



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

LUCAS MELCHIORI PEREIRA

**DESENHO ORGANIZACIONAL PARA A INTEGRAÇÃO DE
PROJETOS ATRAVÉS DA MODELAGEM DA INFORMAÇÃO
EM PROCESSOS COLABORATIVOS**

Londrina
2014

LUCAS MELCHIORI PEREIRA

**DESENHO ORGANIZACIONAL PARA A INTEGRAÇÃO DE
PROJETOS ATRAVÉS DA MODELAGEM DA INFORMAÇÃO
EM PROCESSOS COLABORATIVOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Edificações e Saneamento.

Orientadora: Profa. Dra. Ercilia Hitomi Hirota

Londrina
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Pereira, Lucas Melchiori.

Desenho organizacional para a integração de projetos através da modelagem da informação em processos colaborativos / Lucas Melchiori Pereira. - Londrina, 2014.
238 f. : il.

Orientador: Ercília Hitomi Hirota.

Dissertação (Mestrado em Edificações e Saneamento) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, 2014.

Inclui bibliografia.

1. Projetos - Estrutura organizacional - Tese. 2. Projeto auxiliado por computador - Tese. 3. Comunicação em projeto arquitetônico - Tese. 4. Arquitetura - Tese. I. Hirota, Ercília Hitomi. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Tecnologia e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento. III. Título.

LUCAS MELCHIORI PEREIRA

**DESENHO ORGANIZACIONAL PARA A INTEGRAÇÃO DE
PROJETOS ATRAVÉS DA MODELAGEM DA INFORMAÇÃO EM
PROCESSOS COLABORATIVOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Edificações e Saneamento.

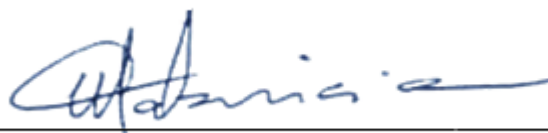
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Ercilia Hitomi Hirota
Universidade Estadual de Londrina – UEL



Profa. Dra. Regina Coeli Ruschel
Universidade Estadual de Campinas –
UNICAMP



Prof. Dr. Márcio Minto Fabricio
Universidade de São Paulo – USP–SC

Londrina, 26 de fevereiro de 2014.

AGRADECIMENTOS

À Prof. Dra. Ercília Hitomi Hirota, por disponibilizar de maneira clara e precisa o seu talento de ensinar na orientação deste trabalho. Devo agradecer também à Prof. Dra. Fernanda Saffaro, por me oferecer um vasto e novo caminho de pensamento. Ambas são para mim, exemplo e referencia de dedicação e seriedade profissional como professores.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento da Universidade Estadual de Londrina, na figura de seus docentes e funcionários, pelo oferecimento e manutenção deste curso.

A CAPES por conceder a bolsa para esta pesquisa.

As novas amizades e parcerias que construí na universidade, especialmente Alessandro Kremer, Celso Saito e Karina Ozório pela partilha de conhecimento esforços e perspectivas de vida, fazendo-se também meus professores.

Aos profissionais envolvidos nessa pesquisa por autorizarem prontamente a utilização das informações provenientes de suas atividades profissionais e serem sempre solícito em colaborar no trabalho decorrido e decorrente reflexão.

A minha família e particularmente aos meus pais, por me ensinarem o valor do conhecimento e apoiarem essa jornada de aprendizagem.

Desde cedo aprendemos a separar e dividir os problemas para facilitar a execução de tarefas e o tratamento de assuntos complexos. Com isso, frequentemente deixamos de ver as consequências dos nossos atos e perdemos, também, o sentido de conexão com o todo maior.

Precisamos resgatar a nossa capacidade de ver o mundo como um sistema de forças entrelaçadas e relacionadas entre si. Ao fazermos isso estaremos em condições de formar as organizações de aprendizagem, nas quais as pessoas se colocarão objetivos mais altos, aprenderão a criar os resultados desejados e a usar novos e elevados padrões de raciocínio, enfim, onde as pessoas aprenderão continuamente a aprender em grupo (SENGE, 1998).

PEREIRA, Lucas Melchiori. **Desenho organizacional para a integração de projetos através da modelagem da informação em processos colaborativos.** 2014. 238 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

RESUMO

A cadeia produtiva complexa e fragmentada da indústria da construção civil apresenta um desafio organizacional à necessidade de integração, relacionada ao alinhamento das informações e um entendimento compartilhado entre os intervenientes envolvidos no desenvolvimento e produção do ambiente construído. O objetivo deste estudo é, portanto, identificar e organizar as condições necessárias para propor um desenho organizacional conceitual e mínimo para a modelagem da informação em projetos colaborativos, cujo poder de integração se destaca entre os processos, práticas e ferramentas, observados no âmbito acadêmico e industrial. Assim, fez-se necessário uma abordagem metodológica que subsidiasse a construção deste artefato. A pesquisa construtiva oferece as bases metodológicas para isso. O trabalho consistiu em dois estudos empíricos, que analisaram respectivamente, a vantagem da modelagem paramétrica para validar e comunicar as informações do projeto para construção e as condições de colaboração de uma equipe multidisciplinar de projeto em um empreendimento imobiliário. Com este estudo foi possível identificar as necessidades de interação – não atendidas pelo desenho organizacional observado – entre projeto e construção, bem como as condições organizacionais para o desenvolvimento dessas informações durante a fase de projeto. Com base nas constatações levantadas foi construído um desenho organizacional alternativo que oferece as condições para a integração do desenvolvimento e produção do ambiente construído através do processo de projeto. Além disso, as constatações permitiram uma revisão crítica do processo existente, contribuindo para discussão teórica sobre processos integrados de projeto, modelagem de informação e projeto colaborativo.

Palavras-chave: Integração do processo de projeto e construção. Modelagem da informação. Projeto colaborativo. Desenho organizacional.

PEREIRA, Lucas Melchiori. **Organizational design for the integration of the project through modelling information in collaborative design.** 2014. 238 p. Dissertation (Master's Degree in Building and Sanitation Engineering) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

ABSTRACT

The complex and fragmented production chain of the Building Industry in organizational challenge towards the need for concerning alignment of information and a shared understanding among those involved in the development and production of the built environment. This study aimed to identify and organize the necessary conditions for the proposition of a conceptual and minimum organizational design for modelling information in collaborative design, which is recognized by its integrative capacity. This study required a methodological approach that could support the development of this artefact. The Constructive Research offers the methodological background for it. The research comprised two studies, which analyzed respectively the advantages of parametric modelling for validating and communicating design for production phase and the conditions for collaboration in a multidisciplinary design team in a residential Project. These studies provided evidences for the identification of interactions needed – not provided by the existent organizational design – between design and production team, as well as organizational conditions for the development of those information during design stage. Based on the evidences, an alternative organizational design was developed, which offers appropriate conditions for the integration of the development of design and production of the built environment. Besides, the evidences provided a critical revision of the existent process, contributing to a theoretical discussion on integrated design process, information modelling and collaborative design process.

Key Words: Integration design process. Building information modeling. Collaborative design. Organizational design.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	–	Ciclo de vida de um projeto.....	30
Figura 2	–	a economia decorrente do investimento em projeto	31
Figura 3	–	Ciclo PDCA	33
Figura 4	–	o que o setor da construção civil entende como projeto em seus empreendimentos	38
Figura 5	–	ciclo de vida de um projeto integrado do Ambiente Construído	39
Figura 6	–	Formas de representação dos objetos compartilhados	54
Figura 7	–	modelo de projeto colaborativo	56
Figura 8	–	O mecanismo da prática reflexiva nas atividades de projeto	62
Figura 9	–	cooperação entre equipes com atividade interdependentes em um projeto multidisciplinar	69
Figura 10	–	colaboração entre intervenientes de uma equipe em um projeto multidisciplinar.....	70
Figura 11	–	o que terceirizar no PDP em um desenho organizacional orientado por projeto colaborativo	71
Figura 12	–	gastos com projeto versus desenvolvimento do projeto.....	84
Figura 13	–	estágios de maturidade BIM.....	95
Figura 14	–	gerenciamento integrado do projeto e IPD.....	98
Figura 15	–	elementos centrais da abordagem de pesquisa construtiva.....	101
Figura 16	–	delineamento da pesquisa.....	104
Figura 17	–	indicação do estágio em que o estudo exploratório foi realizado	111
Figura 18	–	planta simplificada do apartamento tipo.....	115
Figura 19	–	prototipagem física para antecipar problemas de interferências entre subsistemas e incompatibilidades de projeto.....	116
Figura 20	–	Prototipagem Analítica Virtual da arquitetura, estruturas e subsistemas hidrossanitários.....	117
Figura 21	–	estruturação do estudo exploratório.....	118
Figura 22	–	recorte de planta e legenda do projeto elétrico.....	131
Figura 23	–	inconformidade na bancada da cozinha identificada com auxílio de um relatório de interferência do software	132
Figura 24	–	modelo integrado entre projeto e produção	141
Figura 25	–	interfaces de um modelo de informação	142

Figura 26 – indicação do estágio em que o estudo retrospectivo foi realizado.....	146
Figura 27 – protocolo de registro das práticas reflexivas em processos decisórios.....	153
Figura 28 – grau de complexidade da prática reflexiva alcançada pela equipe de projeto ao longo da 1ª reunião	157
Figura 29 – grau de complexidade da prática reflexiva alcançada pela equipe de projeto ao longo da 2ª reunião	158
Figura 30 – decomposição percentual do tempo efetivo empreendido nas diferentes práticas reflexivas pela equipe de projeto, na 1ª reunião	159
Figura 31 – decomposição percentual do tempo efetivo empreendido nas diferentes práticas reflexivas pela equipe de projeto, na 2ª reunião	159
Figura 32 – prática reflexiva da equipe com pior desempenho no desenvolvimento de projeto de um novo produto	161
Figura 33 – prática reflexiva da equipe com melhor desempenho no desenvolvimento de projeto de um novo produto	161
Figura 34 – episódio que definiu o sistema de reuso de água pluvial (1ªreunião)	164
Figura 35 – episódio onde a equipe busca uma solução para locação de caixas elétricas e hidráulicas (2ªreunião).....	166
Figura 36 – episódio da definição do sistema de aquecimento de água nos chuveiros (1ªreunião).....	169
Figura 37 – episódio da definição do sistema de hidrômetro individual (1ªreunião)	172
Figura 38 – caso de conflito de interesses (parte do episódio de definição do tipo de uso da água pluvial, 1ªreunião)	174
Figura 39 – desenho organizacional voltado à integração das informações de projeto e construção em um empreendimento.....	178
Figura 40 – representação esquemática do desenho organizacional observado nos estudos empíricos.....	184
Figura 41 – proposta de desenho Inter organizacional para empreendimentos do AC.....	192

Figura 42 – organização orientada para o fluxo dos processos de construção de uma função do AC	195
Figura 43 – organização orientada para o fluxo dos processos de valoração do AC	201
Figura 44 – elementos centrais da abordagem de pesquisa construtiva.....	220

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Característica dos esforços coletivos entre pessoas.....	47
Tabela 2	– Mecanismos que influenciam positivamente o processo decisório.....	58
Tabela 3	– Mecanismos que influenciam negativamente o processo decisório em situações críticas.....	59
Tabela 4	– da modelagem ao gerenciamento.....	88
Tabela 5	– os dois ciclos investigativos da fase exploratória na pesquisa construtiva.....	102
Tabela 6	– os dois ciclos analíticos da fase explanatória na pesquisa construtiva.....	103
Tabela 7	– tipologia de prototipagem praticada pela construtora.....	113
Tabela 8	– objetivos da prototipagem.....	114
Tabela 9	– compatibilização entre pranchas dos projetos executivos na análise do protótipo representativo.....	120
Tabela 10	– descrição dos “tipos” utilizados para classificação das inconformidades.....	121
Tabela 11	– quantidade total de inconformidades identificadas em cada tipo de análise.....	121
Tabela 12	– quantidade de layers do projeto.....	124
Tabela 13	– relação da quantidade e custos simulados das inconformidades identificadas no protótipo físico também identificadas no protótipo analítico virtual.....	125
Tabela 14	– eficiência do prot. analítico virtual frente um prot. físico.....	126
Tabela 15	– Cálculo honorários de Compatibilização de Projetos.....	128
Tabela 16	– protocolo de identificação das praticas reflexivas.....	148
Tabela 17	– identificação dos episódios da 1ª reunião da equipe de projeto (GR1).....	155
Tabela 18	– identificação dos episódios da 2ª reunião da equipe de projeto (GR2).....	156
Tabela 19	– Comparação entre ciência da produção, ciência do artificial, design Science e Constructive research.....	219

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEC	<i>arquitetura, engenharia e construção</i>
APO	<i>avaliação pós-ocupação</i>
APP	<i>avaliação pré-projeto</i>
ASQ	<i>American Society for Quality</i> (Associação Norte Americana da Qualidade)
BIM	<i>Building Information Modeling</i> (modelagem de informação do edifício)
CAD	<i>Computer Assisted / Automated Design</i>
DB	<i>Design-Build</i>
DBB	<i>Design-Bid-Build</i>
DBIA	Design-Build Institute of America
IAI	<i>International Alliance for Interoperability</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IPD	<i>Integrated project delivery</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Control, Action</i> (planejar, fazer, controlar, agir)
PDP	<i>processo de desenvolvimento do produto</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA.....	18
1.2	QUESTÃO.....	18
1.3	PROPOSIÇÃO.....	19
1.4	OBJETIVO.....	19
1.4.1	Objetivos Específicos	20
1.4.2	Delineamento da Pesquisa	20
1.4.3	Composição dos Capítulos.....	21
2	CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO	23
2.1	DISTINÇÃO ENTRE QUALIDADE DO EDIFÍCIO E DO PROJETO	24
2.1.1	Qualidade do Edifício.....	25
2.1.2	Qualidade do Projeto	25
2.2	ESCOPO DO PROJETO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO.....	27
2.3	GESTÃO NA CONSTRUÇÃO.....	32
2.4	O VALOR NA GESTÃO DO PROJETO	34
2.5	DISCUSSÃO: PERSPECTIVAS PARA O PROJETO	35
3	PROJETO COLABORATIVO	42
3.1	O PROJETO DE EDIFÍCIOS ENTENDIDO COMO UM PROCESSO COLABORATIVO DE PROJETO INTEGRADO	43
3.2	ASPECTOS ORGANIZACIONAIS DO PROJETO COLABORATIVO	45
3.2.1	Características Gerais de Empresas que Desenvolvem Projetos Colaborativos	45
3.2.2	Equipes de Projetos Multidisciplinares em um Processo Colaborativo de Projeto Integrado de Produto	48
3.2.3	Ambientes de Colaboração e as Perspectivas para o Projeto de Edificações	49
3.3	COMUNICAÇÃO SÍNCRONA E ASSÍNCRONA	51
3.3.1	Comunicação Assíncrona.....	52
3.3.2	Comunicação Síncrona	55

