, a própria responsabilidade sobre o impacto do descarte deste produto sobre o meio ambiente.

Assim, a consideração das demandas dos usuários no processo de desenvolvimento do produto é entendida neste trabalho em uma sequência de estágios de amadurecimento.

Inicialmente, a consideração das demandas dos usuários se dá na forma de uma atitude pessoal dos profissionais envolvidos no desenvolvimento do produto. Este estágio corresponde à prática da engenharia sequencial.

Um estágio seguinte é aquele em que a incorporação das demandas da produção se dá a partir da criação de uma equipe de projetos e a inclusão, nesta equipe, de profissionais responsáveis pela produção do produto ora em processo de projeto. Neste estágio já há uma preocupação institucional com a integração entre o projeto do produto e o planejamento da produção. As informações deixam de ser propriedade exclusiva de cada profissional e passam a ser tratadas de forma sistêmica. As decisões relativas ao processo de produção passam a ser tomadas em conjunto com o projeto do produto, e não mais ao final do mesmo. Neste estágio surgem novos aspectos presentes na Engenharia Simultânea, como o estabelecimento de equipes multidisciplinares e o paralelismo de atividades.

Em um terceiro estágio, a integração se estende ao fornecimento de insumos para a produção, e representantes dos fornecedores são integrados à equipe de projetos. De forma similar ao projeto da produção, proposto por Stoll (1988), pode-se neste estágio pensar em um projeto da cadeia de fornecedores sendo desenvolvido em paralelo com os projetos do produto e da produção. Em adição aos aspectos anteriores surge, neste

estágio, um aspecto frequentemente associado à Engenharia Simultânea que é o estabelecimento de parcerias entre empresas envolvidas no ciclo de vida de um produto. Exemplos deste estágio são as experiências relatadas por Hartley (1998) e Lee-Mortimer (1994).

Até este estágio, a integração limita-se ao ciclo de vida de desenvolvimento do produto, conforme abordado anteriormente. Os estágios seguintes, por sua vez, têm a tarefa de estender esta integração ao ciclo de vida completo do produto.

Um quarto estágio incorpora ao projeto as demandas das partes interessadas na operação e manutenção do produto. Surge aqui uma dificuldade nova: como incorporar o usuário do produto à equipe de projetos. A solução apresentada por Kinna (1994) incorpora os usuários na figura dos profissionais responsáveis por uma “ampla” pesquisa destinada a identificar os anseios e percepções dos mesmos. No caso, tal pesquisa é conduzida por profissionais de *marketing* e engenheiros.

Por fim, um quinto estágio, no entendimento deste trabalho, refere-se à incorporação ao projeto do produto, dos processos de descarte e reuso do mesmo. Completando-se, assim, a consideração das demandas de todos os usuários presentes no ciclo de vida completo do produto.

Finalizando, vale ressaltar que mais recentemente Ellram, Tate&Carter (2007) analisam proposta apresentada por Fine (2000) de um novo conceito, denominado *three-dimensional concurrent engineering* (3DCE). Na percepção dos autores citados, a 3DCE apresenta-se como uma evolução ao conceito tradicional da Engenharia Simultânea, por eles classificada como *bidimensional*, voltada a uma integração mais ampla entre os processos de projeto e produção incluindo a reconfiguração da cadeia de fornecedores.

2.1.3 Uso do *lead time* como fator de vantagem competitiva

A Engenharia Simultânea surge em um momento histórico em que a rápida evolução tecnológica, associada ao curto ciclo de vida dos produtos, e a crescente complexidade destes produtos, cria um ambiente competitivo em que preço e qualidade não são mais suficientes para garantir o sucesso de uma empresa. Neste contexto, a capacidade de lançar novos produtos a intervalos cada vez menores, ganha excepcional importância

(Smith, 1997) (Eversheim, Bochtler, GräBler, & Kölscheid, 1997), (Pennell & Slusarczuk, 1989) apud (Prasad, 1995), (Baylis, 1994).

Como resposta a tal demanda, a Engenharia Simultânea propõe a redução do tempo de desenvolvimento do produto (*product development lead time*)³, através da integração do planejamento da produção ao projeto do produto, e da “maximização do paralelismo nas práticas de trabalho” conforme definição apresentada por Broughton (1990) apud (Egbuomwan & Anumba, 1998).

A maximização do paralelismo nas práticas de trabalho, no entanto, exige uma abordagem diferenciada tanto da cadeia de atividades dos processos envolvidos, quanto do próprio produto e do fluxo de informações ao longo do ciclo de vida de seu desenvolvimento. Tais abordagens constituem três estágios que, se adequadamente implantados, levam à desejada redução do tempo de desenvolvimento do produto. (Eversheim, Bochtler, GräBler, & Kölscheid, 1997).

Do ponto de vista da cadeia de atividades, o objetivo é a definição de um processo único de desenvolvimento do produto a partir da junção de dois processos anteriormente independentes: o processo de projeto do produto e o processo de planejamento da produção. Para tal, procede-se ao mapeamento tanto do processo de projeto de produto quanto do processo de planejamento da produção, decompondo-os em atividades (PMI, 2004). Com base na identificação e análise do fluxo de informações entre as diferentes atividades gera-se um modelo de informações do processo (Eversheim, Bochtler, GräBler, & Kölscheid, 1997), classificando-as segundo suas relações de dependência e hierarquia (Prasad, 1999) (Bogus, Keith, & Diekmann, 2005). Busca-se, então, com base no modelo de informações gerado, reorganiza-las em um único processo integrado de desenvolvimento (projeto e produção), que maximize o grau de paralelismo na execução da cadeia de atividades gerada.

Estabelecido o processo integrado de desenvolvimento, baseado em informações de

³ Dentre as diversas interpretações do termo *lead time* presentes na literatura, neste texto adota-se a definição proposta por Ericksen, Stoflet & Suri (2007) em que *lead time* é definido como “a típica quantidade de tempo medida a partir da criação de uma ordem, passando pelo caminho crítico até que a primeira peça desta ordem seja entregue ao cliente”. Para o presente trabalho duas aplicações do termo *lead time* ganham importância ao longo da discussão: o primeiro relativo ao tempo de desenvolvimento do produto, *product development lead time*, e o segundo, correspondente ao tempo de entrada deste produto no mercado ou “*time-to-market lead time*”.

dependência entre atividades, o foco é transferido ao conjunto de informações técnicas do produto. O *paralelismo orientado ao produto* (Eversheim, Bochtler, GräBler, & Kölscheid, 1997) tem como foco a modelagem do produto a ser produzido e sua decomposição em componentes tecnicamente autônomos (Krause, Kimura, Kjellberg, & Lu, 1993) (Prasad, 1999). Com base no modelo de informações técnicas (Eversheim, Bochtler, GräBler, & Kölscheid, 1997) então construído, pode-se identificar quais componentes devem ser tratados em paralelo aplicando-se, então, a cada um deles o processo integrado de desenvolvimento anteriormente gerado. É ainda neste estágio que se torna possível a redução do número de componentes que compõem o produto, preconizada por Kinna (1994) como fundamental à simplificação do processo de produção.

Por fim, a redução do *lead time* exige ainda a organização do fluxo das informações ao longo do processo de desenvolvimento. A criação de modelos de integração de informações (Eversheim, Bochtler, GräBler, & Kölscheid, 1997) tem por foco principal as informações que relacionam projeto do produto e planejamento da produção, garantindo que as informações estejam disponíveis em tempo real. Como ressaltam Krause, Kimura, Kjellberg&Lu (1993) as informações parciais sobre o produto devem estar disponíveis à produção (*downstream*) e não apenas em pacotes completos de informação. Hauck, Bansal&Hauck (1997) por sua vez, ressaltam a necessidade da realização de testes de adequabilidade do produto em paralelo ao desenvolvimento do projeto do produto, e a garantia de que os resultados dos mesmos estejam disponíveis à equipe de projeto (*upstream*) em estágios iniciais do desenvolvimento. O adequado fluxo de informações *upstream* e *downstream* é a garantia de que as informações necessárias estarão disponíveis no momento adequado, possibilitando a tomadas de decisão com a antecedência devida.

Com base em extensa pesquisa bibliográfica, Bogus, Keith&Diekmann (2005), estimam que a consideração do paralelismo de práticas de trabalho, como descrita nos parágrafos anteriores, quando aplicada à indústria manufatureira leva a uma redução da duração do ciclo de vida de desenvolvimento do produto (*product development lead time*), da ordem de 20% a 50%.

No entanto, a integração proposta entre projeto do produto e planejamento da produção, tem significativo impacto não só na redução da duração do ciclo de vida de

desenvolvimento do produto. A troca de informações em estágios precoces do ciclo de vida do produto leva à eliminação de alterações durante a fase de produção, assim como a simplificações do produto e do processo de produção. Como consequência tem-se a redução do tempo necessário à sua produção e, portanto, do tempo de entrega ao mercado (*time-to-market lead time*).

A Figura 2-3 apresenta um resumo do exposto nos parágrafos anteriores.

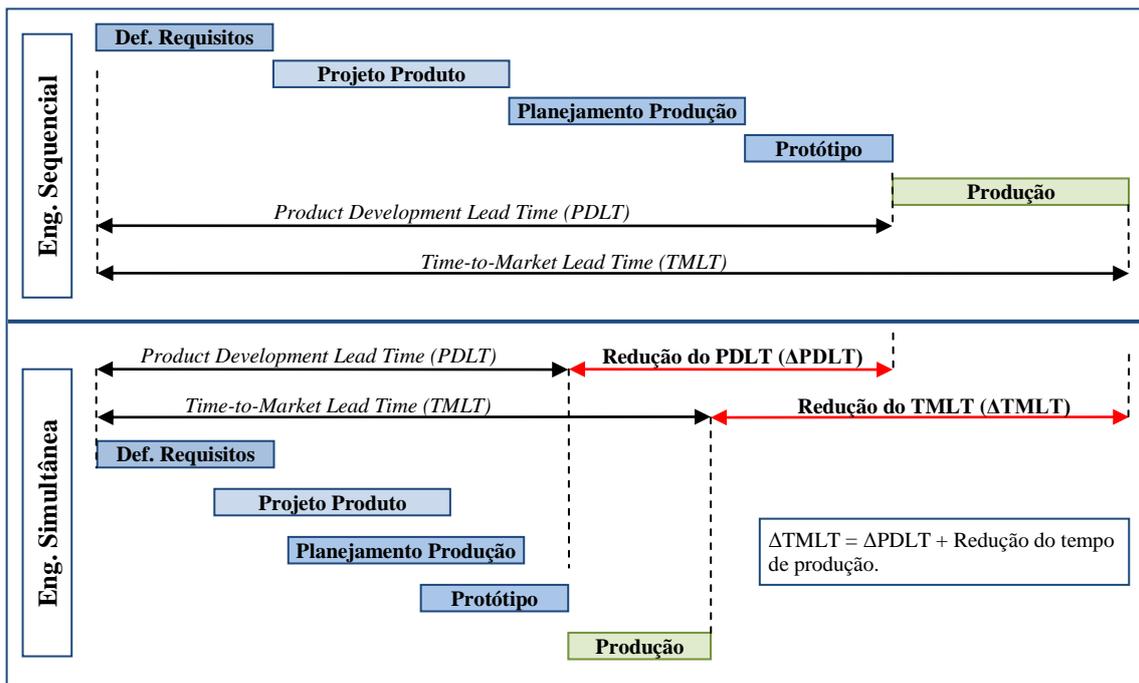


Figura 2-3. Redução de *Lead Time* decorrente da Engenharia Simultânea.

Do anteriormente exposto pode-se verificar que, como atestam os diversos autores citados, a chave para a implantação do paralelismo em processos de desenvolvimento é a adequada troca de informações entre os profissionais envolvidos no processo. Ou, como dito por Baylis (1994), em estudo realizado sobre a fabricante de veículos Nissan: “*Simultaneous engineering is reliant on good, open communications between staff and the departments across the company. This requires an “attitude of mind”; it means that staff must not hold back information. To some people information is power, but this can destroy efficient progress. Sharing information and open communications are fundamental requirements to effectiveness*” (Baylis, 1994).

2.1.4 Formação de times multidisciplinares

Como afirmado anteriormente, a Engenharia Simultânea está baseada em uma eficiente troca de informações entre os profissionais envolvidos em todas as fases do ciclo de

vida de desenvolvimento do produto. Profissionais estes que são de diferentes especialidades e pertencentes a diferentes departamentos ou mesmo empresas. Proporcionar um meio propício para que tal troca de informações ocorra é um dos principais desafios da Engenharia Simultânea.

Alguns mecanismos administrativos utilizados com este objetivo, segundo Smith (1997) são: 1) A exigência de aprovação formal de todos os departamentos (ou empresas) ao final de cada etapa de trabalho, 2) A definição de um agente de ligação entre os departamentos (ou empresas) responsável pelo controle das informações, 3) A realização de reuniões regulares entre representantes dos diversos departamentos (ou empresas) e 4) A criação de uma equipe multidisciplinar de desenvolvimento formada por profissionais dos diversos departamentos (ou empresas) envolvidos.

Em seu trabalho Smith apresenta as características de cada mecanismo para ao final concluir que o principal mecanismo adotado pela Engenharia Simultânea é a criação de equipes multidisciplinares de projeto. Neste caso a equipe é formada para trabalhar em um projeto específico, permanecendo unida até o término do desenvolvimento do produto.

Tal afirmação na verdade traduz um consenso presente na bibliografia referente à Engenharia Simultânea. Consenso este forte o suficiente para diversos autores utilizarem as equipes multidisciplinares como um elemento definidor da própria Engenharia Simultânea (Pennell & Winner, 1989) (Prasad, 1999) (Smith, 1997) (Baylis, 1994) (Lee-Mortimer, 1994) (Hauck, Bansal, & Hauck, 1997) (Eversheim, Bochtler, GräBler, & Kölscheid, 1997).

Um motivo para a predominância da equipe multidisciplinar como mecanismo de integração na Engenharia Simultânea, no enfoque deste trabalho, é a forma de comunicação por ele propiciada. Ao contrário dos demais mecanismos apresentados, a utilização de equipe multidisciplinar possibilita a criação de um ambiente propício à troca de informações, formais e informais em tempo real (Lettice, Palminder, & Stephen, 1995).

Para tanto, não se pode confundir a formação de equipes multidisciplinares com a de comissões multidisciplinares. Ao contrário das comissões, que analisam problemas existentes e propõem soluções a serem implantadas por outros, a equipe aqui proposta

deve caracterizar-se pela capacidade de identificação precoce de potenciais problemas e pela habilidade de rapidamente iniciar as medidas necessárias à sua solução (Pennell & Winner, 1989).

2.2 Célula de Produção

No item anterior apresenta-se a Engenharia Simultânea como uma proposta de aumento da competitividade de uma empresa através da melhoria da qualidade e redução do tempo necessário ao lançamento de novos produtos no mercado. Para tal, a Engenharia Simultânea propõe mecanismos de consideração das demandas futuras (produção e cliente) e de redução do *lead time*, aplicados ao **processo de desenvolvimento** do produto.

O conceito de Célula de Produção, por sua vez, busca o mesmo ganho de produtividade, a partir de estratégias de organização que promovam o aumento da qualidade do produto e a redução do *lead time* no **processo de produção** do produto. Apresentar os princípios da Célula de Produção e seu impacto sobre outros aspectos da produção é o objetivo do presente item.

Segundo Alves, Lima, & Silva (2003), uma célula de produção pode ser definida como um agrupamento integrado de pessoas, equipamentos e métodos para a realização de um leque de tarefas complementares e necessárias à produção de um artigo ou família de artigos similares. Em outras palavras, busca-se na estrutura celular (*cell system*) que cada unidade de produção agrupe *diferentes recursos*, de forma a executar todas as tarefas necessárias à produção de *produtos semelhantes*. Tal sistema produtivo se contrapõe à organização funcional (*job shop*), na qual a estrutura de produção é organizada de forma a agrupar *recursos semelhantes*, que executam uma mesma tarefa em *diferentes produtos*. A Figura 2-4 ilustra a organização do processo de produção e do espaço fabril segundo a) a abordagem funcional e b) a organização celular.

As ideias primordiais da produção celular se misturam às origens da tecnologia de grupo (Gallagher & Knigh, 1973) (Studel & Desruelle, 1992) (Wemmerlöv & Hyer, 1989) (Vakharia, 1996) e podem ser percebidas em trabalhos desenvolvidos na primeira metade do século passado, tanto nos Estados Unidos da América (Flanders, 1925) apud (Hyer & Wemmerlöv, 2002), quanto na extinta União Soviética (Sokolovsky, 1930) apud (Patussi & Heinnech, 2006). A partir dos anos 60 o conceito da produção

utilizando células ganha força, através dos trabalhos de Mitrofanov (Alves, 2007) e de John Burbidge (1989), e da proposta das Células de Tecnologia de Grupo apresentada por Gallagher&Knigh (1973).

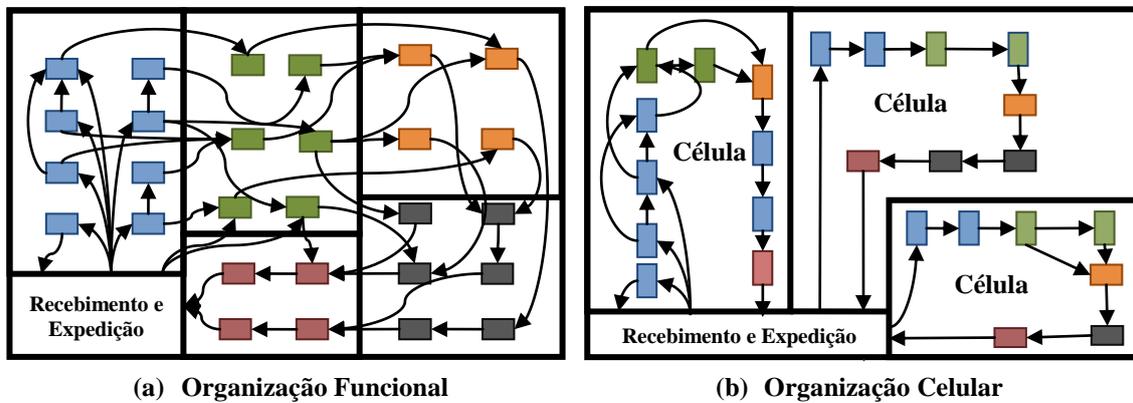


Figura 2-4. Organização do espaço fabril e do processo de produção. Adaptada de (Hunter,2002)

Diversas outras definições de Célula de Produção, estão presentes na literatura, relacionando o conceito de célula de produção a outros princípios organizacionais, tais como *Socio-Technical System* (Hyer, Brown, & Zimmerman, 1999), *Just-in-time* (Drolet, Abdulnour, & Rheault, 1996) e *Lean Manufacturing* (Hyer & Wemmerlöv, 2002). Para uma compreensão abrangente do conceito de célula de produção em um sistema de produção orientado ao produto e sua relação com os princípios anteriormente citados, recomenda-se a leitura de Benders&Badham (2000) e Alves (2007).

2.2.1 Conexões: tempo, espaço e informação

De forma recorrente, as definições de célula destacam como requisitos para caracterização de um sistema celular (1) a produção de partes ou produtos de uma mesma família, (2) o agrupamento físico dos recursos necessários à produção e (3) a dedicação destes recursos à produção desta família.

Hyer&Brown (1999), por sua vez, apresentam uma perspectiva adicional para a visualização do funcionamento das células de produção, através da existência de um fluxo de trabalho que mantenha atividades e operadores intimamente conectados em termos de espaço, tempo e informação. Em termos ideais, tal conexão se dá quando: (1) o *tempo* de transferência ou de espera entre atividades é eliminado, (2) os recursos estão agrupados em um mesmo *espaço* físico e (3) toda a *informação* necessária está disponível e passível de fácil acesso. Tais requisitos, associados à dedicação dos

recursos à produção de uma família de produtos ou partes de produtos, caracterizam o que os autores denominam uma “célula real”. A deficiência de um ou mais deles leva a outras configurações de célula que, na visão dos autores, não permitem atingir a totalidade das vantagens proporcionadas pelo arranjo celular.

As três conexões introduzidas criam, entre si, relações de interdependência que impactam diretamente sobre a célula, potencializando o seu funcionamento. São quatro as relações presentes, segundo a abordagem proposta:

- Espaço e Tempo: A facilidade de transferência de materiais entre estações de trabalho, proporcionada pela proximidade física entre elas, permite a transferência unitária de produtos, reduz o tempo de espera entre estações e a possibilidade de extravio de materiais. Como consequência tem-se a desejada redução do *lead time* na produção.
- Espaço e Informação: o adequado arranjo físico das estações de trabalho em uma célula possibilita aos seus membros a visualização de toda a cadeia de produção e, portanto, acesso imediato às informações sobre o desempenho da mesma. Ainda, a proximidade física, associada a um arranjo espacial que cria a possibilidade de estabelecimento de um contato sensorial (auditivo, visual e tátil) entre os membros da célula, potencializa o surgimento de um espírito de equipe entre os mesmos, fator essencial ao desenvolvimento de uma comunicação plena no interior da célula.
- Informação e Tempo: O acesso em tempo real às informações sobre o desempenho do processo de produção possibilita que a informação esteja disponível no momento em que a mesma é necessária. Assim sendo, as tomadas de decisão necessárias podem ser realizadas sem interrupções no fluxo da produção. Tal possibilidade de antecipação e solução de gargalos possibilita a manutenção de um fluxo contínuo de produção, com impacto direto no *lead time* da produção.
- Tempo e Informação: Em processos com *lead time* curtos, torna-se mais eficiente a obtenção de informações tais como a posição do produto, a identificação de defeitos e a proposição de soluções para os mesmos.

Observam-se nas relações acima descritas, dois aspectos fundamentais ao perfeito funcionamento de uma célula: (1) a existência de um adequado fluxo de informações e (2) o papel central desempenhado pela distribuição espacial na criação de um ambiente

adequado ao estabelecimento de tal fluxo.

2.2.2 Fluxo de Produção

O Fluxo de produção ideal em uma célula é aquele em que os artigos passam apenas uma vez por todas as estações de trabalho, dispostas sequencialmente e próximas umas às outras, caracterizando um fluxo direto de produção.

No entanto, Silva&Alves (2004), mostram a ocorrência de outras quatro possibilidades de fluxo: (1) O fluxo direto com *bypass*, (2) o fluxo inverso, (3) o fluxo inverso com *bypass* e (4) o fluxo repetitivo.

Conforme os autores, esta diversidade de fluxos é decorrente de ajustes a diferentes produtos de uma mesma família e distingue a célula da linha de produção.

2.2.3 Transferência Unitária de Artigos

O adequado posicionamento das estações de trabalho em um mesmo espaço físico possibilita a redução do tamanho dos lotes de artigos a serem transferidos entre as mesmas. Em uma situação ideal, a transferência se dá segundo um fluxo unitário de artigos (Hay, 1988) (Sekine, 1990).

Como mostrado por Alves (2007), a transferência unitária tem impacto tanto na redução do *lead time* quanto na qualidade do produto. A redução do *lead time* decorre, entre outros fatores, da possibilidade de superposição de atividades. Por sua vez, o manuseio individualizado de artigos permite uma inspeção na totalidade do lote e, conseqüentemente, a melhoria da qualidade do produto.

2.2.4 Possibilidade de Reconfiguração

Uma característica das células de produção é sua capacidade de ajuste tanto a variações das taxas de produção quanto a demandas por adequações de produtos às necessidades dos consumidores.

A adequação às taxas de produção pode se dar pela variação no número de estações de trabalho na célula, possibilitada por uma configuração flexível da mesma.

Já a adequação a demandas específicas é obtida pela possibilidade de reconfiguração de *layout*, inclusão de novas estações de trabalho e, fundamentalmente, pela polivalência

dos operadores e pelo alargamento de tarefas.

2.2.5 Trabalho em Equipe

A capacidade de ajuste da célula de produção tanto às variações da taxa de produção, quanto às necessidades específicas de produtos, tem como um de seus pilares a capacidade de ajuda mútua presente em uma equipe de trabalho.

Embora nem sempre considerada, a dimensão humana das células de produção tem recebido atenção crescente da comunidade científica (Hyer, Brown, & Zimmerman, 1999) (Graça, 2002) (Hunter, 2002) (Bidanda, Ariyawongrat, Needy, & Tharmmaphornphilas, 2005) (Chakavorty & Hales, 2008).

Um amplo painel sobre as diferentes possibilidades de organização de equipes, assim como sua diferenciação em relação aos grupos de trabalho pode ser encontrado em Alves, Lima & Silva (2003).

Diaz (1998), por sua vez, apresenta algumas competências que devem estar presentes em um ambiente de trabalho em equipe:

- Capacidade de trabalhar em grupo e de interagir com colegas e clientes;
- Capacidade de efetuar trabalho variado;
- Capacidade de tomar decisões e assumir responsabilidades;
- Capacidade para autoaprendizagem;
- Capacidade de adaptação a conceitos e organizações flexíveis e em mudança;

A partir de tais competências torna-se possível a constituição de equipes de trabalho, seja no âmbito do *Lean Production* (Niepce & Molleman, 1996) quanto da abordagem sociotécnica ou dos Sistemas Antropocêntricos da Produção (Hyer, Brown, & Zimmerman, 1999) (Niepce & Molleman, 1998) (Niepce & Molleman, 1996).

Neste último caso, as equipes possuem elevada autonomia tanto quanto às decisões tecnológicas quanto à própria organização do trabalho (Berggren, 1993), constituindo-se em equipes autônomas ou autogeridas (Molleman, 2000).

Em tal ambiente de trabalho colaborativo, torna-se possível criar as condições necessárias à capacidade de autoajuste da célula a diferentes taxas de produção e a

novas exigências do produto.

2.3 Célula Administrativa

A busca pela melhoria da competitividade através da redução do *Lead Time* foi abordada no presente texto em duas fases da cadeia produtiva de um novo produto: o desenvolvimento do produto e sua produção.

Um terceiro elo desta cadeia são as operações administrativas que permeiam as duas fases anteriores. Tais operações (*White-collar activities*) podem responder por cerca de 50% do tempo total de lançamento de um novo produto e por 25% a 30% de seu custo global (Suri, 1998).

À semelhança da indústria manufatureira que processa matéria prima em produtos físicos, as operações administrativas processam informações transformando-as em documentos. Em ambos os casos, a organização funcional da produção apresenta desafios relacionados tanto ao gerenciamento do *lead time*, quanto ao controle da qualidade do produto entregue ao final da cadeia.

Em um ambiente administrativo, os problemas relacionados ao *lead time* encontram-se tanto no tempo gasto no trânsito da informação entre estações de trabalho pertencentes a diferentes departamentos, quanto na espera entre atividades sequenciais. Assim como na manufatura, parcela substancial do *lead time* em atividades administrativas encontra-se no tempo de espera decorrente do fenômeno “*bacth and queue*”. Segundo Blackburn (1992) a soma dos tempos gastos em transito e em espera em um ambiente administrativo pode chegar a 95% do tempo necessário para completar a operação (*administrative lead time*).

No que se refere à qualidade, o trânsito de informações, ou documentos, por ambientes estanques em uma estrutura funcional é propício a erros de encaminhamento (fluxo) e a interpretação equivocada de informações. Ainda, o caráter especializado de cada um destes ambientes favorece: (1) que decisões sejam tomadas com base em uma visão parcial do problema, e (2) dificultam a detecção de erros cometidos em estações anteriores, postergando a correção dos mesmos a estágios tardios da cadeia produtiva. Tal situação leva, em muitos casos, à criação de novas estações de trabalho dedicadas à detecção de erros e reenvio às estações anteriores para correção dos mesmos. A cada retorno da informação, no entanto, cria-se a oportunidade para que novos erros sejam

cometidos, gerando um círculo vicioso com impacto direto na qualidade tanto do produto quanto do processo de produção.

A semelhança entre o ambiente administrativo e a estrutura funcional de produção sugere, portanto, a aplicação dos princípios da célula de produção aos processos administrativos, transformando a estrutura funcional do escritório em uma assim denominada “célula administrativa”. (Blackburn, 1992) (Suri, 1998)

A aplicação, no entanto, dos conceitos da célula de produção em um ambiente de escritório depara com dificuldades próprias da atividade administrativa, tais como o mapeamento do processo de trabalhos, a medição do *lead time* e a distinção entre as atividades que acrescentam valor ao produto e aquelas que não o fazem. Grande parcela destas dificuldades decorre do caráter etéreo do produto tratado no escritório, em contraponto ao caráter físico da matéria processada no ambiente fabril.

Apesar das dificuldades citadas, a identificação e combate de aspectos que caracterizem desperdício, tais como o excessivo tempo de espera e transporte citados por Blackburn (1992), é usualmente adotada como estratégia na migração da célula de produção para o escritório. Tal estratégia, base da filosofia *Lean*, ou *Just-in-Time* (Shingo, 1985), é traduzida no conceito de células JIT (Alves, 2007), *white-collar JIT process* (Blackburn, 1992) e *Lean Office Cells* (Hyer & Wemmerlöv, 2002).

Dentre os desperdícios a serem abordados na implantação de uma célula administrativa (Rother & Shook, 1999) (Womack & Jones, 1998) (Keyte & Locher, 2004), quatro merecem destaque seja por seu impacto direto na redução do *lead time*, seja por sua relação com o presente trabalho: movimentação, espera, retrabalho e superdimensionamento do *lead time*.

2.3.1 Desperdício da movimentação

Já abordado quando da apresentação das células de produção, a dispersão física dos recursos leva a uma movimentação excessiva de artigos e, em consequência, a elevados tempos de percurso do produto. Vital no ambiente fabril, no qual os artigos a serem transportados possuem características físicas (dimensão, peso), tal questão surge no ambiente administrativo apenas quando o artigo, no caso a informação, ganha consistência física na forma de documentos. Portanto, enquanto no ambiente fabril o tempo de transporte é fortemente influenciado pelo agrupamento físico dos recursos, tal

relação não ocorre de forma tão direta no ambiente administrativo. Neste último, o uso da informação em formato digital permite que o layout físico seja plenamente substituído por sistemas eletrônicos de informação, igualando quanto a este quesito, as células físicas às células virtuais.

2.3.2 Desperdício da espera

A criação de “lotes” de informações é apontada por Blackburn (1992) como o principal motivo de tempos elevados de espera em ambientes administrativos. A espera por uma aprovação, por uma resposta a uma solicitação ou por uma nova informação, são fontes de alongamento de *lead time*, em geral associadas a ações, ou a falta de ações, humanas. Neste sentido, Ward (2004) aponta a sobrecarga dos operadores, o excesso de interrupções voluntárias ou não e o comprometimento com procedimentos burocráticos rígidos como causas de desperdício associado à espera.

Outra forma de criação de lotes de informação é a tendência à transferência apenas de conjuntos completos de informação, ou seja, um membro do grupo retém as informações já disponíveis até que as mesmas atendam à completude estabelecida a partir de um critério por ele determinado (Prasad, 1999). Em ambiente voltado à solução de trabalhos multidisciplinares, e naqueles em que se adota a simultaneidade de atividades, tal retenção de informações leva não só a atrasos como a indução a erros.

A utilização de documentação digital e transmissão eletrônica de dados têm sido apontadas como solução à tendência a criar lotes de documentos antes de transportá-los à estação seguinte. No entanto, de que adianta a fácil e rápida comunicação por correio eletrônico se as mensagens não são enviadas ou se acumulam na caixa de correio à espera de leitura?

O agrupamento físico de recursos, de forma a proporcionar uma comunicação direta entre os membros da equipe, assim como atividades de treinamento impactam positivamente na solução de tais gargalos.

Por fim, outra fonte de espera é a interrupção da cadeia de atividades gerada pela ausência de um membro do grupo que seja o único responsável pela atividade ou informação pretendida. A criação de uma responsabilidade coletiva sobre o processo e o estímulo à multifuncionalidade, presentes na organização celular, tendem a atenuar o dano causado pela ausência do referido membro (Bokhorst, Slomp, & Molleman, 2004).

2.3.3 Desperdício do retrabalho

A ocorrência de erros e a sua detecção tardia têm impacto tanto na qualidade do produto quanto no alongamento do *lead time*.

O impacto no *lead time* ocorre em um primeiro momento quando da inclusão de uma atividade adicional na cadeia produtiva destinada à detecção de erros, ou seja, a verificação de qualidade. Em um segundo momento há o desperdício causado pela necessidade de correção do erro, através da repetição de uma atividade anteriormente executada.

Um efeito secundário, embora não menos pernicioso, é a naturalização por parte dos membros da equipe, das atividades acima descritas e a sua consideração como atividade produtiva. Em um ambiente em que tais atividades se tornam naturalizadas, a estratégia de postergar a solução de um problema, ou mesmo a correção de um erro já detectado, para a atividade pós-verificação de qualidade, passa a ser utilizada para o cumprimento de *lead time* predefinido localmente.

Por fim, há o risco de ao ser refeita uma atividade serem cometidos novos erros, ou a correção do erro anterior implicar em necessidade de alterações em outras atividades associadas, em uma propagação de danos muitas vezes de difícil quantificação.

O treinamento da equipe, a formação multidisciplinar, o estímulo à comunicação intracelular e uma política de melhoramento contínuo são possíveis estratégias de redução de erros e retrabalho.

2.3.4 Desperdício do superdimensionamento do *lead time*

A quantificação do *lead time* em atividades administrativas é, por si, um desafio maior do que em atividades de manufatura face à intangibilidade da informação e à menor visibilidade dos fluxos de produção.

Ciente de tal fato, e no intuito de prever uma margem de segurança para o cumprimento de prazos, é usual que o responsável pela atividade defina previamente um *lead time* superior ao necessário (Keyte & Locher, 2004). Tal atitude é reforçada pela postura de antecipar-se a situações de alteração de requisitos por parte do cliente, assim como pela naturalização do retrabalho como atividade produtiva.

Em um ambiente composto por departamentos isolados, tal procedimento será replicado em cada atividade, somando-se no *lead time* total. Segundo Stalk&Hout (1990) quanto mais longo o *lead time* menor a capacidade de previsão e maior a probabilidade de erros ao longo do processo, gerando um círculo vicioso que leva a prazos de execução ainda mais extensos.

Por fim, a predefinição de um *lead time* já predispõe a equipe a ajustar seu ritmo de trabalho para cumprimento daquele prazo superestimado, mesmo que seja possível executar a tarefa em um prazo menor. Não raramente, tal postura leva a um *lead time* ainda maior.

2.4 A Proposta de Célula de Projeto

A elaboração do projeto de um edifício apresenta características próprias de um sistema funcional de produção, com uma abordagem do ciclo de vida de desenvolvimento do produto clássica da engenharia sequencial.

Assim como detectado na indústria manufatureira na segunda metade do século passado, tal combinação leva a um ambiente de desenvolvimento/produção caracterizado por *lead time* excessivo, alto índice de retrabalho, ciclos de *feedback* longos, baixa qualidade do produto e baixa incorporação das necessidades do cliente. Características estas identificadas na indústria da construção civil por diversos autores tais como Love (2002) e outros.

Como apresentado nos itens anteriores, a indústria da produção seriada busca a solução para tal situação através de práticas de desenvolvimento/produção com foco nas necessidades do usuário e com especial atenção voltada à redução do *lead time* como fator de vantagem competitiva. Dentre as diversas abordagens propostas, dá-se destaque no presente trabalho à Engenharia Simultânea, às Células de Produção e às Células Administrativas, face à contribuição das mesmas ao conceito aqui proposto.

Embora presentes na indústria da produção seriada desde os anos oitenta, apenas a partir do trabalho de Koskela (1992) estudos sobre a aplicação de tais conceitos na indústria da construção civil ganham destaque no meio acadêmico, em especial na segunda metade dos anos noventa e primeira década do século XXI. (Evbuomwan & Anumba,

1996) (Evbomwan & Anumba, 1998) (Koskela, Ballard, & Tanhuampää, 1997) (Picchi, 2003)

As razões para uma menor difusão da Engenharia Simultânea na indústria da construção civil podem ser percebidas em Ballard&Howell (1998), Picchi (2001) e Fabrício&Melhado (2003). Dentre as especificidades da indústria da construção civil, em relação à produção seriada, destacam-se: 1) a fragmentação do processo produtivo do edifício no qual o projeto e a produção são pertencentes a empresas diferentes, e 2) a pulverização do próprio processo de projeto do produto entre profissionais pertencentes a diferentes empresas de projeto.

Neste contexto de produção pulverizada, ganham especial importância as pesquisas relacionadas à Engenharia Simultânea, em especial ao controle do fluxo de atividades (Koskela, Ballard, & Tanhuampää, 1997), (Karim & Hojjat, 1999), (Dey, 2001), (Peña-Mora & Li, 2001), (Tzortzopoulos, Formoso, & Betts, 2001), (Bogus, Diekman, & Molenaar, 2002), (Tzortzopoulos, Betts, & Cooper, 2002), (Maheswari, Varghese, & Sridharan, 2005); aos sistemas de compartilhamento de informações entre as especialidades envolvidas (Freire & Alarcón, 2000), (Irvins, Gray, & Miles, 2002), (Mesquita, Fabrício, & Melhado, 2002), (Huang, Fan, Miao, & Ling, 2006), (Karlsson, Lakka, Sulankivi, Hanna, & Thompson, 2008) (Wasiak, Hicks, Linda, Dong, & Burrow, 2009); e ao estabelecimento de parcerias (Crutcher, Walsh, Hershauer, & Tommelein, 2001), (Jobim & Jobim Filho, 2001), (Miles & Ballard, 2002), (Miller, Packaham, & Thomas, 2002), (Shimizu & Cardoso, 2002).

Por fim, como afirmam Karlsson, Lakka, Sulakini, Hanna&Thompson (2008), a partir de pesquisa bibliográfica, o ambiente da engenharia simultânea na indústria da construção civil consiste de três elementos básicos: 1) o uso da informação em formato digital, 2) a existência de um repositório central de toda a informação e 3) a presença de uma rede para o compartilhamento desta informação. No que pese o rigor desta afirmação, a visão tecnicista do trabalho colaborativo no âmbito da engenharia simultânea tem presença marcante na prática da construção civil, seja na forma de sistemas de compartilhamento de informações, seja na migração da prática de projeto em 2D para a utilização de sistemas de modelagem 3D do edifício (Wilhelm, 2007) (Ding, Davies, & McMahon, 2009).

Com tal interpretação de um ambiente colaborativo, o conceito de célula, em especial o

de célula real (Hyer & Brown, 1999), é pouco explorado na indústria da construção civil. As poucas referências localizadas, em comparação com a engenharia simultânea, voltam-se à organização das atividades de produção, ou construção, do edifício (Howell, Laufer, & Ballard, 1993), (Ballard & Tommelein, 1999), (Santos, 1999), (Santos, Moser, & Tookey, 2002), (Miranda, Alencar, Campos, Pontes, & Ghinato, 2003), (Moser, 2003), (Moser & Santos, 2003), (Picchi, 2003), (Patussi F. , 2006), (Patussi & Heinnech, 2006), (Carneiro, 2007).

Pesquisa bibliográfica voltada à utilização de células em ambiente de desenvolvimento, ou projeto de edifícios, não logrou êxito⁴. Conforme descrito anteriormente, o conceito de colaboração, ou *teamwork*, no ambiente de projeto de edifícios recai sobre a constituição de sistemas virtuais de compartilhamento de informações e não na colaboração interpessoal⁵.

A partir de tal diagnóstico, a proposta de Célula de Projetos, aqui apresentada, busca nas características organizacionais das Células de Produção e Células Administrativas, meios para criar um ambiente colaborativo de produção de projetos de edifícios, propício à aplicação da filosofia de desenvolvimento de produtos contida na Engenharia Simultânea.

Assim, uma Célula de Projetos pode ser definida como um agrupamento integrado de pessoas, equipamentos e métodos para, através da interação face-a-face e contínua, realizarem de forma simultânea um leque de tarefas, necessárias, complementares e suficientes à transformação de informações, oriundas dos diversos atores presentes no ciclo de vida de um edifício, em um conjunto de documentos denominado projeto de edifício.

⁴ Pesquisas realizadas em 12/02/2010 nas bases de dados “Business Source Complete” e “Science Direct” adotando duplas de palavras chave “cell” e “building” e “cell” e “construction”, presentes em qualquer campo de indexação. As buscas foram restritas aos “academic journals” (“case study”, “articles”, “proceeding” e “working paper”) publicados entre janeiro/2000 e janeiro/2010 e com “full text” disponível on-line.

⁵ Em pesquisa bibliográfica realizada em 12/02/2010, nas bases de dados “Business Source Complete” e “Science Direct”, com os termos “teamwork” e “building” e “teamwork” e “construction”, e demais parâmetros idênticos aos da nota anterior, foram identificados 591 artigos. Em nenhum deles é tratada a utilização de equipes multidisciplinares fisicamente agrupadas para a elaboração de projetos de edifícios.

A célula de projetos, portanto, tem como núcleo central em sua concepção:

1. A abordagem do projeto de edifício como um conjunto único e indissociável de soluções técnicas para definição do produto edifício;
2. A *integração longitudinal* do ciclo de vida do edifício, através da aplicação sistemática da integração entre o projeto do edifício, sua construção e manutenção;
3. A *integração transversal* do processo de produção do produto “projeto de edifícios”, lançando mão do agrupamento integrado de pessoas, equipamentos e métodos relacionados às especialidades necessárias à perfeita definição do edifício;
4. O uso da proximidade física entre os membros e da permanência dos mesmos na equipe de projeto como facilitador do processo de integração transversal do processo de projeto.

2.4.1 O projeto de edifícios como um produto único

Na abordagem vigente do processo de projeto de um edifício, o conjunto de informações necessárias à completa definição de um edifício – aqui denominado “projeto de edifício” – é visto na forma de pacotes de informações referentes a cada especialidade presente no desenvolvimento do edifício. Cada um destes pacotes é considerado, por si, um conjunto completo de informações referentes a um subsistema do edifício e interpretado como um produto autônomo denominado “projeto da especialidade” em questão.

De tal forma, o conjunto de informações técnicas necessárias à caracterização do edifício e de seu processo construtivo perde sua existência como produto único e indissociável, sendo tratado sempre no plural como os “projetos do edifício”.

O que poderia ser uma estratégia de decomposição do produto voltada à melhor organização do processo de trabalho, ganha maiores dimensões ao: 1) associar uma hierarquização por especialidades aos diversos “projetos” do edifício em desenvolvimento, 2) propiciar em cada um dos “especialistas” envolvidos, um sentimento de propriedade, ou paternidade, sobre o “seu” projeto e 3) fragmentar o próprio entendimento do edifício, transformado em um conjunto de sistemas prediais especializados, retirando de cada “especialista” a visão global do produto em

desenvolvimento.

Por tal procedimento a abordagem tradicional do processo de desenvolvimento de um edifício se dá, desde sua concepção, de forma sequencial (hierárquica) em uma organização funcional (por especialidades) da produção.

A quebra de tal concepção fragmentada do projeto de edifício, e o entendimento por parte de todos os profissionais envolvidos de que o produto a ser desenvolvido/projetado é o edifício como um ente único, e não os seus sistemas funcionais isolados, é um pressuposto fundamental ao estabelecimento de um processo de projeto simultâneo (Engenharia Simultânea) e orientado ao produto (Célula de Produção). Ou seja, ao estabelecimento da Célula de Projeto.

2.4.2 A integração longitudinal do ciclo de vida do edifício

A integração longitudinal, ao longo do ciclo de vida do edifício, é aqui considerada segundo dois pontos de vista: o primeiro em relação ao ciclo de vida completo do edifício e o segundo relativo ao ciclo de vida do projeto de edifício. Em ambos os pontos de vista, a integração longitudinal é entendida como medidas que visam integrar fases que, no ciclo de vida, obedecem a uma sequencia temporal.

Em relação ao *ciclo de vida completo do edifício*, a integração longitudinal diz respeito à consideração, ainda na fase de projeto, das características e necessidades presentes nas fases seguintes: construção e operação/manutenção.

Importante observar que a integração longitudinal aqui proposta não se refere à superposição, ou desenvolvimento simultâneo, das fases de projeto e de construção, tal como proposta pela abordagem *fast track*. Fala-se, isto sim, em considerar as necessidades e características das fases de construção e operação/manutenção nas informações técnicas presentes no projeto do edifício. Tal consideração se traduz não só nas soluções técnicas adotadas para o edifício, como também na inclusão de documentos voltados a orientar sua construção, operação e manutenção, em sintonia com a definição da Engenharia Simultânea.

A inclusão na equipe da célula de projetos de profissionais pertencentes às fases de construção e operação/manutenção é utilizada como mecanismo facilitador desta integração.

A integração ao longo do *ciclo de vida do projeto*, por sua vez, é resultante da visão do projeto de edifícios como um produto único. Nos termos aqui propostos, a visão unificada do projeto deve ser traduzida numa postura da equipe voltada à busca permanente de soluções conjuntas para a definição do edifício. Com tal postura, interferências entre as soluções obtidas para os diversos sistemas funcionais do edifício são identificadas e solucionadas de forma continuada desde sua concepção.

Na abordagem sequencial, por sua vez, as interferências entre soluções oriundas de visões parciais do edifício são identificadas apenas em uma fase mais avançada do ciclo de vida do projeto, denominada “solução de interfaces”.

Em resumo, na integração longitudinal proposta a identificação e a solução de interferências surgidas nas interfaces entre as diversas especialidades deixam de constituir uma fase do ciclo de vida e tornam-se uma atividade contínua ao longo das fases de concepção e definição do produto.

2.4.3 A integração transversal do processo de projeto

No item anterior foi apresentada a integração longitudinal proposta pela Célula de Projetos, resultando na reestruturação das fases do ciclo de vida do projeto. Tal integração atua sobre o sequenciamento de atividades do processo de projeto do edifício, sequenciamento este que é replicado em todas as especialidades envolvidas.

A integração transversal, por sua vez, trata da integração entre as especialidades envolvidas no processo, através de um paralelismo no desenvolvimento das definições relativas aos vários sistemas funcionais do edifício. A integração transversal, portanto, é responsável por unificar os ciclos de vida do projeto dos vários sistemas funcionais em um ciclo de vida único para o projeto do edifício.

Assim como em uma relação de simbiose, observa-se nas integrações longitudinal e transversal a obrigatoriedade de atuação conjunta, em cooperação mutuamente vantajosa, induzindo ajustes nos processos de projeto das especialidades. Ajustes estes que fortalecem a unicidade do projeto do edifício como um todo.

Ou seja, o desenvolvimento de soluções livres de interferências para os sistemas funcionais, propiciado pela integração longitudinal, permite que os processos de projeto das diversas especialidades ocorram de forma simultânea e unificada, como proposto

pela integração transversal. Por sua vez, a identificação e solução continuada de interferências entre as especialidades, só se torna possível caso as informações de cada especialidade que geram tais interferências estejam disponíveis ao mesmo tempo. Tal disponibilidade só será possível caso as especialidades desenvolvam seus processos de projeto de forma simultânea e unificada, característica da integração transversal. A busca por tal unicidade, por sua vez, induz os profissionais de cada especialidade a ajustarem seus processos de projeto de forma a disponibilizarem, no momento devido, as informações necessárias à identificação e solução das interferências levando, portanto, à construção de um processo unificado de projeto do edifício.

A integração transversal, aqui proposta, pressupõe que a cada momento do ciclo de vida do projeto seja possível ocorrer troca, avaliação e tratamento de informações entre as especialidades, até ser atingida a completa elaboração do produto “projeto de edifícios”. Sendo assim o conceito de Célula de Projetos propõe que ao longo de todo o processo de projeto estejam disponíveis, e de forma integrada, as pessoas, equipamentos e métodos relacionados à obtenção e tratamento das informações necessárias e suficientes à produção do projeto do edifício. Configurando-se, assim, uma organização celular do processo colaborativo de produção do “projeto de edifício”.

2.4.4 A proximidade física e a permanência da equipe

Nos itens anteriores é proposta a integração do processo de projetos de um edifício, tendo por base uma troca permanente de informações entre os membros da equipe, pertencentes às diferentes especialidades.

Busca-se, por assim dizer, garantir que o fluxo de informações se dê em “pequenos lotes de informação”. Evitando-se, desta forma, o fenômeno de “*bacth and queue*” no processo de desenvolvimento do projeto e os desperdícios decorrentes deste fenômeno, como apresentado no item relativo às células administrativas.

No entanto, na Célula de Projeto, mais do que a eliminação de desperdícios e a redução do *lead time* pretendidas na célula administrativa, busca-se a criação de uma visão unificada por parte dos membros da equipe do produto “projeto de edifícios” e do processo de produção do mesmo.

A criação de tal visão unificada exige mais do que um eficiente sistema computacional de gerenciamento de informações, síncronas ou assíncronas. Requer a possibilidade de

construção de um fluxo confiável e permanente de informações não escritas, verbais ou não verbais, formais ou informais.

Exige, sobretudo, a construção de relações interpessoais que possibilitem a flexibilização dos procedimentos formais de comunicação e a quebra das barreiras de formação profissional entre as diferentes especialidades. Ou seja, que estimulem o diálogo permanente entre especialistas, removam o sentimento de propriedade exclusiva sobre as informações de sua especialidade e desestimulem a construção de relações de poder e hierarquia baseadas na posse de tal informação.

A Célula de Projetos propõe, com base na relação entre espaço e informação discutida no conceito de célula real de produção, a utilização da proximidade física dos membros da equipe como facilitadora desse diálogo permanente e de construção de um ambiente propício ao *teamwork*.

Por fim, destaca-se a importância da não desmobilização da equipe ao término do projeto de um determinado edifício. A manutenção, ao menos, de um núcleo central da equipe potencializa a consolidação da célula e o amadurecimento da equipe, facilitando as adequações que se façam necessárias a um novo fluxo de produção ou a demandas específicas de novos projetos de edifícios.

Busca-se, desta forma, configurar a Célula de Projetos como uma célula orientada à produção de uma determinada família de "projeto de edifício" e não ao projeto de um edifício em particular.

3 Implantação: uma Célula de Projetos na UnB

O presente capítulo apresenta e analisa o procedimento de implantação de uma célula de projetos na Universidade de Brasília (UnB). A experiência de implantação, operação e avaliação de uma célula de projetos, relatada neste e nos próximos dois capítulos, tem o objetivo de verificar a validade dos conceitos apresentados no Capítulo 2, em uma situação real de projeto de edifício.

Concebida no Departamento de Produção e Sistemas da Universidade do Minho (DPS/UM) e desenvolvida no Laboratório de Projetos do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília (LABPRJ/ENC/UnB)⁶ a experiência em questão abrange o período compreendido entre julho de 2007 e junho de 2008. A Figura 3-1, apresenta o ciclo de vida da experiência, vista como um projeto (PMI, 2004), destacando sua duração real e localização geográfica do desenvolvimento das atividades.

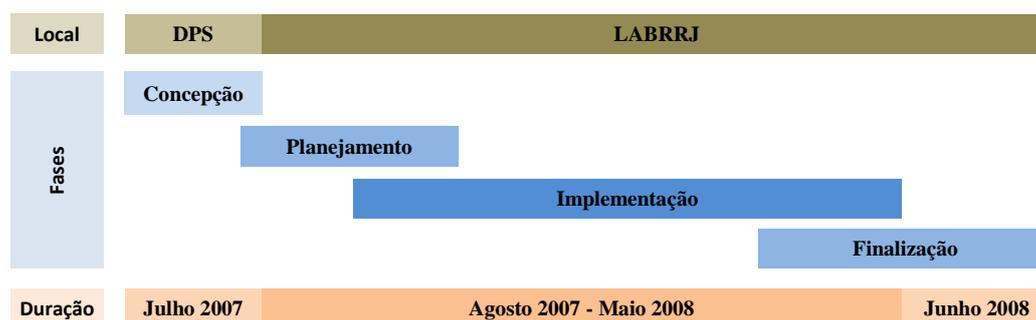


Figura 3-1. Ciclo de Vida da experiência

A *atividade* a ser desenvolvida pela célula de projetos implantada nesta experiência é a *elaboração de projeto* (ABNT, 1995) para construção de estabelecimentos de educação infantil a serem construídos em diferentes localidades brasileiras com baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)⁷, fruto de solicitação apresentada pelo Fundo

⁶ O Laboratório de Projetos é um laboratório acadêmico, pertencente ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília. Criado em Outubro de 2003 o LABPRJ tem por destinação prover um espaço para a prática profissional em projeto por parte dos alunos dos cursos de graduação e pós-graduação da Faculdade de Tecnologia. Para cumprir sua destinação o laboratório elabora os projetos de engenharia para os edifícios da universidade e presta assessoria técnica aos órgãos do Governo Federal, no tocante a projetos de edifícios (Regimento Interno do LABPRJ, 2003)

⁷ O conceito de Desenvolvimento Humano, base do Relatório de Desenvolvimento Humano (RDH) produzido anualmente pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento Humano (PNUD) parte do pressuposto de que para aferir o avanço de uma população não se deve considerar apenas a dimensão econômica, mas também outras características sociais, culturais e políticas que

Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE/MEC)⁸ ao Laboratório de Projetos da Universidade de Brasília.

O *produto* a ser apresentado pela célula de projetos é um conjunto de *projetos de edificações*, nos termos da NBR-13531/95 (ABNT, 1995), ao qual devem ser agregadas características que permitam sua adequabilidade às diferentes condições geográficas e urbanísticas das localidades atendidas. Tal produto, inicialmente denominado “projeto padrão”, será posteriormente abordado em detalhes.

Embora a demanda por um “projeto padrão” não represente a situação convencional de elaboração de projeto para um edifício pré-definido, a proposta contempla todas as atividades presentes em uma situação usual de projeto de edifícios. Em particular, o desafio de elaboração de um “projeto padrão”, ou produto genérico (Tseng, Jiao, & Duffy, 1998), leva ao extremo algumas das características desejáveis em uma célula de projeto, tais como: (1) a capacidade de abordagem transdisciplinar do problema, (2) o controle do fluxo de informações em tempo real, e (3) a visão antecipada de situações a serem enfrentadas em fases futuras de construção, utilização e manutenção.

3.1 A montagem da experiência: três possíveis visões

Uma particularidade da experiência aqui proposta, e organizada como um projeto nos termos do PMBOK (PMI, 2004), é o objeto de observação da mesma (uma célula de projetos em operação) ter por objetivo gerir e executar um novo projeto: a elaboração de um projeto de edifício. Aqui temos dois significados diferentes da palavra projeto: (1) Projeto como um conjunto de documentos com especificações técnicas para a produção de um edifício (ABNT, 1995) e, (2) Projeto como “um esforço temporário para a produção de um produto singular” (PMI, 2004). Assim, todo o processo (concepção, definição, execução e avaliação) de elaboração do “projeto de edifício” é, em si, um

influenciam a qualidade da vida humana. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), além de computar o PIB *per capita*, depois de corrigi-lo pelo poder de compra da moeda de cada país, o IDH também leva em conta dois outros componentes: a longevidade (expressa pela expectativa de vida) e a educação (medida pela taxa de alfabetização e taxa de matrícula escolar). O IDH Foi desenvolvido em 1990 pelo economista paquistanês Mahbub Haq e é utilizado pelo PNUD desde 1993. No Brasil o governo federal utiliza em seu planejamento o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M), que pode ser consultado on-line no Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil. (PNUD Brasil)

⁸ O Fundo Nacional de desenvolvimento da Educação (FNDE) é uma autarquia federal criada pela Lei 5.537 de novembro de 1968, vinculada ao Ministério da Educação (MEC). O FNDE tem como finalidade captar recursos financeiros e canalizá-los para o financiamento de projetos educacionais, notadamente nas áreas de ensino, pesquisa, alimentação e material escolar, obedecidas as diretrizes estabelecidas pelo MEC (Art. 2º Regimento Interno FNDE). (DOU, 2007)

projeto PMBOK. Desta forma temos a experiência (um projeto PMBOK) cujo produto é a célula de projetos. A célula de projetos, por sua vez, tem como produto o desenvolvimento de um novo projeto PMBOK (a elaboração de um projeto de edifícios), cujo resultado é o “projeto do edifício”.

Tal superposição de projetos e sua caracterização a partir da visão de seus diferentes agentes são discutidas a seguir.

3.1.1 A visão do pesquisador: a experiência acadêmica

Do ponto de vista do pesquisador, o projeto a ser gerido tem início em julho de 2007 (em Guimarães, Portugal) e término em junho de 2008 (em Brasília, Brasil), conforme apresentado na Figura 3-1.

Neste caso, o projeto passa a ser denominado *experiência* e tem por *objetivo* a implantação, operação e análise de uma célula de projetos na Universidade de Brasília. Como *partes interessadas* principais do projeto, ou agentes da experiência, apresentam-se o pesquisador e seus orientadores. Como *produtos* do projeto *experiência*, identificam-se o próprio projeto do edifício gerado e a análise do processo de elaboração de projeto em uma célula de projeto.

O ciclo de vida de um projeto é definido no Guia PMBOK como “*um conjunto de fases do projeto, geralmente em ordem sequencial, definidas pela necessidade de controle da organização ou organizações envolvidas no projeto*” (PMI, 2004). Sendo assim, apresenta-se, na Figura 3-2, uma possível definição de ciclo de vida para o projeto *experiência* tendo como base para definição das *fases do projeto* a incidência dos *grupos de processo* nas mesmas.

Pode-se verificar que na definição do ciclo de vida do projeto *experiência*, com base na incidência dos grupos de processos, não é destacada a parcela de cada grupo de processo que corresponde ao projeto *experiência* (gerida pelo pesquisador) daquela correspondente ao projeto *elaboração do projeto de edifício* (gerida pela célula de projeto). Ou seja, não são diferenciadas as atividades relativas à montagem da experiência, daquelas inerentes ao processo de projeto do edifício. Assim, por exemplo, as entrevistas realizadas com os membros do Laboratório de Projetos sobre sua visão de projeto (atividade de monitoramento e controle da experiência) e as reuniões de ajuste da comunicação no processo de projeto (atividade de monitoramento e controle do

processo de projeto do edifício) são computadas indistintamente em um único grupo de processos de monitoramento e controle.

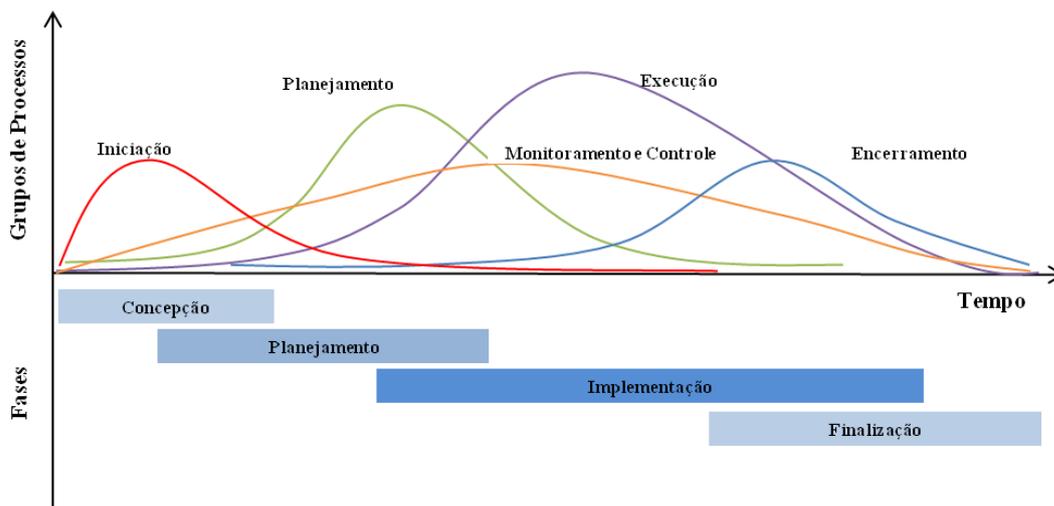


Figura 3-2. Ciclo de Vida da experiência: fases de projeto e os grupos de processos.

3.1.2 A visão dos membros da célula: o ato de projetar um edifício

Na visão dos membros da célula de projetos, o projeto tem início com a seleção do edifício a ser projetado, em outubro de 2007. O encerramento se dá em março de 2008 quando da entrega do produto “projeto de edifício” desenvolvido pela célula.

Sob este ponto de visão, o projeto corresponde à *elaboração de projeto de edifício*, denominado *Projeto FNDE*, pela equipe, e tem por *objetivo* a elaboração de “projeto padrão” para construção de escolas de ensino infantil. Como *partes interessadas* principais do projeto, figuram os membros da célula de projetos. Como *produto* do *Projeto FNDE* tem-se o conjunto de documentos que compõem o projeto do edifício encomendado.

Neste caso, o ciclo de vida adotado para o projeto é o proposto para empreendimentos imobiliários pela Associação Brasileira dos Gestores e Coordenadores de Projeto (AGESC, 2006). Sua *duração* corresponde a uma fração da duração da fase de implementação segundo o ciclo de vida do projeto *experiência*.

Em uma comparação com o ciclo de vida do projeto *experiência*, Figura 3-3, a construção do ciclo de vida do projeto FNDE se dá a partir de atividades pertencentes às fases de planejamento, implantação e finalização do projeto *experiência*. As atividades

selecionadas para o novo ciclo de vida são aquelas inerentes à elaboração do projeto do edifício.

Os grupos de processos considerados neste caso são aqueles que atuam sobre as atividades de elaboração de projeto de edifício, correspondendo à definição de fases de projeto em função da necessidade de controle por parte da célula de projeto, conforme definido pelo Guia PMBOK.

Observa-se, no entanto, que tais grupos de processo não são totalmente isentos da ação do *pesquisador*, em especial o grupo de processos de monitoramento e controle, em decorrência de sua atuação, ainda que pontual, no desenvolvimento do trabalho da célula de projetos.

Observa-se ainda, que todas as interferências do pesquisador no desenvolvimento do projeto de edifício, são vistas pelos membros da célula como uma atividade do projeto FNDE mesmo que tal interferência tenha como objetivo criar um fato a ser observado na experiência. Cita-se como exemplo a não seleção de um determinado profissional, já consagrado como um líder no laboratório, para a equipe do projeto FNDE. Tal fato é visto pelo pesquisador como uma atividade da experiência destinada a possibilitar o surgimento de líderes ao longo do amadurecimento da equipe. Do ponto de vista da equipe, no entanto, esta é uma decisão administrativa, relativa à montagem da equipe para desenvolvimento do projeto do edifício em questão.

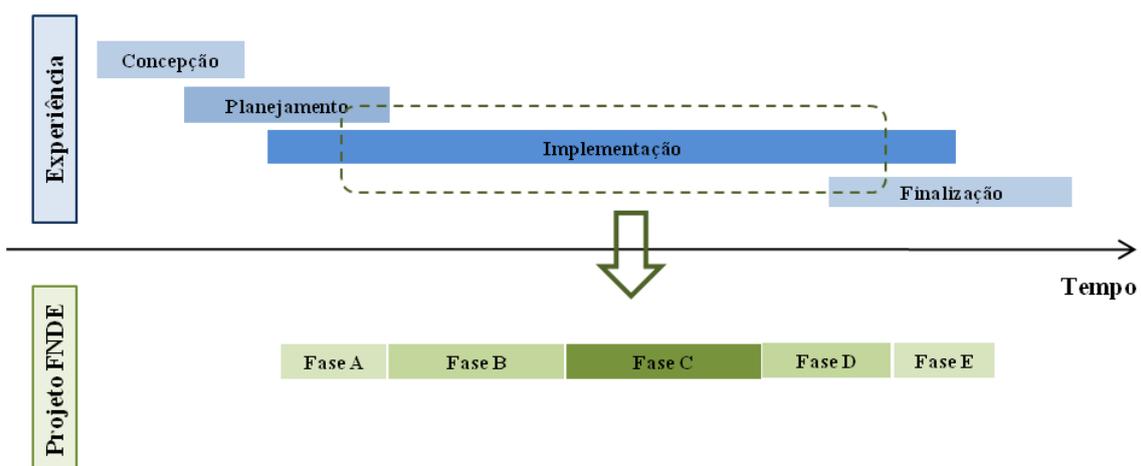


Figura 3-3. Ciclo de vida: a visão da equipe e sua relação com o ciclo de vida da experiência.

3.1.3 A visão de um observador externo: dois projetos em paralelo

Um terceiro ponto de vista possível é o de um observador externo. Aquele personagem que não é parte interessada do projeto experiência nem membro da célula de projeto, sendo apenas um observador do dia-a-dia dos dois outros personagens (pesquisador e célula de projeto). Utiliza-se para construção desta perspectiva, não só um exercício de abstração por parte do pesquisador, como também a inclusão de um “terceiro personagem” na experiência, na figura de um profissional contratado para observar e registrar a rotina do Laboratório de Projetos durante o desenvolvimento da mesma.

Segundo esta perspectiva, o conjunto de atividades desenvolvidas ao longo da duração do projeto denominado experiência (visão do pesquisador) pode ser organizado na forma de dois projetos inter-relacionados: (1) O projeto de implantação e operação da célula de projetos, por parte do pesquisador, e (2) A operação da célula de projetos no desenvolvimento de um projeto de edifícios, a cargo dos membros da célula.

Tal abordagem, apresentada na Figura 3-4, adota como base de organização do ciclo de vida da experiência o agente responsável pela execução das atividades pertencentes a cada grupo de processo. Busca-se, desta forma, identificar em cada grupo de processo as atividades desenvolvidas pelo pesquisador (gestão da experiência) e separá-las daquelas desenvolvidas pelos membros da célula de projetos (gestão do projeto de edifício), possibilitando uma maior clareza na apresentação do desenvolvimento da experiência proposta e dos resultados obtidos.

Ainda com vistas à apresentação dos resultados, o projeto de implantação da célula de projetos é organizado em duas fases: a fase de implantação na qual predominam os processos de iniciação, planejamento e monitoramento e controle da experiência, e a fase de avaliação com incidência maior dos processos de encerramento da experiência.

Observa-se que a classificação proposta para as fases do projeto de implantação da célula de projetos mantém, ainda, o foco nos agentes executores das atividades. A fase de implantação agrupa as atividades do pesquisador durante a concepção, planejamento e implementação da experiência, enquanto a fase de avaliação agrega atividades exercidas tanto pelo pesquisador quanto pela equipe da célula de projetos na avaliação do processo de projeto utilizado.

O projeto de operação da célula de projetos, por sua vez, é organizado segundo o ciclo de vida utilizado na visão da equipe da célula *de projetos* do qual se busca excluir as atividades do grupo de processos de monitoramento e controle exercidas pelo *pesquisador*. São mantidas neste projeto todas as atividades relativas à concepção, planejamento e implementação da elaboração do projeto de edifício desenvolvido na célula de projetos.

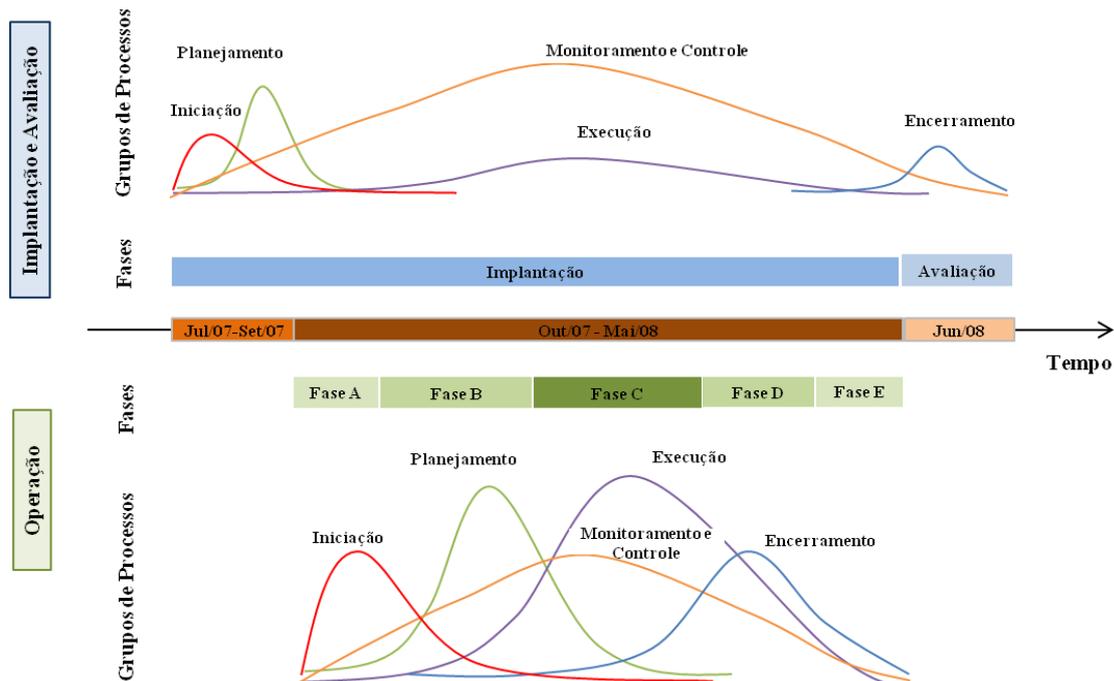


Figura 3-4. Ciclo de vida e grupos de processos: visão do observador externo.

Como estratégia metodológica e de narrativa, as atividades desenvolvidas ou geridas pelo pesquisador, relativas à concepção, planejamento e implementação da célula de projeto são apresentadas no presente Capítulo 3, enquanto as atividades geridas pela equipe da célula de projetos, relativas ao projeto de edifício compõem o Capítulo 4. Por fim, a avaliação do processo de projeto de edifício em uma célula de projetos, ou seja, da própria experiência, é apresentada no Capítulo 5. Busca-se desta maneira propiciar a focalização dos dois aspectos deste evento relevantes para a discussão: a construção da experiência de pesquisa e o desenvolvimento do processo de elaboração do projeto de edifício em uma célula de projetos.

3.2 A implantação da célula: quatro perspectivas

Conforme definido anteriormente, a experiência, concebida em setembro de 2007, tem por objetivo a implantação de uma célula de projeto, no interior do Laboratório de Projetos do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília, a observação do seu funcionamento durante o desenvolvimento de um projeto de edifício e a avaliação do impacto deste conceito tanto no processo de projeto quanto no resultado obtido, o projeto do edifício.