3.4	ENTENDIMENTO COMPARTILHADO: PROCESSO DECISÓRIO E PRÁTICA REFLEXIVA	57
3.4.1	Situações Críticas do Processo Decisório	57
3.4.2	A Prática Reflexiva	60
3.5	CRIAÇÃO E CONSOLIDAÇÃO DO CONHECIMENTO	62
3.5.1	Criação e Integração do Conhecimento	66
3.6	DISCUSSÃO: PROCESSOS INTEGRADOS DO PROJETO COLABORATIVO	67
4	MODELAGEM DA INFORMAÇÃO.....	76
4.1	A CONCEPÇÃO E COMUNICAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DO PROJETO EM U M PROCESSO COLABORATIVO	77
4.2	MUDANÇA ORGANIZACIONAL DE UM SISTEMA BASEADO EM DOCUMENTAÇÃO PARA UM SISTEMA BASEADO EM MODELAGEM DE INFORMAÇÃO.....	79
4.3	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO COM ENFOQUE NA PROTOTIPAGEM.....	81
4.4	CARACTERÍSTICAS DA MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DO EDIFÍCIO	86
4.5	NOVO MODELO DE NEGÓCIO BASEADO NO IPD	91
4.6	DISCUSSÃO: INTEGRAÇÃO DA INFORMAÇÃO	94
5	METODOLOGIA DE PESQUISA.....	99
5.1	PESQUISA CONSTRUTIVA.....	99
5.2	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA CONSTRUTIVA	100
5.3	DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	103
5.3.1	Etapa Preparatória	107
5.3.2	Etapa de Desenvolvimento	108
5.3.3	Construção.....	108
5.3.4	Reflexão Teórica	109

6	ESTUDO EXPLORATÓRIO	110
6.1	DETALHAMENTO METODOLÓGICO	110
6.1.1	Caracterização do Grupo de Pesquisa	112
6.1.2	Caracterização dos Dados Adotados.....	113
6.1.3	Caracterização dos Procedimentos Realizados.....	115
6.1.4	Caracterização da Natureza dos Dados Produzidos	119
6.2	RESULTADOS DO ESTUDO EXPLORATÓRIO.....	121
6.2.1	Análise Comparativa	121
6.2.2	Análise Formal dos Arquivos de Projeto.....	123
6.2.3	Detalhamento da Análise Comparativa.....	124
6.2.4	Consequências Financeiras	126
6.2.5	Descrição das Incompatibilidades em uma única Parede	129
6.2.6	Consequências para a Cadeia Produtiva.....	133
6.2.7	Considerações sobre a Análise do Protótipo Representativo.....	135
6.3	DISCUSSÃO: INTEGRAR PROJETO DO PRODUTO E PRODUÇÃO	139
7	ESTUDO RETROSPECTIVO	145
7.1	DETALHAMENTO METODOLÓGICO	145
7.1.1	Caracterização do Método de Pesquisa	147
7.1.2	Sobre o Objeto Analisado.....	149
7.1.3	Caracterização MATERIAL	153
7.1.4	Descrição do Desenvolvimento do Estudo Retrospectivo	154
7.2	RESULTADOS DO ESTUDO RETROSPECTIVO.....	155
7.2.1	Aspectos Gerais.....	157
7.2.2	Situações Críticas.....	162
7.2.3	Confrontando Prática Reflexiva e os Mecanismos que Influenciam o Processo Decisório.....	163
7.2.4	Composição da Equipe.....	165
7.2.5	Benefícios e Riscos da Experiência	167
7.2.6	Mecanismos de Poder.....	171
7.2.7	Estrutura Organizacional	173
7.3	DISCUSSÃO: LUGAR DO GERENCIAMENTO DO PROJETO E SUA RELAÇÃO COM O EMPREENDIMENTO	174

8	CONCLUSÃO: CONSTRUÇÃO DO DESENHO ORGANIZACIONAL	181
8.1	GERENCIAMENTO INTEGRADO DO PROJETO E CONSTRUÇÃO	183
8.2	IMPLICAÇÕES ORGANIZACIONAIS DO GERENCIAMENTO INTEGRADO DO PROJETO E CONSTRUÇÃO EM EMPREENDIMENTOS DO AC	189
8.3	A INTEGRAÇÃO DO FLUXO DO PROJETO E A MELHORIA CONTÍNUA NAS ORGANIZAÇÕES ENVOLVIDAS EM EMPREENDIMENTOS DO AC	193
8.4	ORGANIZAÇÃO VOLTADA PARA O FLUXO DE VALOR	198
8.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	203
	REFERÊNCIAS	206
	APÊNDICES	214
	APÊNDICE A – Discussão Sobre a Natureza da Pesquisa Construtiva	215
	APÊNDICE B – Lista de Arquivos Liberados para Obra.....	227
	APÊNDICE C – Lista de Incompatibilidades por Modalidade	229
	APÊNDICE D – Comparação das Inconformidades Organizadas por Assunto	236

1 INTRODUÇÃO

O paradigma corrente sobre o desenvolvimento de projetos complexos, como observados na indústria do ambiente construído, aponta a necessidade de colaboração intensa e precoce dos intervenientes envolvidos ao *longo* do processo de seu desenvolvimento, desde a concepção até a conclusão de sua produção.

O intuito deste envolvimento precoce é permitir que as decisões de projeto considerem e incorporem o máximo de requisitos dos principais clientes existentes ao longo do ciclo de vida do produto. No caso das edificações, seu caráter prototípico apresenta uma complicação adicional, relacionada à dificuldade em experimentar as soluções apresentadas antes de concretizá-las.

Neste sentido este trabalho se concentra em **identificar e organizar condições necessárias para desenvolver o projeto colaborativo empregando sistemas de modelagem da informação da edificação**, no qual destacamos o potencial de prototipagem virtual e a simulação como apoio fundamental ao processo decisório consistente no desenvolvimento da prática profissional projetiva.

Ele se alinha aos esforços concentrados no projeto de pesquisa interdisciplinar *Desenvolvimento de projetos integrados de edificações – processo colaborativo e instrumentos gerenciais*, coordenado pela Profa. Dra. Ercilia Hitomi Hirota, que discute tanto o desenvolvimento de projetos integrados de edificações e o projeto colaborativo como os aspectos gerenciais e organizacionais a eles relacionados.

A motivação fundamental para empreender a pesquisa advém da busca pelo aperfeiçoamento dos processos e práticas profissionais, visando à melhoria da qualidade do projeto das edificações.

Ao estabelecer alguns conceitos sobre inovação, melhoria contínua e qualidade no projeto do ambiente construído como ponto de partida para exposição de uma pesquisa que aborda a integração de projetos e processos relacionados ao desenvolvimento do ambiente construído – através da perspectiva específica da colaboração e prototipagem virtual – tem-se a intenção de traçar um caminho argumentativo originado na realização das expectativas dos atores envolvidos.

Entendemos que o desempenho da equipe de projeto depende das condições e motivações ofertadas no empreendimento. E que essa organização subjacente pode favorecer ou prejudicar o desempenho da equipe, ao alinhar ou não os interesses de cada interveniente aos objetivos do projeto e, conseqüentemente, à satisfação de seus clientes, em especial, do morador e da sociedade.

Contudo, temas diretamente relacionados à qualidade, inovação ou melhoria contínua não serão desenvolvidos ou pormenorizados neste trabalho, na medida em que a menção inicial ao tema se restringe ao posicionamento de certos aspectos organizacionais, que orientaram o desenvolvimento da proposta organizacional, servindo de argumento para sua validação.

Assim, pretende-se evidenciar a necessidade de construir um desenho organizacional do negócio da construção orientado para alimentar o desenvolvimento do projeto com informações de todo ciclo produtivo e alinhar esta pesquisa às demais pesquisas científicas correntes sobre a gestão do conhecimento e uma abordagem estratégica (DUGUID; BROWN, 2001) do projeto.

Fundamentalmente, a pesquisa parte da premissa de que prática projetiva trata um tipo de conhecimento particular que deve estar inserido na cultura organizacional, empresarial e profissional da AEC; que este conhecimento é permanentemente construído através da prática projetiva, em processos de experimentação e aprendizagem; e que esta característica favorece a permanente reformulação dos parâmetros de qualidade do projeto desenvolvido, permitindo a melhoria contínua na produção das edificações e cidades (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008, p. 113).

Isso significa, entre outras coisas, que alinhar a organização às boas práticas projetuais é bom para o negócio (PHILLIPS, 2011). E estabelecer um ambiente que favoreça o aperfeiçoamento e a organização do repertório construtivo adquirido durante o processo de desenvolvimento e produção é fundamental para a melhoria do projeto.

Trata-se, portanto, da busca de condições ideais para conceber satisfatoriamente uma edificação, em que o enfoque não se concentra apenas nas tecnologias de informação (*Building Information Modeling* – BIM) ou no processo projetual, mas nas condições organizacionais melhores para interação entre estes aspectos tecnológico e humano, que consolidam uma oportunidade sem igual de melhoria do processo produtivo, pois concentram as possibilidades de inovação, propagação e consolidação de boas práticas gerenciais e construtivas.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A indústria do ambiente construído demonstra dificuldade para melhorar a qualidade e inovar os processos e produtos oferecidos, os quais apresentam problemas relacionados principalmente ao projeto e a gestão da informação e dos processos, que impactam na qualidade do edifício.

A teoria existente aponta a integração dos processos e do conteúdo do projeto como uma solução possível, porém a viabilização dessa prática requer uma mudança conceitual nos paradigmas organizacionais do setor de AEC. Em uma cadeia produtiva fragmentada e complexa (KOSKELA, 2000), como a apresentada na indústria do ambiente construído, a necessidade de integração apresenta um desafio imediato de alinhar as informações e os entendimentos divergentes dos intervenientes envolvidos no desenvolvimento do produto.

1.2 QUESTÃO

Sob a perspectiva do problema apresentado, o foco do estudo se traduz na seguinte questão:

Como propiciar a integração dos processos de desenvolvimento e produção do ambiente construído?

Para responder esta questão a revisão bibliográfica buscou levantar e confrontar as principais definições, instrumentos e práticas relacionadas ao problema de projeto presentes na teoria atual, confrontando-os com as características e restrições do setor do ambiente construído.

1.3 PROPOSIÇÃO

Este exercício de pesquisa e reflexão permitiu consolidar um posicionamento diante da teoria, estabelecendo como proposição inicial deste estudo que os processos de projeto de edificações podem apresentar melhor desempenho ao implementar um desenho organizacional que favoreça a gestão do projeto voltada para inovação e melhoria contínua, através da colaboração, prototipagem e gestão do conhecimento. Assim, o desenho organizacional de cada negócio deve ser articulado de acordo com determinadas orientações organizacionais, que em essência constituem um desenho organizacional básico, mínimo ou conceitual que contemple as condições para esse desempenho esperado. Ao mesmo tempo, a concepção do desenho organizacional de uma determinada empresa deve contemplar particularidades do negócio que suporta, adequando-o a escalas e especificidades de sua atuação.

1.4 OBJETIVO

O objetivo deste estudo é, portanto, identificar e organizar as condições necessárias para desenvolver conceitualmente uma proposta de desenho organizacional para o projeto colaborativo baseado em modelagem da informação da construção que ofereça as condições ideais para o desenvolvimento de processos e projetos integrados na produção do ambiente construído.

1.4.1 Objetivos Específicos

- Compreender e instrumentalizar a interação entre as atividades de projeto e produção das edificações, apresentando os ganhos reais possíveis com a integração informacional desses processos; identificando nas práticas de projeto e produção atuais as possíveis barreiras à integração e contradições;
- Desenvolver orientações específicas às práticas gerenciais do projeto de edificações, baseados em colaboração e prototipagem, para a verificação e validação dos projetos desenvolvidos;

1.5 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A motivação da pesquisa, expressa no item anterior, apresenta um desafio metodológico com características prescritivas. É certo que alguns termos que estão presentes na redação dos objetivos, tais como “identificar e organizar” ou “compreender” são claramente explicativos. Porém, sua colocação está condicionada a finalidade do trabalho que, em última análise, pretende “propor” e “desenvolver”, dentro do rigor científico cabível, soluções à questão levantada.

Assim, a questão de pesquisa não se restringe a descrever um problema exclusivamente acadêmico, mas está intimamente vinculado a um problema real, experiência do nas atividades profissionais ligadas ao desenvolvimento de projetos para o ambiente construído. Esta dupla natureza do problema, somada ao caráter propositivo de seu resultado, faz com que as metodologias científicas tradicionais, eminentemente explicativas, não ofereçam instrumentos necessários para seu desenvolvimento.

Neste sentido, profissionais e pesquisadores provenientes das áreas de design, engenharias, economia, informática e tecnologia (entre outras tantas), tem estabelecido um esforço coordenado de sistematizar uma metodologia propositiva. Esta já estava presente na divisão da ciência proposta por Arquimedes, através do que ele denomina Ciências Produtivas (KOSKELA, 2008), foi revisitada por Simon (1996) como Ciência do Artificial, e atualmente recebe alcunha de Ciência do Design (HOLMSTRÖM; KETOKIVI; HAMERE, 2009) ou Pesquisa Construtiva (LUKKA, 2003).

O presente trabalho se alinha a essa área emergente da ciência, por apresentar preocupações argumentativas prescritivas, nas quais são abordadas questões sociais, ambientais, gerenciais e tecnológicas na medida em que essas tangenciam seu objetivo, em identificar e organizar as condições necessárias e ideais para o desenvolvimento de projetos do Ambiente construído.

1.5.1 Composição dos Capítulos

Neste sentido, em um primeiro momento são abordados os aspectos gerais do setor, inserindo a questão organizacional em um contexto de crescimento da competitividade que pressiona o desenvolvimento de projetos mais econômicos ou rentáveis, realizados em tempo menor e alinhados aos interesses dos clientes endereçados. Estas características, que são apresentadas no capítulo 2, contextualizam a atividade de projeto, bem como as competências esperadas de seus atores, e estabelecem um conceito de qualidade do projeto que, em última análise, serve como orientação e justifica para as definições adotadas na composição de um arquétipo de organização baseado em colaboração e modelagem da informação.

A colaboração e modelagem da informação são discutidas a seguir, nos capítulos 3 e 4. Estes trazem uma revisão crítica de aspectos relevantes para identificação das condições organizacionais necessárias para o desenvolvimento dos projetos. Os assuntos abordados nestes capítulos oferecem as bases conceituais para o desenvolvimento dos dois estudos empíricos realizados.

O capítulo 5 retorna à discussão sobre o método de pesquisa apresentado já mencionado. São delineadas as características fundamentais da pesquisa construtiva e, em seguida, são relacionados os procedimentos adotados no trabalho que se alinham ao método. O capítulo 6 detalha as particularidades metodológicas do estudo experimental que direcionaram seu desenvolvimento. Além disso, são apresentados os resultados específicos, que serão retomados na conclusão. O capítulo 7, em semelhança ao anterior, aborda detalhes metodológicos, o desenvolvimento e os resultados específicos do estudo retrospectivos, revisitados na conclusão.

O capítulo 8 apresenta a conclusão, onde as constatações levantadas até então são resgatadas. Elas embasam a prescrição do artefato organizacional proposto segundo as orientações organizacionais observadas empiricamente e corroboradas pela bibliografia existente. Finalmente, são apresentadas as considerações finais.

2 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

O desenvolvimento e a produção do Ambiente Construído envolve uma complexa cadeia de processos interdependentes realizados, muitas vezes, por intervenientes comprometidos apenas com uma tarefa específica. Nesta grande e fragmentada cadeia, o processo de projeto do Ambiente construído se destaca, pois nele muitos aspectos tecnológicos, ambientais e econômicos são determinados¹. Assim, o projeto assume uma alta relevância para a caracterização dos aspectos tecnológicos, processuais, econômicos e sociais do edifício e sua edificação.

A essas características são atribuídos valores que qualificam tanto o produto como o processo relacionado a ele. É importante observar que esse conceito de qualidade não é em si absoluto, mas está condicionado a termos de seus significados culturais e simbólicos (VOORDT; WEGEN, 2005). Ou seja, o termo está vinculado a um entendimento subjetivo que atribui a determinadas características do objeto analisado um significado positivo. Ele pode significar aumento da competitividade, aperfeiçoamento de processos ou satisfação de um interveniente.