Seu planejamento, no entanto, se dá nos meses de agosto a outubro de 2007, já no Laboratório de Projetos, e pode ser entendido a partir de dois momentos: o primeiro, ainda sem a definição de um “objeto a ser projetado”, cria as bases da experiência e uma estrutura capaz de adequar-se a um determinado perfil de objeto; O segundo acontece após a definição do objeto e confunde-se com o planejamento do próprio processo de projeto do objeto escolhido.

Sendo assim, este item aborda o primeiro momento, enquanto o segundo é tratado quando da discussão operação da célula de projetos, no Capítulo 4.

Conforme proposto por Hyer&Wemmerlöv (2002), uma célula pode ser descrita a partir de quatro perspectivas: Organizacional, Recursos, Espacial e Transformação. É a partir de tal abordagem que os procedimentos de implantação da célula de projetos são tratados a seguir.

3.2.1 A perspectiva organizacional

Do ponto de vista organizacional, uma célula (produção, administrativa ou de projeto) possui identidade administrativa própria, sendo autônoma em seu planejamento, controle, avaliação e melhoramento. Ainda, a célula deve agrupar todos os recursos, humanos e materiais, necessários à produção de uma família de produtos, sendo o produto, no caso, o projeto de edifício.

As exigências de autonomia e de disponibilidade de todos os recursos humanos e materiais necessários ao projeto, aliadas à estrutura administrativa da UnB, impedem a escolha inicial, e natural, de um edifício da própria universidade para o projeto de implantação e avaliação de uma célula de projetos na Universidade de Brasília.

Como apresentado anteriormente, o Laboratório de Projetos (LABPRJ) é um laboratório acadêmico, pertencente ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília. Criado em Outubro de 2003 o LABPRJ tem por destinação prover um espaço para a prática profissional em projeto por parte dos alunos dos cursos de graduação e pós-graduação da Faculdade de Tecnologia. Seu quadro técnico, portanto, é formado por engenheiros das diversas especialidades formadas pela Faculdade de Tecnologia e alunos de graduação e pós-graduação em engenharia. Como equipe de apoio, o laboratório mantém em seu quadro dois desenhistas e uma secretária.

Para cumprir sua destinação o Laboratório elabora os projetos de engenharia para os edifícios da universidade e presta assessoria técnica aos órgãos do Governo Federal, no tocante a projetos de edifícios. Com cinco anos de existência quando da experiência de implantação da célula de projetos, o laboratório já contava em seu portfólio a elaboração de projetos de engenharia para cerca de vinte obras da universidade, entre edifícios novos e reformas de prédios existentes. Entre seus trabalhos externos, a equipe do laboratório de projetos conta com assessoria prestada à Presidência da República (PR) e ao Tribunal de Justiça do Distrito Federal e Territórios (TJDFT).

O Ceplan, por sua vez, é um órgão administrativo de Assessoria Técnica da Reitoria da Universidade de Brasília cuja finalidade é promover o desenvolvimento de estudos, planos e projetos nas áreas de arquitetura e urbanismo (UnB, 2009) voltados aos campi da Universidade. Criado em 1962, junto com a própria universidade, por nomes sagrados da arquitetura brasileira como Oscar Niemeyer e João Filgueiras Lima (Lelé), o Ceplan possui uma história que impossibilita, ao menos no momento atual, qualquer tentativa de transferir ao Laboratório de Projetos, o desenvolvimento do projeto de arquitetura para um edifício da universidade.

Tal impossibilidade, e a dificuldade de transferência de profissionais de arquitetura e orçamento do Ceplan para o Laboratório de Projetos, contrariam os dois princípios básicos de uma célula, tanto na perspectiva organizacional quanto na dos recursos, como é visto a seguir.

De tal feita, a opção passa a ser a captação externa de um projeto adequado à equipe e ao prazo definidos para a experiência.

Tal se dá ao final do mês de setembro quando da solicitação, por parte do FNDE, de elaboração de um “projeto padrão” para estabelecimentos de ensino infantil.

Em uma análise de risco da experiência, percebe-se o fato do FNDE possuir em sua estrutura administrativa uma superintendência de infraestrutura, destinada à elaboração de projetos, contratação e supervisão de obras de estabelecimentos de ensino no qual foi gerado um estudo preliminar para o projeto em questão, como potencial gerador de conflitos com a premissa de autonomia administrativa nos termos propostos para a célula de projetos. Risco este presente na fala da arquiteta do FNDE, em sua primeira reunião com a célula de projetos, e percebido no registro de um dos participantes da reunião, abaixo transcrito. Tais situações conflituosas são apresentadas e discutidas em maior profundidade no Capítulo 4.

“(...) nada aqui é engessado”. Mas também fez questão de assinalar que o seu projeto, embora aberto a sugestões e mudanças, deveria guardar as características básicas, sobretudo manter a idéia de blocos independentes devido à possibilidade de variação na situação de implantação e a de não existirem quatro salas (de aula).(...)”⁹

Como medida mitigadora busca-se, incluir na composição da célula, profissionais do próprio FNDE em uma tentativa de unificar linguagem, antecipar discordâncias técnicas e, principalmente, criar um espírito de equipe entre os profissionais da célula e do FNDE.

No entanto, em face de uma dinâmica interna do FNDE (rotatividade da equipe, férias de pessoas chave ao processo e conflitos internos) e de questões externas à esfera dos processos de monitoramento e controle da célula (ausência por doença da arquiteta do FNDE e dificuldades administrativas entre FNDE e UnB), tal medida mitigadora não pode ser integralmente implementada.

3.2.2 A perspectiva dos recursos: recursos humanos

Na perspectiva dos recursos, uma célula é um pequeno grupo de pessoas e recursos materiais, dedicados à produção de uma família de produtos (Hyer & Wemmerlöv, 2002). Ou, como definida em Alves, Lima&Silva (2003), é um agrupamento integrado

⁹ As transcrições aqui presentes são oriundas do relatório de pesquisa “Projetando em equipe: um relato sobre as interações de trabalho no Laboratório de Projetos da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília” (Andrade, 2008). Relatório este anterior à entrada em vigor do Novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa em 01/01/2009.

de pessoas, equipamentos e métodos para a realização de um leque de tarefas complementares e necessárias à produção de um artigo ou família de artigos similares.

Da definição de Hyer&Wemmerlöv (2002), destacam-se os termos “pequeno” e “dedicado”, enquanto a definição apresentada por Alves, Lima&Silva (2003) evidencia as expressões “agrupamento integrado” e “tarefas complementares e necessárias”. Em ambas, no entanto, fica presente a necessidade de agrupamento de recursos humanos e materiais focados na produção de um determinado produto.

Em resumo, a montagem da célula de projetos para o projeto em questão tem por objetivo formar um grupo de profissionais que supra todas as necessidades técnicas para a elaboração do projeto do edifício em questão (tarefas complementares e necessárias), em um ambiente de trabalho colaborativo e simultâneo. Para tal, busca-se tirar partido dos fenômenos de grupo (Burbidge J. L., 1975) e da comunicação em tempo real, verbal e não verbal (Mehrabian, 1971), exigindo-se, portanto, que os profissionais estejam disponíveis para fornecer as informações no momento em que as mesmas sejam necessárias (dedicado) e que a dimensão da célula seja tal que permita um contato sensorial entre todos os membros da equipe (pequeno) e uma visão de todo o processo de produção em andamento (integrado).

Conforme exposto no item anterior, o Laboratório de Projetos possui um quadro formado por engenheiros e estudantes de engenharia das diversas especialidades presentes no projeto de um edifício¹⁰, em número superior ao necessário para o projeto em vista, mas não conta com profissionais de arquitetura e orçamento.

Sendo assim, para a montagem de uma “célula de projeto” em sua concepção plena, dois processos de seleção devem ocorrer ao logo da experiência: seleção de membros externos ao laboratório (arquitetura e orçamento) e seleção dentre os membros do laboratório, de profissionais das demais especialidades.

Na seleção interna busca-se a montagem de uma equipe constituída por profissionais jovens, com formação no Laboratório de Projetos, em uma tentativa de eliminar posturas de projeto tradicionais, focadas no trabalho individual.

¹⁰ Quando da montagem da experiência em questão, o laboratório contava com uma equipe de vinte e quatro profissionais, entre engenheiros (14), estudantes (7), desenhistas (2) e secretária (1).

A seleção externa, por sua vez, está sujeita à disponibilidade de profissionais no mercado de trabalho. No entanto, determinadas características devem estar presentes, se não na totalidade, na sua maioria, nos profissionais selecionados: capacidade de trabalho em grupo, disposição para novas abordagens, visão multidisciplinar do projeto, conhecimento de processos construtivos e disponibilidade de tempo para dedicação ao projeto.

A composição prevista para a equipe tem por base as especialidades presentes em um projeto de edifício. A Tabela 3.1 apresenta as especialidades presentes em um projeto de edifício, os profissionais e os projetos associados a cada especialidade.

Para a construção da Tabela 3-1 toma-se por base uma configuração usual em projeto de edifícios destinados a instalações educacionais. Edifícios com destinações, ou características, especiais podem apresentar necessidades não previstas na referida tabela, enquanto algumas das especialidades listadas podem não ser necessárias em edifícios de baixa complexidade. A configuração apresentada, portanto, define a família de edifícios possível de ser projetada por esta célula.

É importante observar que a organização dos projetos por especialidades pode variar em função da legislação adotada, assim como da prática de projeto da instituição contratante. A classificação apresentada na Tabela 3-1 tem por base a NBR-13531 (ABNT, 1995) e o Manual de Obras Públicas-Edificações (SEAP, 2001), e corresponde à prática adotada no Laboratório de Projetos.

De forma semelhante, a definição de profissional responsável por cada especialidade busca atender à regulamentação pertinente, segundo o Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CONFEA). No entanto, o surgimento de novas denominações profissionais, e de novas tecnologias aplicadas a edifícios gera algumas áreas de superposição e/ou indefinição de atribuição profissional. Tais questões como, por exemplo, os sistemas de automação e controle, são aqui diluídos nas demais especialidades.

Tabela 3-1. Projeto de edifícios: especialidades, profissionais e projetos.

Especialidades	Profissional	Projetos
Arquitetura	Arquiteto	Arquitetura Paisagismo Comunicação Visual Sistema Viário
Estruturas	Engenheiro Civil	Estrutura de Concreto Estrutura Metálica Estrutura de Madeira Alvenaria
Fundações	Engenheiro Civil	Fundações Contenções Escavações
Sistemas de Comunicação	Engenheiro de Redes Engenheiro Eletricista	Cabeamento Estruturado Sistema Fechado de Televisão Antenas coletivas
Sistemas Elétricos	Engenheiro Eletricista Engenheiro Civil	Instalações Elétricas Luminotécnica Sistema de Iluminação de Emergência Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas
Sistemas Hidrossanitários	Engenheiro Civil	Sistema de Água Fria Sistema de Água Quente Sistema de Esgoto Sanitário Sistema de Águas Pluviais Sistema de Disposição de Resíduos Sólidos
Sistemas Mecânicos	Engenheiro Mecânico	Sistema de Ar Condicionado Sistema de Ventilação Mecânica Sistema de Transporte Vertical Sistema de Gás Combustível
Sistemas de Proteção contra Incêndio e Pânico	Engenheiro Mecânico Engenheiro Civil	Sistemas de Detecção de Incêndio Sistemas de Combate a Incêndio Sinalização de Emergência

Por questões de cronograma da experiência, a seleção de uma equipe inicial para compor a célula de projetos ocorre ainda no mês de setembro, antes, porém, da definição do objeto a ser projetado. Esta equipe inicial é passível de alteração ou complementação em decorrência do desempenho dos membros durante as atividades de treinamento e do projeto que vier a ser adotado.

Em paralelo à seleção dos profissionais para a célula de projetos – aqueles com a missão de elaborar o projeto para o edifício contratado – busca-se a inclusão de um profissional

com formação em observação de comportamento para desempenhar a função do observador externo, apresentado anteriormente. Busca-se, neste caso, um profissional com prática em etnografia e com conhecimento mínimo do campo profissional do projeto de edifícios, sua terminologia técnica e sua documentação que o capacite a efetuar o acompanhamento e registro das atividades cotidianas na célula de projetos, durante o desenvolvimento do projeto FNDE. Cabe ainda a este profissional entrevistar os membros do Laboratório de Projetos e do Ceplan buscando obter a percepção dos mesmos sobre a prática da metodologia de projeto adotada nos projetos desenvolvidos em conjunto. O resultado obtido compõe o relatório de pesquisa “Projetando em equipe: um relato sobre as interações de trabalho no Laboratório de Projetos da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília”. (Andrade, 2008)

A profissional em questão é recém-doutora em Antropologia, com formação em Arquitetura. Integra-se à experiência antes do treinamento e seleção da equipe da célula. Sua atuação se dá na forma de dedicação integral ao projeto.

Um breve perfil dos integrantes desta equipe inicial é apresentado a seguir:

Arquiteta A¹¹: Arquiteta Sênior (mais de 10 anos de experiência profissional). Profissional atuante no mercado profissional de arquitetura, com experiência em projeto e construção de obras de pequeno e médio porte. Integra-se à equipe exclusivamente para esta experiência, motivada pelo desafio apresentado. Responsável pelo desenvolvimento do Projeto Executivo de arquitetura dedica à experiência 32 horas semanais. Participa do treinamento inicial da equipe. Apresenta facilidade de comunicação e trabalho em equipe, visão multidisciplinar do edifício (seu ponto forte) e maturidade profissional.

Engenheira Civil B: Engenheira Júnior (menos de 5 anos de experiência profissional), mestranda. Profissional formada no Laboratório de Projetos no qual foi estagiária e posteriormente contratada como engenheira. Responsável pelos projetos de sistemas hidrossanitário e proteção contra incêndio. Dedicção exclusiva ao projeto com 40 horas semanais. Recebeu prêmio de melhor aluna do curso de engenharia civil no ano de sua formatura. Demonstra muita iniciativa (seu ponto mais forte), organização e capacidade de trabalho em equipe.

¹¹ Por uma decisão ético-metodológica, opta-se por manter o anonimato dos participantes na experiência. Tal decisão tem o objetivo de preservar a privacidade dos mesmos e não transformá-los, individualmente, em objetos de pesquisa e de discussão.

Engenheira Eletricista C: Engenheira Júnior, mestranda. Profissional formada no Laboratório de Projetos no qual foi estagiária e posteriormente contratada como engenheira. Responsável pelos projetos de sistemas elétricos e proteção contra descargas atmosféricas. Com o ingresso de mais um engenheiro eletricista na equipe – em fase posterior - assume a coordenação dos projetos de sistemas elétricos e o detalhamento do projeto em 110V. Apesar do pouco tempo de formada, apresenta maturidade elevada, capacidade técnica e segurança ao tomar decisões (característica mais marcante) e forte liderança. Dedicção exclusiva ao projeto com 40 horas semanais.

Engenheiro de redes de Comunicação D: Engenheiro Júnior. Profissional formado no Laboratório. Responsável pelo projeto de rede de comunicação utilizando cabeamento estruturado (dados, voz e imagem). Profissional com iniciativa, capacidade de pesquisa e liderança. Dedicção exclusiva ao projeto com 40 horas semanais.

Engenheiro Civil E: Engenheiro Júnior, Mestre. Ingressou no Laboratório de Projetos já como engenheiro após a conclusão do mestrado. Experiência em projetos adquirida no Laboratório. Responsável pelo projeto de estrutura de concreto. Demonstra conhecimento técnico, facilidade com o aprendizado de ferramentas computacionais e facilidade de relacionamento. Mostra-se inseguro quanto a tomadas de decisão. Dedicção exclusiva ao projeto com 40 horas semanais.

Engenheiro Mecânico F: Engenheiro recém-formado. Ingressou no Laboratório de Projetos como estagiário, no qual adquiriu sua experiência em projeto. Responsável pelo projeto de ar condicionado e pelo estudo de eficiência energética do edifício.

Desenhista G: Desenhista Sênior. Aluno do curso de graduação em Engenharia Ambiental, com formação técnica em construção de edifícios. Ingressou no Laboratório de Projetos na função de desenhista, quatro anos antes do início da experiência em questão. Responsável pela geração das “matrizes”, prancha de superposição, e apoio gráfico à equipe. Profissional com excelente formação técnica, boa capacidade de trabalho em grupo e dedicação ao trabalho. Dedicção exclusiva ao projeto com 40 horas semanais.

Apoio Administrativo H: Secretária. Com formação superior em Turismo, ingressou no Laboratório na função de secretária após sua graduação. Responsável pela

organização de documentação, elaboração de Atas e gerenciamento de correspondências externas. Membro do Laboratório de Projetos, não atuou de forma exclusiva neste projeto.

Após a definição do edifício a ser abordado pela célula, à equipe juntam-se mais quatro profissionais:

Arquiteto I: Arquiteto Júnior. Profissional recém-formado, com experiência em elaboração de maquetes físicas e virtuais. Integra-se à equipe exclusivamente para esta experiência. Responsável por dar suporte à equipe na visualização tridimensional das soluções propostas e pela construção de maquetes físicas e virtuais. Funcionário da Faculdade de Tecnologia. Dedicado à experiência cerca de 32 horas semanais estando, no entanto, sempre disponível quando solicitado. Não participa do treinamento inicial da equipe. Apresenta facilidade de comunicação e conhecimento de processos construtivos.

Engenheiro Civil J: Engenheiro Sênior. Profissional externo ao Laboratório de Projetos, com experiência em construção e orçamento. Responsável pela elaboração de orçamento e suporte às decisões da equipe no tocante a custo. Ao longo do projeto não demonstra o envolvimento previsto para o funcionamento da célula.

Engenheiro Eletricista K: Engenheiro Júnior. Profissional formado no Laboratório de Projetos no qual foi estagiário e posteriormente contratado como engenheiro. Responsável pelos projetos de sistemas elétricos em 220V. Participa do treinamento, mas ingressa na equipe após o início do projeto. Demonstra alto comprometimento com o projeto. Versátil, assume funções de outras especialidades quando necessário. Dedicado exclusivamente ao projeto com 40 horas semanais.

Engenheira Civil L: Engenheira Sênior, doutoranda. Responsável pelos projetos de fundações. Face à característica do projeto em desenvolvimento, sua participação se dá de forma pontual. Atua nas reuniões iniciais e na fase final do projeto. Demonstra alto comprometimento com o projeto. Dedicado parcial ao projeto com 20 horas semanais.

A equipe, portanto, é formada por 12 (doze) profissionais, dos quais 9 (nove) são oriundos do próprio Laboratório e 3 (três) são contratados apenas para o projeto em questão.

Acrescenta-se a esta equipe o próprio pesquisador atuando, sempre que necessário, nas negociações entre a célula e o cliente (FNDE) e no direcionamento dos trabalhos em situações de impasse ou indefinição. Tal atuação gera a superposição das atividades dos grupos de processos de monitoramento e controle relativos à experiência e ao projeto FNDE, conforme discutido no início do presente capítulo. A presença de um terceiro olhar, o observador externo, busca subsidiar a compreensão da percepção de tal superposição por parte tanto do pesquisador, quanto da equipe.

Ao mesmo tempo em que a utilização majoritária de profissionais formados no Laboratório busca tirar partido de sua experiência de projeto construída em um ambiente de trabalho colaborativo, com uma abordagem transdisciplinar do edifício e simultaneidade das atividades de projeto, a seleção da equipe dentre os profissionais disponíveis no Laboratório, busca também reproduzir uma situação real de implantação de uma célula em uma empresa já estabelecida e com uma equipe própria.

No entanto, dois fatos surgem das entrevistas realizadas com os profissionais do Laboratório e do Ceplan que indicam a necessidade de um treinamento prévio da equipe: a inclusão de uma arquiteta na equipe e a afirmação, por vários dos entrevistados, de não compreensão do que seja “*a tal engenharia simultânea*”.

Como afirmado anteriormente, esta é a primeira situação em que um arquiteto participa do Laboratório. Ou seja, é a primeira vez que no Laboratório monta-se uma célula de projetos em sua concepção plena. Tal fato apresenta um novo paradigma de projeto para a equipe que, até então, via o trabalho de desenvolvimento de projeto sendo desenvolvido por duas equipes diferentes: uma equipe de engenheiros (Laboratório de Projetos) e outra equipe formada por arquitetos (Ceplan). Embora a dinâmica de projeto entre o Laboratório e o Ceplan apresentasse como meta o trabalho colaborativo, as mesmas não se viam como uma única equipe (Lembke & Wilson, 1998).

Tal percepção pode ser observada nas falas de engenheiros do Laboratório em entrevistas à antropóloga, antes da inclusão da arquiteta à equipe:

“A engenharia simultânea trabalha bem. Engenharia com arquitetura (sic) simultânea é que é complicado” (engenheiro/a)

“A engenharia simultânea para dar certo tem que ter um arquiteto com espírito prático, aberto para discutir as dificuldades de modo rápido. Os arquitetos de modo

geral não têm essa postura. Não que seja uma coisa errada, mas eles normalmente não têm espírito prático” (engenheiro/a)

A percepção de quebra de paradigma no projeto FNDE, no tocante à arquitetura, fica evidente nas falas colhidas quando do anúncio da inclusão da arquiteta à equipe do Laboratório, cerca de um mês antes do início do projeto:

“agora a arquitetura está jogando no nosso time”; “ela é da equipe, é nossa aliada, pode ajudar mais do que atrapalhar; defender dentro da arquitetura as nossas necessidades”. (engenheiros/a)

E é reforçada quando do início do projeto FNDE, momento em que toda a equipe – incluindo a arquiteta – já havia passado por um período de treinamento e conhecimento mútuo:

“A vantagem do projeto da creche é que temos uma arquiteta com bastante experiência em obra e ela gosta de discutir a parte técnica. Eu acho que isso aí já é um grande passo para a gente não ter problemas” (engenheiro sênior)

“Tendo uma arquiteta aqui dentro, é mais fácil o diálogo. Fica mais fácil mostrar os pontos, todo mundo intervir na área do outro” (desenhista)

A estratégia, portanto, de incluir uma arquiteta na rotina do Laboratório ainda em setembro de 2007, cerca de um mês antes do início do projeto FNDE, começa a apresentar resultados e a arquiteta agora é considerada parte da equipe (Lembke & Wilson, 1998).

A outra questão detectada, a não compreensão do conceito de simultaneidade no projeto de edifícios, por sua vez, surge em respostas tanto de engenheiros, quanto de arquitetos e desenhistas, transcritas a seguir.

“Engenharia simultânea que você deve estar falando, deve ser esta questão da gente trabalhar ao mesmo tempo com a equipe de arquitetos envolvidos” (engenheiro/a)

“Eu não conheço a metodologia que ele (coordenador do Laboratório de Projetos) propõe, mesmo porque em momento algum ele passou isso para a gente entender bem” (arquiteto/a)

“Eu acho que até agora ninguém entendeu direito o que seria isso de engenharia com

arquitetura trabalhando junto.” (desenhista)

Os mesmos profissionais são então solicitados a explicar a forma de trabalho no Laboratório:

“Agora está mais tranquilo trabalhar todos juntos, mas no começo, da parte nossa dos engenheiros e dos arquitetos teve dificuldade. Aquela cultura tradicional que os arquitetos fazem o projeto e em cima dos projetos de arquitetura os engenheiros fazem os projetos de engenharia. Então teve um choque no começo. Os engenheiros entrando, dando opiniões já no estudo preliminar. Eu acho que no final o produto é melhor porque é mais pensado desde o começo, inclusive soluções de custo, de execução na obra são melhor resolvidas.” (engenheiro/a)

“Vamos tratar como compatibilização. (...) o projeto do (...) foi um trabalho do meu ponto de vista muito bacana. Ele foi compatibilizado ao longo do processo, 100% compatibilizado. (...) Não foi nada traumático, o que houve foi uma interação muito grande do LabPrj com o Ceplan . (...) essa coisa fluiu muito bem. Eu acho extremamente viável essa compatibilização e é uma coisa que a gente sempre quis.”(arquiteto/a)

“A (arquiteta) fala com pessoal de elétrica, hidráulica, estruturas e cada um fala seus pontos, o que está interferindo no projeto dela, o que ela poderia melhorar e o que eles precisam para fazer a parte deles.(...) Isso sim eu acho que é uma relação de engenharia e arquitetura trabalhar simultaneamente. Mas trabalhar projeto simultaneamente é inviável.” (desenhista)

Em todas as falas, estão presentes princípios da engenharia simultânea. Em especial, a primeira delas é uma definição clara do que se espera com a proposta da simultaneidade no projeto de edifícios. Por outro lado, a última fala apresentada, atribuída ao desenhista da equipe, torna evidente a existência de um conflito na compreensão da proposta de simultaneidade: ao mesmo tempo em que descreve um processo de projeto simultâneo, encerra a fala dizendo que *“trabalhar projeto simultaneamente é inviável”*.

Fica então uma questão: será o conceito de simultaneidade no projeto realmente não compreendido, ou existe uma dificuldade de formalização desta compreensão frente aos modelos cognitivos usuais na formação tradicional destes profissionais?

Com base em tais dificuldades, organiza-se, em início de setembro de 2007¹², uma oficina em trabalho colaborativo dirigida aos profissionais do Laboratório de Projetos, do Ceplan e da Prefeitura do Campus¹³. A seguir, em reuniões da equipe do Laboratório é discutida a metodologia de projeto e propostas abordagens para o projeto a ser desenvolvido.

A presença da arquiteta tanto na oficina quanto nas reuniões, e sua permanência no Laboratório nas semanas seguintes – em situações formais e em reuniões sociais - possibilita que a mesma crie laços com a equipe, em uma preparação para o projeto FNDE.

Ao longo do desenvolvimento da experiência dois outros fenômenos comportamentais afetam o funcionamento da célula de projetos.

O primeiro, característico deste projeto, é a necessidade de interação da equipe da célula de projetos com a equipe técnica do cliente (FNDE), formada por engenheiros e arquitetos.

O segundo diz respeito ao relacionamento entre os membros da célula e os demais integrantes do Laboratório.

Estes dois aspectos são abordados quando da apresentação e avaliação do funcionamento da célula.

3.2.3 A perspectiva dos recursos: recursos materiais

Definida a equipe e estabelecidos os princípios de simultaneidade a serem utilizados no projeto, passa-se à organização e montagem das estações de trabalho a serem utilizadas na célula. Conforme exposto anteriormente, a experiência de implantação e operação da célula de projetos ocorre no âmbito do Laboratório de Projetos, buscando simular a situação de implantação de uma célula em uma empresa pré-existente. De tal forma, busca-se, sempre que possível, utilizar-se da infraestrutura já existente no Laboratório.

¹² Nos dias 10 e 11 de setembro de 2007. Oficina de trabalho colaborativo ministrada pelo Prof. José Dinis de Carvalho do Departamento de Produção e Sistemas da Universidade do Minho. Dias 13 e 14 de Setembro de 2007, reuniões de discussão com a equipe do Laboratório sobre abordagem da simultaneidade em projeto de edifício.

¹³ Orgão vinculado à Reitoria da UnB, responsável pela manutenção da infraestrutura urbana e edifícios do campus. Juntos, o Ceplan, o Laboratório de Projetos e a Prefeitura do Campus formam o tripé da infraestrutura física do Campus Darcy Ribeiro. Sua atuação coordenada possibilita o acompanhamento dos edifícios da Universidade em todo seu ciclo de vida (concepção, projeto, construção e manutenção).

No gerenciamento de recursos da experiência propõem-se a organização das estações de trabalho, todas interligadas segundo uma rede interna em: (1) estações especialistas, (2) estação de integração, (3) estação de desenho e (4) estação administrativa.

As oito **estações especialistas** são, como o próprio nome indica, destinadas aos profissionais das cada uma das especialidades (ARQ: Arquitetura, EST: Estruturas, FUN: Fundações, ELE: Sistemas Elétricos, HID: Sistemas Hidrossanitários, INC: Proteção contra Incêndio e Pânico, LOG: Sistemas de Comunicação, MEC: Sistemas Mecânicos) envolvidas no projeto. Sua composição tem por base:

- Micro Computador;
- *Software* de projeto específico para a especialidade;
- *Software* de desenho;
- *Software* de escritório (redator de texto e planilha eletrônica);
- *Software* de comunicação eletrônica;
- Biblioteca de normas e referências técnicas para a especialidade;
- Mesa e cadeira.

A **estação de orçamento** (ORC) diferencia-se das demais estações especialistas pela necessidade de uma linha dedicada de telefonia, face à sua frequente necessidade de comunicação com fornecedores de materiais e serviços:

- Micro Computador;
- *Software* de elaboração de orçamento;
- *Software* de desenho;
- *Software* de escritório (redator de texto e planilha eletrônica);
- *Software* de comunicação eletrônica;
- Telefone (Fax compartilhado com a estação de administração);
- Biblioteca de normas técnicas e banco de dados para orçamento;
- Mesa e cadeira.

A **estação de desenho** (DES) diferencia-se das estações especialistas, na inclusão de equipamentos de impressão em grande formato:

- Micro Computador;
- Impressora de grande formato (A1 ou A0);
- *Software* de desenho;
- *Software* de escritório (redator de texto e planilha eletrônica);

- *Software* de comunicação eletrônica;
- Biblioteca de normas e referências técnicas para desenho;
- Mesa e cadeira.

Já a **estação administrativa** (ADM) possui características voltadas ao suporte administrativo da célula – compartilhada com o Laboratório - tais como redação e controle de documentos, comunicação externa, controle de agenda e manutenção de histórico de projetos. Sua configuração:

- Micro Computador para uso administrativo;
- Micro computador configurado como servidor;
- Equipamento de armazenamento externo de dados (*backup*);
- Impressora de pequeno formato (A4);
- *Scanner* de pequeno formato (A4);
- Telefone e fax;
- *Software* de escritório (redator de texto e planilha eletrônica);
- *Software* de comunicação eletrônica;
- Arquivo para documentos impressos;
- Mesa e cadeira.

A **estação de integração** (INT), por sua vez, tem sua configuração definida ao longo da experiência. Iniciando com uma mesa e seis cadeiras, a estação evoluiu para a configuração apresentada a seguir:

- Micro Computador portátil, conectado à rede local;
- Projetor multimídia;
- Quadro branco, utilizado também como tela de projeção;
- Quadro de avisos;
- *Software* de escritório (redator de texto e planilha eletrônica);
- *Software* de comunicação eletrônica;
- Mesa e 12 cadeiras.

Face à dificuldade administrativa de aquisição do projetor multimídia, apenas concluída próximo ao término da experiência, sua potencialidade como ferramenta de integração não é totalmente avaliada neste projeto.

Vale recordar que equipamentos e sistemas de suporte ao funcionamento da célula, tais como rede elétrica estabilizada, *nobreak* e rede *wifi*, são providos pela infraestrutura do

Laboratório.

A desejada integração entre pessoas, equipamentos e métodos de uma célula é fortemente influenciada pela disposição física das estações de trabalho. Tal questão é abordada ao discutir-se a célula de projetos segundo sua perspectiva espacial.

3.2.4 A perspectiva espacial

Do ponto de vista da organização espacial, o conceito de célula busca tirar partido da proximidade física entre as estações de trabalho que a compõem, como forma de reduzir a necessidade de locomoção entre elas e o tempo de espera entre a solicitação e resposta a determinada demanda, no que Hyer&Brown (1999) denominam relação espaço-tempo. Além disso, a proximidade física e a ausência de anteparos visuais entre as estações de trabalho possibilita aos membros da célula uma visão do conjunto de atividades desenvolvidas, em tempo real (Hyer & Wemmerlöv, 2002). Tal visão de conjunto abre a possibilidade de acesso, por parte de cada membro da equipe, à totalidade das informações disponíveis em um determinado momento, caracterizando a relação espaço-informação preconizada para a célula real (Hyer & Brown, 1999).

Conforme visto no Capítulo 2, o conceito de célula de projeto tem como um de seus pressupostos fundamentais a possibilidade de comunicação permanente entre seus membros. Na proposta da célula, tal possibilidade permite uma compatibilização de projetos de especialidades em tempo real, reduzindo, desta forma, a ocorrência de retrabalho derivado do descompasso temporal entre as soluções adotadas. Como visto no Capítulo 2, na chamada relação informação-tempo (Hyer & Brown, 1999), tal possibilidade reduz, ou mesmo elimina o tempo de espera por respostas às demandas técnicas e aquele destinado a reuniões de compatibilização e ajustes de projetos.

A eficiência da troca de informações assim proposta depende da possibilidade de um fluxo confiável e permanente de informações não escritas e, como mostrado por Mehrabian (1971), da adequada utilização de processos de comunicação não verbal.

Em seu trabalho, Mehrabian mostra que na comunicação entre executivos 55% do sentido da mensagem é transmitida pela linguagem corporal e 38% pelo tom de voz, sendo apenas 7% atribuído às palavras, conforme apresenta a Figura 3.5.

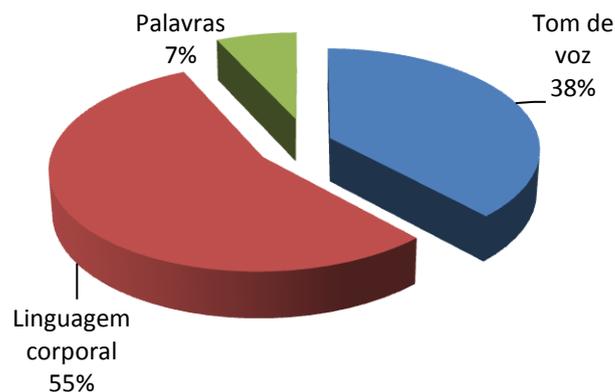


Figura 3-5. Importância da Paralinguagem na Comunicação (Mehrabian, 1971).

O comportamento não verbal, segundo Goffman (1985) e Schutz (1979), é aquele que se dá por meio do corpo, por gestos, olhares, expressões faciais, entonações de voz e outros movimentos corporais. Para que ocorra, portanto, é importante que se esteja em contato visual, em interação face a face. Contudo, é importante destacar que além de constituir um tipo de comunicação com signos e dinâmicas próprias, o comportamento não verbal permite um tipo de interação verbal singular, ou seja, a intercomunicação verbal em tempo real dirigida tanto por movimentos intencionais quanto por não intencionais.

Em outras palavras, os sujeitos em interação além das expressões corporais que consideram adequadas ao contexto e que buscam expressar de modo a complementar o que está sendo dito (por ele ou pelos outros), também involuntariamente emitem outros sinais para os seus interlocutores: franzir de testa, contração labial, rubor facial, tremor das mãos, enrijecimento da postura, sorriso contido, são alguns exemplos. Tais sinais são centrais ao fluxo total da comunicação em curso, pois permitem aos demais corrigirem imediatamente possíveis mal entendidos sobre o dito verbalmente na interação e assim recompor o patamar adequado à relação que se está buscando construir. O próprio silêncio ganha aqui a possibilidade de ser interpretado e, assim, incorporado ao processo comunicativo de forma construtiva.

Na mesma linha, Leibson (1981), observa que engenheiros frequentemente desenvolvem suas melhores ideias em relações face a face com seus pares e são relutantes a efetuar deslocamentos durante o desenvolvimento de sua atividade.

Pfeffer (1982) e Davis (1984), por sua vez, observam que “pessoas não andam através de divisórias e não conversam através de paredes”, de tal forma que o tipo e arranjo espacial do mobiliário têm influência sobre a ocorrência e tipo de interação desenvolvida em determinado ambiente.

De tal modo, o arranjo espacial das estações de trabalho, sem anteparos visuais entre elas, passa a desempenhar papel de relevância na construção da troca de informações não formais, ao criar um ambiente de proximidade e contato visual permanente entre os membros da equipe. Além de valorizar a comunicação não verbal, a inexistência de barreiras visuais entre as estações de trabalho possibilita aos membros da equipe uma visão global do processo de produção do edifício. Espera-se, assim, estimular a construção de uma responsabilidade compartilhada pelo sucesso do projeto e a formulação de uma solução transdisciplinar para o problema a ser resolvido, através da interação entre os trabalhos individuais, e da livre e espontânea troca de informações entre as diferentes especialidades.

A disposição proposta para as estações de trabalho de cada especialidade busca reproduzir, através de sua proximidade, o nível de inter-relação e, portanto, a intensidade do fluxo de informações entre as mesmas. Ou seja, as equipes de elétrica e comunicação necessitam de uma proximidade maior entre si do que com a equipe de hidrossanitária. Esta, por sua vez, precisa estar próxima à de proteção e combate a incêndio. Estrutura e Fundações devem guardar proximidade, assim como a Arquitetura necessita de proximidade maior com estruturas, elétrica e climatização. Para as equipes ditas de apoio, como desenho e orçamento, sugere-se uma equidistância de todas as demais equipes, e uma proximidade da estação de integração, no centro do conjunto.

Busca-se, de tal maneira, criar o ambiente físico necessário ao estabelecimento das conexões espaço-tempo e espaço-informação, definidos por Hyer&Brown (1999) e apresentadas no Capítulo 2, item 2.2.1.

Tal disposição demanda um espaço de formato e dimensões que possibilitem uma configuração circular das estações de trabalho.

O espaço disponível para a realização da experiência, entretanto, possui formato retangular, com dimensões insuficientes para a disposição sugerida. Sendo assim, opta-se por solicitar aos membros da equipe que organizem suas estações de trabalho da

forma julgada mais adequada ao trabalho a ser desenvolvido. Tal atividade, já contando com a presença da arquiteta contratada, busca reforçar a interação entre os membros da equipe e observar a percepção dos pressupostos de trabalho, apresentados durante o treinamento.

Quando da definição deste primeiro arranjo, mostrado na Figura 3.6, existe apenas a perspectiva de contratação da célula por parte do FNDE, para a elaboração de projeto de edifícios para estabelecimentos de educação infantil (creches). Neste momento, a célula ainda não possui a definição do escopo do projeto e, portanto, da configuração definitiva da equipe.

Na Figura 3-6, as estações de trabalho destinadas aos membros já selecionados para a célula são destacadas com cores. As demais são destinadas a futuras reconfigurações da célula ou a membros do Laboratório, no caso três professores, não envolvidos de forma ativa no desenvolvimento do projeto, sendo um deles o autor do presente trabalho.

Observa-se, ainda, que face às características de sua atividade no projeto, a Antropóloga presente na experiência não demanda um local de trabalho fixo no Laboratório.

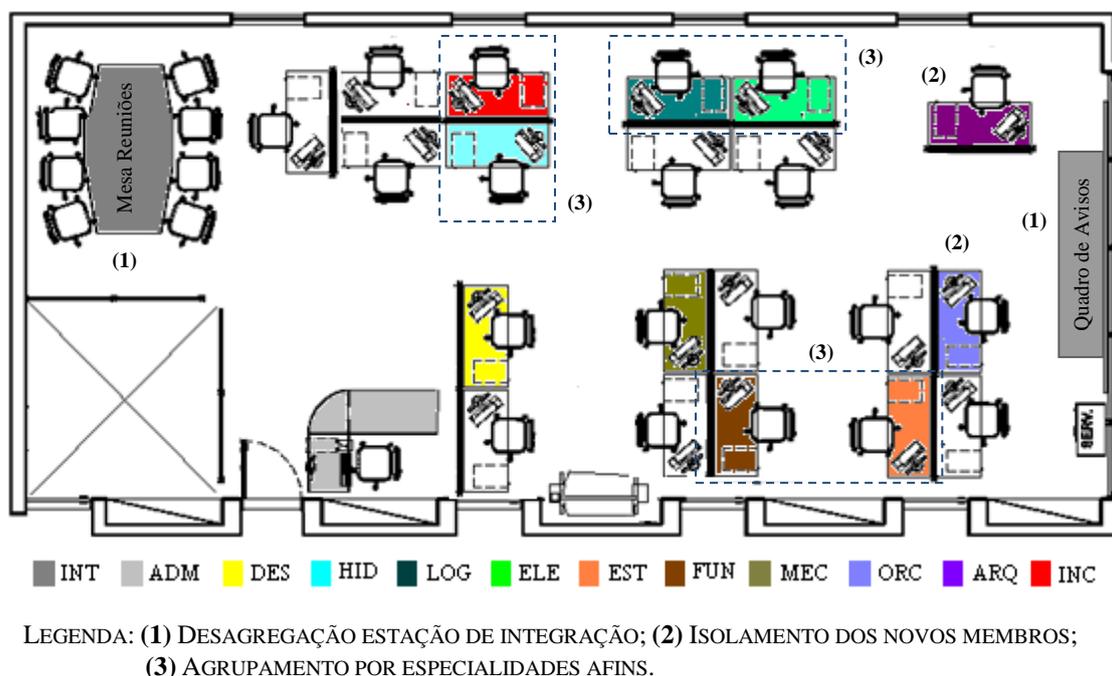


Figura 3-6. Primeiro arranjo físico das estações de trabalho.

Três aspectos deste primeiro arranjo, no entanto, merecem destaque e são objetos de análise futura por parte da equipe:

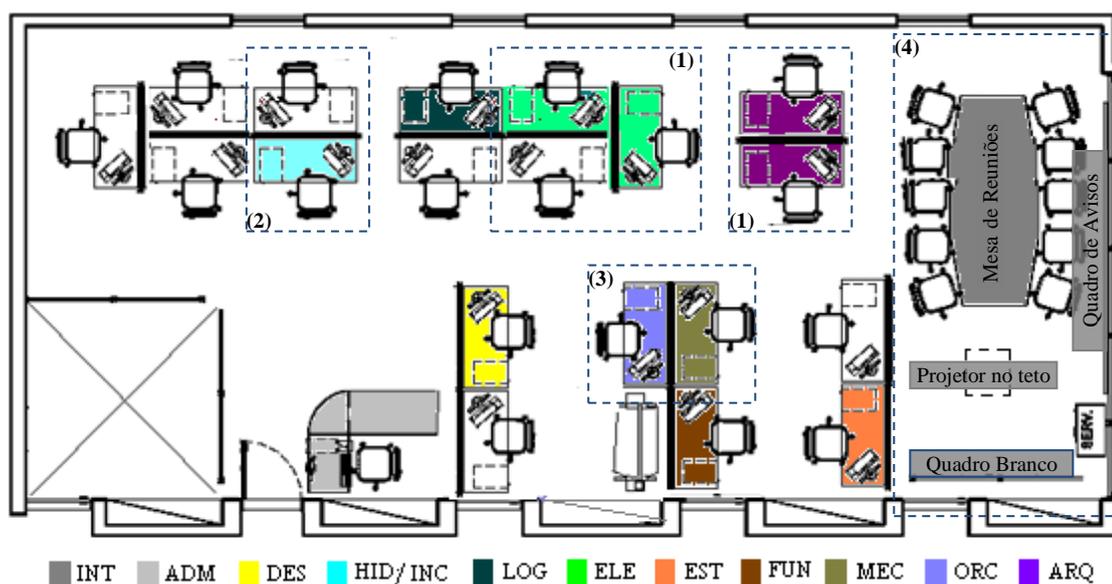
1. A desagregação da estação de integração: no layout proposto, dois elementos que compõem esta estação, mesa de reuniões e quadro de aviso, estão localizados em extremidades opostas da sala, inviabilizando o acesso e a atualização das informações em tempo real. Este fato, aliado à localização isolada e confinada da mesa, faz com que a estação de integração passe a funcionar apenas em situações de reuniões formais, e não como um estímulo ao trabalho diário e contínuo de interação entre as especialidades;
2. A alocação dos profissionais recém-contratados, arquitetura e orçamento, em uma extremidade da sala, em desacordo com o papel desempenhado pelos mesmos no fluxo de informações previsto para o processo de projeto. Tal espacialidade sugere um privilégio das relações pessoais sobre o fluxo de trabalho idealizado na elaboração de projeto;
3. O agrupamento por especialidades afins, tais como Sistemas de Comunicação (LOG) e Sistemas Elétricos (ELE), Sistemas Hidrossanitários (HID) e Proteção contra Incêndio e Pânico (INC), Estruturas (EST) e Fundações (FUN), configurando o que passa a ser denominado, neste trabalho, macroestações de trabalho. A formação das macroestações e sua importância no funcionamento da célula são aspectos tratados no item 3.2.5.

Após a definição do edifício a ser projetado, surge a necessidade de reconfiguração da célula de projetos. Assim a equipe passa a contar com mais um profissional de sistemas elétricos, com a inclusão da arquiteta do FNDE e com o alargamento de tarefas por parte da estação de sistemas hidráulicos que absorve a elaboração dos projetos de proteção contra incêndio e pânico. Ao longo do processo de projeto, a estação de integração recebe um projetor multimídia, um quadro branco também utilizado como tela de projeção. A mesa de reuniões, por sua vez, é substituída por outra com dimensões mais adequadas à equipe.

Em decorrência da reconfiguração dos recursos (humanos e materiais) da célula, a configuração espacial também é reconfigurada. Observa-se assim, em um primeiro momento, (1) a inclusão de novas estações para arquitetura (ARQ) e sistemas elétricos (ELE), (2) a remoção da estação de sistemas de proteção contra incêndio e pânico (INC) e, ao longo do projeto, (3) a redefinição do posicionamento das estações de sistemas mecânicos (MEC) e orçamento (ORC) e, próximo ao final do projeto, (4) a reconstituição da integridade física da estação de integração. A configuração final da

célula é apresentada na Figura 3-7.

O arquiteto contratado para a elaboração de maquetes não demanda uma estação de trabalho fixa na célula uma vez que sua atuação na equipe se dá por entrega de produtos desenvolvidos fora do Laboratório. Quando necessária sua presença, em atividade de suporte à visualização do projeto, seu trabalho se desenvolve na própria estação do profissional que solicita o suporte, em uma estação de desenho (DES), ou na estação de integração (INT).



LEGENDA: (1) DUPLICAÇÃO DE ESTAÇÕES DE TRABALHO; (2) ALARGAMENTO DE TAREFAS NA ESTAÇÃO DE TRABALHO; (3) REPOSICIONAMENTO DE ESTAÇÕES DE TRABALHO; (4) RECONSTITUIÇÃO DA ESTAÇÃO DE INTEGRAÇÃO.

Figura 3-7. Arranjo físico após reconfiguração da célula.

3.2.5 A perspectiva da transformação

Por perspectiva da transformação, Hyer&Wemmerlöv (2002) referem-se a dois aspectos da célula: 1) a capacidade de execução das tarefas necessárias à produção de uma família de produtos e 2) a similaridade dos artigos produzidos.

A célula de projetos organizada para a presente experiência atende aos dois aspectos apresentados como descrito a seguir.

Do ponto de vista da capacidade de execução das tarefas necessárias à elaboração do projeto de um edifício, a célula criada opera em todo o ciclo de vida do projeto, definido pelas fases de Concepção, Definição, Solução de Interfaces e Detalhamento do Produto (AGESC, 2006).

Ainda no que diz respeito às tarefas, a célula proposta é capaz de realizar de forma autônoma, em cada uma das fases citadas, *todas* as tarefas necessárias à produção da família de produtos denominada *projeto de edifício*, aproximando-se do ideal de uma célula.

No âmbito deste trabalho *projeto de edifício* pode ser entendido como um conjunto de documentos técnicos (desenhos e textos) contendo as informações técnicas e gerenciais necessárias e suficientes à completa definição do edifício e de seu processo construtivo. O conjunto de documentos que compõe o *projeto* é objeto de normas técnicas específicas direcionadas a cada especialidade envolvida no processo de projeto. Uma descrição da morfologia de um projeto de edifícios pode ser encontrada em Melhado (Melhado, 1994).

A família de projetos de edifícios e, portanto de edifícios, associados a esta célula é definida, em uma situação ideal, pelas especialidades técnicas presentes na célula e definidas na Tabela 3-1. Em termos reais, a abrangência de uma determinada célula de projetos sofre restrições em função do perfil profissional (capacitação técnica, experiência profissional, etc.) de cada um de seus membros. Restrições estas que podem ser reduzidas ao longo do tempo, através de um programa de capacitação da equipe.

Assim sendo, a célula aqui implantada tem como foco a elaboração de projeto para estabelecimentos de educação infantil para o FNDE. No entanto não está restrita a este único projeto, mas sim a uma família de edifícios passíveis de serem definidos com base nas especialidades presentes na Tabela 3-1 e cuja complexidade seja compatível com a maturidade profissional dos seus membros no momento de sua operação.

4 Operação: a célula em ação

Por *operação* da célula de projetos, entende-se o conjunto de atividades geridas e/ou executadas pela equipe da célula de projetos relativas à elaboração do projeto de edifício contratado. De tal modo, o presente capítulo assume a forma de um relato descritivo das atividades de concepção, planejamento, e detalhamento do produto “projeto de edifícios” para estabelecimentos de educação infantil, nos termos solicitados pelo FNDE.

O recorte temporal considerado como “operação” compreende o intervalo entre a primeira reunião das equipes do FNDE e da célula de projetos, ocorrida em 19 de outubro de 2007, e a entrega definitiva do projeto, em 27 de março de 2008.

Para planejamento, monitoramento e controle do desenvolvimento do projeto, toma-se por base o ciclo de vida para empreendimentos imobiliários, proposto pela AGESC (2006), adaptado ao projeto de edifícios. Ou seja, propõe-se a organização das atividades desenvolvidas pela célula em uma Estrutura Analítica de Projeto (PMI, 2004) composta por quatro fases:

- Fase A – Concepção do Produto;
- Fase B – Definição do Produto;
- Fase C – Identificação e Solução de Interfaces de Projeto;
- Fase D – Detalhamento de Projetos

Passa-se, a seguir, a uma descrição narrativa das atividades desenvolvidas em cada uma das fases propostas.

A avaliação do funcionamento da célula, da efetividade dos pressupostos assumidos e seu impacto no produto gerado, por sua vez, são tratados no Capítulo 5.

4.1 Fase A: Concepção do Produto

A Fase de Concepção do Produto tem por objetivo a definição do conjunto de dados e de informações necessários à caracterização e conceituação do produto a ser entregue ao final do projeto. Deve, ainda, definir as restrições à produção do produto e definir as

características dos profissionais de projeto necessários à execução do projeto. (AGESC, 2006)

No caso em análise, o principal objetivo a ser alcançado nesta fase é a compreensão do conceito de “projeto padrão” e a sua tradução em uma Declaração do Escopo Preliminar do Projeto (PMI, 2004). Com as informações da declaração do escopo preliminar do projeto em mãos, a equipe elabora uma proposta de trabalho a ser encaminhada ao FNDE para aprovação.

4.1.1 A abertura do projeto

Como marco de abertura do projeto, tem-se uma reunião ocorrida no dia 19 de outubro de 2007 entre as equipes do Laboratório e da Diretoria de Programas e Projetos Educacionais do FNDE (DIRP/FNDE). Nesta reunião a Coordenadora Geral de Infraestrutura do FNDE apresenta à equipe da célula os objetivos e as características do projeto a ser desenvolvido, assim como o contexto governamental que gerou a demanda pelos serviços solicitados.

O contexto em que o projeto solicitado ao Laboratório está inserido é transcrito abaixo, conforme relato da antropóloga que acompanha a experiência, em seu relatório de pesquisa:

“(...) Segundo a coordenadora de infra-estrutura, tratava-se de um projeto prioritário do governo federal, fazendo parte das ações do Programa Nacional de Reestruturação e Aquisição de Equipamentos da Rede Pública de Educação Infantil (ProInfância) do Ministério da Educação, instituído em abril de 2007. O principal objetivo do ProInfância seria prestar assistência financeira, em caráter suplementar, ao Distrito Federal e aos municípios definidos como prioritários conforme os critérios estabelecidos pelo Núcleo de Políticas Públicas da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), que levariam em conta aspectos populacionais, educacionais e de vulnerabilidade social. Os recursos do Programa estavam destinados à construção, reforma, pequenos reparos e aquisição de equipamentos e mobiliário para creches e pré-escolas públicas da educação infantil.

No caso de construção, os municípios deveriam adotar tanto o projeto-padrão como as diretrizes de implantação definidas pelo FNDE. Para a edificação de escolas para atendimento de até cem (100) crianças, o terreno deveria ter, no mínimo, 40m x

55m. Para atendimento até 150 crianças, a metragem mínima do terreno deveria ser de 40m x 80m. No ano de 2007, foram firmados 484 convênios entre o FNDE e municípios, havendo a perspectiva de um grande aumento da demanda para 2008.

Quanto ao papel do Laboratório neste contexto, esclarece a Coordenadora:

“Ao LabPrj caberia o desenvolvimento do projeto-padrão da creche a ser construída pelos municípios que aderiram ao Programa. Este projeto, (...) deveria garantir um programa mínimo necessário para o funcionamento de uma creche, independentemente de sua localização geográfica, e considerar a falta de capacidade técnica da maioria dos municípios conveniados para a sua execução.”

Ainda, conforme afirmação do engenheiro responsável pela fiscalização das obras do Fundo, a iniciativa pioneira de fornecimento de um “projeto padrão”, às prefeituras conveniadas, tem por objetivo orientar a construção das edificações e eliminar “... os graves problemas construtivos e de manutenção presentes em obras anteriores” (LABPRJ, 2007a)

Por fim a arquiteta do FNDE apresenta um estudo preliminar que deve servir de base para os trabalhos do Laboratório, e define as principais características técnicas esperadas no produto gerado pelo Laboratório.

As informações técnicas que compõem o estudo preliminar são apresentadas na forma de *slides* multimídia, oriundos de material de divulgação destinado a apresentar o Programa ProInfância a prefeitos dos municípios alvo (Bittencourt, 2007).

Nesta apresentação, oito *slides* dizem respeito a aspectos políticos e jurídicos do Programa ProInfância, enquanto os outros vinte e cinco *slides* apresentam as características do edifício a ser construído. Tal supremacia do número de *slides* técnicos sobre o número de *slides* políticos em uma apresentação destinada a políticos mostra, por si, a expectativa gerada sobre a importância do edifício como atrativo para adesões ao Programa ProInfância.

Os principais condicionantes técnicos presentes na apresentação são reproduzidos na Figura 4-1.



Figura 4-1. Principais parâmetros para o projeto, segundo o FNDE.

As propostas de *layout* para configurações do edifício para atender a até 100 crianças é apresentada na Figura 4-2.



Figura 4-2. Anteprojeto para as creches, elaborado pelo FNDE.

A Figura 4-3 por sua vez apresenta a configuração proposta para atendimento a 150 crianças.

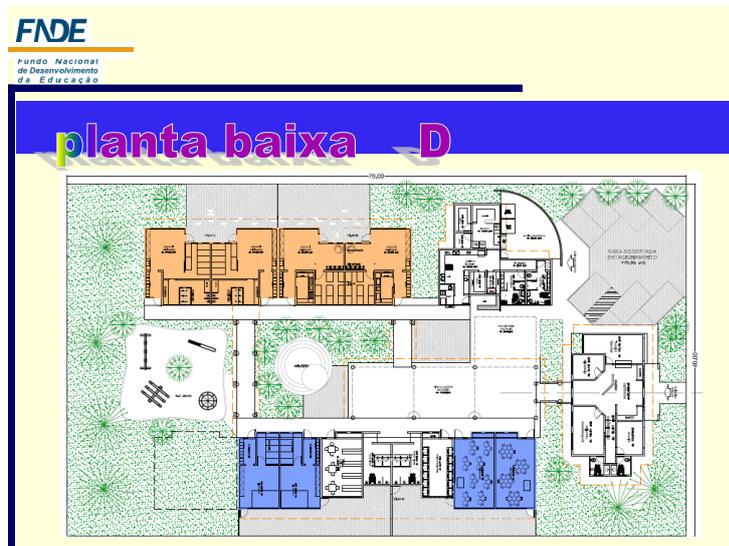


Figura 4-3. Configuração proposta para 150 crianças, segundo FNDE.

Fecha a apresentação do estudo preliminar uma vista aérea da fachada, mostrada na Figura 4-4.



Figura 4-4. Vista aérea da fachada, segundo proposta FNDE.

Encerrando sua apresentação, a Coordenadora de Infraestrutura do FNDE informa que os recursos financeiros para a contratação de pessoas e aquisição de equipamentos necessários ao desenvolvimento do projeto são oriundos de descentralização orçamentária do Ministério da Educação.

O prazo estipulado para a execução do projeto, por sua vez, deve permitir a assinatura de convênios entre o Ministério da Educação e as Prefeituras selecionadas, em março de 2008.

Ao final da explanação, a equipe do Laboratório apresenta sua preocupação com alguns aspectos expostos na apresentação:

O primeiro deles diz respeito à flexibilidade do projeto no tocante à sua localização geográfica e condições de infraestrutura urbana. Tal exigência gera um desafio adicional de compreensão de um conceito estranho à prática profissional do projeto de edifícios. O objetivo usual de um projeto de edifícios é a completa caracterização dos materiais e métodos a serem utilizados na construção de um edifício singular, com condicionantes geográficos e urbanos específicos. No caso em questão, o conceito implícito na proposta é o de produção de um “projeto de edifício genérico”, que, através das múltiplas combinações de seus componentes permita a construção de edifícios que atendam aos condicionantes geográficos e urbanos de cada município atendido.

O segundo aspecto é quanto à afirmação recorrente de falta de capacidade técnica da maioria dos municípios conveniados para a execução do projeto. Por execução do projeto entende-se aqui a construção do edifício segundo as especificações do projeto. Tal deficiência não apenas exige a adoção de tecnologias simples, como, em combinação com a questão da distribuição geográfica dos municípios, exige a adoção de materiais de fácil aquisição e transporte para o local da obra.

Na visão da equipe do Laboratório, tais restrições são incompatíveis com alguns dos parâmetros de projeto apresentados pelo próprio FNDE, como, p.ex., a utilização de estrutura metálica especificada na Figura 4-1, e a forma curva da cobertura mostrada na Figura 4-4.

Tal avaliação expõe um potencial foco de conflitos entre as duas equipes, evidenciado na afirmação da arquiteta do FNDE a respeito do anteprojeto por ela apresentado:

“(...) nada aqui é engessado”. Mas também fez questão de assinalar que o seu projeto, embora aberto a sugestões e mudanças, deveria guardar as características básicas, sobretudo manter a idéia de blocos independentes devido a possibilidade de variação na situação de implantação e a de não existirem quatro salas (de aula).(...)”

Ao término da reunião define-se o início dos trabalhos para o dia 22/10 (segunda-feira), agenda-se uma nova reunião conjunta para o dia 25/11, e apresentam-se as primeiras diretrizes para a equipe:

“Decidiu-se, como dinâmica de trabalho, que a arquiteta do FNDE freqüentaria o LabPrj ao menos duas vezes por semana, durante um turno, até que todas as definições do projeto arquitetônico fossem definitivamente acertadas. Também foi estabelecido que, desde o início do processo, todas as áreas (arquitetura, estruturas, fundações, instalações hidro-sanitárias, instalações elétricas e lógica e ar condicionado e climatização) trabalhariam juntas para que as dúvidas pudessem ser sanadas em “tempo real”. O coordenador do LabPrj deu como tarefa à equipe que todos procurassem nos próximos dias, cada qual com o olhar de sua especialidade, fazer o exercício de ler atentamente o estudo preliminar da creche tal como proposto pela arquiteta do FNDE”

As diretrizes propostas buscam não só estimular um entendimento do projeto que extrapole o olhar de cada especialidade, em uma abordagem transdisciplinar da solução a ser construída como, ao incluir a arquiteta do FNDE na equipe busca reduzir o risco de conflitos entre as duas equipes.

4.1.2 O desenvolvimento da Declaração de Escopo Preliminar do Projeto

Nesta fase inicial, a equipe trabalha em sistema de *brainstorm* buscando compreender não só os detalhes do edifício, como também o próprio conceito do “projeto padrão” a ser desenvolvido e a forma de apresentação do produto final.

A visão do observador externo, a antropóloga, sobre este início de trabalho é transcrito a seguir:

“Nos últimos dias do mês de outubro, as reuniões no LabPrj para discussão do projeto da creche se intensificaram. Como método de trabalho, o coordenador propôs que fossem obedecidas as etapas: 1) definição clara do produto: quais as características do projeto? Quais os problemas que se quer resolver?; 2) definição de tecnologias (estudo preliminar); 3) apresentação do projeto básico; 4) detalhamento do projeto executivo. Também, por inúmeras vezes, voltou a chamar a atenção da equipe para a sua proposta de trabalho em “tempo real”: “quando se termina o projeto de arquitetura, tudo termina junto” (coordenador).”

Das atas elaboradas ao final dos trabalhos dos dias 22/10, 23/10, 25/10 pode-se observar a dificuldade apresentada pela equipe em separar os dois produtos: 1) o edifício em si e 2) o conjunto de documentos que configuram o “projeto padrão”.

Durantes estes primeiros três dias o trabalho contou apenas com a equipe do LABPRJ, sem participação da equipe FNDE.

A necessidade de desenvolvimento de um produto (projeto) a ser reproduzido em diferentes condições geográficas, climática e urbanas¹⁴ apresenta-se ao longo de toda a fase, como a maior dificuldade a ser compreendida e superada pela equipe do Laboratório. A afirmação de um engenheiro da célula, justificável apenas para um projeto isolado ou em um pequeno número de localidades conhecidas, ilustra bem esta dificuldade:

“(...) foi dito que fez uma primeira análise do esboço de arquitetura das creches e levantar a necessidade de se obter as seguintes informações junto à coordenação do MEC: - relatório de sondagem; - Levantamento planialtimétrico; - População de projeto; - Materiais de paredes, pisos e cobertura; - Possibilidade de shafts; - Existência ou não de redes públicas de água, esgotos e águas pluviais; - Planta de locação com as redes existentes.” (Ata 11/2007, 22/10/2007)

Em contrapartida, a mesma ata apresenta a evolução do conceito de um “projeto padrão” para o que se passa a denominar-se “projeto de referência”. Torna-se mais claro à equipe a necessidade de ajustes do projeto aos condicionantes locais dos municípios atendidos, ajustes estes a serem atendidos no âmbito de um “manual do projeto”:

“(...) Como os projetos serão implantados em várias regiões do país, haverá necessidade de elaborar vários tipos de projetos (projeto tipo 1, tipo 2, etc.), pois a locação das redes de água, esgoto e águas pluviais em relação ao prédio serão diferentes; - Certamente haverá locais onde não existem redes de água, esgotos e águas pluviais, surgindo a necessidade de poços, fossa sépticas e sumidouros, trincheiras hidrantes para drenagem, etc; - Dependendo da população de projeto poderá haver necessidade de reserva d’água num castelo d’água e também num reservatório inferior;

¹⁴ Entre 4 e 27 de julho de 2007, 4.296 municípios declararam interesse em participar do Programa ProInfância (Bittencourt, 2007), Este número corresponde a 77,2% dos atuais 5.564 municípios brasileiros (IBGE, 2009).

- *Em algumas localidades haverá até necessidade de bombeamento d'água (...)*” (Ata 11/2007 22/10/2007)

“(...) Deverá ser desenvolvido um projeto de referência de acordo com a planta baixa definida pela arquitetura. (...) Para abordar as diferenças regionais será pensado em projetos tipo, apropriado para cada geografia. As adaptações necessárias, no caso da solução apresentada não ser adequada a um terreno específico, serão tratadas como um anexo do projeto (posteriormente denominado Manual do Projeto) e deverá ser executado pelo próprio município com o suporte das Universidades mais próximas. (...)”(Ata 11/2007 22/10/2007)

Durante a fase de concepção do produto a equipe trabalha de forma concentrada, mantendo contato permanente entre os membros da célula e sem a presença dos profissionais do FNDE, a não ser nas reuniões agendadas.

Os membros participantes desta fase são aqueles do “núcleo duro” da célula: arquiteto, engenheiro estrutural, engenheiro eletricitista, engenheiro de rede, engenheiro de climatização, engenheiro hidrossanitário. A participação do engenheiro responsável pelo orçamento se dá de forma pontual, assim como a do arquiteto responsável pelas maquetes.

Nesta fase do projeto, a equipe começa a organizar o espaço físico do Laboratório e o trabalho se dá na maior parte do tempo em torno de uma única mesa de reuniões, sendo as estações de trabalho utilizadas de forma pontual.

A comunicação e troca de informações entre os componentes da equipe se dá de forma contínua e face a face, sendo as decisões registradas em ata ao final de cada dia.

Atendendo a uma sugestão do pesquisador, ideias e dúvidas relativas a aspectos técnicos do edifício são anotadas em etiquetas autocolantes coloridas e fixadas, agrupadas por especialidades, em uma parede próxima à estação de integração.

No dia 25/10, no entanto, ocorre a reunião com a participação do FNDE, conforme agendado. Em tais reuniões, o FNDE é representado pela responsável pela aprovação formal do projeto (Coordenadora de Infra-estrutura), pela autora do estudo preliminar (Arquiteta FNDE) e pelo responsável pela fiscalização e aprovação das obras do FNDE (Engenheiro FNDE).

Nesta reunião são apresentadas as dúvidas sobre o estudo preliminar, solicitadas informações necessárias à fase seguinte e aprovada a primeira proposta de composição do projeto padrão, agora denominado “projeto de referência”.

Nesta proposta inicial, são destacados os desdobramentos técnicos e exigências para o atendimento aos condicionantes apresentados pelo FNDE:

- Os projetos devem prever a construção das creches em terrenos com metragem mínima de 40m x 55m para o Projeto A, e de 40m x 80m para o Projeto D, com declividade máxima de 3%.
- Os projetos apresentados devem possibilitar sua adequação às seguintes situações regionais:
 - Variações climáticas entre o Norte e o Sul do País;
 - Proximidade, ou não, do mar;
 - Existência, ou não, de redes públicas de fornecimento de água tratada e disposição de esgoto sanitário;
 - Redes elétricas em 110V ou 220V;
 - Dificuldade de acesso e transporte de materiais;
 - Baixa qualificação da mão de obra local
- Os projetos devem apresentar configuração modular e, no caso do Projeto D (150 crianças), permitir a construção em duas etapas.

A esta altura, apresenta-se, com base no estudo preliminar apresentado, uma estimativa inicial do custo da obra em torno dos R\$ 900.000,00 (Novecentos mil reais) para o projeto A (100 crianças).

Aprovada esta proposta inicial, solicita-se à equipe a criação de uma Estrutura Analítica de Projeto (EAP) para o projeto em questão, conforme transcrito a seguir:

“O coordenador solicitou a cada área que elaborasse um plano inicial de seqüência de atividades. O prazo dado pelo FNDE era de quatro meses, mas o último mês a equipe se dedicaria apenas a realização dos memoriais descritivos. Ficou estabelecido que no dia 14 de dezembro o estudo preliminar de arquitetura e o orçamento estariam prontos, ao que não houve qualquer objeção.”

Para tal aprofunda-se o conceito de projeto de referência, estimam-se as tarefas necessárias ao desenvolvimento do projeto e realiza-se uma avaliação de número de

desenhos e documentos a serem produzidos e à elaboração de um cronograma estimativo e marcos do projeto.

Com base em tais informações definem-se como marcos para as Fases A a D:

- Fase A
 - Avaliação preliminar do trabalho por especialidade 19/10/2007
 - Conclusão da fase 09/11/2007
- Fase B
 - Entrega do Estudo Preliminar 14/12/2007
 - Conclusão da Fase 21/12/2007
- Fase C
 - Entrega Projeto Básico 25/01/2008
 - Reunião de avaliação conjunta 05/02/2008
 - Conclusão da Fase 05/02/2008
- Fase D
 - Entrega do Projeto Executivo 07/03/2008
 - Conclusão da Fase 07/03/2008

Apresentam-se, a seguir, trechos da Declaração de Escopo Preliminar do Projeto, como redigida pela equipe do Laboratório e encaminhada em ao FNDE em 30 de outubro de 2007 (LABPRJ, 2007b):

“(…)

2. Dos Serviços a serem Executados

Para atendimento aos objetivos apresentados pelo FNDE serão realizados os serviços abaixo descritos, considerando-se duas situações de layout arquitetônico:

2.1 – Elaboração de Projeto Executivo, nas especialidades abaixo:

2.1.1 - Arquitetura

2.1.2 – Estruturas

2.1.3 – Instalações elétricas e SPDA;

2.1.4 – Instalações de comunicação e lógica (cabearamento estruturado);

2.1.5 – Instalações hidro-sanitárias;

2.1.6 – Climatização.

Os projetos executivos são constituídos por desenhos para execução, especificação de materiais, quantitativos e orçamento.

Face ao caráter de projeto de referência o orçamento será fornecido em duas versões, sendo a primeira com valores para o mercado de Brasília, ao final do

Estudo Preliminar, e a segunda com valores em aberto ao final do Projeto Executivo.

2.2 – Realização de estudos técnicos:

2.2.1 – Alternativas de fundações para terrenos tipo (baseado em dados de sondagem fornecidos pelo FNDE);

2.2.2 – Alternativas de fechamentos, esquadrias e revestimentos para ambientes tipo;

2.2.3 – Alternativas de fornecimento de água;

2.2.4 – Alternativas para esgotamento sanitário;

2.2.5 – Avaliação de viabilidade de aproveitamento de águas pluviais;

2.2.6 – Estudo de conforto ambiental e eficiência energética para situações tipo (baseado na localização de municípios a ser fornecido pelo FNDE).

2.3 – Produtos adicionais:

2.3.1 – Maquete física de arquitetura em escala 1:100 ou 1:150;

2.3.2 – Maquete eletrônica estática com um mínimo de seis vistas;

2.4 – Apresentação, em hora e local agendados, do produto final.

(...)“

“(...)”

3. Dos Insumos

- Proposta de layout em formato digital, compatível com Autocad 2004 ou posterior;*
- Definição das duas opções de layout a serem desenvolvidas;*
- Programa de necessidades e parâmetros de projetos adotados pelo FNDE/MEC para estabelecimentos de educação infantil;*
- Relação de municípios a serem atendidos, se possível com coordenadas geográficas, levantamento topográfico e laudos de sondagem dos terrenos selecionados;*
- Participação de arquiteta do FNDE por dois períodos de 4 horas por semana, na etapa de definição do edifício previsto em três semanas;*

(...)”

“(...)”