Assim, embora o desenvolvimento de um projeto envolva aspectos processuais que apresentem características próprias, que muitas vezes dominam a discussão sobre a qualidade no projeto e o desempenho no seu desenvolvimento, é importante observar que toda atividade relacionada à construção visa atender a uma determinada expectativa sobre o ambiente que será produzido.

¹ Alguns autores separam a concepção e desenvolvimento como fases distintas e sequenciais, porém, como se verá, esta separação corresponde a uma tentativa de ordenação cartesiana que ignora a natureza iterativa do projeto.

Essa relativização, portanto, faz da qualidade um conceito “passível de diferentes interpretações conforme seu uso e dependendo dos interesses de quem o utiliza” (FABRICIO; MELHADO, 2003), o que as descaracterizaria como um parâmetro de medição aceitável, embora seja um objetivo subjacente a toda discussão relacionada ao projeto.

2.1 Distinção entre Qualidade do Edifício e do Projeto

Com o objetivo de relacionar e distinguir a qualidade do projeto da qualidade do produto e daquela percebida pelo cliente será apresentado uma explanação sobre estes conceitos, iniciando por este último.

Existem duas dimensões associadas à qualidade percebida: uma **dimensão subjetiva** – capacidade de as pessoas mensurarem as características de um produto ou serviço – e uma **dimensão objetiva** – propriedades físicas e atributos do produto (TOLEDO, 1994). Pragmaticamente, ela pode ser entendida como um valor de satisfação do usuário que pode ser mensurado e controlado. Trata-se de um artifício criado para apoiar a gestão de produção.

A Associação Norte Americana da Qualidade (ASQ) adota dois significados complementares para o uso técnico, ou objetivo, do termo qualidade, quando aplicado na caracterização de um produto ou serviço: (01) **Ter capacidade para satisfazer necessidades declaradas ou implícitas**; (02) **Estar livre de deficiência**.

Tal entendimento foca na satisfação do consumidor e estabelece de uma maneira prática, duas frentes complementares de atuação na busca pela qualidade: a prevenção de defeitos e a detecção de defeitos (ASQ, 1993).

2.1.1 Qualidade do Edifício

Outra dimensão da qualidade está associada a sua relação custo benefício, que assume proporções críticas na construção de edificações, cujo custo e morosidade impactam decisivamente no valor do produto. Podemos afirmar assim que o “nível de qualidade dos ambientes do *habitat humano*” (FABRICIO; ORNSTEIN; MELHADO, 2010, p. 23; grifo nosso) está vinculado às relações de *custo benefício equilibradas*, considerando-se forma, função e técnica (VOORDT; WEGEN, 2005). Esta interpretação da qualidade incorpora instrumentos efetivos de controle estratégico da concepção e produção da edificação, instrumentalizando-os.

O conceito de qualidade no espaço construído incorpora, portanto, diferentes significados ao longo do ciclo de vida do *produto*. Desde a aceitação do conceito e programa do edifício pelo cliente usuário, estabelecimentos de contratos, até uma satisfatória resolução dos problemas de projeto, especificações, precificação realista, execução, uso e destinação final.

2.1.2 Qualidade do Projeto

Sob essa perspectiva podemos entender não só o projeto do edifício como um processo (MELHADO, 2001), mas, ao estender esse conceito, reconhecer nas edificações um processo contínuo, no qual desenvolvimento, produção, uso e fim compõem diferentes etapas de todo o processo que envolve uma edificação (KOSKELA, 2000).

Embora essas etapas apresentem suas particularidades, envolvendo diferentes disciplinas; e exista sobre cada uma a interferência de entendimentos diferentes, baseadas em valores particulares – reconhecíveis ou subentendidos – embutidos nas diferentes perspectivas de cada grupo envolvido, fato é que essas ações humanas se interligam e se concretizam em um objeto.

Na verdade, cada interpretação dada para qualidade reflete uma preocupação mais ou menos parcial diante de um dado problema circunscrito no tempo e, se admitirmos que a qualidade pode assumir diferentes significados de acordo com a conveniência de cada processo, pode-se concluir que ao longo do ciclo de vida do edifício diversos interesses são postos em jogo e com isso a “qualidade” pode assumir diferentes dimensões, sendo a qualidade total do empreendimento a ponderação dos resultados dessas diferentes dimensões. (FABRICIO; ORNSTEIN; MELHADO, 2010, p. 6).

Ou seja, a interação entre os diversos intervenientes, além dos aspectos materiais e tecnológicos em processo, resulta – ou deve resultar – na materialização da edificação, caracterizando-a e qualificando-a. Porém, a real dimensão da qualidade para o projeto envolve processos e subprodutos que não estão explícitos no resultado final, mas que impactam determinantemente sobre o meio pelo qual este resultado é concretizado, pois impacta em uma relação permanente e conflitante entre a qualidade, o custo e o tempo despendidos (PMI, 1996).

As diferentes perspectivas referidas são naturais em um empreendimento de longa duração e cujo produto extremamente complexo se configura a partir da contribuição de diversos intervenientes, que contracenam e se intercalam como protagonistas do processo de desenvolvimento e produção, sendo que essa responsabilidade pode ser estendida até o uso e manutenção da edificação. Se o edifício pode ser lido como um processo total composto por diferentes etapas de *construção* de seu objeto, cada processo deve responder satisfatoriamente aos dados de entrada, apresentando soluções e produção que atendam as necessidades dos demais clientes².

No caso do processo de desenvolvimento do projeto, “tais necessidades devem ser traduzidas em parâmetros de entrada (programa), e os dados de saída (projeto) devem contemplar soluções para o *produto e sua produção*” (FABRICIO; ORNSTEIN; MELHADO, 2010, p. 7, grifo meu).

² clientes, no plural, é uma expressão usada em gestão da qualidade, significando o conjunto de todos os clientes e partes interessadas;” (FABRICIO; ORNSTEIN; MELHADO, 2010, p. 7).

2.2 ESCOPO DO PROJETO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

De fato, ao atribuímos à **fase de projeto** as prerrogativas de apresentar as soluções para o produto e produção, estamos caracterizando sua atividade como foco e origem de quase totalidade das decisões que delimitarão as ações dentro do processo de produção do edifício.

Sendo assim, identificamos duas **características esperadas dos projetistas envolvidos**:

1. Procura entender as necessidades e as expectativas do empreendedor e do usuário final e, especialmente no caso do ultimo, prevalece a visão interdisciplinar do ambiente construído, no qual comportamentos, ações e atividades a ocorrerem no decorrer do uso devem ser consideradas pelos projetistas desde o projeto até a pós-ocupação. Se isso não ocorrer, corre-se o risco até de se antecipar a obsolescência de um bem imóvel de custo elevado, seja qual for seu uso.
2. Busca abordar procedimentos técnicos ou avaliações de desempenho que devem ser cada vez mais perseguidos por projetistas e empresas de projeto. (FABRICIO; ORNSTEIN; MELHADO, 2010, p. 8).

Embora os dois aspectos apresentados sejam indissociáveis para realização das atividades projetivas, é o segundo aspecto que mais nos interessa neste momento do trabalho, pois nos conduz a um problema crítico da indústria da construção de edificações.

Particularmente no Brasil, vários diagnósticos citados por Fabricio, Ornstein e Melhado (2010) “mostraram que as deficiências no setor de projetos são, em boa parte, decorrentes de deficiências empresariais, organizacionais e de *formação profissional*”.

Em outros termos, as deficiências associadas ao projeto estão vinculadas a questões conjunturais e setoriais que precarizam a atividade projetual ao não incorporar o desenvolvimento da gestão da qualidade, através da padronização, controle e *melhoria continua*(KOSKELA, 2000)³, investimentos em tecnologia e em processos de projeto integrados.

As principais barreiras que se estabelecem originam-se nas relações contratuais do projeto, encarado apenas como um custo:

Tem-se a impressão de que estamos em um círculo vicioso em relação à valorização da engenharia dentro dos empreendimentos. Esse círculo se inicia na busca por preço baixo sem a preocupação de entender os benefícios e riscos, **segue na busca por preços baixos sem se preocupar com profissionais, conhecimentos e produtos que vão entregar**. Com isso é natural que a engenharia seja encarada como um custo, deixando de agregar valor e diferencial. Sendo vista como custo, a tendência é ter menos recursos e contratar apenas pelo critério de preço, fechando o círculo. (CORRÊA; RUSCHEL, 2010, p. 134, tradução e grifo nosso).

Esse ciclo de desvalorização prejudica o amadurecimento dos projetos de edifícios como um todo e dificultam o desenvolvimento de soluções gerenciais.

A desvalorização está relacionada ao posicionamento das empresas de projeto, que em sua maioria são constituídas por micro e pequenas empresas cujo porte reduzido e inconstância na rentabilidade desestimulam qualquer ação de reestruturação organizacional e investimento na gestão da qualidade do processo projetivo. Parte também de uma resistência cultural por parte de muitos profissionais que atuam nos processos criativos da construção, que veem no gerenciamento um empecilho ao desenvolvimento do produto.

³ Koskela aponta três dimensões da produção, que compõem um modelo de qualidade do processo produtivo. Primeiro o projeto ou o planejamento da produção, “baseia-se na divisão do trabalho horizontal e verticalmente” (planejamento e execução), depois o controle, através de medições e padronização, e necessariamente a melhoria: “na melhoria da produção, empregar tecnologia e economia em escala (incluindo aprendizagem) são propulsores e a produtividade sua medição” (KOSKELA, 2000, p. 341–343 tradução nossa).

Para Emmitt (2007) essa é uma imagem conveniente para alguns que se escondem atrás dela, mas a realidade é que a maioria dos projetistas criativos aprecia a gestão sensível e adequada à criatividade, pois a criatividade pode ser definida como a habilidade individual de fazer conexões incomuns entre ideias e combinar ideias de uma forma única, original.

Ora, combinar ideias ou coordena-las de maneira competente, em busca de estabelecer algo único e original é exatamente uma parte fundamental do objetivo da gestão de projeto, o que nos revela uma dimensão criativa, própria da atividade, e nos convida a compreender o processo de criação coletivo, colaborativo.

É fundamental investir no desenvolvimento do projeto, pois ele representa uma porcentagem diminuta das despesas e influencia determinantemente nos custos totais da edificação (BARROS; MELHADO, 1997). A Figura 1 ilustra o ciclo de vida de um empreendimento proposto pelo PMBOK (PMI, 1996) onde os estágios 1 e 2 correspondem ao PDP e o estágio 3 à sua produção.

A Figura 1, embora seja didática para explicar a progressão do comprometimento com despesas ao longo do tempo, pressupõe um processo sequencial, onde viabilidade, planejamento, concepção, detalhamento e gerenciamento do projeto ocorrem linearmente, quando a experiência indica uma dinâmica espiral às atividades, o que promove certa sobreposição e simultaneidade entre os estágios do projeto apresentados.

Vale considerar ainda, que existe no setor da construção civil uma confusão entre o real escopo do projeto, comumente associado aos estágios 1 e 2. O entendimento comum à indústria da manufatura, ao contrario, o estende até o planejamento e gerenciamento da produção, entrega e manutenção, que correspondem aos estágios 3 e 4. Este escopo expandido integra o trabalho intelectual de desenvolvimento do produto, separando-o, contudo da prática rotineira de transformação.

Figura 1 – Ciclo de vida de um projeto



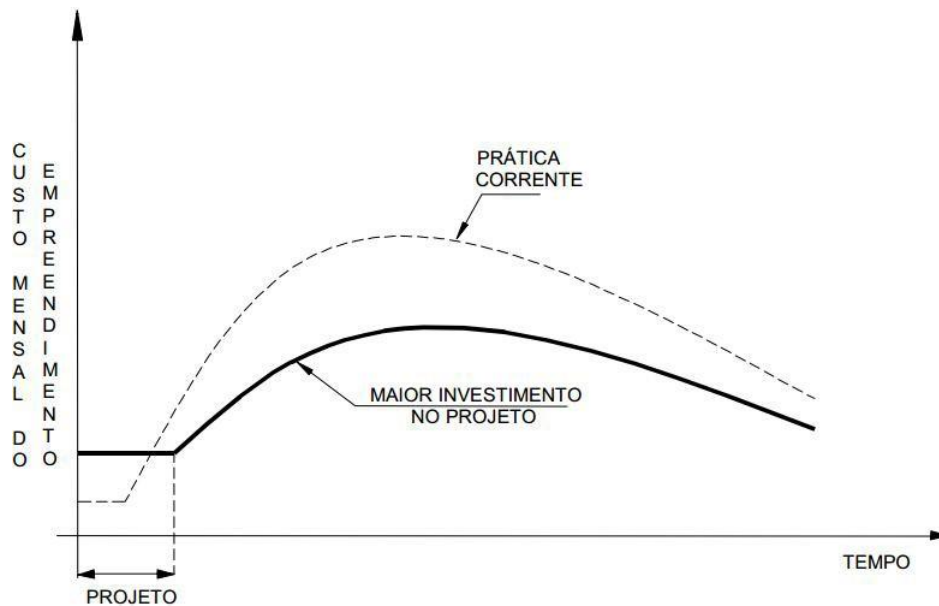
Fonte: adaptado do PMBOK(PMI, 1996).

A confusão sobre a real extensão do projeto se explica, em parte, pelo caráter único do ambiente construído. Esse caráter prototípico inviabilizou historicamente a realização de testes do produto projetado, reduzindo a influência do projeto (e projetistas) no gerenciamento e controle da produção.

Como consequência desta fragmentação, observa-se grande insensibilidade dos projetistas aos problemas de exequibilidade e economia das decisões de projeto. Por outro lado, o gerenciamento da produção voltado para transformação, como ocorre no setor, tem dificuldade no gerenciamento do fluxo e valor do empreendimento, que estão associados intimamente ao desenvolvimento do projeto.

De fato, como pode ser observado na Figura 2, o impacto de maior investimento em projeto sobre a economia global do empreendimento é considerável, pois “à medida que o empreendimento evolui, as possibilidades de influência no custo final do empreendimento diminuem sensivelmente” (PICCHI, 1993).

Figura 2 – a economia decorrente do investimento em projeto



Fonte: (BARROS; MELHADO, 1997).

A falta de qualidade dos serviços prestados nas atividades de projeto é resultante das distorções que vigoram no setor da construção civil mencionadas acima. Esta distorção promove a desvalorização do projeto e do profissional e, numa escala social, a desagregação da classe de projetistas.

Como consequência, identificamos um encolhimento ainda maior no escopo dos projetos, normalmente contratados, que implica em uma perda da qualidade total das edificações, impactando nos custos, tempo de entrega, valor e desempenho do produto, resultando em casos extremos de ociosidade precoce da edificação por inadequação programática e patologias construtivas.

Mas ainda mais grave, ao desvalorizar a concepção e a reflexão sobre o espaço construído, precarizamos o habitat humano. Quando o escopo do projeto não é reconhecido, nem corretamente posicionado e dimensionado no negócio, perde-se a oportunidade de promover a melhoria da qualidade de vida e esvazia a possibilidade de planejar o espaço construído, concebendo-o como um “lugar” cultural, social e economicamente viável.

2.3 GESTÃO NA CONSTRUÇÃO

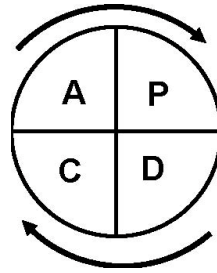
Para estabelecer parâmetros e um direcionamento para se alcançar níveis satisfatórios de qualidade, adequados às necessidades dos clientes e suas aspirações, podemos ir à busca de similaridades e diferenças entre a indústria da construção de edificações e demais indústrias ditas de manufatura e aprender com suas experiências exitosas em gestão, controle e produção.