4. Do Produto

- Os desenhos finais serão entregues em formato digital, compatível com Autocad 2004 ou posterior, acompanhados de um jogo impresso em papel formato A0 ou outro formato ABNT adequado;*
- Os estudos técnicos serão apresentados em formato digital compatível com Word 2003 ou posterior, acompanhados de um jogo impresso em papel formato A4;*
- Os orçamentos serão entregues em planilha eletrônica compatível com Excell 2003 ou posterior, acompanhados de um jogo impresso em papel formato A4;*
- Todo o conjunto será entregue em mídia digital (CD ou DVD).*

(...)”

“(…)

7. Do Prazo

- *O prazo para execução de nossos serviços é de 120 dias úteis a contar da data de descentralização de recursos.*
- *O Estudo Preliminar, incluindo orçamento preliminar será disponibilizado no prazo máximo de 60 dias corridos a contar da data de descentralização de recursos.*

(…)”

A equipe aguarda a aprovação da mesma pelo FNDE, prevista para 09/11/07, para o encerramento da Fase A do projeto.

4.2 Fase B: Definição do Produto

O objetivo desta fase é a concepção e representação do conjunto de informações técnicas iniciais da edificação, de seus elementos, sistemas e componentes. Tais informações devem ser necessárias ao inter-relacionamento das atividades técnicas de projeto e suficientes à elaboração de estimativas aproximadas de custos e prazos dos serviços de obra implicados. Tal fase, portanto, engloba as etapas denominadas estudo preliminar e anteprojeto segundo a NBR 13531/95 – Elaboração de Projetos de Edificações. (ABNT, 1995)

O trabalho, portanto, passa a ter como foco principal a definição e detalhamento do(s) edifício(s) a ser projetado, e não mais a concepção do trabalho a ser realizado, foco da subfase anterior.

Em resposta à solicitação de definição de atividades a serem desenvolvidas nesta fase, a célula apresenta a seguinte relação, classificada por especialidade:

- Arquitetura
 - Análise do estudo preliminar em face da legislação pertinente;
 - Avaliação da viabilidade de execução do edifício, face às restrições técnicas apresentadas;
 - Adequação ao programa de necessidades;
 - Compilação das informações fornecidas pelas outras especialidades;
 - Proposta de detalhamento/alterações necessárias;
 - Apresentação de anteprojeto consolidado com as demais especialidades;
 - Levantamento de quantitativos de materiais (arquitetura);

- Engenharias
 - Análise da viabilidade técnica do estudo preliminar, do ponto de vista de sua especialidade;
 - Avaliação da viabilidade de execução do edifício, face às restrições técnicas apresentadas;
 - Pesquisa de alternativas de solução que atendam aos diferentes requisitos geográficos;
 - Prover suporte técnico à arquitetura com informações quanto à necessidade de detalhamento e/ou alteração do estudo preliminar apresentado;
 - Apresentação de anteprojeto consolidado com as demais especialidades;
 - Levantamento de quantitativo de materiais em sua especialidade;
- Desenho
 - Gerar “matriz” (desenho em escala 1:50) do anteprojeto apresentado;
 - Orientar as demais especialidades sobre os critérios gráficos de apresentação dos desenhos;
 - Atualizar a matriz com as informações fornecidas pelas especialidades e informar as alterações aos membros da equipe;
 - Identificar e informar conflitos de informações na matriz;
- Orçamento
 - Orientar as demais especialidades sobre os procedimentos de determinação e tabulação de quantitativos;
 - Fornecer suporte às demais especialidades sobre o impacto das soluções adotadas, no custo da obra;
 - Elaborar uma planilha base para compilação dos quantitativos;
 - Elaboração do orçamento para o anteprojeto apresentado;
- Maquete
 - Elaboração de estudos volumétricos (virtuais) para as alternativas apresentadas;

No entanto desde o início do trabalho a equipe enfrenta uma “dificuldade” de separar a análise do conceito de projeto de referência da própria análise do estudo preliminar apresentado pelo FNDE. De tal forma que, embora na EAP as fases sejam apresentadas

de forma sequencial, as atividades inerentes à Fase B, conforme definidas pela célula e listadas anteriormente, ocorrem ou têm início antes mesmo da conclusão da Fase A.

Um exemplo de tais atividades é patente nas discussões diárias sobre aspectos técnicos do edifício, ao longo da própria discussão sobre o conceito do projeto de referência. Tais discussões geram observações que são registradas em ata ou em etiquetas na parede, segundo critério de maturidade da discussão definido pela própria equipe.

Outros exemplos são duas reuniões com a presença da arquiteta do FNDE e não agendadas para a Fase A.

A primeira delas, que ocorre em 26/10 por solicitação da arquiteta do FNDE, trata-se, na verdade, de uma visita a uma creche pública no Plano Piloto, bairro nobre de Brasília, usada pela arquiteta do FNDE como inspiração para o estudo preliminar apresentado ao Laboratório.

A segunda reunião ocorre por solicitação da célula no dia 29/10/07, no próprio Laboratório. A motivação apresentada pela arquiteta e engenheiros da célula é o desejo de já iniciar a discussão técnica do estudo preliminar apresentado pela FNDE em paralelo ao trabalho de redação da proposta técnica, realizado pela estação administrativa.

4.2.1 A análise do Estudo Preliminar

A postura adotada pela equipe da célula em relação ao estudo preliminar apresentado pelo FNDE é descrita em relatório do observador:

“A arquiteta do FNDE passava a impressão de ser uma autoridade na matéria creches. Trouxe para o LabPrj livros sobre o assunto, mostrou fotos que fizera em outros estados e organizou uma visita a uma creche pública do Plano Piloto de Brasília..”

“Aparentemente não havia problemas com o estudo preliminar (planta-baixa) apresentado pelo FNDE e o otimismo era geral com a presença e o perfil da arquiteta contratada”

Com relação à postura da arquiteta do FNDE, frente aos questionamentos técnicos apresentados pela equipe do Laboratório, temos o seguinte registro:

“(...) Ao lado disso, sem a mesma flexibilidade do seu discurso na primeira reunião, procurava enfatizar que nada poderia ser modificado no programa, dinâmica e dimensão dos espaços por ela propostos, pois seu estudo já havia sido bastante discutido com técnicos e com a própria equipe do FNDE. Apenas o bloco de serviço não estava bem definido. Para defini-lo, seria necessária uma reunião com os técnicos da merenda escolar.”

É com a postura acima descrita que a célula inicia uma análise mais aprofundada do estudo preliminar, contando agora com a presença da arquiteta do FNDE duas vezes por semana no Laboratório.

No dia 08/11/07, ocorre uma reunião entre as arquitetas e técnicos da merenda escolar do Ministério da Educação, sobre as definições necessárias para a definição do bloco de serviços, formado por cozinha, lavanderia, vestiários e lactário.

Nesta reunião, as nutricionistas do Ministério da Educação chamam a atenção para a existência de legislação específica para este tipo de ambiente em estabelecimentos de educação infantil, afirmando ainda que *“o estudo preliminar elaborado pela arquiteta do FNDE estava totalmente fora das normas técnicas”*.

Tal informação indica à equipe que ao menos no que diz respeito ao bloco de serviços, o estudo preliminar apresentado não pode ser utilizado como base para o trabalho.

Surge, ainda, da análise realizada nas áreas de sistemas elétricos e sistemas de comunicação, a necessidade de criação de espaços técnicos, não previstos no estudo preliminar, para quadros de eletricidade e *racks* de comunicação.

Tais fatos exigem da arquiteta um trabalho superior ao inicialmente previsto, assim como afeta diretamente o trabalho da equipe de sistemas hidrossanitários, sistemas elétricos e sistemas mecânicos

Um efeito mais grave desta descoberta é a insegurança que surge na equipe quanto à própria validade do estudo preliminar do FNDE e quanto à segurança demonstrada pela arquiteta do Fundo.

Tal sentimento se agrava com mais duas constatações de não adequação do estudo preliminar tanto às normas técnicas indicadas pelo próprio FNDE, quanto aos

pressupostos de facilidade de execução apresentadas no escopo do projeto. Sobre tais fatos o observador relata:

“No dia 12 de novembro mais um fato inesperado surpreendeu a arquiteta do LabPrj: encontrou problemas na malha eleita pela arquiteta do FNDE. Tratava-se, segundo ela, de uma grelha de difícil execução (1.15m), elaborada por um arquiteto sem experiência em obra. Se a proposta era facilitar a execução do projeto em municípios sem capacidade técnica, esta malha não poderia ser mantida.”

“Lendo os manuais, pesquisando e se inteirando cada vez mais do programa de um projeto de creche, a arquiteta do LabPrj percebeu também que na proposta do FNDE faltavam sanitários públicos. Era preciso fazer um esforço para incluí-los, na medida em que não se podia aumentar a área construída.”

Em paralelo a tais embates na arquitetura, as demais especialidades dedicam-se a trabalhar as questões técnicas levantadas, e registradas em Ata ou anotadas em etiquetas autocolantes na parede, durante a Fase A:

“(...) era preciso considerar as adequações regionais (solo e clima, por exemplo) e variações de implantação no terreno. Outras dúvidas levantadas, como as relativas às instalações hidro-sanitárias (filtro central? castelo d’água? reuso? bebedouros externos?), elétricas (aparente? embutida?), estruturas (modulada? alvenaria convencional? laje em todos os ambientes? cobertura curva?), climatização (ar condicionado? ventilação natural?), instalações lógicas (quantos computadores? telefonia em todas as salas?), já começavam a ser levemente discutidas com as arquitetas do LabPrj e do FNDE.”

Ao longo do mês de novembro as alternativas tecnológicas para o projeto são definidas, em conjunto com o FNDE, sempre visando a simplicidade de execução por operários com baixa capacitação técnica, a facilidade de manutenção e a faixa de preços estipulada pelo FNDE para a obra.

Mostra-se a seguir, as principais decisões adotadas separadas por especialidade:

- Estruturas
 - Estrutura de concreto armado moldado *in loco*. Elimina-se a estrutura metálica sugerida pelo FNDE;
 - Lajes pré-moldadas de bloco cerâmico em todos os ambientes;

- Alvenaria de blocos cerâmicos.
- Adoção de telhado com telhas planas (metálicas ou ecológicas), com caimento de 5% a 8%;
- Elétrica
 - Instalações embutidas nas paredes e aparentes nos tetos;
- Hidrossanitárias
 - Necessidade de castelo d'água com reserva para dois dias;
 - Exigência de bebedouros externos, não previstos no estudo preliminar;
 - Não adoção de filtro central;
 - Separação de águas cinza (lavatórios) e negras (sanitários) para posterior implantação de sistemas de reuso;
 - Coleta de águas pluviais para posterior implantação de sistemas de reuso;
- Incêndio
 - Combate baseado em hidrante e extintores;
- Lógica
 - Cabeamento estruturado com pontos na sala de computadores, secretaria e sala de professores;
 - Um ponto para televisão no pátio central coberto;
- Sistemas mecânicos
 - Uso de ventilação natural associada a ventiladores de teto;
 - Ar-condicionado apenas na sala de computadores;
 - Sistema de Ventilação mecânica no bloco de serviços;
 - Central externa de GLP com botijões de 13 kg;

Ainda, por solicitação do FNDE inicia-se um estudo sobre a viabilidade de utilização de sistemas de aquecimento solar para água e de telhas ecológicas na cobertura.

Persiste, no entanto a posição do FNDE quanto à adoção de cobertura curva no pátio central, fortemente combatida pela equipe do Laboratório. Tal conflito só é resolvido em reunião ocorrida no 21/12/07 quando, após a apresentação de diversos estudos volumétricos (maquetes eletrônicas) preparados pela equipe, a solução de cobertura curva é abandonada.

Face às alterações citadas, o prazo de 14/12/2007 para entrega do estudo preliminar consolidado não é cumprido e na data de encerramento da fase, 21/12/2007, diversas

pendências ainda precisam de solução. Define-se, então, um ajuste de cronograma e a nova data de entrega do estudo preliminar consolidado passa a ser 15/01/2008.

Nos primeiros dias de janeiro de 2008, após o recesso de final de ano, um estudo preliminar já com as principais alterações na arquitetura e incorporando as soluções das demais especialidades está em estágio final de elaboração.

Neste momento, no entanto, a engenheira responsável pelos sistemas hidrossanitários alerta que as propostas de sanitários e vestiários do estudo preliminar original não atendem às normas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), órgão do Ministério da Saúde.

Uma reunião de emergência com o FNDE é convocada para o dia 15/01/2008, no qual o anteprojeto consolidado é apresentado e as inconsistências em relação às normas da ANVISA são apresentadas.

Nesta reunião o FNDE é representado pela Coordenadora de Infraestrutura, pelo engenheiro responsável pela fiscalização das obras e por um novo arquiteto. A substituição na arquitetura do FNDE se dá por um afastamento da arquiteta autora do estudo preliminar original por motivos médicos não esclarecidos ao Laboratório.

Em seu relatório de pesquisa, o observador assim descreve a reunião:

“Uma reunião de emergência com o FNDE foi convocada para o dia 15 de janeiro, ocasião na qual a arquiteta do LabPrj, de modo bastante sereno, expôs as incompatibilidades do projeto com as normas nacionais de vigilância sanitária. A coordenadora geral de infra-estrutura educacional do FNDE, que desde o início desse trabalho conjunto mostrou ser guiada por um espírito prático, meio as discussões, logo achou uma solução para o problema: se as normas do Rio de Janeiro eram as mais compatíveis com o projeto que havia sido até então elaborado, os reajustes seriam feitos visando à compatibilidade com a legislação deste estado da federação. Até porque o governo do Rio de Janeiro, mais que a ANVISA, estava mais atualizado em termos de programa de creche. Ela, em nome do FNDE, seria responsável por tal decisão. Nesta mesma reunião de emergência, foram apresentadas novas soluções arquitetônicas para o bloco de serviços, de administração, banheiros públicos e de uso das crianças, adaptadas a legislação do Rio de Janeiro, o que ficou de ser revisto pela

arquiteta do LabPrj, a partir das alterações recomendadas pelo FNDE, e discutido numa próxima reunião.”

Sendo assim, o FNDE assume a decisão de manter o projeto coerente com as normas do Estado do Rio de Janeiro e o Laboratório compromete-se a apresentar o estudo preliminar consolidado três dias depois.

E no dia 18/01/2008, em nova reunião com a presença dos mesmos atores, o estudo preliminar consolidado gerado pela célula é aprovado pelo FNDE.

4.2.2 O trabalho no Laboratório

Com o início da Fase B, a dinâmica de trabalho no Laboratório sofre algumas alterações.

O trabalho se dá não mais exclusivamente na estação de integração com reuniões de toda a célula. De fato, ao longo desta fase quatro situações de troca de informações ocorrem no Laboratório: (1) Reuniões de avaliação do estudo preliminar, realizadas na estação de integração e com toda a equipe; (2) Trabalhos de pesquisa e de projeto realizadas nas estações especialistas; (3) Reuniões entre especialidades específicas para discussão de aspectos de interface entre elas e (4) reuniões entre as arquitetas da célula e do FNDE, envolvendo ou não outras especialidades.

A presença da arquiteta do FNDE no Laboratório duas vezes por semana, durante o mês de novembro, promove uma troca rápida de informações entre as duas equipes, embora gere diversas situações de conflito à medida que surgem questionamentos mais profundos ao estudo preliminar adotado.

À medida que os pontos a serem discutidos no estudo preliminar se avolumam, aumenta a tensão entre a equipe e a arquiteta do FNDE, em especial em momentos em que as decisões resvalam para posições baseadas não em questões técnicas, mas em desejos ou avaliações puramente pessoais.

Frente a tais situações, a equipe do Laboratório passa a criar estratégias de apresentação e negociação dos conflitos.

Um exemplo de tais situações é a questão da forma curva para a cobertura do pátio central do edifício. Tomada como um marco visual do edifício, nenhum argumento

técnico ligado às próprias premissas de facilidade de execução, baixo custo e ausência de necessidade de mão de obra especializada é aceito na discussão. A equipe então opta por deixar esta questão – embora de extrema importância na definição do projeto – para ser discutida apenas após as demandas menores serem atendidas.

Tal fato se dá apenas no final de dezembro.

“A arquiteta do LabPrj trabalhava em ritmo frenético, procurando atender as demandas de todas as áreas, mas sempre restavam pendências. A definição da forma da cobertura do pátio era uma delas. Além disso, muitas de suas propostas de reformulação foram rejeitadas pela equipe do FNDE, implicando num refazer constante em busca de novas soluções.”

“Ao final de dezembro, antes do recesso de fim de ano, decidiu-se, em acordo com o FNDE, abandonar a ideia da cobertura curva para o pátio. Um estudo volumétrico elaborado pela arquiteta do LabPrj revelou que o elemento curvo do pátio não funcionaria como marco visual, tal como vislumbrava a arquiteta do FNDE. Na verdade, os únicos volumes que poderiam cumprir esta função eram o da caixa d’água e o da administração.”

Ao longo desta fase a arquiteta do FNDE passa a apresentar problemas de saúde, não esclarecidos ao Laboratório, que levam ao seu gradual afastamento do projeto, resultando em sua substituição conforme mencionado anteriormente.

No entanto, como esperado, tal situação percebida pela equipe do Laboratório como grave, deixa a equipe do FNDE ainda mais reativa a alterações no anteprojeto original.

No equipe do Laboratório, ainda persistem dúvidas quanto à forma de apresentação do projeto de referência. Está clara a necessidade de dois projetos completos e um manual descritivo. Sobram, no entanto, dúvidas sobre quais informações devem constar dos projetos e quais devem ser apresentadas no manual. A construção deste conceito ainda prossegue ao longo de toda a fase. Conforme aponta o observador ao referir-se a esta questão em seu relatório, *“A arquiteta do FNDE, ao insistir nas exceções, deixava a equipe do LabPrj confusa”*.

A afirmação acima, quando comparada com orientação passada pelo coordenador do Laboratório de que *“quando se tem uma proposta de trabalho simultâneo, parte-se das*

definições maiores para as definições menores (coordenador)” mostra as diferentes visões de projeto exercidas pelo FNDE e pelo Laboratório. Talvez nestas duas frases se possa perceber a origem de muitos dos conflitos surgidos ao longo do projeto.

A tensão permanente entre estas duas posturas de projeto, aliada às inadequações encontradas no estudo preliminar, geram na equipe um sentimento de insegurança na equipe. Tal sentimento atinge seu ápice quando da constatação tardia do não atendimento por parte do estudo preliminar às normas da ANVISA.

A aprovação pelo FNDE do estudo preliminar consolidado apresentado pelo Laboratório em 18/01/2008 é recebida, portanto, com grande alívio por parte da célula.

4.3 Fase C: Identificação e Solução de Interfaces de Projeto

A fase de identificação e solução de interfaces de projeto, conforme apresentada no Manual de Escopo de Serviços para Coordenação de Projetos (AGESC, 2006), busca obter um projeto com soluções para as interferências entre sistemas e todas as suas interfaces resolvidas, de modo a subsidiar a análise de métodos construtivos e a estimativa de custos e prazos de execução.

4.3.1 O Projeto Básico vs. Estudo Preliminar Consolidado.

Na metodologia adotada, todos os requisitos presentes na descrição da Fase C pelo manual da AGESC estão atendidos no estudo preliminar consolidado gerado na fase anterior.

Ou seja, o procedimento de identificação e solução de interfaces de projeto, considerado uma fase de projeto na abordagem tradicional, é aqui realizada de forma simultânea ao longo da concepção e definição do edifício.

De tal forma que, aprovado o estudo preliminar consolidado, em 18/01/2008, define-se uma nova reunião da equipe do Laboratório para o dia 22/01/2008 (terça-feira) para os ajustes finais do estudo preliminar e a definição dos ajustes necessários ao cronograma.

Nesta reunião é definida a data de 01/02/2008 para apresentação do projeto básico já desenhado com todas as especialidades, uma versão avançada da maquete eletrônica, acompanhados de um orçamento final para o projeto.

O mês de fevereiro, então, pode ser utilizado para elaboração dos desenhos de detalhes

por parte da equipe de desenho, enquanto as especialidades dedicam-se aos memoriais descritivos e ao manual do projeto.

Busca-se desta maneira, cumprir a data inicialmente definida, 07/03/2008, para a entrega do projeto executivo. A maquete física, no entanto, demanda um prazo maior, podendo ser entregue apenas no final de março.

A apresentação do projeto básico para aprovação pelo FNDE é marcada para o dia 14/02/2008.

No período compreendido entre a aprovação do estudo preliminar consolidado (18/01/2007) e a reunião para aprovação do projeto básico (14/02/2008) o clima no Laboratório é de entusiasmo. Não só pela satisfação dos desafios superados, como também pela expectativa de término do projeto no prazo previsto. Alguns dos membros da célula a esta altura já contam com reservas e passagens para as duas semanas de férias ao final do projeto.

Tendo em mãos o estudo preliminar consolidado, com todas as interfaces identificadas e resolvidas, o trabalho de elaboração do projeto básico se dá de forma mais isolada em cada especialidade.

Busca-se agora, um melhor detalhamento gráfico das soluções adotadas, uma verificação dos dimensionamentos de componentes, o ajuste das planilhas de orçamento e o esboço inicial dos memoriais por especialidade, caracterizando uma antecipação do início da Fase D.

4.3.2 A quebra no projeto

Na reunião do dia 14/02/2008, o FNDE é representado não mais pela Coordenadora de Infraestrutura, que se encontrava em férias. Em seu lugar, apresenta-se como responsável pela aprovação do projeto o engenheiro responsável pela fiscalização das obras. Outra surpresa é a presença da arquiteta autora do estudo preliminar, que retorna a FNDE, ainda em tratamento médico.

Nesta reunião, o estudo preliminar consolidado anteriormente aprovado, e já desenvolvido para o nível de projeto básico, é submetido a inúmeras solicitações de modificação por parte da “nova” equipe do FNDE.

Dentre as solicitações, algumas representam um grande impacto no produto já desenvolvido, como listado a seguir:

- Elevar o telhado do pátio central: impacta no projeto estrutural (planta de armações de pilares, planta de cortes) e maquete eletrônica;
- Retirar o sistema solar: impacta nos projetos de sistemas elétricos, sistemas hidrossanitários, orçamento, nos memoriais descritivos e no manual de projeto;
- Inclusão de três torneiras elétricas no bloco de serviços: impacta nos projetos de arquitetura, de sistemas elétricos, de sistemas hidrossanitários, no orçamento, nos memoriais descritivos e no manual de projeto;
- Alteração em uma parede interna da recepção, na qual existe um lavatório: impacta nos projetos de arquitetura, de estruturas, de sistemas hidrossanitários e de sistemas elétricos;
- Alteração de largura das portas dos banheiros (30x) de 50 cm para 60 cm: impacta no projeto de arquitetura, no de estruturas, nos memoriais, no manual do projeto e no orçamento.

Outras solicitações caracterizam serviços não especificados na proposta inicial:

- Detalhamento de esquadrias de madeira e de metal;
- Detalhamento de um muro com elementos decorativos do Programa ProInfância;

Uma solicitação, no entanto, é devastadora para o projeto: a substituição das telhas planas, acordadas desde o início do projeto, por telhas cerâmicas.

Segundo o engenheiro do FNDE, agora responsável pela aprovação do projeto, tal solicitação é resultado de exigências apresentadas em um fórum de prefeitos ocorrido recentemente. Tal exigência visa, segundo o engenheiro, contemplar os diversos fabricantes locais de telhas cerâmicas existentes na maioria dos municípios atendidos.

Tal solicitação, no entanto, remete o projeto de volta ao início da Fase B, com impactos em todas as especialidades à exceção dos sistemas de comunicação.

O impasse gerado nesta reunião leva a decisão da aprovação do Projeto Básico para uma nova reunião com a presença do Diretor de Projetos do FNDE, que ocorre em

29/02/2008.

Nesta reunião é confirmada a necessidade de alteração do projeto, por questões políticas. Nova data de entrega do projeto executivo é definida como sendo 27/03/2008.

Neste meio tempo, as alterações solicitadas, que não venham a ser afetadas por uma possível alteração do telhado são executadas.

4.3.3 A célula e um novo projeto

Com a quebra da estrutura analítica do projeto, ocorrida nas reuniões de 14/02/2008 e 29/02/2008, o trabalho que estava em fase de acabamento, volta à fase de concepção. E o ânimo da equipe atinge o extremo oposto, a frustração e a revolta tomam conta do Laboratório.

Em uma reunião interna, são definidas as atividades necessárias à nova situação de projeto e a abordagem a ser adotada. Na nova situação, às atividades anteriormente previstas para a Fase D, somam-se alterações de arquitetura correspondentes à Fase B e verificações de interferências entre especialidades para a nova configuração características da Fase C.

Identifica-se ainda, a necessidade de separar no projeto já existente os componentes que sofrem influência da nova opção de telhado e, portanto, devem voltar à fase de definição, daqueles que não são alterados e podem seguir para a fase seguinte.

Para cumprir as novas demandas a equipe se reestrutura e conta, ainda, com a colaboração de outros profissionais do Laboratório.

Nesta reestruturação, a arquitetura passa a contar com a consultoria de três engenheiros seniores das especialidades mais afeitas ao projeto de telhado: estruturas, sistemas hidrossanitários e climatização. Os engenheiros em questão são os três professores, citados no Capítulo 3, item 3.2.4, que acompanharam todo o processo de projeto sem, no entanto, atuarem de forma direta no mesmo.

Ainda, durante os novos estudos para definição de telhado, o arquiteto responsável pelas maquetes atua de forma intensiva gerando modelos tridimensionais virtuais para avaliação tanto pela célula, quanto pela equipe do FNDE.

Enquanto aguarda as novas definições, a engenheira responsável pelos sistemas

hidrossanitários assume parte das tarefas administrativas na produção da documentação escrita do projeto. Por sua vez, o engenheiro eletricista júnior assume parte do trabalho da estação de desenho, agora sobrecarregada pela superposição de atividades.

Porém nem tudo corre sem transtornos: uma decisão tomada pelo engenheiro de estrutura em relação à laje do bloco de serviço e não comunicada às demais especialidades causa retrabalho, e tensão, para a área de eletricidade.

Tal fato é relatado pelo observador, em seus últimos dias de atuação junto à equipe:

“A engenheira eletricista estava visivelmente chateada com as alterações ocorridas no projeto de arquitetura durante a sua ausência e no laboratório havia uma grande correria, todos tentando terminar a sua parte. Como cada qual estava envolvido com o seu próprio trabalho, as diferentes áreas não estavam se comunicando suficientemente e a falta de diálogo já havia trazido alguns problemas: por exemplo, a solução estrutural de adoção de laje maciça no bloco de serviços e de laje pré-moldada nos demais era desconhecida pela sub-equipe de instalações elétricas, o que fez que a mesma lançasse os fios como se todas as lajes fossem pré-moldadas.”

Em uma sequência de falhas de gestão de integração de projeto e de gestão da comunicação, o projeto de eletricidade é ajustado à nova configuração apresentada pela estrutura.

Ao ser apresentado o projeto adaptado à nova configuração de telhado, em uma reunião conjunta do laboratório e FNDE, realizada em 06/03/2008, a solução de uso de laje maciça no bloco de serviços vem à tona e é confrontada com uma das premissas básicas do projeto – uso de lajes pré-moldadas – e é rejeitada. Com isso, para constrangimento geral, novo ajuste no projeto de estruturas é necessário e o projeto de sistemas elétricos volta à configuração anterior.

4.4 Fase D: Detalhamento de Projetos

A Fase D, na definição proposta pela AGESC (AGESC, 2006), diz respeito ao desenvolvimento do detalhamento de todos os elementos de projeto, de modo a gerar um conjunto de documentos suficientes para a perfeita caracterização das obras e serviços a serem executados, possibilitando a avaliação dos custos, métodos construtivos e prazos de execução.

4.4.1 O desenvolvimento do Projeto Executivo

Assim, com o projeto básico aprovado, a equipe pode concentrar-se em finalizar a documentação descritiva do projeto e à montagem do manual do projeto.

Os desenhos, apresentados na fase anterior contêm todas as informações exigidas na definição do produto da Fase D, apresentada acima. Assim, cabe à fase atual um trabalho de finalização dos desenhos, ajuste de carimbos e organização final da apresentação visual dos mesmos. Tal tarefa é realizada, quase em sua totalidade, na estação de desenho (DES).

A montagem final da documentação escrita, gerada separadamente por cada especialidade é finalizada na estação administrativa (ADM).

As planilhas de quantitativos, devidamente atualizadas por cada especialidade, são encaminhadas à estação de orçamento (ORC) para montagem do orçamento final do projeto.

O responsável pelas maquetes trabalha, conforme explicado anteriormente fora do Laboratório, na elaboração das maquetes virtuais que compõem a entrega do projeto e na maquete física a ser entregue em data posterior.

Ao longo desta fase, ainda ocorrem algumas novas demandas por parte do FNDE, com base nos documentos do projeto básico entregues após a reunião do dia 06/03/2008.

Tais demandas são oriundas de dois novos arquitetos do FNDE que não participaram do desenvolvimento do projeto. Além de questionamentos técnicos, surgem solicitações de alteração de tamanho das folhas de desenho de A0 para A1, um novo modelo de carimbo e uma forma diferente de especificação de esquadrias.

Por estratégia da equipe, buscando não permitir que tais demandas tumultuem o encerramento do projeto, um profissional é designado para receber, analisar e classificar as demandas. A classificação se dá segundo a consistência e viabilidade de atendimento das demandas, separando-as em: (1) atender de imediato, (2) atender em uma revisão do projeto e (3) não aplicáveis.

Assim, em um nível de tensão elevado no Laboratório, no dia 27/03/2008 é realizada uma última verificação do produto e organizado o material de entrega. Os projetos e

orçamentos são enviados por correio eletrônico para o FNDE e, no dia 30/03/2008 o CD com a versão completa do projeto é entregue.

4.4.2 O produto¹⁵

Ao final o produto denominado *Projeto de Referência para Estabelecimentos de Educação Infantil do Programa ProInfância* é assim composto:

- **01 Manual do Projeto:** Documento destinado a fornecer aos usuários dos projetos (FNDE, prefeituras e construtoras) uma visão geral do histórico e composição do *Projeto de Referência* entregue. Este documento apresenta a organização dos documentos no CD, um memorial descritivo dos diversos projetos desenvolvidos assim como normas de execução dos serviços e referências bibliográficas por especialidade. Apresenta, ainda, um estudo sobre a eficiência energética do edifício em função de sua orientação e posicionamento geográfico. Por fim, orienta quanto à utilização das alternativas tecnológicas apresentadas em anexo;
- **01 Caderno de Componentes:** Caderno com desenhos de produção, em formato A4, dos componentes a serem produzidos para a creche. Estão detalhadas neste caderno, entre outros componentes, todas as portas, esquadrias, bancadas utilizadas na construção;
- **02 Conjuntos completos de projetos executivos:** Os conjuntos, denominados Projeto A e Projeto B, fornecem toda a documentação técnica necessária para a construção de edifícios de educação infantil, destinados ao atendimento de 56 (Projeto A) e 112 (Projeto B) crianças entre 4 meses e 6 anos. Cada conjunto contém as informações correspondentes às 14 (quatorze) especialidades envolvidas no projeto, assim apresentadas:
 - **Desenhos (em formato A0 e A1):** 169 pranchas
 - **Memoriais Técnicos (em formato A4):** 28 documentos
 - **Cadernos de Especificações (em formato A4):** 28 documentos

¹⁵ Os produtos listados a seguir, com exceção da maquete física, podem ser obtidos em <http://www.fnde.gov.br/index.php/proinf-consultas>. Último acesso em 05 de janeiro de 2011 às 15:30.

- **Planilhas de Quantitativos (em formato A4):** 28 documentos
- **04 Modelos Demonstrativos de Fundações:** Documentos destinados a orientar a elaboração de projeto de fundação, após análise das condições locais de solo;
- **04 Cadernos Gerais de Especificações:** Documento consolidado, para uso em obra, com as especificações técnicas e normas de serviços para a construção dos Projetos A e B, em municípios com fornecimento de eletricidade em 110V ou 220V;
- **04 Planilhas Gerais de Quantitativos:** Documento consolidado, para uso em obra, com os quantitativos de materiais para a construção dos Projetos A e B, em municípios com fornecimento de eletricidade em 110V ou 220V;
- **02 Planilhas Orçamentárias:** Documento elaborado para subsidiar as decisões do FNDE relativas a custos de projetos. Os orçamentos apresentados têm por base o custo da construção civil no mercado de Brasília em março de 2008;
- **Modelos de Documentos para Licitação:** Documentos elaborados para servir de modelo para a montagem do processo de licitação por parte do FNDE;
- **32 Anotações de Responsabilidade Técnica:** Documentos legais de registro dos projetos junto ao Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Distrito Federal. Cópias destes documentos devem estar disponíveis no local de cada obra executada;

Para atender as exigências de flexibilidade quanto ao posicionamento geográfico e condicionantes urbanos, são apresentadas as seguintes alternativas tecnológicas:

- **Adequação ao número de crianças atendidas:** São três opções de configuração de edifício. Aliado às opções de Projeto A e Projeto B, existe a possibilidade de construção progressiva, em duas etapas, do Projeto B.
- **Adequação de climática:** São cinco opções de fechamentos de fachadas e pátio interno, permitindo adequar o edifício a diferentes condições climáticas e de ventilação;
- **Adequação à infraestrutura de saneamento:** Duas alternativas de coleta e

distribuição de esgoto sanitário, adequadas a municípios com ou sem rede pública de coleta;

- **Adequação ao fornecimento de Gás Combustível:** São previstas duas situações de fornecimento de gás combustível, projetando-se sistemas para uso de GLP em cilindros P-13 ou P-45;
- **Adequação de castelo d'água:** São fornecidas três alternativas de castelo d'água, buscando atender aos condicionantes de capacidade técnica e disponibilidade de material nos municípios atendidos. As alternativas propostas são para uso de reservatórios cilíndricos em aço, reservatórios em concreto armado ou reservatórios de fibra de vidro em estrutura de alvenaria;
- **Adequação ao tipo de solo:** Face ao não fornecimento de laudo de sondagem para os municípios a serem atendidos, não é possível o desenvolvimento de projetos específico. A solução apresentada é o fornecimento de dois modelos de projeto de fundação a serem adaptados às condições locais após análise de laudos de sondagens por engenheiro habilitado. Os modelos apresentados adotam soluções de fundações rasas (sapatas) e fundações profundas (estacas escavadas);

Considerando-se as combinações possíveis das alternativas listadas, verifica-se que o projeto de referência cria a possibilidade de 360 (trezentas e sessenta) configurações para o edifício. Configurações estas decorrentes de condicionantes geográficos e urbanos dos municípios atendidos.

Além das alternativas descritas, a configuração modular dos edifícios permite uma flexibilidade no posicionamento relativo dos blocos, desde que atendidos critérios de distanciamento em relação ao castelo d'água e aos quadros de eletricidade.

Por fim, o estudo de eficiência energética apresentado, possibilita a avaliação da orientação do edifício em função da localização geográfica do município atendido.

Assim, após 105 dias úteis de trabalho o projeto de referência é entregue.

5 Avaliação do Desempenho da Célula

Busca-se no presente capítulo promover uma leitura da experiência de implantação, e operação da célula de projetos, descritas, respectivamente, no Capítulo 3 e Capítulo 4, à luz das características propostas para a célula de projetos, apresentadas no Capítulo 2.

Procura-se, em um primeiro momento, definir parâmetros de medição do desempenho da célula de projetos implantada e a confrontação dos mesmos a valores de referência obtidos na literatura. Com este objetivo são propostos indicadores de produtividade, redução de *lead time* e retrabalho.

Em seguida, a partir de tais indicadores são determinados índices de desempenho da célula implantada e avaliada sua eficiência em relação à prática corrente de projeto de edifícios. Para tal são utilizados valores de referência obtidos junto à bibliografia e ao mercado de projeto.

Por fim, analisa-se a ocorrência das duas integrações características da célula de projetos – transversal e longitudinal – e seu impacto tanto no comportamento da equipe ao longo do projeto quanto na viabilização do cumprimento de orçamentos e cronogramas ao longo da construção.

5.1 Avaliação de Desempenho na Indústria da Construção Civil

A avaliação de desempenho na indústria da construção é assunto recente e foco de crescente interesse a partir do início dos anos 2000, como mostrado em extenso levantamento bibliográfico realizado por Lin&Shen (2007), seguindo uma tendência presente nos anos 80 e 90 em outros setores da produção (Neely, 1999).

Observa-se, no entanto, que dos artigos identificados por Lin&Shen (2007) como relativos à medição de desempenho na indústria da construção civil, apenas 4,5% deles são dedicados à fase de projeto (*design*). No percentual citado, são considerados tanto os trabalhos relativos à medição do desempenho do processo de projeto (projeto enquanto serviço) quanto àqueles que abordam a avaliação da qualidade das informações contidas na documentação de projeto (projeto enquanto produto).

A dificuldade em definirem-se metodologias genéricas e valores de referência para medição de desempenho do processo de projeto na construção civil decorre, em grande parte, do caráter único assumido por cada “edifício” a ser projetado (Bassioni, Price, &

Hassan, 2004). Observa-se que a própria inclusão do termo “edifício” na frase anterior, já configura uma tentativa de caracterização do produto a ser projetado, separando-o de outros objetos de projeto no âmbito da construção civil, tais como, p.ex., pontes, rodovias e barragens. Mesmo no recorte edifício, objeto do presente trabalho, aspectos tais como forma (edifícios altos ou baixos), destinação (residencial, comercial, escolar, fabril, etc.), propriedade (pública ou privada) e localização (urbana ou rural) levam a ênfases em diferentes aspectos do produto edifício, com impactos diretos no processo de projeto, na avaliação de seu desempenho e na própria percepção de sua qualidade.

Observa-se, no entanto, que a percepção do sucesso de um projeto na indústria da construção civil varia não só em função das características do próprio objeto a ser projetado, como também dos interesses dos diversos intervenientes (empreendedores, projetistas, construtores e usuários) presentes ao longo do ciclo de vida do edifício. De tal forma, a avaliação do sucesso de um projeto também deve estender-se ao longo do ciclo de vida do edifício. Por um lado, a avaliação de desempenho do projeto enquanto serviço pode ser limitado ao período de prestação de tal serviço tendo por base aspectos tais como produtividade, *Lead time* e ocorrência de retrabalho. Por outro lado, a percepção do desempenho do projeto enquanto produto tem início na qualidade do programa (atendimento às necessidades do cliente), passa pela qualidade de sua apresentação (clareza, detalhamento, completude e facilidade de consulta) e estende-se à qualidade das soluções projetuais (construtibilidade, desempenho e sustentabilidade do edifício) (Oliveira & Melhado, 2007). Esta última com impacto direto nas fases de construção e utilização do edifício.

Em face de tal multiplicidade de aspectos a serem considerados, a identificação dos fatores de sucesso de um projeto de edifício e a definição de parâmetros de medição do desempenho de seu processo de produção apresentam-se como um campo promissor de investigação.

A partir dos três indicadores tradicionais de desempenho - tempo, custo e qualidade (Ward, Curtis, & Chapman, 1991) - observa-se a busca por uma visão mais completa do sucesso de um empreendimento da construção civil, do qual o projeto é parte integrante, através da definição de novos conjuntos de parâmetros de medição. Assim, Kumaraswamy&Thorpe (1996) propõem que critérios qualitativos tais como a satisfação do cliente, satisfação da equipe de projeto e a consideração de aspectos

ambientais sejam agregados aos três anteriores. Posteriormente, em relatório apresentado ao Governo do Reino Unido, o KPI Working Group (2000), por sua vez, define 39 indicadores, agrupados em 7 conjuntos de fatores de sucesso: tempo, custo, qualidade, satisfação do cliente, alterações de projeto, retorno financeiro da empresa, e índice de acidentes de trabalho. Por fim, em levantamento bibliográfico realizado quatro anos após, Chan, Scott, & Chan (2004) listam 44 fatores de sucesso, organizados em 5 categorias.

Exemplos outros de sistemas de indicadores e bancos de valores de referência para a construção civil, semelhantes ao KPI britânico, são: o Sistema de Indicadores do Brasil (NORIE/URGS, 2003), o Sistema Nacional de Benchmarking do Chile (CDT, 2001), o Construction Industry Institute Benchmarking&Metrics Programme nos EUA (CII, 1993) e o *Byggeriets Evaluerings Center* na Dinamarca (Byggeriets Evaluerings Center, 2002). Descrições detalhadas dos sistemas listados podem ser encontradas em Costa, Horta, Guimarães, Cunha, Nóvoa & Souza (2006) e em Costa, Formoso, Kagioglou, Alárcon & Caldas (2006).

Reforça-se, aqui, a observação de que os fatores de sucesso e os indicadores de desempenho acima referenciados, dizem respeito à avaliação global do ciclo de vida do empreendimento da construção civil – da concepção do empreendimento à entrega do edifício ao usuário final – estendendo-se em alguns casos ao ciclo de vida do edifício e à avaliação pós-ocupação. Por exemplo, no Relatório KPI, acima citado, dos 39 indicadores relacionados apenas 2 são explicitamente definidos em relação à fase de projeto (*design*): *Time Predictability - Design* e *Cost Predictability - Design*. Outros indicadores, embora passíveis de utilização na fase de projeto, tais como *change orders - client* e *change orders - manager*, são definidos no relatório apenas para a fase de construção.

Tal ênfase no empreendimento é evidenciado em compilação da importância atribuída aos indicadores nos programas anteriormente citados, apresentada por Costa, Horta, Guimarães, Cunha, Nóvoa, & Sousa (2006) e reproduzida na Figura 5-1.

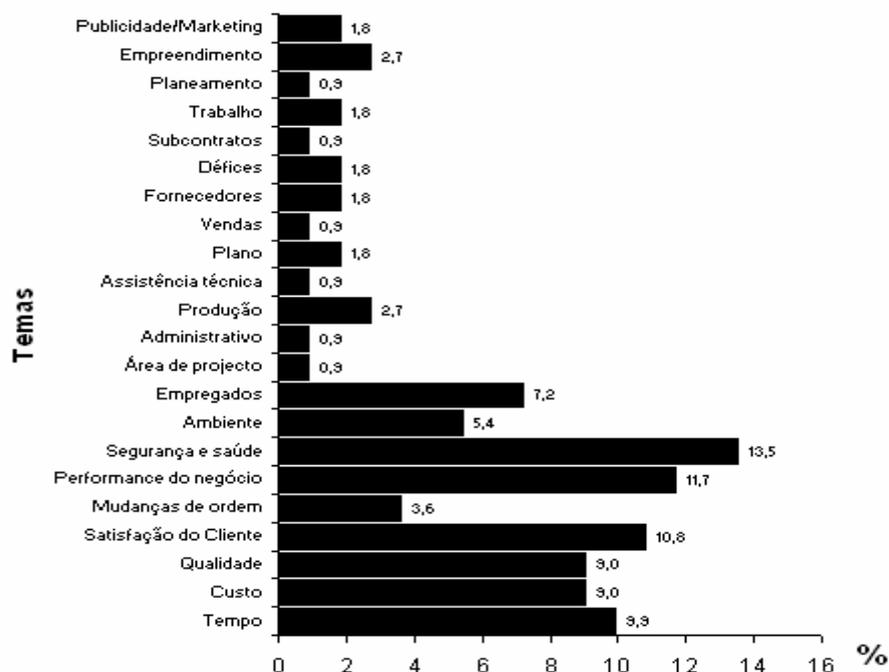


Figura 5-1. Percentual de participação de indicadores por tema, nos Sistemas de Indicadores (Costa et al, 2006).

Observa-se, em tal compilação, a prevalência da importância dada aos indicadores tais como Segurança e Saúde (13%), Performance do Negócio (11,7%) e Satisfação do Cliente (10,8%) sobre os indicadores tradicionalmente utilizados na medição de performance da produção tais como Tempo (9,9%), Custo (9,0%) e Qualidade (9,0%). Por fim, indicadores fortemente relacionados à atividade de projeto apresentam classificação ainda inferior: Mudança de Ordem (3,6%), Produção (2,7%) e Planeamento (0,9%).

A utilização de tais bancos de indicadores por empresas de projeto de pequeno porte torna-se pouco efetiva não só pelo perfil dos indicadores acima descrito como também pela dificuldade de classificação dos projetos para definição dos valores de referência. No caso do sistema norte-americano, por exemplo, os indicadores são classificados em dois grandes grupos de empreendimentos: os pequenos projetos (menos de US\$ 5.000.000) e os grandes projetos (mais de US\$5.000.000).

Outras questões a serem consideradas em relação à utilização de tais programas são a dificuldade enfrentada pelos mesmos em alimentar seus bancos de dados, decorrente do número reduzido de empresas participantes (Costa, Horta, Guimarães, Cunha, Nóvoa, & Sousa, 2006) e a dificuldade de acesso aos dados existentes para empresas/profissionais que não forem filiados aos mesmos.

A diversidade de classificações dos fatores de sucesso e, conseqüentemente, de sistemas de indicadores na indústria da construção civil retrata o estágio incipiente deste campo de investigação cujo foco encontra-se na identificação de problemas e construção de um arcabouço conceitual para o mesmo (Sohail & Baldwin, 2004) (Bassioni, Price, & Hassan, 2005) (Best & Langston, 2006) (Yu, Kim, Jung, & Chin, 2007).

Como resultado, existe uma carência de sistemas de avaliação que permitam comparar o desempenho de organizações ou que possam ser utilizados como valores de referência (Lam, Chan, & Chan, 2008). Em crítica aos sistemas de avaliação de desempenho disponíveis na indústria da construção civil, Bassioni, Price, & Hassan (2004) e Lin&Shen (2007) apontam como uma de suas deficiências a ausência de medição direcionada ao processo de desenvolvimento, ou seja, projeto.

Tal quadro vem a reforçar a necessidade de definição de indicadores simples e de fácil utilização, que permitam o acompanhamento e a gestão de desempenho em pequenos escritórios de projeto.

Para tal, deve-se ter em mente que o objetivo de um sistema de gestão de qualidade em um escritório de projetos está em propiciar condições para um efetivo emprego da equipe, de sua *expertise* e de seu entusiasmo na produção dos desenhos, especificações e outros documentos que compõem um projeto de edifício. Atendidos, neste processo, os requisitos de qualidade, tempo e custo estipulados para o mesmo (Burati Jr., Farrington, & Ledbetter, 1992) (Ratnasabapathy & Rameezdeen, 2006).

5.2 Indicadores de Desempenho no Projeto de Edifícios

Um processo de medição de desempenho, conforme afirma Harbour (2009), envolve basicamente responder a três questões: Por que medir? O que medir? Como medir?

Obviamente, a resposta às duas últimas perguntas é fortemente dependente da resposta dada à primeira.

No presente capítulo, são dois os objetivos do processo de medição (Por que medir?):

- O primeiro deles é possibilitar a comparação de desempenho entre a célula de projetos e a prática corrente no mercado de projetos de edifício;
- O segundo é dotar a célula de projetos de instrumentos de simples obtenção e utilização que possibilitem a construção de um referencial interno de

desempenho a serem utilizados em processos de planejamento, execução e controle de novos projetos.

A resposta à segunda pergunta (O que medir?) leva à identificação das dimensões do desempenho, também denominadas fatores de sucesso, que mais se adéquam aos objetivos definidos. Face à simplicidade aqui pretendida, toma-se por base que, conforme apresentado ao final do item anterior, o sucesso ou falha de qualquer projeto é fortemente influenciado por seu desempenho segundo as dimensões de Custo, Tempo e Qualidade. São estas três, portanto, as dimensões a serem mensuradas.

Definidas as dimensões a serem mensuradas, passa-se à terceira questão: Como medir tais dimensões?

Segundo Takashina&Flores (1996) Indicadores de Desempenho são formas quantificáveis das características de produtos ou processos a serem avaliadas. A definição, portanto, de indicadores que possibilitem a quantificação do desempenho da célula de projetos segundo as dimensões de Custo, Tempo e Qualidade é a resposta a esta última questão.

Pelos motivos apresentados a seguir, adotam-se neste trabalho os seguintes indicadores: Produtividade (Custo), Redução de *Lead Time* (Tempo) e Retrabalho (Qualidade).

5.2.1 Custo: Produtividade

A escolha de indicadores de produtividade, medida em quantidade necessária de hora*homem para produzir determinado produto, ou realizar determinada tarefa, tem por base sua capacidade de permitir a comparação entre o esforço¹⁶ necessário à produção de projetos diferentes, executados por equipes de tamanhos diferentes. Atende de tal forma, o primeiro objetivo proposto na definição de indicadores de desempenho para a célula de projetos.

Em paralelo, a definição de índices de produtividade permite, através do manuseio dos fatores tempo, equipe e custo, o planejamento dos recursos necessários e estimativa de custo para produção de um determinado projeto em um determinado período de tempo. O conhecimento e monitoramento da produtividade apresentam-se, portanto, como um

¹⁶ **Esforço / Effort.**: A quantidade de unidades de mão-de-obra necessárias para terminar uma *atividade do cronograma* ou um *componente da estrutura analítica do projeto*. Normalmente expresso como equipe-horas, equipe-dias ou equipe-semanas (PMI, 2004). **OBS:** No presente trabalho a unidade de esforço utilizada é a Hora*homem.

eficiente instrumento de planejamento e controle do processo de projeto, cumprindo a segunda meta proposta para os indicadores no item anterior.

Assim sendo, a produtividade é apresentada na literatura (Chan & Kumaraswamy, 1995) (Oliveira & Melhado, 2007) (Lam & Wong, 2009) como principal indicador de desempenho relativo a custo e duração de um projeto.

O desafio da utilização de indicadores em geral, e de produtividade em particular, está na definição de um parâmetro único que represente, de forma adequada, o produto a ser produzido (ou tarefa a ser realizada) na elaboração de um determinado projeto. Afinal, como mostrado no item anterior, são diversos os fatores - forma, dimensão, destinação, propriedade, localização, etc. - que influenciam na carga de trabalho necessária à elaboração do projeto de um edifício.

Dentre as diversas alternativas possíveis, dois parâmetros estão mais presentes tanto na literatura, quanto na prática de escritórios de projeto: Área projetada e número de desenhos produzidos.

A aferição de produtividade através de um **Indicador de Produtividade por Área Projetada (IPAP)** é definida na Equação 5.1:

$$IPAP = \frac{(hora*homem)_{projeto}}{Área\ Projetada} \quad (\text{Equação 5.1})$$

A citação a este indicador é frequente na literatura, em face de sua simplicidade de obtenção e utilização. Exemplos podem ser encontrados em Oliveira&Melhado (2007) e Ezeldin&Abu-Ghazala (2007). Concorre ainda a seu favor, o uso corrente da quantidade de área projetada como parâmetro para estimativas de custos dos honorários profissionais na contratação de serviços na construção civil.

A definição da área projetada a ser considerada, no entanto, varia em função da especialidade a ser considerada e da prática adotada em determinado mercado profissional. Assim, nem sempre os valores obtidos para diferentes especialidades podem ser diretamente comparados entre si.

Embora muito utilizada, a medição da produtividade com base na área projetada, tem como foco o objeto projetado – edifício – e não a complexidade do trabalho necessário ao seu desenvolvimento levando, em muitos casos, a distorções significativas.

Observe-se, por exemplo, o projeto de um galpão para armazenagem de mercadorias e o projeto de um edifício residencial com mesma área. Embora as áreas sejam as mesmas, a complexidade do edifício residencial a ser projetado e, conseqüentemente, o volume de informações a serem transformadas é consideravelmente maior no segundo caso, levando a um esforço necessário ao seu desenvolvimento também superior.

Caso os dois projetos venham a ser desenvolvidos em um mesmo tempo, por equipes de mesmo porte, a adoção da área projetada como parâmetro para medição da produtividade, no entanto, indicará a equipe de projeto do galpão como sendo tão eficiente quanto a que projetou o edifício. O que certamente não é correto.

A adoção de tal indicador, portanto, torna-se efetiva para medição de desempenho e planejamento de projetos que possuam mesma complexidade, ou seja, no qual sejam mantidos fixos os demais fatores que influenciam na complexidade do projeto, permitindo-se a variação apenas da área do mesmo. Situação esta comum em escritório de projetos que, ao longo de seu amadurecimento, especializam-se em determinada fatia do mercado da construção civil.

A alternativa a tal situação se dá pela adoção do **Indicador de Produtividade por Desenho Produzido (IPDP)** apresentado na Equação 5.2a:

$$IPDP = \frac{(hora*homem)_{projeto}}{(número\ de\ desenhos)_{produzidos}} \quad (\text{Equação 5.2a})$$

Ao adotar-se o número de desenhos produzidos para medição da produtividade em um ambiente de projetos (Alarcón & Serpell, 1996) (Ezeldin & Abu-Ghazala, 2007), elege-se como foco da medição o próprio processo de projeto, através do conjunto de documentos em elaboração. Busca-se de tal maneira, capturar a complexidade do trabalho em desenvolvimento refletindo, de certa forma, a complexidade do edifício a ser projetado e/ou o nível de detalhamento adotado em sua descrição.

Recupera-se aqui o exemplo utilizado na seção anterior, onde são comparados os projetos de um galpão para armazenamento de mercadorias ao de um edifício residencial de mesma área projetada. Observa-se, neste caso, que o projeto do galpão é constituído por um número menor de desenhos, refletindo a menor complexidade de seu projeto e, portanto, o menor esforço demandado no seu desenvolvimento.

De forma semelhante, a adoção do número de desenhos como parâmetro, apresenta-se

interessante à proposta da célula de projetos ao permitir, para dois edifícios idênticos, capturar o aumento da carga de trabalho decorrente da inclusão, no projeto do edifício, dos detalhes relativos ao planejamento da produção.

Contudo, assim como a aferição da produtividade por área projetada a medição por desenho produzido também apresenta dificuldades. A principal é a definição do que são os “desenhos” a serem computados.

Em busca da padronização dos “desenhos” a serem computados, adota-se neste trabalho a folha de desenho em formato “A0” como unidade de medição do número de desenhos. Desenhos apresentados em formatos outros, maiores ou menores, devem ser convertidos em “A0 equivalente” utilizando-se, nesta equivalência, a relação de área entre a folha utilizada e a folha A0 padrão, conforme definida na Norma NBR10068 (ABNT, 1987).

Por fim, são computados para o cálculo do indicador apenas os desenhos finalizados e entregues ao cliente. Desenhos descartados, revisões e correções não são computados na aferição de produtividade sendo, por outro lado, objeto da aferição de qualidade do processo.

Questões outras, como repetição de desenhos, detalhes desnecessários e subutilização da área útil da folha são relevadas, por constituírem custo não reembolsável na produção de um projeto. Não sendo, portanto, práticas interessantes ao próprio escritório de projeto.

Pelos motivos expostos, o **Indicador de Produtividade por Desenho Produzido (IPDP)**, reescrito segundo Equação 5.2b, é indicador de produtividade mais adequado ao projeto realizado pela célula de projetos sendo, portanto, adotado a seguir.

$$IPDP = \frac{(hora*homem)_{projeto}}{(número\ de\ desenhos)_{entregues}} \quad (\text{Equação 5.2b})$$

Onde,

- $(hora*homem)_{projeto}$ = Esforço total de projeto (Hh);
- $(Número\ de\ desenhos)_{entregues}$ = Desenhos A0 finalizados e entregues;

5.2.2 Tempo: Redução do *Lead Time*

Embora a produtividade seja um dos principais determinantes da duração de um projeto, seu incremento não constitui uma condição suficiente à redução do tempo de desenvolvimento do projeto, ou *Lead Time*.

Uma maior produtividade, representada pela redução do IPDP, traduz a redução do esforço total necessário à produção do projeto, esforço este correspondente à soma dos esforços despendidos pelas especialidades para elaboração do projeto. Não diz respeito, no entanto, à distribuição de tal carga ao longo do tempo.

Sendo assim, a comparação de *lead time* entre dois projetos semelhantes, desenvolvidos por equipes de mesma composição, só se faz possível caso sejam conhecidos os ciclos de vida utilizados por ambos. A Figura 5-2 apresenta um mesmo projeto sendo desenvolvido por equipes idênticas, que despendem o mesmo esforço em sua realização. A organização deste projeto segundo uma abordagem sequencial ou simultânea (Célula de Projetos) leva, por si, a diferentes tempos de desenvolvimento do projeto.

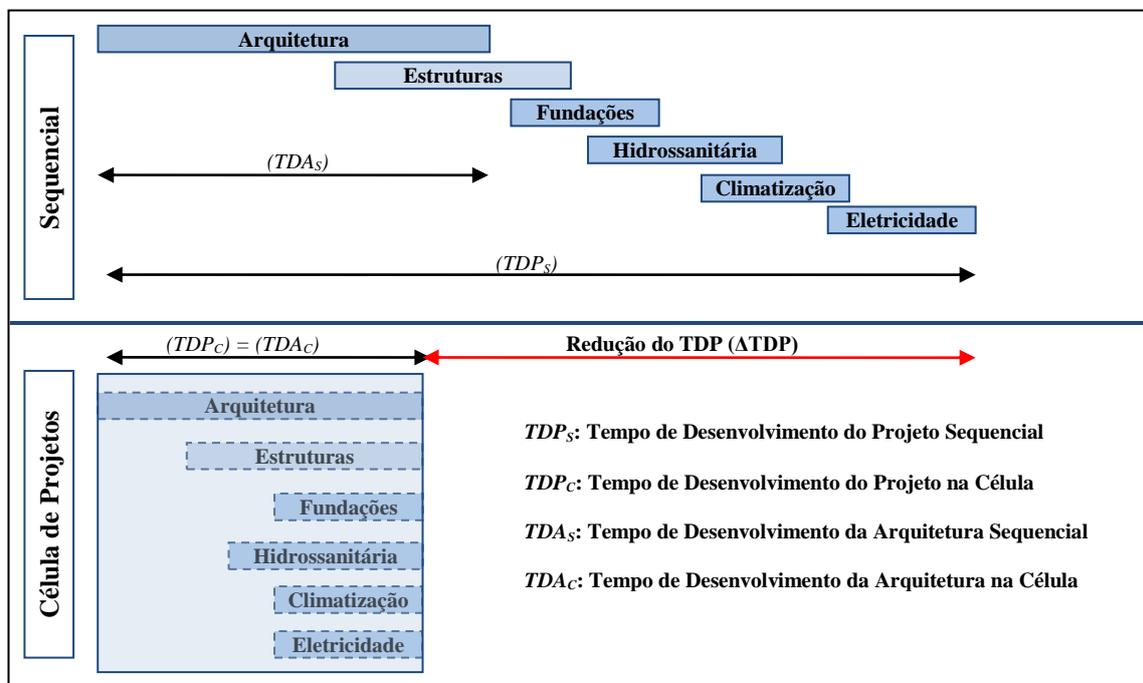


Figura 5-2. Redução do lead time. Estrutura Sequencial vs. Célula de Projetos

Face à multiplicidade de fatores que determinam a duração de um projeto, o desempenho relativo à dimensão tempo é, em geral, medido através da relação entre a duração real do projeto e aquela prevista quando da contratação do mesmo. Exemplos de diferentes indicadores baseados nesta mesma métrica podem ser encontrados tanto na bibliografia utilizada neste capítulo, quanto nos sistemas nacionais de indicadores anteriormente relacionados.

No presente trabalho é proposta a adoção do **Indicador de Redução de Lead Time (IRLT)**, calculado segundo a Equação 5.3:

$$IRLT = \frac{(Lead\ Time)_{real}}{(Lead\ Time)_{previsto}} \quad (\text{Equação 5.3})$$

Onde,

- $(lead\ time)_{real}$ = Duração real do projeto medida em dias úteis;
- $(Lead\ Time)_{previsto}$ = Duração prevista para o projeto medida em dias úteis.

A determinação da duração prevista para o projeto é obtida por comparação a projetos semelhantes já executados, ou calculada a partir da produtividade da célula de projetos expressa no IPDP.

5.2.3 Qualidade: Retrabalho

O retrabalho é largamente utilizado na indústria da construção civil como indicador da qualidade de processos, seja na fase de construção quanto na fase de projeto (Alarcón & Serpell, 1996) (Love, Irani, & Edwards, 2004). Na fase de projeto, a medição de retrabalho é usualmente associada à porcentagem de desenhos “defeituosos” e ao impacto do esforço necessário à substituição destes desenhos tanto no custo quanto na duração do projeto.

Assim sendo, define-se como **Indicador de Retrabalho medido em Desenho Descartado (IRDD)** a razão entre o número de desenhos finalizados descartados ao longo do processo e o número de desenhos finalizados entregues ao cliente, conforme Equação 5.4:

$$IRDD = \frac{(\text{Número de desenhos})_{descartados}}{(\text{Número de desenhos})_{entregues}} \quad (\text{Equação 5.4})$$

Onde,

- $(\text{Número de desenhos})_{descartados}$ = Desenhos A0 finalizados e descartados;
- $(\text{Número de desenhos})_{entregues}$ = Desenhos A0 finalizados e entregues;

De tal forma, não são considerados no computo do retrabalho desenhos que venham a ser modificados durante o seu desenvolvimento. Tal medida busca caracterizar o retrabalho segundo sua origem se dê em erros da equipe ou alterações de demandas dos clientes, isolando-o da influencia de alterações oriundas de estudo de alternativas, inerente ao caráter iterativo do processo de projeto (Hirano, 2000).

Embora o indicador de retrabalho proposto seja de fácil obtenção, sua tradução em percentual do esforço de projeto dedicado a correções não é direta. A avaliação do impacto do retrabalho no esforço de projeto deve, de fato, respeitar a relação entre o esforço médio demandado para substituição de um desenho descartado e o esforço médio de produção de desenhos no processo de projeto.

Tal relação é expressa em um novo indicador de retrabalho, **Indicador de Retrabalho medido em Hora*Homem (IRHH)**, calculado a partir da relação entre a carga de trabalho utilizada em correção de desenhos e a carga de trabalho total do projeto, conforme Equação 5.5:

$$IRHH = \frac{(Hora*Homem)_{correção}}{(Hora*Homem)_{projeto}} \quad (\text{Equação 5.5})$$

Onde,

- $(Hora*Homem)_{correção}$ = Esforço de projeto (Hh) utilizado em correções;
- $(Hora*Homem)_{projeto}$ = Esforço total de projeto (Hh).

No entanto, assim como o IPDP possibilita à equipe de projeto um referencial quanto ao esforço de projeto médio necessário para produção de um desenho original, torna-se interessante o registro de um indicador que permita à equipe estimar esforço de projeto médio necessário à substituição de um desenho descartado. Para tal define-se, a semelhança do IPDP, um **Indicador de Produtividade por Desenho Descartado (IPDD)** segundo Equação 5.6:

$$IPDD = \frac{(Hora*Homem)_{correção}}{(\text{Número de desenhos})_{descartados}} \quad (\text{Equação 5.6})$$

Onde,

- $(Hora*Homem)_{correção}$ = Esforço de projeto (Hh) utilizado em correções;
- $(\text{Número de desenhos})_{descartados}$ = Desenhos A0 finalizados e descartados.

Sendo assim, os dois indicadores de retrabalho propostos, IRDD e IRHH, podem ser relacionados através dos indicadores de produtividade, IPDP e IPDD, segundo a Equação 5.7:

$$IRHH = \frac{IPDD}{IPDP} \times IRDD \quad (\text{Equação 5.7})$$

Onde:

- $IPDP$ = Indicador de Produtividade por Desenho Produzido;
- $IPDD$ = Indicador de Produtividade por Desenho Descartado;
- $IRDD$ = Indicador de Retrabalho por Desenho Descartado.

5.3 O desempenho da Célula implantada

Definidos os indicadores de desempenho no item anterior, passa-se a seguir à aplicação dos mesmos na avaliação do desempenho da célula de projetos implantada na Universidade de Brasília.

De posse dos indicadores de produtividade (IPDP e IPDD), de redução de *lead time* (IRLT) e de retrabalho (IRDD e IRHH), avalia-se o desempenho apresentado pela célula nas dimensões de custo, tempo e qualidade.

De nada valem, no entanto, os valores obtidos para estes indicadores, ou índices de desempenho (Marshall Júnior, Cierco, Rocha, Mota, & Leusin, 2008), sem valores de referência (*Benchmark*) que permitam uma confrontação dos mesmos. Assim sendo, a cada índice calculado para a célula, apresentam-se valores de referência obtidos na bibliografia ou junto a empresas de projeto de edifícios.

A cada dimensão mensurada, os índices de desempenho são comparados aos valores de referência, gerando índices de eficiência do processo (Marshall Júnior, Cierco, Rocha, Mota, & Leusin, 2008) relativos à dimensão mensurada. Em busca de padronização e facilidade de interpretação, os índices de eficiência são calculados segundo uma mesma expressão, conforme Equação 5.8:

$$IE_{\text{indicador}} = \frac{(\text{índice de desempenho})_{\text{indicador}}}{(\text{Valor de referência})_{\text{indicador}}} \quad (\text{Equação 5.8})$$

Onde,

- $(\text{Índice de desempenho})_{\text{dimensão}}$ = Valor real obtido para o indicador;
- $(\text{Valor de referência})_{\text{dimensão}}$ = Valor de referência para o indicador;
- *indicador* = Produtividade, Lead Time ou Retrabalho

Na forma apresentada, valores de $IE < 1,0$ representam um desempenho superior à meta, enquanto valores de $IE \geq 1,0$ retratam uma perda de eficiência no processo de projeto.

5.3.1 Produtividade (IPDP)

Para tornar possível a comparação da produtividade aferida na experiência realizada, com valores de referência obtidos na bibliografia, alguns critérios são definidos:

1. Apenas desenhos são computados como produto final do processo de projeto. Assim, todo o material escrito (manual de projetos, orçamentos, especificações,

normas de serviço e documentação para licitação) não é considerado no cômputo final. O mesmo se aplica às maquetes produzidas, tanto as virtuais quanto a física;

2. Ao computar os membros da equipe, para efeito de cálculo de produtividade, consideram-se apenas os profissionais relacionados às especialidades presentes em um projeto tradicional e cujo trabalho é expresso, ao menos parcialmente, na forma de desenho. Não são computados, portanto, os profissionais responsáveis por orçamento, maquete e suporte administrativo;
3. A medição de hora trabalhada, para cômputo de hora*homem, tem por base o tempo em que o profissional esteve disponível para atuação na célula. Uma vez que os registros de tempo na experiência foram realizados utilizando como unidade de medida o “dia útil”, adota-se no cálculo de hora*homem a relação de 8 horas por cada dia útil.

Tabela 5-1. Carga horária de dedicação ao projeto por profissional.

Profissionais	Dias úteis trabalhados							Esforço (Hh)
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Total	
Arquiteta A	8	22	15	19	21	20	105	840
Eng. Civil B	8	22	15	19	21	20	105	840
Eng. Civil E	8	22	15	19	21	20	105	840
Eng. Civil L	3			19	10	10	42	336
Eng. Eletricista C	8	22	15	13	21	20	99	792
Eng. Eletricista K			15	19	21	20	75	600
Eng. Redes D	8	22	15	19	21	20	105	840
Eng. Mecânico F	8	22	15	19	21	20	105	840
Desenhista G		22	15	19	21	20	97	776
TOTAL							838	6.704

Para determinação da produtividade da equipe apresenta-se na Tabela 5-1 o número de dias úteis dedicados ao projeto, ao longo da duração do mesmo, e o total do esforço de projeto despendido por cada profissional. Verifica-se, por fim, que o projeto em questão consumiu um total de 6.704 hora*homem para sua realização.

Com base esforço de projeto despendido, e no número de desenhos produzidos por especialidade, calcula-se o índice de produtividade para a célula (IPDP) segundo a Equação 5.2b. A Tabela 5-2 apresenta os valores obtidos para o IPDP de cada

especialidade, além do IPDP geral para o projeto. A especialidade Desenho (DES) atua como suporte às demais especialidades, sendo sua carga horária computada quando da determinação do IPDP geral do projeto. Verifica-se, na referida figura que para o projeto em questão foram consumidas, em média, 41,9 hora*homem por desenho produzido.

Tabela 5-2. Índice de Produtividade por Desenho Produzido (IPDP).

Especialidade	Esforço Desenhos		IPDP (Hh/un)
	(Hh)	(un)	
ARQ	840	21	40,00
HID/INC	840	32	26,25
EST	840	53	15,85
FUN	336	4	84,00
ELE	1.392	40	34,80
COM	840	4	210,00
CLI	840	6	140,00
DES	776		
GERAL	6.704	160	41,90

Para verificação da eficiência da célula, comparam-se os valores de IPDP calculados, com valores de referência apresentados por Ezeldin & Abu-Ghazala (2007) em trabalho publicado no *ASCE – Journal of Management in Engineering*. Os valores apresentados foram obtidos pelos autores em levantamento realizado junto à empresa consultora, especializada em projetos de edifícios no Oriente Médio, e têm por base um banco de dados que soma 155.000 Hora*homem de produção de projetos ao longo de dois anos.

A Tabela 5-3 apresenta os valores de IPDP obtidos pela célula, os valores de referência e os índices de eficiência (IE) calculados segundo a Equação 5.8:

Tabela 5-3. Eficiência da célula em relação ao benchmark.

Especialidade	IPDP		IE (P1/P2)
	Célula	Benchmarking	
	(P1)	(P2)	
ARQ	40,00	61,73	0,65
HID/INC	26,25	45,28	0,58
EST	15,85	62,30	0,25
FUN	84,00	57,31	1,47
ELE	34,80	47,60	0,73
COM	210,00	47,60	4,41
CLI	140,00	53,79	2,60
GERAL	41,90	55,29	0,76

O estudo em questão apresenta como característica interessante à comparação pretendida, o fato da empresa utilizada no mesmo desenvolver os projetos de edifício em sua totalidade, assim como a célula de projetos, sendo, no entanto, organizada segundo departamentos definidos por especialidades.

Observa-se, portanto, que a organização celular do processo de projeto leva, no caso analisado, a um esforço de projeto correspondente a 76% do valor de referência, correspondendo redução no custo do projeto da ordem de 24%.

O valor de IPDP e, conseqüentemente, do $IE_{\text{produtividade}}$ obtido, carregam em seu bojo o esforço adicional decorrente das alterações de requisitos de projeto apresentadas pelo cliente e relatadas no capítulo anterior.