Na verdade, esse caminho já vem sendo feito por pesquisadores da área há algum tempo:

[...] procedimentos de gestão do processo de projeto e de retroalimentação continuada deveriam ser estimulados entre os projetistas, como forma de minimizar erros e de reconhecer as boas práticas ao longo de todo processo de projeto, construção, uso, operação e manutenção de edifícios; **desse modo beneficiando principalmente os projetistas.** (FABRICIO; ORNSTEIN; MELHADO, 2010).

No trecho citado acima Fabricio, Orntein e Melhado(2010) estão reproduzindo, sob uma perspectiva específica, os princípios de um importante conceito da gestão da qualidade total idealizado por Deming (1982): o ciclo PDCA (Figura 3). Trata-se de uma sigla para *Plan, Do, Check, Act* (ou, em português, planejar, executar, verificar e agir), que compreendem os quatro passos fundamentais para o controle e melhoria contínua de processos e produtos.

Em um mecanismo PDCA, todos os processos devem ser continuamente estudados e planejados, identificando suas fragilidades e as corrigindo. Essas mudanças implementadas e controladas através de medição e observação dos efeitos devem, em um passo seguinte, ser avaliadas segundo os resultados obtidos. Esse ciclo se desenvolveria de forma contínua e indefinida. Assim, idealizado, implantado, medido e tendo estudado os resultados, se estabelece outro ciclo de melhoria, fazendo com que o processo não se estagne.

Figura 3 – Ciclo PDCA

Fonte: baseado em Deming (1982)

Quando comparado a outros setores industriais, principalmente manufatureiros, fica evidente a ostensiva fragmentação do PDP observada na construção civil, o que faz a integração do projeto ser o desafio principal para permitir o controle e a melhoria contínua de seus processos. A dificuldade em promover a integração no PDP do Ambiente Construído é observada até mesmo na concepção e detalhamento do projeto, normalmente realizados por empresas terceirizadas, que se associam ao projeto de maneira ocasional e restrita, e por isso, apresentam pouco interesse no controle e melhoria dos processos envolvidos.

Apenas a padronização de procedimentos e o estabelecimento contratual claro dos escopos de trabalho são medidas insuficientes para integrar estes processos fragmentados. De fato, as colocações relatadas até aqui devem ser observadas como problema base para uma reflexão sobre o real escopo do projeto. Em razão de sua grande influencia na qualidade do produto e impacto nos demais processos, é em torno do projeto que a aprendizagem sistemática sobre o PDP deve se concentrar, baseada em análise e experiências adquiridas ao longo do trabalho realizado.

Como Tidd, Bessant e Pavitt (2008) observam, o verdadeiro ganho organizacional da melhoria contínua é a capacidade de capitalizar a inovação incremental e, neste sentido, é fundamental a colaboração permanente dos profissionais envolvidos e um gerenciamento efetivo das atividades produtivas destes atores. Para eles a gestão explícita de competências através de diferentes departamentos ou divisões do negócio pode ajudar a criar inovações incrementais ou radicais. Porém, essas interações exigem cuidado com papéis de liderança, composição de equipes e redes de trabalho informais.

É forçoso reconhecer que este quadro, de equipes dinâmicas compostas por pessoas de diversas divisões, ou funções, envolvidas no PDP e comprometidas com o projeto, é uma realidade inconciliável à experimentada no mercado da construção atual.

2.4 O VALOR NA GESTÃO DO PROJETO

Em sua tese paradigmática, Koskela (2000) reforça algumas características fundamentais que distingue as atividades de projeto e produção. Fundamentalmente destaca a grande iteração do projeto e não repetição da tarefa, em contraste com a produção. Destaca ainda a importância de gerenciar o projeto como fluxo de informação e geração de valor, abandonando abordagens da transformação.

O projeto é um processo através do qual a informação, formatada na forma de requisitos, é convertida em atributos técnicos de um produto. Assim, a gestão de projeto deve focar os fluxos informacionais que não geram valor em vez de gerenciar tarefas (KOSKELA, 2000).

Clausing (1994) comenta que falta clareza nas atividades tradicionais de projeto, em parte devido à falta de unidade das equipes envolvidas. De fato, a prática profissional na concepção tradicional do projeto é predominantemente intuitiva e a incerteza decorrente desta prática é entendida como principal causa de retrabalho. Neste contexto, Koskela (2000) aponta a simulação e a prototipagem como meio de diminuir as incertezas tecnológicas.

Um aspecto relacionado a variabilidades do projeto está associado à falta de controle sobre a concepção e a espera por requisitos de cliente melhor formulados. A gestão de requisitos apresenta três problemas principais, ligados à captura insuficiente de requisitos, a descaracterização de um requisito e uma conversão inadequada destes em atributos do produto.

Outro aspecto relacionado à gestão de requisitos é sua hierarquização e rastreamento. Diversos métodos e modelos foram desenvolvidos com esse objetivo como o QFD, por exemplo. Fundamentalmente, o atendimento de um requisito pode envolver vários subsistemas ou, inversamente, um único subsistema atender diversos requisitos.

Assim, é importante aperfeiçoar o trabalho em equipe entre especialistas através da colaboração (KOSKELA, 2000), permitindo a socialização de conhecimentos complementares que promovam o desenvolvimento de soluções inventivas e eficazes de projeto. Finalmente, Koskela (2000) aponta três consequências decorrentes da gestão baseada na transformação:

1. O gerenciamento de tarefas reserva pouco tempo para a análise das necessidades do cliente e outras questões relacionadas à gestão de valor;
2. é comum na concepção convencional que cada tarefa apresente uma solução isolada; e
3. não se reconhece a necessidade de envolver diferentes disciplinas na concepção do projeto, como meio de diminuir perdas no fluxo e valor.

2.5 DISCUSSÃO: PERSPECTIVAS PARA O PROJETO

As empresas inseridas em um ambiente competitivo estão se fortalecendo diminuindo o tempo de mercado de seus produtos, expandindo suas funcionalidades. Projetos de rápida saída e crescente exigência dos clientes são questões presentes no cotidiano dos projetistas. Esses fatores forçaram a compactação do tempo de desenvolvimento e aumentaram a necessidade de conhecimento específico (KLEINSMANN, 2006).

Neste contexto impactante, o processo de projeto tem sofrido nos últimos dez anos uma mudança conceitual e organizacional: de uma atividade individual e pouco organizada a uma atividade sistemática realizada por uma equipe multidisciplinar (KLEINSMANN, 2006).

Essa mudança de paradigma no desenvolvimento de produto é correntemente denominada de projeto integrado (GRIFFIN, 1993), (COOPER; KLEINSCHMIDT, 1995), (REID; BRENTANI, 2004), (VALKENBURG; BUIJS, 2005). Trata-se de um conceito abrangente, que se relaciona setorialmente ao conceito de projetos complexos (FABRICIO; ORNSTEIN; MELHADO, 2010).

Diferentes perspectivas concorrentes pretendem solucionar este problema de integração. Algumas linhas enfocam o controle formal das documentações com a tentativa de normalização (PMI, 1996) do processo, forçando a integração dos elementos do projeto através de múltiplas entregas estipuladas contratualmente. A experiência mostra que estas medidas, contudo, acarretam mais elementos e atividades não produtivas a um processo já excessivamente complicado e ineficiente (KOSKELA, 2000).

Outras pesquisas enfocam aspectos processuais (OLIVEIRA, 2006; FABRÍCIO, 2002), tecnológicos (GRIMM, 2004) e informacionais (SUCCAR, 2009; TSE; WONG; WONG, 2005; FERREIRA, 2005), que há algum tempo têm apresentado resultados teóricos e experimentais incontestáveis.

Porem, muito dos esforços acadêmicos e profissionais ligados a essas linhas de pensamento tem resultado na construção de artifícios tecnológicos e legais (AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, 2007; KULKARNI; RYBKOWSKI; SMITH, 2012; JACOSKI; LAMBERTS, 2002) para ultrapassar barreiras organizacionais inerentes à indústria do ambiente construído (SOUZA; AMORIM; LYRIO, 2009).

Estes esforços coadunadores muitas vezes corroboram práticas organizacionais conservadoras sem, contudo, interpelar qualquer incoerência entre os modelos de negócio existentes e as novas práticas de projeto orientadas para a realização satisfatória (KIVINIEMI; FISHER, 2009) de processos de projetos complexos (FABRICIO; MELHADO, 2003) possíveis com essas tecnologias.

Neste mesmo entrave, aquelas abordagens preocupadas com a qualidade do edifício, seja através da retroalimentação (NÓBREGA, 2009) ou da avaliação dos benefícios percebidos pelo cliente (VOORDT; WEGEN, 2005; MELO; GRANJA, 2012), carecem de um contexto favorável aos esforços necessários para sua viabilidade. Afinal, definir a quem cabe a responsabilidade de operacionalização destas práticas, com quais condições, e a quem se destina o benefício destas práticas são questões relevantes que se vinculam diretamente ao desenho organizacional que as subsidie.

De fato, por se tratar de um tipo de projeto complexo, pois envolvem múltiplos agentes, áreas de conhecimento distintas e uma grande cadeia suprimentos, toda variabilidade excedente na indústria do Ambiente Construtivo deve ser mitigada (CLAUSING, 1994), principalmente na criação, gestão e controle das informações do projeto e construção (CHIU, 2002). Neste sentido, experiências promovidas em indústrias de manufatura com projetos complexos demonstram os benefícios do projeto colaborativo (KLEINSMANN, 2006). Através da colaboração realizada de fato, foi possível não apenas promover projetos integrados, aumentando a comunicação e o entendimento entre as partes, mas ainda fomentar a inovação (LEONARD; SENSIPER, 1998; TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008), a melhoria contínua dos processos internos e da qualidade do produto, e a possibilidade de incrementar o aprendizado organizacional (NONAKA, 1994).

Outro aspecto intrínseco ao projeto do ambiente construído, muitas vezes abordado nas pesquisas do setor como um contexto agravante para realização de seu controle (SAFFARO, 2007), a natureza prototípica de seu produto confere ao projeto maior abstração e indefinição. Esta característica prototípica também impacta na maneira como o projeto é encarado frente à produção. A Figura 4 apresenta uma adaptação à Figura 1, onde fica evidente a diferença entre o conceito universal do projeto, correspondente a toda curva da evolução, e a percepção reducionista do setor da construção civil sobre o escopo do projeto no PDP, indicado na cor azul.

Figura 4 – o que o setor da construção civil entende como projeto em seus empreendimentos



Fonte: autor, baseado no ciclo de vida de um projeto do PMBOK (PMI, 1996).

A percepção reducionista do projeto do Ambiente Construído se deve historicamente à impossibilidade de desenvolver protótipos analíticos que se aproximassem mais da realidade, limitando a capacidade de testar soluções antes de realizá-las. Em decorrência da falta de instrumentos gerenciais confiáveis, parte das atividades de gerenciamento do projeto migrou para produção, limitando sua influência às atividades de transformação. Porém com a tecnologia da informação, personificada pelo paradigma da modelagem da informação da construção (BIM), é possível aumentar a qualidade do conhecimento construído nos estágios iniciais do projeto com a finalidade de subsidiar e controlar a produção do edifício dentro das expectativas estabelecidas (MCCARTHY; GORDON, 2011). Esta nova perspectiva, ilustrada na Figura 5, reintegra o ciclo de vida do projeto, que se prolonga por todo PDP do Ambiente Construído.

Figura 5 – ciclo de vida de um projeto integrado do Ambiente Construído



Fonte: autor, baseado no ciclo de vida de um projeto do PMBOK (PMI, 1996).

Quando comparado à situação anterior, representado na Figura 4, observa-se um descolamento entre o projeto da produção e a produção em si. De fato, a atividade de projeto antecede a produção rotineira na indústria da manufatura, porém, nestes casos o gerenciamento da produção se concentra nas atividades rotineiras, ligadas ao fluxo de trabalho e as operações de transformação. Ainda considerando casos ligados a manufatura, quando um novo produto vai ser produzido, o gerenciamento da produção pode promover uma produção-piloto (CLARK; CHEW; FUGIMOTO, 1992) na linha de montagem, visando antever e corrigir eventuais problemas que seriam observados na produção em série. Através do sistema *Last Planner*⁴, Howell e Ballard (1999) introduziram um conceito equivalente à produção-piloto na construção Civil.

⁴ O sistema *Last Planner*^{MR} é um mecanismo de adequação do trabalho planejado para o trabalho possível em um canteiro de obra, estabelecendo um estoque de pacote de trabalho que permitem o planejamento de curto prazo na produção (HOWELL; BALLARD, 1999).

O *First Run Study* (HOWELL; BALLARD, 1999) consiste no planejamento detalhado para execução de uma determinada tarefa de rotina da produção, seguido pela realização do primeiro ciclo de repetição (*First Run*), que é estudado com o intuito de testar e revisar o processo observado, definindo um padrão para produção.

É importante salientar que, na indústria do Ambiente Construído, a produção inicia sem o projeto estar completo, ou seja, testado fisicamente. Assim o esforço em conectar projeto e produção proposto por Clark, Chew e Fujimoto (1992) e incorporado à Construção Civil por Howell e Ballard (1999) apresenta uma conotação diferente de um projeto da produção que precisa ser considerada, pois comprometem o *First Run Study*.

Enquanto o projeto da produção visa viabilizar e controlar a produção com o objetivo de garantir que os requisitos do projeto sejam atendidos dentro das condições estabelecidas no planejamento do projeto, a produção-piloto visa corrigir problemas operacionais de rotina em uma linha de montagem de um produto cujo projeto foi concluído com êxito.

Já o *First Run Study*, embora corresponda à produção-piloto adaptada à construção civil, se depara com questões ligadas ao projeto que se sobrepõem às questões ligadas à rotina de produção das quais não tem condições de responder adequadamente. Assim, seu potencial de padronização da produção é prejudicado pela grande quantidade de incertezas ligadas ao projeto (SAFFARO, 2007).

A capacidade de simular características do projeto através de protótipos virtuais, analisando e testando múltiplas possibilidades de resolução, permite reduzir as incertezas do projeto. Porém, para que isso ocorra o escopo do projeto deve se ampliar, incorporando parte do planejamento, gerenciamento e controle da produção ligada ao projeto da produção. Esta mudança implica em uma mudança organizacional que impacta em todo PDP.

Ou seja, as respostas para as novas demandas socioeconômicas dirigidas ao setor, ligadas à qualidade, inovação e melhoria contínua, não partem de mudanças pontuais, sejam tecnológicas, contratuais ou processuais. Mas implicam em um reposicionamento do negócio, adequado às particularidades prototípicas inerentes à construção do Ambiente Construído. Essa perspectiva traz para o centro da discussão o projeto colaborativo e a modelagem da informação da construção – incorporando ao projeto a possibilidade de prototipagem analítica, simulação, gerenciamento da informação, etc. – que serão abordados nos capítulos seguintes.

3 PROJETO COLABORATIVO

A colaboração tem sido apontada, em pesquisas científicas preocupadas com a gestão do projeto e empresas proeminentes do ramo, como um meio de promover o desenvolvimento de **processos integrados de projeto de produtos** (VALKENBURG, 2000), nos quais a complexidade e interação das diferentes disciplinas tornam fundamental o comprometimento de projetistas e demais profissionais envolvidos.

Essencialmente, a colaboração promove uma relação diferente das práticas projetuais convencionais, fomentando o comprometimento entre empresas e/ou profissionais envolvidos, unindo-os em torno da construção de um objeto ou objetivo em comum. *A complexidade e a incerteza dos problemas de projeto fazem com que a colaboração seja um aspecto importante da concepção dos projetos* (KLEINSMANN, 2006).

Colaboração não deve ser confundida com cooperação, pois esta se caracteriza principalmente como uma construção psicológica e ocasional de ganho comum, induzida por um ator que centraliza a autoridade e visa, normalmente, respostas específicas. Em contraste, com a colaboração o coordenador abdica de sua autoridade e capacita a equipe para realizar, com mais autonomia, tarefas complexas.

Organizacionalmente, a colaboração incorpora uma filosofia interpessoal baseada em intensa interação e confiança, na qual os indivíduos são responsáveis por suas ações, incluindo a aprendizagem. A equipe se organiza segundo as habilidades ou competências de seus membros, permitindo e incentivando a contribuições de seus pares, dentro de um mesmo escopo.

Já a cooperação apresenta uma estrutura de interação planejada para facilitar a realização de um produto final ou meta, mantendo uma hierarquização rígida baseada em escopos, que visa permitir o gerenciamento de conflitos ocasionados pela interdependência das tarefas.

Collaborative Design, ou projeto colaborativo,⁵ se define como um processo no qual os intervenientes envolvidos na equipe de projeto compartilham uma perspectiva específica de suas áreas de atuação, a qual decorre do conhecimento que cada um desses profissionais detém, envolvendo aspectos relacionados ao processo e ao conteúdo do projeto.

O objetivo dessa prática interativa de socialização de conceitos e experiências visa criar um entendimento compartilhado em ambos os aspectos, possibilitando integrar e explorar o conhecimento acumulado da equipe, para alcançar o objetivo maior em comum: o novo produto a ser projetado.

Da definição que Kleinsmann (2006) nos apresenta podemos auferir que o processo de projeto colaborativo facilita a integração do conteúdo projetado para um produto, pois tem como objetivo:

1. A criação e integração de conhecimento entre intervenientes de diferentes disciplinas e funções,
2. a comunicação entre os intervenientes tanto sobre o conteúdo quanto o processo de projeto, e
3. promover a criação de entendimento compartilhado sobre o conteúdo e o processo de projeto.

3.1 O PROJETO DE EDIFÍCIOS ENTENDIDO COMO UM PROCESSO COLABORATIVO DE PROJETO INTEGRADO

O desenvolvimento de um projeto de edifício, por envolver um grande número de intervenientes, se aproxima da descrição feita por Kleinsman (2006). Nele porem, complexidade e incerteza são agravadas pela falta de comunicação entre as equipes envolvidas em tarefas interdependentes e pelo conflito entre vocabulário e repertório construtivo distinto.

⁵ Para adequar o texto à terminologia comum ao desenvolvimento e produção do ambiente construído, adotaremos “projeto colaborativo” como termo mais adequado ao “*collaborative design*” verificado na bibliografia internacional.

O entendimento é reforçado pela identificação de um paralelo consistente entre aspectos encontrados nos problemas de projeto de edifícios e a caracterização do tipo de problema que o processo integrado de projeto para produtos visa resolver.

Essas características são discriminadas a seguir, conforme foram apontadas por Kleinsmann (2006):

1. Problemas de projeto tendem a ser grandes e complexos.
2. Problemas de projeto envolvem componentes lógicos e criativos.
3. Problemas de projeto são ambíguos.
4. Os intervenientes que pesquisam uma solução para o problema de projeto estão restritos a um determinado limite de soluções. Este limite é impreciso e a informação disponível normalmente é incompleta, uma vez que as especificações dos projetos nunca são completas ou isentas de ambiguidade. Problemas de projeto, portanto, são mal definidos e/ou mal estruturados.
5. Durante os processos envolvendo o projeto, os intervenientes promovem a iteração entre problema do projeto e sua solução.
6. Problemas de projeto permanecem em aberto, nunca ficando claro quando os agentes resolveram de fato o problema de projeto ou se há uma solução melhor para o problema proposto.

Em semelhança ao entendimento do *partido arquitetônico*, a maioria das decisões relativas à concepção do projeto de um novo produto são tomadas na primeira fase do processo de concepção (CHIU, 2002). Essas decisões pré-estabelecem grande gama de restrições e atributos para as fases seguintes, pois determinam as características que o produto final deve apresentar.

O direcionamento dessa concepção inicial tem um grande impacto sobre as situações que surgirão em fases posteriores (VALKENBURG, 2000). Parece, portanto, fundamental que se tenha controle da qualidade desse processo seminal.

De uma maneira objetiva podemos definir **o entendimento compartilhado das características fundamentais da edificação e a socialização do repertório profissional** como os principais objetivos da colaboração em um processo integrado de projeto do edifício.

Resgata-se, dessa forma, um entendimento comum sobre dois aspectos principais desse processo integrado de projeto dos produtos manufaturados que devem ser estendidos ao desenvolvimento dos projetos de edificação, que correspondem à **capacidade de integrar** e de **explorar os conhecimentos**, visando o desenvolvimento de um novo produto a ser projetado (KLEINSMANN, 2006)⁶.

3.2 ASPECTOS ORGANIZACIONAIS DO PROJETO COLABORATIVO

Alguns fatores que influenciam a colaboração no desenvolvimento de produtos serão apontados aqui para caracterizar brevemente algumas práticas e culturas. Estes conceitos nos permitirão focar o assunto de interesse para a pesquisa.

3.2.1 Características Gerais de Empresas que Desenvolvem Projetos Colaborativos

O desenvolvimento do projeto integrado de um produto, como qualquer atividade produtiva, pressupõe uma estruturação organizacional que de suporte à equipe projetiva. Isto implica em uma série de definições prévias à atividade do projeto, que envolvem questões contratuais, dimensionamento de infraestrutura e superestrutura, marketing etc., e que interferem na maneira como processo e produto se desenvolverão.

⁶ Collaborative design is the process in which actors from different disciplines share their knowledge about both the design process and the design content. They do that in order to create shared understanding on both aspects, to be able to integrate and explore their knowledge and to achieve the larger common objective: the new product to be designed.”

Entre as varias estratégias que uma empresa pode utilizar para estruturar o planejamento de seus projetos, Kleinsmann (2006) destaca duas lógicas principais favoráveis ao desenvolvimento de projetos complexos: (01) incorporando a sua estrutura funcional de um departamento de projeto ou (02) constituindo uma equipe autônoma de projeto.

Em uma estrutura funcional os atores são agrupados em disciplinas e o projeto é dividido em fases. Assim, cada disciplina fica responsável por uma fase diferente do projeto, que se integra a estrutura funcional da empresa. Trata-se de um sistema matricial no qual os envolvidos respondem pelo tanto à gerência do projeto como à gerência do departamento ou agrupamento funcional a que pertence.

Já uma equipe autônoma é composta por atores de diferentes áreas funcionais que são formalmente reunidos em uma equipe de projeto que responde apenas a um gerente ou líder designado. Muitas vezes estes envolvidos se mudam fisicamente para um ambiente compartilhado, abandonando temporariamente suas atividades funcionais.

Uma pesquisa desenvolvida por Ottum e Moore (1997) demonstrou que, entre as diferentes estruturas de projeto possíveis, esta última obteve o melhor desempenho, pois favorece o compartilhamento de conhecimentos e a difusão de informação entre os atores reunidos em uma equipe autônoma.

Contudo, embora a palavra “autônoma” induza ao erro de considerar equivalente às equipes de projeto do Ambiente Construído, de fato nenhuma das duas estratégias apontadas inicialmente se aproximado modelo utilizado na indústria do Ambiente Construído, pois a prática corrente terceiriza a concepção por meio da contratação de serviços de projetos específicos independentes, o que na prática inviabiliza a colaboração e restringe o compromisso de cooperação.

De fato, a colaboração influencia à relação interpessoal e a cooperação às estruturas funcionais, seja entre departamentos ou empresas, cujos resultados individuais são interdependentes.

Lu et al. (2007) definem com clareza como se relacionam e se distinguem os conceitos de colaboração, cooperação e coordenação (Tabela 1). A coordenação visa regular e compatibilizar diversas entregas e/ou atividades interdependentes, dentro de uma estrutura hierárquica clara, para que o objetivo almejado no projeto seja alcançado (LU; ELMARAGHY, *et al.*, 2007).

A cooperação aproxima pessoas ou organizações que precisam partilhar recursos e métodos para desenvolver suas atividades. Ocorre em um contexto de relação hierárquica simples e se baseia em uma relação de confiança e percepção de ganhos mútuos. Ou seja, ocorre quando as atividades e resultados de cada envolvido apresenta grande interdependência com os demais (LU; ELMARAGHY, *et al.*, 2007).

A colaboração objetiva alcançar uma meta comum, em que o resultado esperado é coletivo. Diferente da cooperação, a colaboração envolve o trabalho em equipe, que compartilha não somente recursos, métodos e resultados, mas visam um objetivo comum. Na colaboração a dependência de tarefas e os níveis hierárquicos não estão completamente definidos a princípio (LU; ELMARAGHY, *et al.*, 2007). Essa flexibilidade é importante para abordar situações complexas, exigindo um alto grau de autonomia e comprometimento da equipe (KVAN, 2000).

Tabela 1 – Característica dos esforços coletivos entre pessoas

	Intervenientes	Recursos	Meta	Tarefa
Coordenação Cooperação	Comunidade	Limitado e Permutado	Múltipla e competitiva	Predefinida, Hierarquia clara, Unidirecional.
	Grupos médios	Limitado, compartilhado	Múltipla e particular	Predefinida, Hierarquia simples Bidirecional
Colaboração	Equipes coesas	Limitado, Compartilhado, Complementar.	Única e comum	Indefinida, Hierarquia indefinida multidirecional.

Fonte: Adaptado de Lu et al. (2007)

3.2.2 Equipes de Projetos Multidisciplinares em um Processo Colaborativo de Projeto Integrado de Produto

Durante o desenvolvimento do projeto integrado, o ideal seria que todas as disciplinas se envolvessem no processo de projeção, desde o início até o fim. Assim, os problemas relacionados às etapas finais seriam levantados e considerados no processo de projeção, onde existe maior liberdade nas tomadas de decisão.

Nos estágios iniciais, decisões criativas buscam reduzir incerteza e estabelecer quais são os limites econômicos, tecnológicos e estéticos para explorar uma solução. Identificar e solucionar conceitualmente o problema do projeto ao final do que Chiu chama de fonte difusa (*final font fuzzy*) do processo contribui decisivamente para o progresso do projeto final. Isto exige sintonia e comprometimento dos intervenientes, cuja colaboração nas fases iniciais é um componente determinante para a boa qualidade do produto desenvolvido(CHIU, 2002).

A constituição de uma equipe de desenvolvimento do projeto de um produto compreende um numero definido de pessoas com habilidades complementares, comprometidas com um propósito comum e metas de desempenho claras, sobre as quais se consideram mutuamente responsáveis (KATZENBACH; SMITH, 1993 apud KLEINSMANN, 2006). Quando uma equipe faz parte da estrutura funcional da empresa ela está circunscrita a sua estrutura departamental rígida.

No caso de uma equipe autônoma, esta deve ser organizada hierarquicamente e coordenada por meio de associação e sobreposição (GERWIN; MOFFAT, 1997). As diferentes subequipes envolvidas no processo de desenvolvimento e produção, com características técnicas homogêneas a partir de um determinado enfoque funcional, designam um integrante para compor a equipe colaborativa.

Cada membro da equipe colaborativa é responsável por uma determinada parte do processo de desenvolvimento e assume, dentro da subequipe a que pertence, o papel de gerente do projeto em que está envolvido. Assim as diversas áreas envolvidas no desenvolvimento do empreendimento colaboram com a arquitetura do produto (GERWIN; MOFFAT, 1997), ao adiantar questões técnicas e operacionais particulares (CHIU, 2002).

A construção de um organograma hierarquizando as precedências é fundamental nesses casos, sendo que essa definição é uma das primeiras e principais tarefas dos gestores que compõem a equipe colaborativa, cabendo-lhes ainda a responsabilidade de promover a integração das diferentes partes (design do sistema). D'astouset al (2004) caracterizam essa forma de organizar equipe de projeto como ciclos de *projeto distribuídos* combinados com ciclos de *projeto colaborativo*. Nela atores têm suas próprias tarefas e, como atores de projeto colaborativo, têm um objetivo comum (D'ASTOUS; DÉTIENNE; VISSER, 2004).

Outro modo de colaboração pode ocorrer verticalmente em uma estrutura interna de uma equipe envolvida no projeto, quando esta realiza na prática a tarefa de projeto definida gerencialmente. Aqui intervenientes com diferentes e complementares habilidades em uma área funcional também trabalham comprometidos com um propósito comum, ou seja, uma parte ou aspecto do novo produto. A essa unidade produtiva alguns autores atribuem o nome de equipes de projeto ou equipes de projeto multidisciplinares (FINGER; STIVORIC *et al.*, 1996; DENTON, 1997; CHAO; NORMAN *et al.*, 2002; KLEINSMANN, 2006).

3.2.3 Ambientes de Colaboração e as Perspectivas para o Projeto de Edificações

Os Ambientes de colaboração⁷ são sistemas de gestão de projetos, normalmente baseados na WEB, que realizam a transmissão de informação através de protocolos da internet em uma rede privada de comunicação. Nesse ambiente são armazenadas informações do projeto, que abrangem dados sobre os intervenientes e clientes, diretórios de endereços, documentação, descrições do projeto e do processo (NITITHAMYONG; SKIBNIEWSKI, 2004).

⁷ Nitithamyong e Skibniwski (2004) introduzem o termo "Web-based Project Management System" (WPMS) para designar ambientes colaborativos virtuais dispostos na internet.

As informações de projeto são documentadas em desenhos de projeto (normalmente registrados em arquivos CAD), especificações técnicas e catálogo de pranchas. As informações de gestão normalmente são constituídas por atas, cronogramas, listas de tarefas e controle de atividades. As informações financeiras e contábeis são, por exemplo, fluxo de caixa, projeções e contratos.

Atualmente o processo de desenvolvimento de projetos de edificações tem em sua fase de *projeto básico* (estágio II) o ápice de iterações entre os intervenientes envolvidos no projeto. Nessa fase se estabelece uma troca de informações intensa, com ciclos curtos de trabalho e grande número de reuniões de compatibilização, que envolvem projetistas de arquitetura, estrutura, fundações, sistemas prediais, impermeabilização e coberturas, paisagismo, interiores etc. (MELHADO, 2001).

Observa-se, contudo, que essa movimentação acontece à margem de um processo de projeto colaborativo, segundo práticas tradicionais de gerenciamento de projetos. Mesmo utilizando “ambientes de colaboração”, o que se observa é a subutilização de seus recursos empregados, de uma maneira geral, como um substituto ao envio de e-mail no compartilhamento dos arquivos (CORRÊA; RUSCHEL, 2010).

Pode-se apontar alguma vantagem nesse estágio de interação ao considerarmos a oportunidade gerencial de concentrar todos os projetos em um repositório virtual, possibilitando ao gerente de projeto maior domínio do fluxo de informações documentais; porém, esta é uma contribuição ínfima diante das possibilidades e do desafio apresentado.

Está implícita aqui a razão pela qual houve uma aceitação restrita dos sistemas colaborativos entre as empresas de projeto. Sempre que estes sistemas foram impostos pelo contratante, sua incorporação ocorreu de maneira meramente burocrática, não alterando significativamente os processos de projeto tradicionais e sequenciais pré-existentes (CORRÊA; RUSCHEL, 2010). Isso significou *entre linhas* que não houve efetivamente uma incorporação de processos colaborativos ao projeto, mas sim uma descaracterização de seu princípio, onde os ganhos gerenciais se resumiram à melhor capacidade de controle das entregas de pranchas de projeto.