Para efeito de comparação, recalculam-se a seguir os índices de produtividade e eficiência na ausência de tais alterações. Para tal, extrai-se do esforço total de projeto o esforço adicional correspondente à prorrogação de 15 dias úteis para adequação do projeto às novas demandas do cliente. Adotando o esforço resultante e mantido o número de desenhos entregues chega-se aos novos valores de IPDP e $IE_{\text{produtividade}}$ apresentados na Tabela 5-4:

Tabela 5-4. IPDP e IE na ausência de alteração de requisito

Esforço (Hh)		Desenhos	IPDP	Benchmark	IE	
Total	Adequação	Resultante				Entregues
6.704,00	1.020,00	5.684,00	160,00	35,53	55,29	0,64

5.3.2 Redução de *Lead Time* (IRLT)

A medição do desempenho através do IRLT exige, conforme Equação 5.3, a estimativa de um tempo de desenvolvimento do projeto a ser utilizada como referência.

Na ausência de experiência prévia quanto ao desempenho da célula de projetos, são adotados os seguintes procedimentos para estimativa dos valores de referência:

1. Informação fornecida pelo FNDE ao Coordenador do Laboratório de Projetos em reunião anterior ao contato com os membros da equipe. Esta informação não foi divulgada para a equipe;
2. Após a apresentação do escopo do projeto à célula, solicita-se à equipe que

defina um prazo para realização do mesmo, com base na experiência prévia de elaboração de projetos no Laboratório.

3. Em convite ao Ceplan para integrar-se à equipe, convite não aceito, é solicitada uma estimativa de prazo para elaboração do projeto;
4. Após a conclusão do projeto, cópia do mesmo é enviada a três escritórios de arquitetura, sendo dois na cidade de Brasília, (ARQ 1) e (ARQ 2), e um na cidade de São Paulo (ARQ 3) e solicita-se uma estimativa do prazo necessário à sua elaboração.

Por fim, busca-se estimar um tempo de desenvolvimento de projeto com base nos valores de produtividade apresentados por Ezeldin & Abu-Ghazala (2007). Como afirmado no item 5.2.2, os valores de produtividade não são suficientes para definir a duração de um projeto. Informações outras tais como tamanho da equipe, número de horas trabalhadas por dia útil, número de desenhos produzidos e forma de organização do processo de projeto são necessárias para a transformação de produtividade em *lead time*.

Na ausência de tais informações relativas aos dados apresentados por Ezeldin & Abu-Ghazala (2007) assume-se a igualdade de condições entre estas informações e as correspondentes à célula de projetos.

Assim sendo, e supondo que os dois projetos sejam executados de forma simultânea, situação mais desfavorável à avaliação da eficiência da célula, a duração do projeto pode ser estimada a partir da duração do projeto de Arquitetura, conforme Figura 5-2. Para tal, busca-se na Tabela 5-2 o valor do índice de produtividade relativo a ARQ e calcula-se a duração estimada, aqui referida por BENCH, com base na igualdade de condições com a célula.

Os valores de referência obtidos, a duração real do projeto e os respectivos valores de IRLT são apresentados na Tabela 5-5.

Em função da expressão adotada para o IRLT, o índice obtido é numericamente igual ao índice de eficiência relativo à redução do *lead time* $IE_{Lead\ time}$.

Tabela 5-5. IRLT calculado para o projeto entregue

Real	Duração (Dias Úteis)						
	Estimada						
	FNDE	LABPRJ	Ceplan	ARQ 1	ARQ 2	ARQ 3	BENCH
105	120	140	120	180	200	160	162
IRLT	0,88	0,75	0,88	0,58	0,53	0,66	0,65

Observa-se nos valores apresentados a variabilidade das estimativas apresentadas e, em consequência, dos valores de IRLT calculados. Tal variação é esperada em decorrência da multiplicidade de fatores que afetam a duração de um projeto. Ressalta-se, ainda o aspecto estratégico, ou comercial, das informações fornecidas traduzidos na condição de anonimato imposto pelas três empresas consultadas. Como as estimativas apresentadas por estas empresas não foram parte de uma disputa por contrato, espera-se que as mesmas aproximem-se mais do tempo real de desenvolvimento praticado no mercado da construção civil.

Na Tabela 5-6, por sua vez, são apresentados os valores de IRLT calculados para a situação de não ocorrência de alterações de requisitos por parte do cliente.

Tabela 5-6. IRLT calculado para o projeto sem alterações de requisito.

Real	Duração (Dias Úteis)						
	Estimada						
	FNDE	LABPRJ	Ceplan	ARQ 1	ARQ 2	ARQ 3	BENCH
90	120	140	120	180	200	160	162
IRLT	0,75	0,64	0,75	0,50	0,45	0,56	0,56

5.3.3 Retrabalho (IRDD e IRHH)

Para aplicação do indicador de retrabalho (IRDD), calculado segundo equação 5.4, são computadas as revisões registradas nos desenhos finais, separando-as em função do agente causador da revisão: membro da equipe ou cliente. Cada revisão registrada é computada como um desenho descartado.

Com os dados obtidos, são calculados dois índices de retrabalho oriundos, respectivamente, de falha da equipe e de alteração de requisito por parte do cliente. Por fim, calcula-se um indicador geral de retrabalho, correspondente à soma dos dois anteriores. Os dados utilizados e os valores obtidos são apresentados na Tabela 5-7.

Tabela 5-7. Indicadores de retrabalho: por falha da equipe, demanda dos clientes e total

Especialidade	Desenhos				IRDD		
	Descartados			Entregues	Equipe	Cliente	Total
	Equipe	Cliente	Total				
ARQ		14	14	21	0,000	0,667	0,667
HID/INC		12	12	32	0,000	0,375	0,375
EST	8	32	40	53	0,151	0,604	0,755
FUN	2		2	4	0,500	0,000	0,500
ELE	2	4	6	40	0,050	0,100	0,150
COM			0	4	0,000	0,000	0,000
CLI			0	6	0,000	0,000	0,000
GERAL	12	62	74	160	0,075	0,388	0,463

Os valores obtidos apontam um retrabalho global, medido em porcentagem de desenhos descartados em relação ao número de desenhos entregues, de 46,3%. Ao isolar-se o agente causador do retrabalho verifica-se que as alterações de requisitos por parte do cliente são responsáveis por um descarte de 38,8%, enquanto as falhas da equipe respondem por 7,5%.

A tradução dos valores de IRDD em percentual do esforço de projeto despendido em retrabalho, no entanto, se dá pela adoção do IRHH, conforme Equação 5.5. Para tal é necessário identificar-se o esforço alocado em correções e compará-lo com o esforço total de projeto. Tarefa esta não tão simples quanto o controle de descarte de desenhos.

No caso em análise, toma-se como um valor aproximado para o esforço alocado em correções o esforço correspondente aos 15 dias adicionais decorrentes das alterações de projeto (1.020Hh). Tal aproximação é possível pelo fato de todas as substituições de desenhos terem ocorrido neste período, mesmo que a causa seja anterior ao mesmo.

As parcelas de retrabalho associadas ao esforço alocado na correção de falhas da equipe e alterações de requisitos dos clientes, por sua vez, são aqui calculadas a partir do esforço médio demandado para substituição de desenhos descartados. A determinação de tal valor médio, representado pelo IPDD segundo Equação 5.6, considera o esforço alocado em correções e o número total de desenhos descartados oriundo da Tabela 5-5.

A Tabela 5-8 apresenta os valores de obtidos para IRHH e IPDD, segundo o procedimento descrito nos parágrafos anteriores.

Tabela 5-8. Valores de IRHH e IPDD

Esforço		IRHH	Desenhos	IPDD
Projeto	Correção		Descartados	
6.704	1.020	0,152	74	13,78

De posse do valor obtido para o IPDD, dos valores de IRDD oriundos da Tabela 5.6 e do IPDP presente na Tabela 3.1, os valores parciais de IRHH são calculados utilizando-se a Equação 5.7. Os valores obtidos são apresentados na Tabela 5-9.

Tabela 5-9. Valores de IRHH: falha da equipe, solicitação do cliente e total.

IPDP	IPDD	IRDD			IRHH		
		Equipe	Cliente	Total	Equipe	Cliente	Total
41,90	13,78	0,075	0,388	0,463	0,025	0,127	0,152

Os valores obtidos apresentam um quadro no qual 15,21% do esforço de projeto é alocado em reposição de desenhos descartados. No tocante à causa do retrabalho a equipe é responsável um retrabalho correspondente a 2,47% do esforço total de projeto e o cliente por 12,75%. Tais valores associam à equipe a responsabilidade por 16,21% do esforço de retrabalho, enquanto o cliente responde por 83,79%.

No que diz respeito à produtividade, obtém-se um esforço médio necessário à reposição de um desenho descartado de 13,78 Hh, correspondendo a 32,9% do esforço de 41,9 Hh necessário à produção de um desenho original.

A confrontação dos índices de retrabalho calculados para a célula com valores de referência esbarra na carência destes últimos na literatura, como destacam Love&Smith (2003). Os autores atribuem tal carência à relutância das empresas em disponibilizarem seus dados, por receio de exporem suas fragilidades em um ambiente altamente competitivo.

O caráter estimativo dos dados disponíveis, a dispersão geográfica dos ambientes pesquisados e a singularidade dos projetos na construção civil levam a grande dispersão nos valores de benchmarking apresentados. Valores de retrabalho na ordem de 12,5% do custo do empreendimento são, no entanto, recorrentes na literatura (Love, Irani, & Edwards, 2004) (Love & Smith, 2003) (Burati Jr., Farrington, & Ledbetter, 1992). Em trabalho conjunto com empresas de construção civil suecas, Josephson, Larsson & Li

(2002), por sua vez, identificam em acompanhamento de sete empreendimentos um percentual de retrabalho de 4,4% em relação ao custo total do empreendimento. As referências disponíveis, no entanto, dizem respeito ao retrabalho ao longo do ciclo de vida do empreendimento na construção civil ou, em alguns casos, à fase de construção.

Na falta de levantamentos específicos relativos à fase de projeto, busca-se inferir um valor percentual de retrabalho em projetos de edifícios, com base em mapeamento do processo de projeto em empresas brasileiras realizado por Peralta (2002). Identificando-se no mapeamento realizado o tempo destinado à “compatibilização” entre projetos pode-se inferir um percentual de retrabalho associado ao processo de projeto, na ordem de 11,42% em relação ao tempo total de projeto.

Com base na experiência do autor do presente trabalho em gestão do projeto de edifícios frente ao Laboratório de Projetos da Universidade de Brasília, percentuais de retrabalho gerados por ações associadas à equipe entre 10% e 20% são representativos da abordagem corrente do processo de projeto. Investigações específicas, no entanto, merecem atenção futura.

Assim sendo, toma-se como valor de referência o percentual de 11,42% obtido a partir do mapeamento acima descrito.

Na Tabela 5-10 são apresentados os índices de retrabalho gerados pela célula, o valor de referência adotado e os índices de eficiência calculados segundo a Equação 5.8. Os índices de eficiência ($IE_{\text{retrabalho}}$) são calculados tendo por base duas situações: 1) A consideração do índice global de retrabalho em relação ao valor de retrabalho em empreendimentos da construção civil recorrente na literatura e, 2) A confrontação entre o índice de retrabalho associado à equipe e o valor obtido para projeto a partir do trabalho de Peralta (2002).

Tabela 5-10. Eficiência da célula em relação ao retrabalho

	Retrabalho (%)			IE	
	Célula	Valor de Referência		Equipe	Total
Equipe	Total	Projeto	Construção Civil	Equipe	Total
2,47	15,21	11,42	12,50	0,22	1,22

Os dois índices de eficiência calculados traduzem dois aspectos distintos do

desempenho da célula de projetos na experiência realizada:

- O $IE_{\text{retrabalho}} = 0,22$ calculado a partir da equipe, representa a capacidade da equipe em lidar internamente com as informações fornecidas pelo cliente transformando-as em documentos que atendam aos requisitos do projeto. Neste aspecto, a célula de projetos demonstrou a capacidade de executar seu trabalho com um índice de retrabalho correspondente a 21,6% do valor adotado como representativo da prática de projeto corrente. Este índice, e o percentual de 2,47% a ele associado são os que atendem à definição de retrabalho apresentada por Love (2002), segundo a qual retrabalho é *“the unnecessary effort of re-doing a process or activity that was incorrectly implemented the first time”*;
- Por sua vez, o $IE_{\text{retrabalho}} = 1,22$ aponta para um desperdício elevado na destinação do total de hora*homem alocado ao projeto, quando comparado ao valor de referência adotado para a construção civil. Embora os valores de referência, e a comparação entre índices obtidos no projeto com valores relativos à construção possam ser discutidos, o $IRHH = 0,1521$ aponta um desperdício de 15,21% dos recursos financeiros alocados ao projeto.

A leitura conjunta dos dois índices apresentados evidencia o impacto das alterações tardias nos requisitos do projeto no custo do mesmo. Na experiência em análise, tais alterações são responsáveis, como mostrado anteriormente, por 80% dos recursos desperdiçados.

Por fim, apresenta-se na Tabela 5-11 uma estimativa dos valores de retrabalho na ausência das alterações de requisito por parte do cliente. Para tal, adotam-se o valor recalculado de IPDP, mantêm-se o valor de IPDD e consideram-se apenas os erros da equipe anteriores à mudança de requisitos.

Tabela 5-11. IRHH na ausência de alteração de requisito de projeto

IPDP	IPDD	Desenhos		IRDD		IRHH		
		Descartados	Equipe	Cliente	Total	Equipe	Cliente	Total
35,53	13,78	2	0,013	0,000	0,013	0,004		0,004

Na Tabela 5-12 apresentam-se os índices de eficiência relacionados ao retrabalho, recalculados a partir da Tabela 5-12.

Tabela 5-12. Eficiência relativa ao retrabalho na ausência de alteração de requisito

Célula		Retrabalho (%)		IE	
		Valor de Referência			
Equipe	Total	Projeto	Construção Civil	Equipe	Total
0,41	0,41	11,42	12,50	0,04	0,03

5.4 Ganhos organizacionais da Célula de Projetos

No item anterior foram apresentados os resultados da avaliação de desempenho da célula de projetos, a partir da definição de indicadores relativos à produtividade, redução de *lead time* e retrabalho.

Tais indicadores, e os índices deles oriundos, permitem a quantificação do desempenho da célula e sua comparação a valores de referência, definindo-se índices numéricos que expressam a eficiência da célula em relação à abordagem tradicional do processo de projeto de edifícios.

Nos itens a seguir busca-se, por outro lado, perceber, a partir destes mesmos indicadores, mais valias não quantificáveis, agregadas ao processo de projeto pela célula de projetos.

Tais ganhos organizacionais, aqui denominados integração transversal e integração longitudinal, são características inerentes da organização do processo de projeto em uma célula de projetos. Este é o principal motivo dos mesmos serem tratados em separado da avaliação mais clássica da dimensão qualidade do desempenho da célula.

5.4.1 Integração transversal: Relacionamento da equipe

Por avaliação do relacionamento da equipe, busca-se verificar a ocorrência de algumas das características presentes na organização celular e a sua relação com os indicadores de produtividade e retrabalho anteriormente apresentados.

Como estímulo a tal discussão, resgatam-se os indicadores de eficiência em relação ao *benchmarking* (IE) “calculados por especialidade”, apresentados na Tabela 5-3. Na Figura 5-3 os indicadores são reproduzidos, normalizados em relação ao indicador de

eficiência geral, indicando a “eficiência de cada especialidade” em relação à eficiência global do processo.

Entre processos semelhantes, poder-se-ia esperar uma distribuição uniforme da eficiência, situação esta que não é a representada na Figura 5-3. Ao contrário, os valores presentes na figura indicam uma variação elevada na eficiência sendo, p.ex., a estação de estrutura (EST) cerca de três vezes mais eficiente que a equipe como um todo e a de comunicação (COM) cerca de cinco vezes menos eficiente que o conjunto.

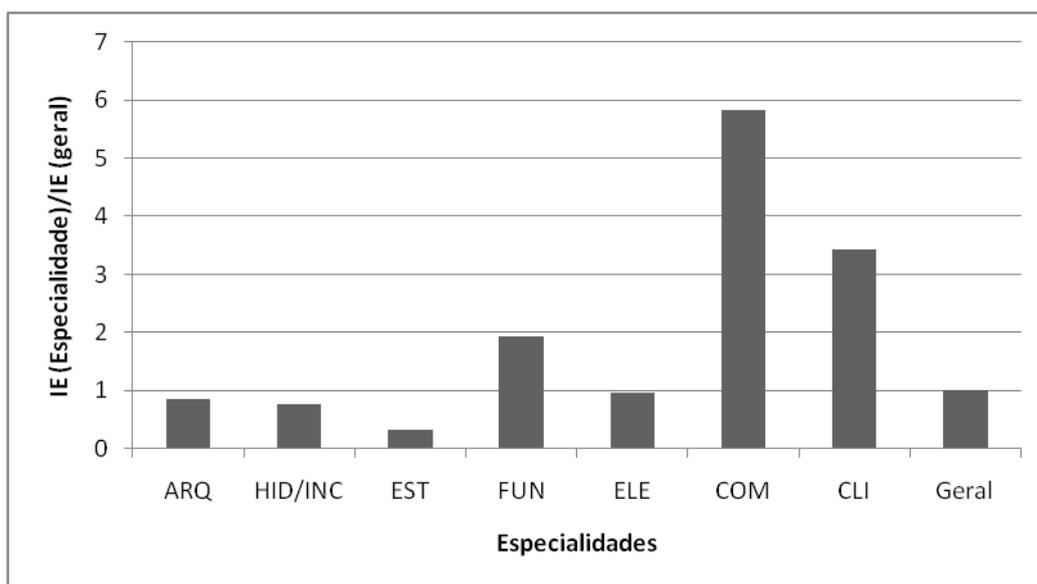


Figura 5-3. Indicadores de eficiência por especialidade, normalizados em relação ao indicador geral.

Tal leitura faz sentido em uma organização departamental (funcional) do processo de projeto, como a adotada no estudo que gerou os valores de *benchmarking*. Na organização por departamentos especializados, é possível isolar-se o tempo que cada (sub)projeto especialista demanda para sua elaboração, sendo este tempo correspondente ao tempo de permanência daquela (sub)equipe no processo de projeto.

Assim sendo, o indicador de produtividade (IPDC) e, portanto, o indicador de eficiência (IE), calculados para a especialidade em questão não guardam relação com o desempenho das demais (sub)equipes.

Na célula de projetos, por outro lado, o tempo de permanência de cada profissional, ou (sub)equipe, no projeto não está diretamente relacionado ao tempo de execução do (sub)projeto de sua especialidade. Face à *visão do projeto de edifícios como um produto único*, proposta para a célula de projetos, o tempo de permanência de determinado

recurso está associado à sua necessidade para o processo global de projeto e não à sua atuação em uma determinada especialidade. Nesta situação, duas leituras se tornam possíveis para a variação relativa dos indicadores de eficiência presentes na Figura 5-3.

Em uma primeira leitura possível, os baixos valores estão associados à subutilização de determinado recurso e os valores elevados à sobrecarga do recurso correspondente. Tal leitura sugere uma possível melhoria do processo através de estudos sobre a reconfiguração da célula ao longo do processo de projeto. Observa-se, no entanto, que mesmo sendo esta a interpretação dos valores apresentados, a redução da carga horária global do projeto remete a uma redução de custos do mesmo.

Uma segunda possível leitura permite, em conjunto com o ganho de produtividade apontado pelo IE geral, enxergar na desigualdade de valores o caráter colaborativo do processo de projeto na célula. Ou seja, ao contrário do que ocorre na organização funcional, aqui os indicadores de eficiência não podem ser lidos individualmente. Devem, por sua vez, ser interpretados a partir da interdependência das especialidades atuando de forma colaborativa conforme a proposta de *integração transversal*, apresentada para a célula.

Tal leitura permite entender, por exemplo, o fato das especialidades mais afetadas pelo retrabalho oriundo das alterações de requisito do projeto (EST, HID/INC e ARQ), ainda assim apresentarem-se como as mais eficientes.

O ambiente colaborativo estabelecido na célula é evidente na afirmação efetuada pela arquiteta, em avaliação realizada ao final do projeto e transcrita a seguir:

“... era todo mundo ajudando todo mundo. Não tinha isso de esse não é meu trabalho. O (engenheiro de redes) montou modelos de documentos para todo mundo. O (engenheiro eletricista) assumiu a formatação final dos documentos deixando o (desenhista) livre para me ajudar e ao (engenheiro de estruturas)...” (Arquiteta)

5.4.2 A integração longitudinal: projeto

Conforme exposto quando da definição da célula de projetos, a integração longitudinal diz respeito à aplicação dos princípios da engenharia simultânea, em especial à antecipação de demandas futuras e o paralelismo de atividades. Ainda, tal integração

longitudinal pode ser vista segundo dois pontos de vista: sua atuação no ciclo de vida do projeto e, seu impacto no ciclo de vida completo do edifício.

A *integração longitudinal do ciclo de vida do projeto* como resultado da postura permanente da equipe em compartilhar informações e da busca contínua por soluções que atendam ao projeto de edifício como um todo, e não apenas à sua especialidade.

A existência da integração pretendida deve, portanto, antecipar as decisões de projeto valorizando, de tal maneira, as fases iniciais do ciclo de vida do projeto. Reflete-se assim, no interior do projeto a valorização da fase de desenvolvimento em relação ao ciclo de vida completo do produto proposta pela engenharia simultânea.

No intuito de verificar a ocorrência desta valorização, propõe-se o agrupamento das fases do ciclo de vida do projeto em dois grupos, correspondentes às fases conceituais (Fase A: concepção e Fase B: definição do produto) e operacionais (Fase C: resolução de interfaces e Fase D: detalhamento). Calcula-se, então, o esforço (hora*homem) alocado a cada grupo e verifica-se sua participação no esforço total alocado ao projeto.

Os valores assim calculados com base no projeto desenvolvido na célula de projetos são, então, comparados aos obtidos a partir dos trabalhos utilizados como *benchmarking* (Ezeldin & Abu-Ghazala, 2007) (Peralta, 2002) e apresentados na Figura 5-4.

Resguardado o caráter estimativo dos valores obtidos, a Figura 5-4 ressalta o empenho da equipe em concentrar esforços nas fases iniciais do projeto, nas quais as alterações inerentes ao processo de projeto têm menor impacto no esforço total demandado.

Tal postura é percebida pela equipe, como declara um dos membros, em uma tradução clara dos princípios da engenharia simultânea:

“Agora está mais tranquilo trabalhar todos juntos, mas no começo, da parte nossa dos engenheiros e dos arquitetos teve dificuldade. Aquela cultura tradicional que os arquitetos fazem o projeto e em cima dos projetos de arquitetura os engenheiros fazem os projetos de engenharia. Então teve um choque no começo. Os engenheiros entrando, dando opiniões já no estudo preliminar. Eu acho que no final o produto é melhor porque é mais pensado desde o começo, inclusive soluções de custo, de execução na obra são melhor resolvidas.” (engenheiro/a)

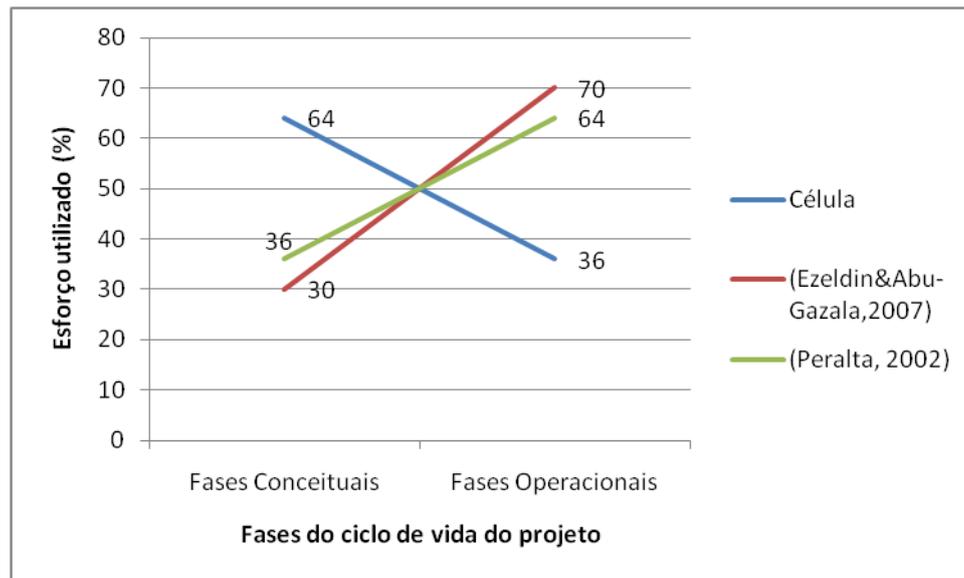


Figura 5-4. Parcela do esforço de projeto: fases conceituais e operacionais.

5.4.3 A integração longitudinal: Ciclo de vida completo do edifício

A integração longitudinal do ciclo de vida do projeto diz respeito à antecipação e solução, por parte da equipe de projeto, das dificuldades relativas às fases de construção e operação (manutenção) do edifício.

Embora de difícil quantificação, o compromisso adotado na célula de projetos em relação à facilidade construtiva e de manutenção está presente em diversas soluções tecnológicas adotadas. Como descrito no Capítulo 4, este é um dos requisitos do projeto em desenvolvimento.

O resultado de tal compromisso pode ser traduzido no conceito de *buildability* (Lam & Wong, 2009). Embora o conceito abstrato de *buildability* não represente sempre a qualidade do projeto, o senso comum define como um bom projeto aquele que contribui para uma construção rápida, segura e eficiente, além de atender aos requisitos funcionais e estéticos do edifício (CABE, 2000).

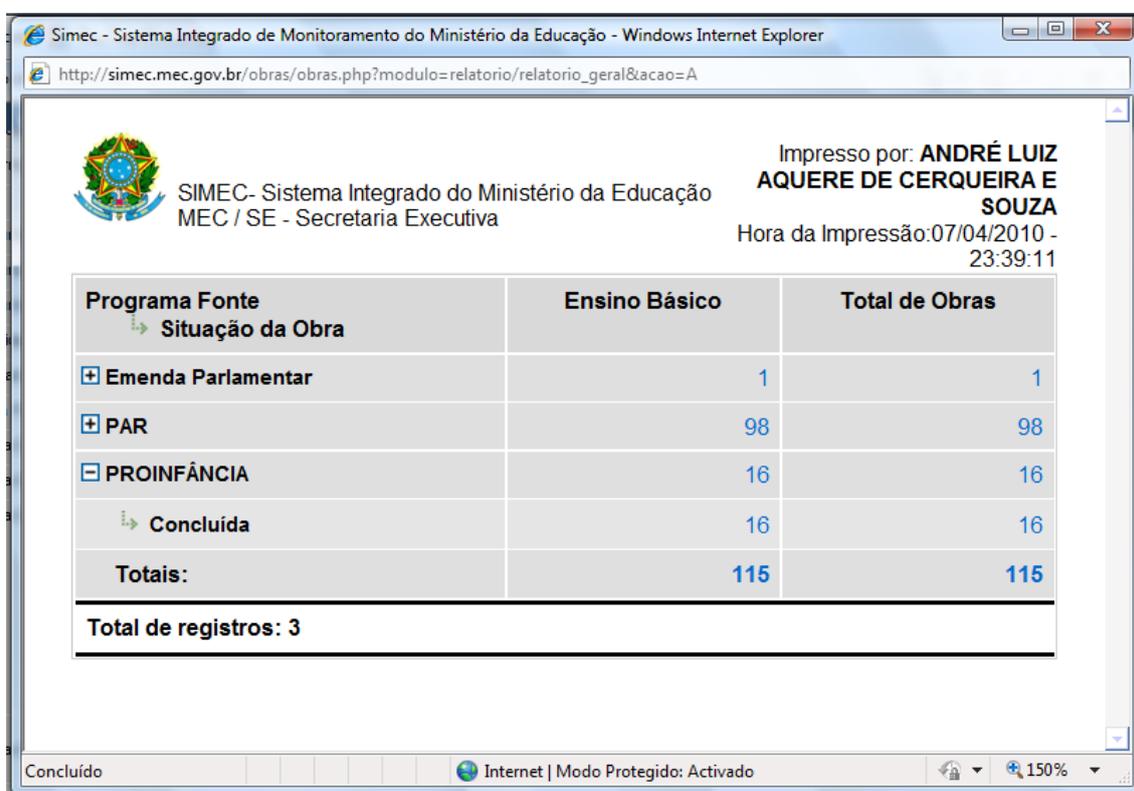
A aferição do impacto do projeto desenvolvido na célula, no ciclo de vida completo do projeto, no entanto, demanda um acompanhamento das fases de construção e operação que extrapola o alcance do presente trabalho.

Desta forma, sugere-se uma verificação indicativa da *buildability* do projeto, a partir dos dados disponíveis sobre os contratos de construção dos edifícios projetados. Procura-se, neste caso, verificar a ocorrência de reajustes nos contratos para construção, no que diz

respeito a tempo e custo, tendo por base a ocorrência de erros/inadequações de projeto.

Tal sugestão tem por base o fato da necessidade de correções ou ajustes de projetos serem apontados como uma das principais causas de atrasos em projetos governamentais (Longo & Souza, 2004). Em levantamento realizado em obras da Universidade de Brasília, Pinto (Pinto, 2007) identifica problemas em projeto como a segunda alegação mais frequente para extensões de contratos, atrás apenas de condições climáticas.

Para realizar tal verificação, lança-se mão dos dados relativos ao Programa Proinfância, disponíveis no *Sistema Integrado de Planejamento, Orçamento e Finanças do Ministério da Educação* do Brasil (MEC, 2010), segundo Figura 5-5.



Simec - Sistema Integrado de Monitoramento do Ministério da Educação - Windows Internet Explorer
http://simec.mec.gov.br/obras/obras.php?modulo=relatorio/relatorio_geral&acao=A

Impresso por: **ANDRÉ LUIZ AQUERE DE CERQUEIRA E SOUZA**
Hora da Impressão: 07/04/2010 - 23:39:11

Programa Fonte Situação da Obra	Ensino Básico	Total de Obras
<input type="checkbox"/> Emenda Parlamentar	1	1
<input type="checkbox"/> PAR	98	98
<input type="checkbox"/> PROINFÂNCIA	16	16
<input checked="" type="checkbox"/> Concluída	16	16
Totais:	115	115

Total de registros: 3

Concluído Internet | Modo Protegido: Activado 150%

Figura 5-5. ProInfância - Obras concluídas (SIMEC)

Em levantamento realizado em abril de 2010 o SIMEC contabiliza 16 obras concluídas, distribuídas em oito Estados brasileiros. Na mesma época são registradas 572 obras em execução e 1.625 contratos assinados¹⁷.

¹⁷ Consulta realizada em 07/04/2010 às 23:30.

Após análise dos relatórios de acompanhamento de obra das 16 obras concluídas não foram localizadas solicitações de extensão de prazo (Apostilamento) ou complementação de custo (Aditivo) com base em erros de projetos ou dificuldade executiva. Em apenas uma obra foi identificada uma solicitação de substituição do projeto estrutural. Infelizmente não foi possível identificar o motivo alegado ou mesmo se a substituição foi autorizada pelo FNDE.

Tal ausência de apostilamentos de prazos e aditivos de orçamento ressalta a capacidade da célula de projetos em incorporar ao projeto do produto as soluções que atendam as dificuldades próprias à fase de construção. O impacto da integração longitudinal promovida pela célula é evidenciado no contraste dos dados obtidos no SIMEC com a literatura, na qual 46% a 70% das falhas na construção são atribuídas a deficiências de projeto (Hammarlund & Josephson, 1992)(Motteu & Cnudde, 1989) apud (Melhado, 1994).

Por fim, o contraste entre o resultado da célula e a realidade brasileira é reforçado na confrontação entre a situação apresentada e a fala do Ministro Marcos Vilaça ao Tribunal de Contas da União¹⁸ em setembro de 2008. Em apresentação de relatório sobre as obras de infra-estrutura para os Jogos Pan-Americanos no Rio de Janeiro, ao referir-se à situação recorrente em obras públicas brasileiras, o Ministro afirma:

“É aquela situação que a gente encontra nos projetos de estradas, barragens. Faz-se um projeto básico e quando começa a executar a obra estoura um problema aqui, estoura problema acolá, cresce o orçamento aqui, cresce o orçamento acolá. A diferença entre a estimativa de gastos pela (...) e o último valor disponível alcança uma ordem de grandeza notável”(Ministro Marcos Vilaça, TCU)¹⁹.

¹⁸ O Tribunal de Contas da União é um órgão de controle externo do Governo Brasileiro, conforme definido pela Constituição Federal de 1988. Ente suas atribuições está o controle de despesas decorrentes de licitações e contratos relativos a obras e serviços da Administração Pública. (Art. 113 da Lei 8.666/1993).

Fonte:(http://portal2.tcu.gov.br/portal/page/portal/TCU/institucional/conheca_tcu/institucional_competencias)

¹⁹ PAN do Rio: Sobrou para o Governo. Correio Braziliense, 25 de setembro de 2008, p. 52, Brasília.

6 Conclusões

O conceito proposto por este trabalho, a Célula de Projetos, busca, através do agrupamento físico dos recursos necessários ao desenvolvimento de projetos de edifícios e do estímulo à troca contínua de informações, criar um ambiente de desenvolvimento que torne o processo de projetos mais eficaz e eficiente.

Ao falar-se em tornar o processo de projeto mais eficaz e eficiente, entende-se a produção de projetos de edifícios em menor tempo, com o dispêndio de menor esforço de projeto e com maior qualidade. Do ponto de vista aqui adotado, enxerga-se a qualidade do processo de projeto através da redução do retrabalho e da melhoria das relações entre os profissionais envolvidos na produção de seu produto final, o projeto de edifício. Projeto este que deve conter as informações técnicas e gerenciais necessárias à produção do edifício visando à redução do retrabalho na fase construção e colaborando, de tal forma, para o cumprimento de prazos e custos em sua produção.

A Célula de Projetos, para tanto, lança mão de características e posturas oriundas da Engenharia Simultânea, das Células de Produção e das Células Administrativas, conforme exposto ao longo do trabalho.

6.1 Quanto à construção do conceito

Da Engenharia Simultânea, a Célula de Projetos herda a abordagem simultânea dos aspectos técnicos e gerenciais do produto em desenvolvimento, antecipando e solucionando no projeto do edifício dificuldades que viriam a ocorrer na produção futura deste edifício. Tal preocupação com a antecipação e correção de incompatibilidades é reproduzida no próprio processo de produção do projeto de edifício, propiciando tanto uma *integração longitudinal do ciclo de vida do edifício*, quanto a *integração longitudinal do ciclo de vida de desenvolvimento do projeto*.

Para tanto, assim como na Engenharia Simultânea, a Célula de Projetos lança mão da formação de equipes multidisciplinares de projeto e da inclusão nas mesmas, em intensidades diferenciadas, de agentes responsáveis pela produção do edifício. Ao contrário da Engenharia Simultânea, no entanto, na Célula de Projetos a equipe não é provisória e destinada ao desenvolvimento de um produto específico. A Célula de

Projetos se propõem permanente e destinada à produção contínua de uma família de produtos denominada “projeto de edifício”.