Um sistema colaborativo não se resume à publicação de documentos finalizados. Ele se baseia na troca de informações, opinião e ideias durante o desenvolvimento do projeto, por meio da “automação do processo sequencial e a correlação entre os processos simultâneos” (CORRÊA; RUSCHEL, 2010). Para isso é importante ter os processos decompostos e analisados, de maneira a instrumentalizar cada tarefa no nível operacional, estabelecer as dependências e mapear os fluxos de informações, atribuindo ainda “uma definição clara do que será desenvolvido em termos de produto”.

Fica claro que, independente de um desenvolvimento tecnológico profícuo, o foco das melhorias passa necessariamente pelo aperfeiçoamento profissional e pela reestruturação do processo de projeto. É preciso discutir e entender o processo colaborativo antes de falar de tecnologia. Contudo, alguns direcionamentos provocados pelo desenvolvimento das tecnologias de informação no projeto de edifícios podem ser percebidos:

- A migração da gestão de documentos para a gestão da informação;
- O foco sai do documento e passa para o modelo;
- Futuro da colaboração acontecerá com uso das tecnologias de prototipagem, e mais especificamente, com BIM.
- Integração e colaboração serão levadas ao nível individual (CORRÊA; RUSCHEL, 2010).

3.3 Comunicação Síncrona e Assíncrona

Em um processo de projeto colaborativo a comunicação é um aspecto fundamental que impacta em seu desenvolvimento, pois os intervenientes devem compartilhar o conhecimento uns com os outros para sustentar as tomadas de decisão (CHIU, 2002), coordenar as tarefas complementares (KALAY, 1998) e promover a integração.

Nesse sentido pesquisas sobre a comunicação em atividades de projeto abordam predominantemente três assuntos, que envolvem (01) os temas das conversas durante o projeto colaborativo; (02) desvendar quais são os fluxos de comunicação entre os intervenientes ao realizarem uma tarefa de colaboração no projeto; (03) quais tipos de meio de comunicação são utilizados durante o projeto colaborativo (KLEINSMANN, 2006).

O desenvolvimento do projeto colaborativo emprega diferentes métodos de comunicação que podem ser categorizados por sua forma síncrona ou assíncrona (CHIU, 2002). Assim descrições verbais, textos, esboços, desenhos ortográficos, tabelas, desenhos CAD, imagens de computador e fotografias constituem meios de comunicação assíncronos, enquanto a comunicação síncrona acontece principalmente através de apresentações visuais, explicações e discussões orais, presenciais ou online.

Em ambos os casos as barreiras linguísticas se fazem sentir, principalmente na comunicação oral. Pesquisadores são controversos quanto a eficiência de cada caso, mas mesmo sendo a comunicação oral a forma mais rápida de comunicação, a comunicação visual ainda é entendida como fundamento da colaboração em projetos (CHIU, 2002).

3.3.1 Comunicação Assíncrona

As comunicações assíncronas são tradicionalmente associadas a toda documentação trocada em um projeto. Vão desde e-mails, contratos, pedidos e formulários, até memoriais descritivos, desenhos técnicos e croquis, que permitem a comunicação eficiente e muitas vezes codificada do conteúdo do projeto.

Uma interessante distinção entre quatro tipos de croquis é estabelecida por Van der Lugt (2001), segundo as diferentes finalidades a que se destinam:

- O **croqui reflexivo**, desenvolvido por um projetista para estruturar o próprio processo de pensamento. Estes “esboços” servem como uma orientação do pensamento não verbal;
- o **croqui expositivo** é desenvolvido para apoiar uma discussão em grupo. São importantes no processo da visualização do artefato, pois compartilham uma configuração gráfica comum e assim ajudam a explicar questões técnicas;
- o **croqui prescritivo**, que ajuda os projetistas a explicar as decisões que eles tomaram para pessoas que não estavam envolvidas no processo. Projetistas usam esboços prescritivos principalmente nas fases posteriores do processo de desenvolvimento do projeto; e
- o **croqui registro**, que retém informação destinada para uso futuro.

Conforme descritas nos itens, as quatro modalidades de croquis apresentam características bem definidas, que extrapolam seu conceito de maneira a incorporar o croqui como um resultado para as atividades de concepção, desenvolvimento e integração, exposição das definições de projeto e sua documentação. Características tão distintas evidenciam a necessidade de identificar com maior objetividade a motivação para qual o croqui é desenvolvido e como deve se configurar para atender seus objetivos.

Outra perspectiva à comunicação no projeto, intimamente associada ao projeto colaborativo, baseia-se na modelagem da informação desenvolvida para projeto de edifícios. A comunicação aqui se caracteriza como inter-relações entre o desenvolvimento de projeto distribuído em um modelo comum.

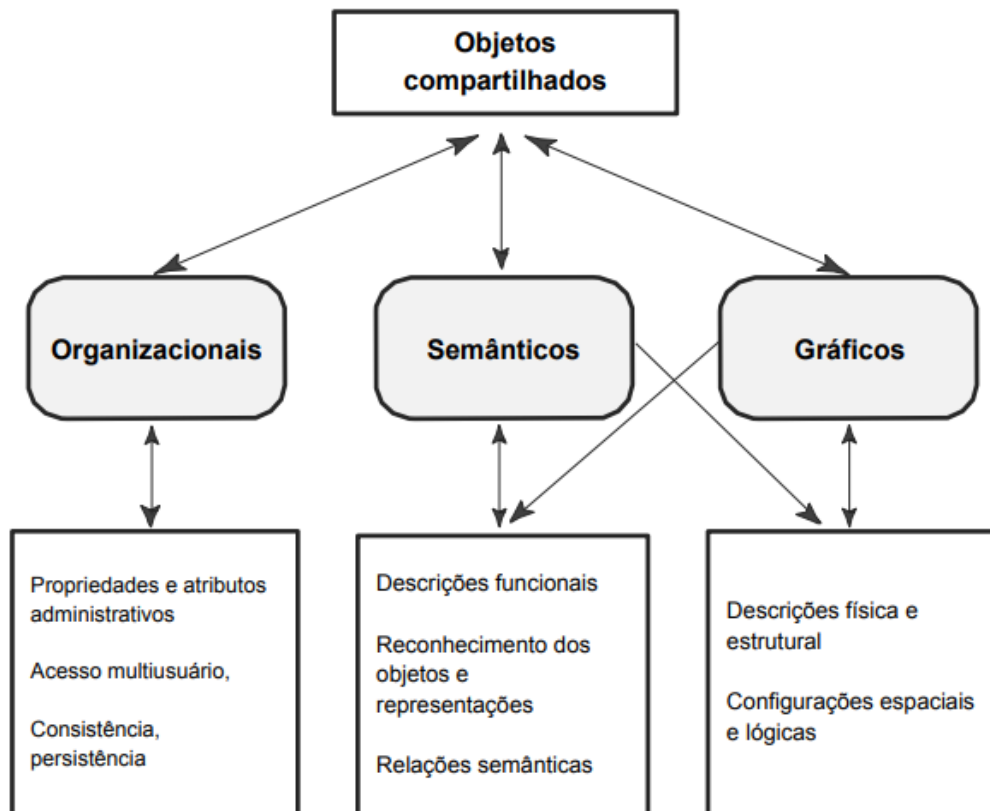
Porem as diferentes características expressas para definir os diferentes tipos de croquis também aqui se aplicam: afinal, estas foram estabelecidas em decorrência das necessidades de comunicação para realização do PDP e não se referem a uma ferramenta específica utilizada para realizar o croqui, seja um lápis ou um software.

Assim, a identificação de qual ferramental deve ser adotada na realização da comunicação assíncrona depende principalmente do processo para o qual ela oferece suporte, exigindo o estabelecimento de uma estratégia bem definida para que se justifique sua adoção. Peng (1994) desenvolveu um estudo em que realizou uma retrospectiva de três projetos arquitetônicos, identificando duas estratégias:

1. Os intervenientes desenvolvem modelos arquitetônicos comuns e a partir deles, desenvolvem suas próprias representações técnicas específicas;
2. desenvolvem tanto modelos quanto representações técnicas comuns, integrando expressões específicas de cada área do projeto, em instruções e operações compartilhadas.

Neste trabalho Peng (1994) descreve como cada estratégia para o desenvolvimento do projeto altera tanto o modo de produzir as informações que devem ser compartilhadas como as características que o registro desta informação deve apresentar.

Figura 6 – Formas de representação dos objetos compartilhados



Fonte: Baseado em Saad e Maher (1996, p. 191)

Fonte: Baseado em Saad e Maher (1996, p. 191)

Destaca-se, porem, a necessidade de tornar mais clara a motivação de cada artefato produzido, pois as relações presentes na distinção entre croquis apresentados por Van Der Lugt (2001) com objetivos reflexivos, explicativos, prescritivos ou de registros permanecem, agora, em um ambiente de intensa colaboração entre os intervenientes.

Saad e Maher (1996) abordam os meios assíncronos de comunicação sob outra perspectiva, em que croquis e modelos de informação são entendidos como representações de objetos compartilhados de um projeto. Estes objetos compartilhados devem ser entendidos segundo três perspectivas específicas: organizacional, semântica e gráfica (Figura 6). Assim, cada perspectiva deve ser considerada para caracterizar as formas de representação adotadas, de maneira a alinhar níveis organizacionais da equipe envolvida no projeto.

Entre as características formais organizacionais relacionadas destaca-se o acesso multiusuário, para que se permita a rápida discussão e atualização das definições do projeto, seja sobre o produto projetado, seja sobre características do processo de desenvolvimento deste produto.

3.3.2 Comunicação Síncrona

Uma pesquisa desenvolvida por Chiu (2002) mostra como a organização da representação do projeto afeta comunicação sobre o seu conteúdo. Ele define quatro tipos de problemas de comunicação(CHIU, 2002):

- Problemas de mídia – como transmitir símbolos de comunicação precisamente;
- problemas de semântica – como comunicar o significado original;
- problemas de desempenho – como se comunicar efetivamente;
- problemas organizacionais – como atingir as pessoas certas

Chiu (2002) desenvolveu um modelo de processo colaborativo síncrono que visava suprir essas deficiências assíncronas (Figura 7). Esse modelo era baseado em ciclos de consulta, negociação, tomada de decisão e reflexão. Seu objetivo era estruturar um ambiente colaborativo computacional que funcionasse como meio de suporte para estruturar a colaboração segundo o modelo proposto.

Por trás desse modelo de estruturação da comunicação síncrona entre equipes de projeto, estão parcialmente consolidados dois aspectos fundamentais que caracterizam o entendimento compartilhado. O círculo apresentado considera tanto as práticas reflexivas como mecanismos para o processo decisório. Estes são dois aspectos fundamentais para o desenvolvimento do entendimento compartilhado.

Figura 7 – Modelo de projeto colaborativo



Fonte: Baseado em Chiu (2002)

Fato é que, quando nos aprofundamos sobre os conceitos de **comunicação** entre os intervenientes e a **criação de entendimento compartilhado** sobre o conteúdo e o processo de projeto, percebemos uma relação íntima e recíproca entre a comunicação e o entendimento compartilhado. Assim esses dois conceitos se sobrepõem e complementam.

3.4 Entendimento Compartilhado: Processo Decisório e Prática Reflexiva

A noção de entendimento compartilhado confere uma dimensão política ao projeto colaborativo, que se apoia na comunicação de conhecimentos adquiridos e construídos para viabilizar as atividades de projeto que exigem reflexão e decisão. Por isso existem dois meios de se entender e dois métodos para descrever a criação de entendimento compartilhado de uma equipe de projeto colaborativo:

1. Como um processo decisório (BADKE–SCHAUB; FRANKENBERGER, 1999);
2. como uma prática reflexiva (VALKENBURG; DORST, 1998; VALKENBURG, 2000).

Os fatores que suportam a criação do entendimento compartilhado são chamados **facilitadores** e os fatores que dificultam sua criação são chamados **barreiras**(BADKE–SCHAUB; FRANKENBERGER, 1999).

3.4.1 Situações Críticas do Processo Decisório

Para Badke-Schaub e Frankenberger (1999), a eficácia dos processos relacionados ao projeto na indústria de manufaturados não é determinada apenas pelas características técnicas envolvidas na produção, mas por fatores sociais relacionados ao indivíduo, ao grupo, às estruturas organizacionais e às condições externas relacionadas as decisões de projeto.

Essa afirmação parte de um estudo apresentado no artigo *Analysis of design projects* (BADKE–SCHAUB; FRANKENBERGER, 1999) no qual os pesquisadores identificaram os principais fatores que influenciam o trabalho de projeto. O objetivo final desta pesquisa era construir um modelo de trabalho para as práticas de projeto colaborativo.

Para ter uma compreensão precisa da prática do projeto, um grupo de engenheiros e psicólogos observou, documentou e analisou quatro processos de projeção, em duas empresas diferentes, durante 28 semanas, sem se envolver no desenvolvimento destes trabalhos. Nesta pesquisa foram consideradas as condições externas, o processo de projeto, o indivíduo e o grupo envolvido.

Os diversos indicadores levantados foram então compilados em modelos explicativos para os emaranhados mecanismos que interferiram nas tomadas de decisão, apontando situações críticas, quais tipos de situações ocorriam e como impactavam positiva e negativamente na qualidade e no custo do projeto.

Entre os postulados apresentados por Badke-Schaub e Frankenberger (1999) merecem destaque as características dos mecanismos que influenciam o processo decisório em situações críticas, tanto de maneira positiva como negativa. Estes mecanismos são apresentados de maneira sucinta na Tabela 2 e Tabela 3⁸.

Tabela 2 – Mecanismos que influenciam positivamente o processo decisório

Características individuais	Existe uma relação direta entre experiência profissional e disponibilidade de informação e capacidade de comunicação Competência profissional, busca por qualidade, formação teórica.
Características da equipe	Envolvimento de profissionais com diferentes competências influencia diretamente na capacidade de análise A cooperação estreita entre os membros do grupo difunde os princípios de cada processo entre todos, permitindo que os membros do grupo possam substituir-se uns aos outros para um determinado nível. Bom relacionamento da equipe é fator mais importante que uma liderança de qualidade para melhorar a comunicação, a análise dos problemas/soluções e as tomadas de decisão bem-sucedidas.
Características externas e organizacionais	Comunicação intensa dos particulares para interação dos requisitos

Fonte: autor, a partir dos relatos de Badke-Schaub e Frankenberger (1999)

⁸ Estas tabelas foram formuladas pelo presente trabalho para o desenvolvimento do segundo estudo empírico, apresentado no capítulo 7 estudo retrospectivo.

Estes mecanismos oferecem uma gama de características que impactam os diferentes níveis da atividade de projetos analisados, desde o indivíduo profissional à estrutura organizacional envolvida.

Os resultados apresentados na pesquisa de Badke-Schaub e Frankenberger (1999) confirmam uma relação casualista entre as características dos mecanismos positivos e os benefícios decorrentes de uma decisão correta em situações críticas. Estes são capazes de influenciar positivamente sobre a qualidade do produto desenvolvido, estabelecendo economia de tempo e custo.

Contudo, ao identificar entre os resultados levantados, aqueles que se referiam às situações insatisfatórias, se estabelece um prognóstico revelador das principais características que podem prejudicar o processo de projeto do edifício e assim corrigi-los (Tabela 3).

Tabela 3 – Mecanismos que influenciam negativamente o processo decisório em situações críticas

Experiência	Excesso de confiança na experiência pode levar a uma análise insuficiente do objetivo pretendido
Poder	Caracterizado pelo estabelecimento de uma hierarquia informal baseada em condição privilegiada, pode levar a: <ul style="list-style-type: none"> – menos disponibilidade de informação – análise inadequada do problema/solução proposta – decisão por uma solução inadequada ou tendenciosa
Grupo pouco organizado	Dificulta coordenação e comunicação
Pressão do tempo	Uma sobrecarga sobre um projetista pode força-lo a decidir individualmente uma situação/solução insatisfatória ou errada

Fonte: autor, a partir dos relatos de Badke-Schaub e Frankenberger (1999)

Nesse sentido, Badke-Schaub e Frankenberger (1999) entendem que o principal fator a provocar uma decisão insatisfatória está relacionado à avaliação da informação e a disponibilidade de informação. E essa insuficiência ocorre principalmente por problemas de coordenação e pela novidade da tarefa, inerente à concepção de um produto.

Assim, o bom desenvolvimento do projeto de um produto complexo depende, em grande parte, da solução eficiente de situações críticas e para isso é necessário que existam informações consistentes e verdadeiras que contextualize e subsidie os profissionais envolvidos. A falta de algumas informações pode inclusive inviabilizar o trabalho de uma equipe de projeto, caracterizando a pior situação possível, quando nenhuma decisão é tomada.

Porem, não é possível determinar com precisão quais informações são necessárias, sendo preciso negocia-las continuamente. Principalmente na concepção e desenvolvimento do produto, Chiu (2002) destaca que a negociação é a prática principal para viabilizar a tomada de decisão sobre o conteúdo e o processo do projeto.

Além disso, em seu de projeto colaborativo (Figura 7), Chiu (2002) apresenta a prática da reflexão estruturada que permite confirmar se as decisões adotadas são satisfatórias e iniciar um novo ciclo de processamento de informações no projeto colaborativo. Assim prática reflexiva é o meio de delinear uma crítica ao conteúdo produzido e, ao mesmo tempo, ao processo que o produz, validando ou retificando as informações identificadas e produzidas.

3.4.2 A Prática Reflexiva

Apesar da falta de estudos empíricos sobre o aspecto cognitivo do entendimento compartilhado no campo das ciências cognitivas e sociais, alguns pesquisadores do projeto têm desenvolvido interessantes artefatos gerenciais, que embasaram o desenvolvimento de importantes conceitos sobre a cognição no entendimento compartilhado.

Um instrumento eficiente para promover o entendimento compartilhado e avaliar a qualidade do conteúdo empregado é a **teoria da prática reflexiva**(SCHÖN, 1984). Trata-se de um processo contínuo de quatro atividades que se alternam: *naming* (nomenclatura), *framing* (estruturação), *moving* (movimentação) e *reflecting* (reflexão).

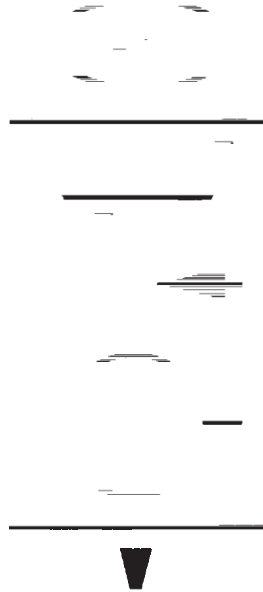
- **Nominação (Naming).** A nominação é a atividade que envolve escolhas importantes para coisas que precisam de atenção explícita.
- **Estruturação (Framing).** A estruturação visa orientar o processo de projeto e comunicação sobre o conteúdo do projeto, por meio de um quadro que apresente diferentes *frames* para solução do conteúdo e do processo de projeto – (01) *frames* que abordam as tarefas de projeto; (02) *frames* para analisar o problema do projeto; (03) *frames* para criar soluções de projeto; (04) *frames* que representam o conceito escolhido; (05) *frames* que representam uma solução parcial. – Em um projeto colaborativo os integrantes da equipe sintonizam as atividades durante o enquadramento, promovendo o entendimento compartilhado sobre o **conteúdo** e o **processo**.
- **Movimentação (Moving).** Os movimentos englobam atividades como a geração de ideias, problematização e projeção das consequências de decisões de projeto, realizadas pela equipe de projeto.
- **Reflexão (Reflecting).** A reflexão é a atividade em que os membros da equipe podem refletir sobre o que estão fazendo e analisar o desempenho de suas ações na realização das tarefas de projeto (VALKENBURG, 2000). A reflexão é um meio para orientar o andamento e a qualidade do projeto, permitindo a reformulação da solução de um problema ou o início de novas atividades de movimento.

Com base nesta conceituação, Valkenburg e Dorst (1998) observaram duas equipes de projeto multidisciplinares envolvidas em uma competição. Eles foram capazes de distinguir e simbolizar (Figura 8) as quatro atividades básicas descritas por Schön (nomeando, movendo, estruturando e refletindo) em uma dinâmica de equipe.

A primeira equipe apenas buscou uma melhor solução para atender o problema. A segunda equipe teve uma visão integrada sobre a tarefa do projeto. Ela enquadrou a tarefa de projeto e desenvolveu este quadro através da implementação de novos aspectos estruturais.

Com este experimento, Valkenburg e Dorst (1998) mostraram a influência da comunicação da equipe na qualidade dos resultados. Verificou-se que os atores usaram reflexões como orientação para avaliar o progresso e qualidade do projeto (VALKENBURG; DORST, 1998).

Figura 8 – O mecanismo da prática reflexiva nas atividades de projeto



Fonte: Valkenburg (1999)

Por último, Stumpf e McDonell (2002) apresentaram uma distinção entre dois níveis de comunicação. Primeiro, o nível macro, em que os atores transformaram seus quadros individuais nos quadros da equipe. Segundo, o nível micro que compreendia o ciclo de nomear, mover, enquadrar e refletir (KLEINSMANN, 2006).

Trata-se de uma intersecção entre conceitos de prática reflexiva de Schön (1984) e a criação de conhecimento organizacional por meio da socialização dos conhecimentos tácitos individuais, apresentada por Nonaka e Takeuchi (1995).

3.5 CRIAÇÃO E CONSOLIDAÇÃO DO CONHECIMENTO

O conhecimento pode ser definido como uma mistura fluida de experiências construídas, valores, informação contextual e discernimento especializado que fornece um quadro para a avaliação de novas experiências e avaliação (DAVENPORT; PRUSAK, 1998), sendo que existe uma associação direta entre o saber e a maneira como esse conhecimento é utilizado.

Kleinsmann (2006) aponta nesta conexão um importante aspecto do projeto colaborativo, quando os intervenientes do processo de projeto constroem um artefato novo baseando-se em suas experiências técnicas e conhecimento científico, em um processo fluido de iteração com o problema originalmente proposto.

Para a gestão do conhecimento, existe uma importante distinção da natureza do conhecimento, proposta por Polanyi (1983), que o separa em conhecimento tácito e explícito. O **conhecimento explícito** é transmissível em decorrência de sua natureza codificada, sistemática e formal. O **conhecimento tácito** é inerente à ação de um indivíduo em um contexto particular e se constitui tanto de elementos cognitivos quanto técnicos.

O elemento cognitivo do conhecimento tácito refere-se às imagens que um indivíduo constrói sobre a realidade e as perspectivas do futuro. A imagem construída por este indivíduo é o modelo mental de uma situação particular em um determinado contexto. Já os elementos técnicos incluem know-how, artes e ofícios (KLEINSMANN, 2006).

Figura 9 – Modelo de criação do conhecimento



Fonte: baseado em Nonaka (1994)

Para Nonaka e Takeuchi (1995), a articulação do conhecimento tácito é um fator chave para a criação de novos conhecimentos e o conhecimento explícito torna-se fundamental para o registro e propagação de um conhecimento em uma determinada organização.

Assim, é importante que os intervenientes que colaboram em uma organização sejam capazes de transformar conhecimento tácito em conhecimento explícito e vice-versa, em um processo cíclico de conversão de conhecimento apresentado a seguir (NONAKA; TAKEUCHI, 1995):

1. O primeiro ciclo é a **socialização**, que permite a aquisição do conhecimento tácito através da interação entre os intervenientes de uma equipe e seus modelos mentais específico, a fim de promover uma experiência compartilhada.
2. O segundo ciclo é a **combinação**, onde a equipe compartilha conhecimento explícito, por meio de estruturas de comunicação formais. O compartilhamento do conhecimento explícito provoca a reconfiguração das informações existentes, podendo gerar novos conhecimentos.
3. O terceiro ciclo é a **externalização**, quando o conhecimento tácito (adquiridos com a experiência) é convertido em conhecimento explícito.
4. O quarto ciclo é **internalização**, onde o conhecimento explícito se transforma em conhecimento tácito, se assemelhando à noção tradicional de aprendizagem.

Durante o projeto colaborativo, barreiras inter organizacionais ou interdepartamentais precisam ser minimizada para promover o compartilhamento do conhecimento tácito dos projetistas (NONAKA, 1994). Se por um lado a diversidade de experiências e especialidade é benéfica, por outro a falta de alinhamento entre os objetivos dos membros de uma equipe de projeto prejudicam o livre compartilhamento de informações.

Assim, quanto mais empresas, com culturas e objetivos diferentes, são envolvidas no desenvolvimento do projeto, mais o desenho organizacional de sustentação do projeto se baseia em contratos, o que torna as barreiras organizacionais mais rígidas.

Para Nonaka (1994) as verdadeiras formas de trabalho e aprendizado de indivíduos envolvidos na resolução de determinado problema “podem ser muito diferentes de práticas oficiais relativamente rígidas” que são especificadas pela organização que promove o projeto.

Orr (1990) argumenta que membros desse grupo trocam ideias e compartilham narrativas ou “historias de guerra”, desenvolvendo consequentemente uma compreensão compartilhada a partir de informações conflitantes e confusas. Portanto, a criação de conhecimento inclui não só inovação, mas o aprendizado que pode moldar e desenvolver abordagens ao trabalho cotidiano (NONAKA, 1994, p. 296).

Ou seja, o entendimento compartilhado de uma equipe de projeto oferece não apenas as condições necessárias para resolução integrada do produto projetado, mas pode alterar o trabalho e escopo do processo de desenvolvimento ligado a ele. Trata-se do reposicionamento do papel do projeto como uma atividade estratégica para o negócio, pois confere maior influência da equipe de projeto sobre o gerenciamento de todo PDP.

Em oposição a esta visão, a terceirização do desenvolvimento do projeto requer um planejamento calcado em tarefas e escopos do projeto rígidos, que precisam ser predeterminados contratualmente (como se tratasse de um trabalho de transformação), para que o gerenciamento e controle do projeto tenham parâmetros de desempenho claros a serem cobrados.

Mintzberg aponta três falácias fundamentais dos pressupostos do planejamento estratégico:

(1) A formalização que pressupõe que os sistemas podem tornar a estratégia melhor do que os seres humanos; (2) a separação que pressupõe que o pensamento, a estratégia, os pensadores ostensivos e os estrategistas devem ser separados da ação, das operações, dos verdadeiros executores e dos objetos de suas estratégias e (3) a predeterminação que pressupõe que o processo de definição de estratégia e as estratégias em si podem ser predeterminados porque o contexto da definição da estratégia é previsível. (NONAKA, 1994, p. 294)

De maneira análoga, ao separar a concepção do produto de seu planejamento, a prática da terceirização do projeto (01) desconsidera a dimensão estratégica do projeto como um agente de inovação e melhoria contínua para o PDP, reduzindo sua influência a caracterização formal e estética do empreendimento; (02) assume o pressuposto equivocado de que as condições de definição do projeto são previsíveis e (03) desperdiça organizacionalmente o aprendizado acumulado tacitamente pela equipe envolvida no projeto. Tais limitações justificam a busca por estratégias alternativas a definição da equipe de projeto do Ambiente Construído.

3.5.1 Criação e Integração do Conhecimento

Para Leonard–Barton e Sensiper (1998) a criação e a integração do conhecimento no projeto colaborativo se organizam em uma **fase divergente** de criação de conhecimento, seguida por uma **fase convergente** de integração do conhecimento.

Se uma fase divergente for consistente, a diversidade de experiências dos intervenientes irá promover ideias criativas, construindo novos conhecimentos através da combinação das qualidades individuais dos membros da equipe. Na fase convergente a equipe precisa do apoio de um sistema de informação para desenvolver uma solução ideal (LEONARD–BARTON, 1995).

Em ambas as fases, alguma redundância de conhecimento entre os atores é importante para que aconteça a efetiva transferência do repertório (NONAKA; TAKEUCHI, 1995), pois essa semelhança nas percepções individuais dos atores é importante para compreender o conceito do projeto (conteúdo) e o funcionamento do sistema de transferência de conhecimento (processo).

Vários autores defendem a necessidade de se manter um equilíbrio entre diversidade e homogeneidade do repertório compartilhado nas fases divergentes e convergentes da construção e interação do conhecimento (LEONARD–BARTON, 1995), principalmente nos processos de projeto colaborativo (KLEINSMANN, 2006).

Assim, durante as fases divergentes, a equipe deve se comunicar, compartilhando o conhecimento específico de cada um com os demais. Esta diversidade de repertório permite explorar novos conhecimentos, confrontando-os e reinterpretando-os, que devem resultar em ideias, soluções criativas e um novo conhecimento. E, dentro das fases convergentes, a equipe deve ser capaz de integrar as suas bases de conhecimento. Neste momento, as organizações devem estar preparadas para gerir as informações consolidadas na formalização do conhecimento explícito.

Experimentos realizados em projetos, onde esse método foi empregado, apresentaram significativos aumentos da coerência em ciclos de divergência. A maior iteração e o estreitamento das possibilidades de projeto são entendidos como desejáveis, pois geram soluções criativas. Principalmente nas fases iniciais do projeto, as equipes foram incentivadas a explorar amplamente as possibilidades técnicas e conceituais possíveis. Já nas fases finais do processo, as equipes precisavam alcançar a coerência desse conteúdo.

3.6 DISCUSSÃO: PROCESSOS INTEGRADOS DO PROJETO COLABORATIVO

Valkenburg (2000) aponta o Projeto Colaborativo como o melhor caminho para promover *processos integrados de projeto de produtos complexos* e alcançar as expectativas com melhor desempenho. Neste contexto a colaboração é fundamental, pois ninguém detém todo conhecimento necessário para centralizar as decisões ou determinar quais são as demandas do projeto desde o início. Além disso, o desenvolvimento de projetos complexos, como do Ambiente Construído, envolve componentes lógicos e criativos em um contexto ambíguo onde os intervenientes promovem a iteração entre problema do projeto e sua solução (VALKENBURG; DORST, 1998).

Em outro trabalho consistente relacionado ao projeto colaborativo, Kleinsmann (2006) destaca que problemas de projeto permanecem em aberto. Por isso é normal que problemas ocorridos na concepção de um produto como um edifício ou ambiente sejam identificados no detalhamento, gerenciamento do projeto ou em sua execução. Assim, novas questões de projeto aparecem com o andar do PDP.