O caráter permanente da Célula de Projetos e sua dedicação à produção de uma família de produtos são características oriundas das Células de Produção. Ainda das Células de Produção, mais especificamente das células reais, são oriundos o agrupamento físico dos recursos humanos e materiais necessários à produção do projeto de edifício e a dedicação destes recursos à célula. Características das Células de Produção, tais como a transferência unitária de artigos, no caso informações, o fluxo contínuo de produção, a visão global do processo e a capacidade de reconfiguração, repetem-se na Célula de projetos. Por fim, as conexões tempo-espaco-informação apresentadas como definidoras de uma célula de produção real apresentam-se na Célula de Projetos propiciando a troca contínua de informações entre especialidades e a construção coletiva das soluções através de uma abordagem transdisciplinar aqui traduzida na chamada *integração transversal do processo de projeto*. A Célula de Projetos distingue-se das Células de Produção, ao estar direcionada à fase de concepção de um produto (o edifício) e não às atividades de produção do mesmo.

Por fim, busca-se nas Células Administrativas a eliminação de desperdícios, em especial daqueles decorrentes da espera por informação. O combate ao fenômeno de *batch and queue* aplicado ao fluxo de informações traduz-se na troca contínua de informações parciais, propiciada pela *proximidade física entre os profissionais envolvidos no projeto aliada ao treinamento voltado à construção coletiva das soluções projetuais*.

Enquanto as células, de produção e administrativas, aliam equipes permanentes a atividades rotineiras (produção, de escritório) e a engenharia simultânea adota equipes temporárias em atividades não rotineiras (desenvolvimento de produto), a Célula de Projetos adota equipes permanentes voltadas a atividades não rotineiras. A permanência da equipe assume aqui papel fundamental na construção da almejada *visão unificada do projeto de edifícios* e na *construção de relações interpessoais* que facilitem a troca contínua de informações, propiciando, assim, um processo de aprendizado e melhoria contínua do projeto em equipe.

6.2 Quanto à validação do conceito

A viabilidade do conceito de Célula de Projetos é atestada na aplicação do mesmo a uma situação real de projeto, com ganhos em relação ao processo tradicional de projeto de edifícios.

Em termos quantitativos, as mais valias do processo são mensuradas através de um *sistema de medição de desempenho*, proposto neste trabalho, constituído por *indicadores de produtividade, lead time e retrabalho*.

Os índices de desempenho apresentados pela célula, na ausência de alterações externas de requisitos de projeto, indicam:

1. Um aumento da produtividade da equipe da ordem de 36% em relação aos valores presentes na bibliografia consultada;
2. Uma redução do *lead time* variando entre 44% e 55%, em relação a valores obtidos, respectivamente, junto à literatura e consulta ao mercado de projetos;
3. Uma redução do esforço alocado ao retrabalho da ordem de 96%, em relação aos valores presentes nas referências bibliográficas adotadas.

Em termos organizacionais, a experiência realizada mostra que a Célula de Projetos opera na redefinição de papéis e na construção de novos paradigmas de projeto das diferentes especialidades presentes no projeto. Dentre os quais podem ser observados no presente trabalho:

1. A inversão na mobilização do esforço de projeto, medido em horas*homem, ao longo do ciclo de vida do projeto, em relação ao processo tradicional. Na célula ocorre uma maior mobilização do esforço de projeto nas fases de conceituais (64%) em detrimento das fases operacionais (36%). Tal inversão possibilita que os recursos sejam mobilizados em fases iniciais do ciclo de vida do projeto, nas quais a capacidade de interferência dos atores é maior e o custo de tais interferências é mais baixo;
2. O estímulo ao trabalho colaborativo e à polivalência dos membros da equipe, possibilitando a redução da ociosidade de recursos ao longo do projeto e a construção de uma responsabilidade compartilhada sobre o projeto;
3. A valorização das diferentes especialidades por parte da equipe, eliminando a hierarquia de especialidades existente no processo tradicional de projeto.

4. A possibilidade de reconfiguração da célula frente a alterações de demandas externas, adequando o fluxo de projeto à medida que o mesmo se faça necessário;

A consulta à documentação de fiscalização da construção de dezesseis edifícios, baseados nos projetos gerados pela célula, já concluídos quando da redação destas conclusões mostra o impacto positivo do conceito proposto, na fase de construção. Observa-se no caso, a ausência de solicitações de alteração de cronograma e custo da obra, com base em erros ou inadequações de projeto.

A aplicação do conceito proposto a uma situação real de projeto de edifício mostra a viabilidade da Célula de Projetos como uma alternativa possível à abordagem tradicional do processo de projeto de edifícios. Embora não seja, e não se pretenda ser, uma solução universal, este trabalho mostra a Célula de Projetos como um novo paradigma a ser observado para o processo de projetos de edifícios.

6.3 Quanto ao sistema de medição de desempenho

Como um produto adicional ao conceito de Célula de Projetos, propõe-se neste trabalho um conjunto de indicadores de desempenho para processos de projetos de edifícios.

Os indicadores de produtividade, *lead time* e retrabalho propostos primam pela simplicidade de utilização e facilidade de tabulação dos índices obtidos.

A escolha do número de desenhos como elemento caracterizador do processo de projeto, confere versatilidade ao sistema de medição, permitindo sua utilização tanto em um processo de melhoria contínua do processo de projeto, quanto no planejamento de projetos futuros.

6.4 Quanto aos desafios para implantação de Células de Projeto

A adoção da Célula de Projetos como metodologia de desenvolvimento de projetos de edifícios apresenta desafios como listado a seguir.

O primeiro desafio vem da própria configuração pulverizada da indústria da construção civil, formada por escritórios de projetos autônomos e especializados. A implantação da Célula de Projetos exigiria, portanto, uma alteração em toda a estrutura atual da cadeia produtiva dos projetos de edifícios alteração esta que não é a proposta deste trabalho.

Situações singulares, no entanto, como a existente na estrutura de produção de edifícios da Universidade de Brasília, são passíveis de serem replicadas em empresas de projeto de edifícios ou, de forma mais simples e eficaz no seio de empresas construtoras ou incorporadoras.

Um segundo desafio diz respeito à formação dos profissionais de arquitetura e engenharia. Formados, em grande parte das universidades, em unidades acadêmicas independentes, os profissionais de arquitetura e de cada uma das especialidades da engenharia desenvolvem paradigmas de projeto, linguagem e valores próprios, que dificultam o exercício da autoria coletiva, da responsabilidade compartilhada e da autogestão propostas pela Célula de Projetos.

Por fim, em um processo de construção coletiva e simultânea de projetos, como o proposto, o impacto provocado por alterações tardias de requisitos de projeto solicitadas pelo(s) cliente(s) faz-se presente em todas as especialidades. De tal forma, o retrabalho gerado por tais alterações é, em geral, maior do que em um processo sequencial de projetos.

6.5 Possíveis desdobramentos

O presente trabalho conceitua a Célula de Projetos e demonstra a viabilidade de sua aplicação no processo de projeto de edifícios. Dado este passo inicial, perguntas persistem e possibilidades de investigação se apresentam para os anos a seguir.

Um primeiro aspecto que merece atenção é o impacto de diferentes configurações físicas das estações de trabalho no desempenho da célula. Livre das restrições espaciais a que a experiência aqui desenvolvida esteve submetida, sugere-se em trabalhos futuros a realocação das estações de trabalho, em especial a centralização da estação de integração.

Outra vertente a ser explorada é o mapeamento do fluxo de informações entre os membros da equipe e a proposição de ferramentas de monitoramento e controle de tal fluxo de informações.

O mapeamento das informações técnicas contidas na documentação de projeto e das inter-relações estabelecidas entre estas informações e o fluxo de projeto nas diferentes especialidades é outra linha de investigação a ser explorada. Questões como a definição

de marcos de projeto e a previsão do impacto de alterações de requisitos ou soluções de projeto surgem como produtos do mapeamento proposto.

A Célula de Projetos é aqui proposta como uma célula real, tirando o máximo partido da coexistência física dos recursos. Situações outras, tais como, p.ex., a configuração de sistemas de produção formados por diferentes células “especialistas” podem ser investigadas como alternativas intermediárias entre a Célula de Projeto e o sistema pulverizado hoje em vigor.

Por fim, embora não menos instigante, vislumbra-se a possibilidade de aprofundamento da investigação da Célula de Projetos como um ambiente de ensino-aprendizagem baseado em projetos. A investigação da utilização de tal ambiente nos cursos de graduação em engenharia e arquitetura apresenta-se como um possível caminho para a quebra das barreiras conceituais, paradigmáticas e sociais existentes entre os profissionais destes campos do conhecimento.

Referências Bibliográficas

Abdul-Rahman, H. (1993). *The management and cost of quality for civil engineering projects*. PhD Dissertation, Univ. of Manchester , Institute of Science and Technology, Manchester.

ABNT. (1987). *NBR 10068 - Folha de desenho: leiaute e dimensões* . Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ABNT. (1995). *NBR13531 - Elaboração de Projetos de Edificações* . Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

AGESC. (2006). *Manual de Escopo de Serviços para Coordenação de Projetos: Industria Imobiliária*. Acesso em 30 de outubro de 2009, disponível em Manuais de escopo: www.manuaisdeescopo.com.br

Alarcón, L., & Serpell, A. (1996). Performance measuring benchmarking, and modelling of construction projects. *5th International Workshop on Lean Construction*. Porto: FEP.

Alves, A. C. (2007). *Projeto Dinâmico de Sistemas de Produção Orientados ao Produto*. Tese de Doutorado, Universidade do Minho, Escola de Engenharia.

Alves, A. C., Lima, R. M., & Silva, S. (2003). Sistemas de produção Orientados ao Produto - Integrando Células e Pessoas. *Inovação Organizacional* , 1, pp. 109-145.

Andrade, C. (2008). *Projetando em equipe: um relato sobre as interações de trabalho no Laboratório de Projetos da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília. Relatório Interno* . Brasília: Laboratório de Projetos, Universidade de Brasília.

Ballard, G., & Howell, G. (1998). What Kind a Production is Construction? *Conference of the International Group for Lean Construction*, 6. Guarujá.

Ballard, G., & Tommelein, I. (1999). *Aiming for continuous flow*. Acesso em 17 de Janeiro de 2011, disponível em Lean Construction Institute: <http://www.leanconstruction.org/pdf/WP3-ContinuousFlow.pdf>

Bassioni, H. A., Price, A. D., & Hassan, T. M. (2005). Building a conceptual framework for measuring business performance in construction: An empirical evaluation. *Construction Management Economics* (23), pp. 495-507.

Bassioni, H. A., Price, A. D., & Hassan, T. M. (2004). Performance measurement in construction. *Journal of Management in Engineering* , 20 (2), pp. 42-50.

Baylis, C. (1994). Simultaneous Engineering. *World Class Design to Manufacturing* , 1 (1), pp. 17-20.

Benders, J., & Badham, R. (2000). History of Cell-Based Manufacturing. In: M. Beyerlein, *Work Teams: Past, Present, Future*. Boston: Kluwer Academic Press.

Berggren, C. (1993). Volvo Uddevalla: A dead horse or a car dealer's dream? An evaluation of economic performance of volvo's unique assembly plant 1989-1992. *GERPISA N°9*, (pp. 129-143).

Best, R., & Langston, C. (2006). Evaluation of construction contractor performance: A critical analysis of some recent research. *Construction Management and Economics* (24), pp. 439 - 445.

Bidanda, B., Ariyawongrat, P., Needy, K. B., & Tharmmaphornphilas, W. (2005). Human related issues in manufacturing cell design, implementation and operation: a review and survey. *Computers&Industrial Engineering* , 48, pp. 507-523.

Bittencourt, M. (2007). *ProInfância*. Apresentação Powerpoint, FNDE, Brasília.

Blackburn, J. (1992). Time-based competition: White-collars activities. *Business Horizons* (July-August), pp. 96-101.

Bogus, R., Keith, S. M., & Diekmann, J. (2005). Concurrent Engineering Approach to Reducing Design Delivery Time. *Journal of Construction Engineering and Management* , 131 (11), pp. 1179-1185.

Bogus, S., Diekman, J., & Molenaar, K. (2002). A Methodology to reconfigure the design-construction interface for fast-track projects. *ASCE & EG-ICE Joint Conference on Information Technology in Civil Engineering*, (pp. 258-272). Washington, D.C.

- Bokhorst, J., Slomp, J., & Molleman, E. (2004). Development and evaluation of cross-training policies for manufacturing teams. *IIE Transactions* , 36, pp. 969–984.
- Boothroyd, G. (1994). Product design for manufacture and assembly. *Computer-Aided Design* , 26 (7), pp. 505-520.
- Burati Jr., J., Farrington, J., & Ledbetter, W. (1992). Causes of quality deviations in design and construction. *Journal of Construction and Engineering Management* , 118 (1), pp. 34-39.
- Burbidge, J. L. (1975). *The Introduction to Group Technology*. William Heinemann Ltd.
- Burbidge, J. (1989). *Product Flow Analysis for Planning Group Technology*. Clarendon Press.
- Byggeriets Evaluerings Center. (2002). *Byggeriets Evaluerings Center*. Acesso em 10 de março de 2010, disponível em <http://www.byggeevaluering.dk/>
- CABE. (2000). *Better Public Buildings: A Proud Legacy for the Future*. London: Commission for Architecture and the Built Environment.
- Carneiro, A. (2007). Estudo sobre Aplicação do Conceito de Células de Produção na Construção Civil. *Dissertação de Mestrado* . Fortaleza, Ceará, Brasil: Universidade Federal do Ceará.
- CDT. (2001). *Sistema Nacional de Benchmarking*. Acesso em 10 de 03 de 2010, disponível em <http://bench.cdt.cl>
- Chakavorty, S., & Hales, D. (2008). The evolution of manufacturing cells: An action research study. *European Journal of Operational Research* , 188, pp. 153-168.
- Chan, A., Scott, D., & Chan, A. (2004). Factors affecting the success of a construction project. *Journal of Constuction Engineering and Management* , 130 (1), pp. 153-155.
- Chan, D., & Kumaraswamy, M. (1995). A study of the factors affecting construction durations in Hong Kong. *Construction Management and Economics* , 13 (4), pp. 319–333.

CII. (1993). *Construction Industry Institute - Benchmarking and Metrics*:. Acesso em 10 de março de 2010, disponível em www.cii-benchmarking.org/

Cnuddle, M. (1991). Lack of quality in construction—economic losses. *Proc. Eur. Symp. Management, Quality, Economics in Housing and Other Building Sectors*, (pp. 508-515). Lisboa.

Costa, D., Formoso, C. T., Kagioglou, M., Alarcón, L., & Caldas, C. (2006). Benchmarking Initiatives in the Construction Industry: Lessons Learned and Improvement Opportunities. *Journal of Management in Engineering* , 22 (4), pp. 158-167.

Costa, J., Horta, I., Guimarães, N., Cunha, J., Nóvoa, H., & Sousa, R. (2006). Sistemas de Indicadores de desempenho e produtividade para a construção civil. *QIC2006* (pp. 1-12). Lisboa: LNEC.

Crutcher, C., Walsh, K., Hershauer, J., & Tommelein, I. (2001). Effects of a preferred vendor relationship on an electrical component supplier and electrical contractor: a case study. *Conference for the International Group of Lean Construction*, 9. Singapore.

Davis, T. R. (1984). The Influence of the Physical Environment in Offices. *The Academy of Management Review* , 9 (2), pp. 271-283.

Dey, P. (2001). Project management system for a concurrent engineering framework. *Hydrocarbon Processing* (April), pp. 71-80.

Dias, J. (1998). Formação Profissional de Activos. *Formar - Revista dos Formadores* , 29, pp. 4-48.

Ding, L., Davies, D., & McMahon, C. (2009). The integration of lightweight representation and annotation for collaborative design representation. *Res Eng Design* , 20, pp. 185-200.

DOU. (28 de novembro de 2007). Portaria 1.133. *Diário Oficial da União* , 32-42. Brasília: Imprensa Nacional.

Drolet, J., Abdulnour, G., & Rheault, M. (1996). The Cellular Manufacturing Evolution. *Computers & Industrial Engineering* , 31 (1/2), pp. 139-142.

- Ellram, L., Tate, W., & Carter, C. (2007). Product-process-supply chain: an integrative approach to three-dimensional concurrent engineering. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* , 37 (4), pp. 305-330.
- Ericksen, P., Stoflet, J., & Suri, N. (2007). *Manufacturing Critical-path Time (MCT):The QRM Metric for Lead Time*. Center for Quick Response Manufacturing. University of Wisconsin-Madison.
- Evbuomwan, N., & Anumba, C. (1998). An integrated framework for concurrent life-cycle design and construction. *Advances in Engineering Software* , 29 (7-9), pp. 587-597.
- Evbuomwan, N., & Anumba, C. (1996). Towards a concurrent engineering model for design and build projects. *Journal of the Institute of Structural Engineers* , 74 (5), pp. 73-78.
- Eversheim, W., Bochtler, W., Gräbler, R., & Kölscheid, W. (1997). Simultaneous Engineering approach to an integrated design and process planning. *European Journal of Operational Research* (100), pp. 327-337.
- Ezeldin, A., & Abu-Ghazala, H. (2007). Quality Management System for Design Consultants: Development and Application on Projects in the Middle East. *Journal of Management in Engineering* , 23 (2), pp. 75-87.
- Fabício, M. (2002). *Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo.
- Fabício, M., & Melhado, S. (2003). Fatores de competitividade e a Engenharia Simultânea na Construção de Edifícios. *IV Congr. Bras. Gestão e Desenv. de Produtos*. Gramado.
- Fabício, M., Melhado, S. B., & Baía, J. L. (1999). “Brief Reflection on the Improvement of the Design Process Efficiency in Brazilian Building Projects”. *IGLC-7*. Berkeley: University of California.
- Fine, C. (2000). Clockspeed-based strategies for supply chain design. *Production and Operations Management* , 9 (3), pp. 213-221.

Freire, J., & Alarcón, L. (2000). Achieving a lean design process. *Conference of the International Group for Lean Construction*, 8. Brighton.

Gallagher, C., & Knigh, W. (1973). *Group Technology*. Butterworths Press.

Goffman, E. (1985). *A representação do eu na vida cotidiana*. Petrópolis: Editora Vozes.

Graça, L. (2002). *O caso da fábrica de automóveis da Volvo em Uddevalla (Suécia)*. Acesso em 05 de Abril de 2010, disponível em www.ensp.unl.pt/luis.graca/textos19.html

Hammarlund, Y., & Josephson, P. (1992). Qualidade: cada erro tem seu preço. *Técne* (1), 32-34.

Harbour, J. (2009). *The Basics of Performance Measurement* (2nd ed.). New York,: Productivity Press.

Hartley, J. (1998). *Engenharia Simultânea: um método para reduzir prazos, melhorar a qualidade e reduzir custos*. Porto Alegre: Bookman.

Hauck, W., Bansal, A., & Hauck, A. (1997). Simultaneous Engineering - correlates of success. *Int. J. Production Economics* (52), pp. 83-90.

Hay, E. (1988). *The Just-in-Time Breakthrough - implementing the new manufacturing basics*. John Wiley & Sons.

Hirano, T. (2000). The development of modern japanese design. In: V. Magolan, & R. Buchanan (Eds.), *The Idea of design: A Design Issues reader*. MIT Press.

Howell, G., Laufer, A., & Ballard, G. (1993). Interaction between subcycles: one key to improved processes. *Journal of Construction Engineering and Management* , 19 (4), pp. 714-728.

Huang, H., Fan, X., Miao, Q., & Ling, D. (2006). Concurrent Engineering Based Collaborative Design Under Network Environment. *Journal of Mechanical Science and Technology* , 20 (10), pp. 1534-1540.

Hunter, S. (2002). Ergonomic Evaluation of Manufacturing System Designs. *Journal of Manufacturing Systems* , 20 (6), pp. 429-444.

Hyer, L., Brown, K. A., & Zimmerman, S. (1999). A socio-technical systems approach to cell design: case study and analysis. *Journal of Operations Management* (17), pp. 179-203.

Hyer, N., & Brown, K. (1999). The Discipline of Real Cells. *Journal of Operations Management* , 17 (5), pp. 557 - 574.

Hyer, N., & Wemmerlöv, U. (2002). *Reorganizing the Factory: competing through cellular manufacturing*. New York: Productivity Press.

IBGE. (2009). *IBGE Cidades@*. Acesso em 30 de setembro de 2009, disponível em IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>

Irvins, W. K., Gray, W., & Miles, J. (2002). Integrating Versioning and Workflow for Change Management for Concurrent Engineering. In: A. D. Songer, & J. Miles (Ed.), *Computing in Civil Engineering* (pp. 221-231). Washington, DC: ASCE.

Jobim, M., & Jobim Filho, H. (2001). Proposta de integração de cadeias de suprimento da indústria da construção civil. *Simpósio Brasileiro da Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho no Ambiente Construído*, 2. Fortaleza.

Josephson, P., Larsson, B., & Li, H. (2002). Illustrative Benchmarking Rework and Rework Costs in Swedish Construction Industry. *Journal of Management in Engineering* , 18 (2), pp. 76-83.

Karim, A., & Hojjat, A. (1999). CONSCOM: An OO Construction Scheduling and Change Management System. *Journal of Construction Engineering and Management* , 125 (5), pp. 368-376.

Karlsson, M., Lakka, A., Sulankivi, K., Hanna, A., & Thompson, B. (2008). Best Practices for Integrating the Concurrent Engineering Environment into Multipartner Project Management. *Journal of Construction Engineering and Management* , 134 (4), pp. 289-299.

Keyte, B., & Locher, D. (2004). *The Complete lean enterprise: value stream mapping for administrative and office processes*. New York: Productivity Press.

Kinna, R. (1994). Experiences of adopting simultaneous engineering. *World Class Design to Manufacturing* , 1 (2), pp. 21-22.

Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Technical Rep. 72., Stanford University, Center for Integrated Facility Engineering .

Koskela, L., Ballard, G., & Tanhuampää, V. (1997). Towards lean design management. *Conference of the international group for lean construction*, 5. Gold Coast.

KPI Working Group. (2000). *KPI Report for the Minister of Construction*. Acesso em 19 de março de 2010, disponível em Department for Business Innovation and Skills: <http://www.berr.gov.uk/files/file16441.pdf>

Krause, F., Kimura, F., Kjellberg, T., & Lu, S. (1993). Product Modelling. *Annals of the CIRP* , 42 (2).

Kruglianskas, I. (1995). Engenharia Simultânea e técnicas associadas em empresas tecnologicamente dinâmicas. *Revista de Administração* , 30 (2), pp. 25-38.

Kumaraswamy, M., & Thorpe, A. (1996). Systematizing construction project evaluations. *Journal of Management in Engineering* , 12 (1), pp. 34-39.

LABPRJ. (2007a). Ata LABPRJ No. 10 - FNDE. Brasília: UnB.

LABPRJ. (2007b). PRJ0073 FNDE Proposta. Brasília: UnB.

Lam, E., Chan, A., & Chan, D. (2008). Determinants of Successful Design-Build Projects. *Journal of Construction Engineering and Management* , 134 (5), pp. 333-341.

Lam, P., & Wong, F. (2009). Improving building project performance: how buildability benchmarking can help. *Construction Management and Economics* , 27, pp. 41-52.

Lee-Mortimer, A. (1994). Implementing Simultaneous Engineering. *World class design to manufacturing* , 1 (1), pp. 43-47.

Leibson, D. E. (1981). How Corning designed a "talking" building to spur productivity. *Management Review* , 70 (9), pp. 8-13.

- Lembke, S., & Wilson, M. G. (1998). Putting the “Team” into Teamwork: Alternative Theoretical Contributions for Contemporary Management Practice. *Human Relations* , 51 (7), pp. 927-944.
- Lettice, F., Palminder, S., & Stephen, E. (1995). A workbook-based methodology for implementing concurrent engineering. *International Journal of Industrial Ergonomics* (16), pp. 339-351.
- Lin, G., & Shen, Q. (2007). Measuring the performance of value management Studies in Construction:Critical review. *Journal of Management in Engineering* , 23 (1), pp. 2-9.
- Longo, O., & Souza, V. (2004). *Administração da Construção Civil* (2 ed.). Rio de Janeiro: LTC.
- Love, P. E. (2002). The influence of project type and procurement method on rework costs in building construction projects. *J. Constr.Eng. Manage.* , 128 (1), pp. 18-29.
- Love, P. E., & Smith, J. (2003). Benchmarking, Benchaction, and Benchlearning: Rework Mitigation in Projects. *Journal of Management Engineering* , 19 (4), pp. 147-159.
- Love, P. E., Irani, Z., & Edwards, D. (2004). A rework reduction model for construction projects. *IEE Trans. Eng. Manage.* , 51 (4), pp. 426-440.
- Maheswari, J., Varghese, K., & Sridharan, T. (2005). Application of Dependency Structure Matrix for Activity Sequencing in Concurrent Engineering Projects. *Journal of Construction Engineering and Management* , 132 (5), pp. 482-490.
- Marshall Júnior, I., Cierco, A. A., Rocha, A. V., Mota, E., & Leusin, S. (2008). *Gestão da Qualidade* (9ª edição ed.). Rio de Janeiro: FGV.
- MEC. (2010). *SIMEC - Sistema Integrado de Orçamento Planejamento e Finanças*. Acesso em 06 de Abril de 2010, disponível em SIMEC - Sistema Integrado de Orçamento Planejamento e Finanças: <http://www.simec.mec.gov.br>
- Mehrabian, A. (1971). *Silent Messages*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.

Melhado, S. B. (1994). *Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo.

Mesquita, M., Fabrício, M., & Melhado, S. (2002). Concurrent Engineering in construction: studies of brief-design integration. *Conference of the International Group for Lean Construction, 10*. Gramado.

Miles, R., & Ballard, G. (2002). Problems in the interface between mechanical design and construction: a research proposal. *Journal of Construction Research* , 3 (1), pp. 83-95.

Miller, C., Packaham, G., & Thomas, B. (2002). Harmonization between main contractors and subcontractors: a prerequisite for lean construction? *Journal of Construction Research* , 3 (1), pp. 67-82.

Miranda, C. M., Alencar, L. H., Campos, C. A., Pontes, L. A., & Ghinato, P. (2003). Um modelo para o sistema de construção enxuta a partir do Sistema Toyota de Produção. *XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Ouro Preto.

Molleman, E. (2000). Modalities of self-managing teams: The "must", "may", "can" and "will" of local decision making. *International Journal of Operations & Production Management* , 20 (8), pp. 889-910.

Moser, L. (2003). Diretrizes de Implementação do Conceito de Célula de Manufatura Móvel para o Ambiente da Construção Civil. *Dissertação de Mestrado* . Curitiba: Universidade Federal do Paraná.

Moser, L., & Santos, A. (2003). Análise dos Impactos da Adoção de Células de Manufatura como Estratégia de Implementação da Lean Construction. *XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Ouro Preto: ABEPRO.

Neely, A. (1999). The performance measurement revolution: Why now and what next. *International Journal of Operation and Production Management* , 19 (2), pp. 205-228.

Niepce, W., & Molleman, E. (1996). A case study: characteristics of work organization in lean production and sociotechnical systems. *International Journal of Operations & Production Management* , 16 (2), pp. 77-90.

Niepce, W., & Molleman, E. (1998). Work Design Issues in Lean Production from a Sociotechnical Systems Perspective: Neo-Taylorism or the Next Step in Sociotechnical Design? *Human Relations* , 51 (3), pp. 259-287.

NORIE/URGS. (2003). *Sistema de Indicadores para benchmarking na Construção Civil*. Acesso em 10 de março de 2010, disponível em <http://www.cpgec.ufrgs.br/norie/benchmarking/>

Oliveira, O., & Melhado, S. (2007). Avaliação de desempenho de projetos e empresas de projeto de edifícios. *Integração* (48), pp. 5-10.

Patussi, F. (2006). Aplicação do Conceito de Célula de Produção em Obras de Pequeno Porte. *Dissertação de Mestrado* . Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.

Patussi, F., & Heinnech, L. (2006). A utilização de conceitos da produção enxuta na constituição de células de produção em obras de pequeno porte. *Workshop Desempenho de Sistemas Construtivos*. Chapecó: UNOCHAPECO.

Peña-Mora, F., & Li, M. (2001). Dynamic Planning and Control Methodology for Design/Build Fast-Track Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management* , 127 (1), pp. 1-17.

Pennell, J., & Winner, J. I. (1989). Concurrent Engineering: Practices and Prospects. *Global Telecommunications Conference and Exhibition. Communications Technology for the 1990s and Beyond*. Dallas: IEEE.

Peralta, A. (2002). Um modelo do processo de projeto de edificações, baseado na engenharia simultânea, em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte. *Dissertação de Mestrado* . Florianópolis: UFSC.

Pfeffer, J. (1982). *Organizations and organization theory*. Marshfield Mass.

Picchi, F. (2001). Lean Thinking (Mentalidade Enxuta): avaliação sistemática do potencial de aplicação no setor de construção. *Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho no Ambiente Construído*. Fortaleza: ANTAC.

Picchi, F. (2003). Oportunidades de aplicação do Lean Thinking na construção. *Ambiente Construído* , 3 (1), pp. 7-23.

Pinto, L. (2007). *Gestão de obras de construção na UnB:acompanhamento do cronograma físico-financeiro* . Universidade de Brasília.

PMI. (2004). Guia PMBOK. *Norma Técnica (3 ed.)* . Newtown Square: Project Mangement Institute.

PNUD Brasil. (s.d.). *PNUD Brasil :::/ IDH*. Acesso em 15 de julho de 2009, disponível em Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - Brasil: <http://www.pnud.org.br/idh/#>

Prasad, B. (1999). Enabling principles of concurrency and simultaneity in concurrent engineering. *Artificial Inteligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing* (13), pp. 185-204.

Prasad, B. (1995). On Influencing Agents of CE. *Concurrent Engineering: researchs and Applications* , 3 (2), pp. 78-80.

Ratnasabapathy, S., & Rameezdeen, R. (2006). Design-bid-build vs design—build projects: Performance assessment of commercial projects in sri lanka. *Sustainability and value through construction*, (pp. 474-481). Salford.

Rother, M., & Shook, J. (1999). *Aprendendo a Enxergar - mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício*. São Paulo: Lean Institute Brasil.

Santos, A. (1999). Application of production management flow principles in construction sites. *Tese de Doutorado* . Salford, UK: University of Salford.

Santos, A., Moser, L., & Tookey, J. (2002). Applying the Concept of Mobile Cell Manufacturing on the Drywall Process. *Conference of the International Group for Lean Construction, 10*. Gramado.

Schutz, A. (1979). *Fenomenologia e relações Sociais*. Rio de Janeiro: Zahar Editores.

SEAP. (2001). *Manual de Obras Públicas - Edificações Prática MP*. Acesso em 24 de outubro de 2009, disponível em Comprasnet - Portal de Compras do Governo Federal: <http://www.comprasnet.gov.br/>

Sekine, K. (1990). *One-Piece Flow: Cell design for transforming the product process*. Productivity Press.

- Shimizu, J., & Cardoso, F. (2002). Subcontracting and cooperation network in building construction: a literature review. *Conference of the International Group for Lean Construction, 10*. Gramado.
- Shingo, S. (1985). *A revolution in Manufacturing: The SMED System*. Cambridge, MA: Productivity Press.
- Silva, C. (1997). Evolução do desenvolvimento de Produtos - Proposta dos Fatores que Caracterizam as Concepções da Engenharia Sequencial e Simultânea. *17 ENEGEP*. Gramado.
- Silva, C., & Alves, A. (2004). A Framework for Understanding cellular Manufacturing Systems. In: J. J. Ferreira (Ed.), *e-Manufacturing: Business Paradigms and Supporting Technologie*. Kluwer Academic Publishers.
- Smith, R. P. (1997). The historical roots of concurrent engineering fundamentals. *IEEE Transactions on Engineering Management* , 44 (1), pp. 67-78.
- Sohail, M., & Baldwin, A. N. (2004). Performance indicators for 'micro-projects' in developing countries. *Construction Management & Economics* , 22 (1), pp. 11-23.
- Stalk, J. G., & Hout, T. M. (1990). *Competing against time*. New York: The Free Press.
- Stuedel, H., & Desruelle, P. (1992). *Manufacturing in the Nineties: How to Become a Mean Lean World-Class Competitor*. New York: Nostrand-Reinhold.
- Stoll, H. (1988). Design for Manufacturing. *Manufacturing Engineering* , 100 (1).
- Suri, R. (1998). *Quick Response Manufacturing: A companywide approach to reducing lead times*. Portland: Productivity Press.
- Takashina, N., & Flores, M. (1996). *Indicadores de Qualidade e do Desempenho: Como Estabelecer Metas e Medir Resultados*. Rio de Janeiro: Qualitymark.
- Tseng, M., Jiao, J., & Duffy, V. (1998). Product Family Modeling for Mass Customization. *Computer and Industrial Engineering* , 35 (3-4), pp. 495-498.
- Tzortzopoulos, P., Betts, M., & Cooper, R. (2002). Product development process implementation: exploratory case studies in construction and manufacturing. *Conference for the International Group for Lean Construction, 10*. Gramado.

Tzortzopoulos, P., Formoso, C., & Betts, M. (2001). Planing the product development process in construction: an exploratory case study. *Conference of the International Group for Lean Construction, 9*. Singapoure.

UnB. (2009). *Sobre a UnB - CEPLAN*. (UnB) Acesso em 17 de Julho de 2009, disponível em Portal Universidade de Brasília: <http://www.unb.br/ceplan/index.htm>

Vakharia, A. (1996). Methods of cell formation in group technology:a framework for evaluation. *Journal of Operations Management* , 6 (3), pp. 257-271.

Ward, A. C. (2004). *Lean Development Skills Book*. Ann Arbor: Ward Synthesis Inc.

Ward, S., Curtis, B., & Chapman, C. (1991). Objectives and performance in construction projects. *Construction Management and Economics* (9), pp. 343–53.

Wasiak, J., Hicks, B., Linda, N., Dong, A., & Burrow, L. (2009). Understanding engineering email: the development of a taxonomy for identifying and classifying engineering work. *Res Eng Design* (Aug), pp. 1-22.

Wemmerlöv, U., & Hyer, N. (1989). Cellular Manufacturing in the U.S. Industry: a survey of users. In: R. e. Moodie (Ed.), *Manufacturing Cells - A systems engineering view*. Taylor & Francis.

Wilhelm, K. (2007). Collaboration makes construction lean. *Targert: inovacion at work* , 23 (5), pp. 4-12.

Winner, R. I., Pennell, J. P., Bertrand, H., & Slusarczuk, M. (1988). *The Role of Concurrente Engineering in Weapons System Acquisition*. Alexandria: Institute for Defense Analyses.

Womack, P., & Jones, T. (1998). *A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza*. Rio de Janeiro: Campus.

Yu, I., Kim, K., Jung, Y., & Chin, S. (2007). Comparable Performance Measurement System for Construction Companies. *Journal of Management in Engineering* , 23 (3), pp. 131-139.