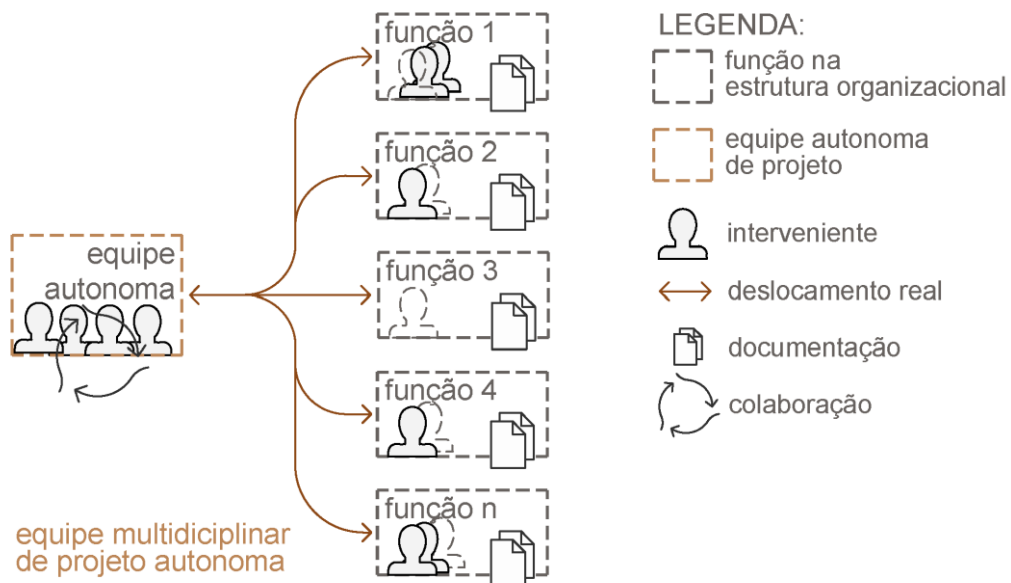
Como ficou indicado na revisão, mesmo em processos que adotam um sistema rígido de gerenciamento de projeto cooperativo, se for fragmentado, encontra dificuldades em operacionalizar a sincronia necessária para desenvolver o projeto rapidamente, pois a equipe de projeto não é capaz de antecipar e solucionar suficientemente os problemas de projeto.

De fato a natureza iterativa do projeto não é compatível com o raciocínio linear imposto em desenhos organizacionais do setor, nos quais alguma atividade cooperativa pode ser observada com sucesso. Existe uma diferença entre cooperação, observada em boas experiências do mercado atualmente, e colaboração.

Diferente do sistema cooperativo, no qual o comprometimento existe frente à percepção de interdependência entre as tarefas e os objetivos individuais de projetistas compromissados com seu próprio negócio, a colaboração promove um objetivo final comum(LU; ELMARAGHY, *et al.*, 2007). O projeto colaborativo visa intensificar prática interativa de socialização de conceitos e experiências para criar um entendimento compartilhado sobre o problema de projeto (KLEINSMANN, 2006).

A Figura 9 apresenta um desenho simplificado das relações de interação entre equipes e coordenação de projeto que possuem atividades interdependentes e, por isso, exemplifica uma situação típica de cooperação. Nela, cada empresa–profissional responsável por uma área específica do desenvolvimento do projeto compromete–se a cooperar com os demais intervenientes envolvidos, pois assim obtém as condições necessárias para que escopo do produto de sua competência seja alcançado.

Figura 10 – colaboração entre intervenientes de uma equipe em um projeto multidisciplinar



Fonte: autor

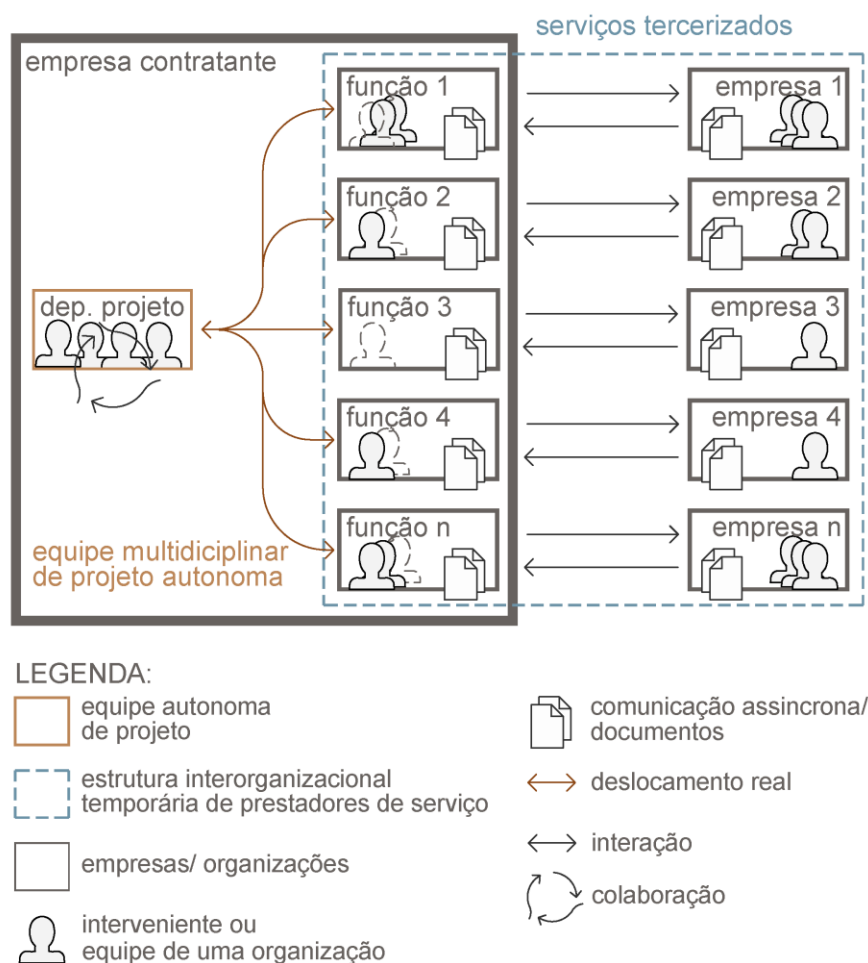
Estas características corroboram as duas estratégias de implementação de um projeto apontadas por Kleinsmann que apresentam melhor performance à colaboração. Nestes modelos, em vez de contratar serviços de projeto terceirizados específicos para evitar gastos excessivos com um departamento de projeto, como normalmente ocorre no setor, as duas estratégias apontam um sentido contrário:

- Ou o desenho organizacional da empresa desenvolvedora é constituído matricialmente, de maneira a permitir que a estrutura funcional desenvolva paralelamente o projeto.
- Ou uma equipe autônoma é composta por atores pertencentes a essa estrutura funcional, ou seja, integrem a organização que oferece sustentação ao PDP, que são temporariamente destacados de sua função para se dedicar ao projeto.

Entre essas opções Ottum e Moore (1997) destacam o desempenho melhor da última para o compartilhamento de conhecimentos e a difusão de informação entre os atores envolvidos.

Ou seja, em nenhum dos casos a concepção e o desenvolvimento do projeto são terceirizados, pois estas etapas concentram grande importância estratégica na definição da qualidade do projeto, impactando no produto, planejamento e gerenciamento de sua produção (VALKENBURG, 2000). Ao contrário, atividades rotineiras e facilmente controladas, como montagem de componentes da edificação ou transporte de matéria prima, oferecem maiores oportunidades de terceirização sem prejuízo para o PDP (Figura 11).

Figura 11 – o que terceirizar no PDP em um desenho organizacional orientado por projeto colaborativo



Fonte: autor

Para Corrêa e Ruschel (2010) um sistema colaborativo se baseia na troca de informações através da “automação do processo sequencial e a correlação entre os processos simultâneos”, possíveis com a modelagem da informação. Porém, além da aquisição e implantação de tecnologias BIM (tratados no capítulo seguinte), a adoção do projeto colaborativo como estratégia para melhoria do PDP passa necessariamente pelo aperfeiçoamento profissional dos projetistas para o reposicionamento de suas competências em uma reestruturação do processo de projeto, que vai além do treinamento em novos softwares (CORRÊA; RUSCHEL, 2010).

Ao migrar de uma matriz documental para informacional, o registro documental se restringe à comunicação prescritiva ou para registro desonerando o processo de reflexão e exposição sobre problemas do projeto. Neste contexto, fica clara a importância de estabelecer a distinção entre os tipos de croquis apontados por Van Der Lugt (2001) e ressignificados com o conceito de objetos compartilhados do projeto (Figura 6) apresentados por Saad e Maher (1996).

Os objetos compartilhados entre a equipe de projeto e demais intervenientes possuem, além de dimensões gráfica e semântica, uma dimensão organizacional. Saad e Maher (1996) distinguem essas formas de entender as representações de objetos compartilhados, categorizando-as e relacionando-as. As características expostas em cada categoria fazem referência à informação vinculada ao objeto compartilhado e não ao produto do projeto, o que reforça a necessidade de estruturar o PDP alinhado ao gerenciamento do desenvolvimento e comunicação das informações de projeto.

Em um desenho do PDP onde todo gerenciamento das informações necessárias para a produção do ambiente construído tem como eixo a organização que desenvolve o projeto, a comunicação assíncrona ocorre prioritariamente para instrumentalizar a comunicação síncrona. É através da comunicação síncrona que os problemas relacionados à integração são solucionados com mais rapidez.

A comunicação assíncrona apresenta, por outro lado, quatro tipos de problemas de comunicação – apontados por Chiu (2002) e já mencionados na seção 0 – que impactam na qualidade da comunicação e prejudicam o projeto colaborativo. Estes problemas tem origem organizacional e podem ser mitigados em um desenho organizacional do PDP estrutura do entorno do projeto, conforme demonstrado a seguir:

1. A continuidade entre desenvolvimento, gerenciamento e controle do projeto ao longo do PDP permite a automação de mídias na comunicação entre processos sequenciais;
2. Entre os gerentes e operadores de cada processo, alguém é destacado para participar ou gerenciar o projeto, reduzindo a ocorrência de problemas de semântica que descaracterize o significado original das informações comunicadas;
3. A equipe de projeto autônoma é composta por membros que desempenham funções específicas no gerenciamento e controle do PDP, por isso são capazes de identificar antecipadamente e comunicar aos demais membros eventuais problemas de projeto ligados a sua área de atuação e, juntos, projetarem soluções efetivas e integradas para o projeto;
4. Como os membros da equipe autônoma de projeto também desempenham diferentes funções na organização que gerencia o PDP, podem transitar sem barreiras inter organizacionais entre a equipe autônoma e suas funções de rotina em busca das pessoas capazes de auxiliar as soluções de projeto;

O primeiro dos quatro itens apresentados tem relação direta com a modelagem da informação, que será desenvolvido a seguir. Os três itens seguintes caracterizam um desenho organizacional coerente com o modelo de projeto colaborativo baseado a comunicação síncrona (Figura 7), desenvolvido por Chiu (2002), capaz de suprir as deficiências da comunicação assíncronas.

Este modelo teórico se baseia em negociação e reflexão para auxiliar a tomada de decisão e a avaliação preditiva da atividade de projeto em ciclos de amadurecimento do projeto com base em um entendimento compartilhado. Contudo, apresentaria uma contribuição diminuída em um desenho organizacional fragmentado, onde os atores envolvidos na concepção, definição e detalhamento do projeto desenvolvido não operassem o gerenciamento e controle da produção do ambiente construído.

Uma das razões para esta limitada contribuição em um desenho organizacional convencional decorre da quebra de parte do entendimento compartilhado sobre os processos e conteúdo do projeto, construído entre os membros da equipe envolvida no projeto, que não é facilmente transmitido, pois se trata de um conhecimento tácito, ligado a experiência acumulada da equipe ao longo do desenvolvimento, gerenciamento e controle da realização do projeto (na Figura 11 as funções indicadas referem-se ao gerenciamento da execução e controle do projeto).

Ao terceirizar ou departamentalizar o desenvolvimento do projeto, não apenas o conhecimento tácito da equipe de projeto se perde, mas também a vantagem competitiva é desperdiçada, pois não aproveita o comprometimento decorrente de uma equipe de projeto autônoma formada por membros envolvidos com outros processos do PDP, no gerenciamento, controle e melhoria do deste mesmo PDP.

Além disso, o caráter prototípico do ambiente construído faz com que decisões de projeto ocorram ao longo de todo PDP. É importante que muitas dessas decisões sejam adiantadas nas fases iniciais do projeto ou ao menos consideradas desde o início, pois o retardamento na definição de soluções é oneroso, porém é natural que detalhes e especificações de uma solução precisem ser revisados ao longo de todo PDP. Isso significa que situações críticas ocorrem não apenas nas fases iniciais porém em todo PDP, exigindo da equipe de projeto o comprometimento com estes processos decisórios.

Atualmente, esta demanda fica restrita por barreiras organizacionais, que limitam o envolvimento da equipe de projeto a uma fase específica do PDP. E mesmo com o estabelecimento contratual de algum envolvimento prolongado desta equipe, este apresenta pouca influencia na resolução de problemas, pois ocorre sem o estabelecimento da competência necessária para uma atuação autônoma.

A competência para o envolvimento da equipe de projeto, quando esta equipe é constituída temporariamente como uma prestação de serviço terceirizada, é prejudicada em dois sentidos principais. Primeiro, como mencionado acima, refere-se à limitada autonomia no processo decisório; segundo, reforça o desconhecimento das particularidades do PDP pelos componentes da equipe de projeto, impossibilitados organizacionalmente de experienciar os demais processos envolvidos no desenvolvimento e produção do ambiente construído e compreender, com a prática reflexiva profissional, quais são as necessidades ou requisitos que estes demandam do desenvolvimento do projeto.

Essencialmente, o envolvimento da equipe de projeto em todo PDP visa a integração do conhecimento tácito, por meio da efetiva transferência do repertório (NONAKA; TAKEUCHI, 1995), necessário para solucionar o problema de projeto. Este conhecimento é entendido como maior ativo de uma empresa ou organização (NONAKA; TAKEUCHI, 1995), pois fomenta a melhoria continua e a inovação (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008).

4 MODELAGEM DA INFORMAÇÃO

A capacidade de se criar o entendimento compartilhado no desenvolvimento do ambiente construído envolve uma habilidade específica, esperada dos intervenientes diretamente responsáveis pelo seu projeto. Esta habilidade ou competência está associada à capacidade de abstrair a materialidade do produto, projetando sobre esta abstração as soluções possíveis que respondam às questões sociais, técnicas e econômicas relacionadas a este, avaliando-as de acordo com a especialidade que domina e integrando-as com as demais áreas componentes.

Além disso, os profissionais projetistas devem conseguir comunicar com eficácia estas informações, codificadas em uma linguagem comum aos demais intervenientes, de maneira a todos compreenderem seu funcionamento, propósito e exequibilidade. Essa capacidade de projetar uma solução e comunicá-la está historicamente ligada à capacidade de **desenhar**⁹.

Assim, para esses intervenientes, o desenho compreende um universo significativo do conhecimento no qual reside a compreensão de que são compostos os objetos e como estes são produzidos. Projetistas de um modo geral estão imersos nessa cultura material (CROSS, 2007). É por isso que arquitetos e engenheiros, enquanto projetistas de edificações, têm historicamente no croqui sua principal forma de reflexão e comunicação, pois partem desta mesma cultura material, onde a abstração da edificação compreende uma linguagem particular, passível de ser escrita e interpretada.

Contudo, existe uma diferença fundamental entre a capacidade de abstração e sua representação codificada. Pois, descarte a contribuição histórica do desenho, o que nos interessa desta codificação é a eficácia com que esta permite a reflexão e a comunicação das características esperadas de um produto entre os intervenientes envolvidos no empreendimento.

⁹ Quando desenhar se refere à habilidade de conceber, ou seja, um exercício cognitivo equivalente ao significado de *design* na língua inglesa.

4.1 A Concepção e Comunicação das Informações do Projeto em um Processo Colaborativo

Se aceitarmos que os objetos construídos são uma forma de conhecimento capaz de responder a certas questões, inclusive como executar determinadas tarefas, pode-se auferir que este conhecimento pode ser ensinado, reproduzido e socializado. O conhecimento sobre os objetos e sobre como eles funcionam, pode ser tacitamente apreendido, quando seu significado é simples e objetivo. Assim acontece quando reconhecemos a finalidade de um machado, bem como sua característica principal, ser cortante, que está intimamente ligada a sua forma e função (CROSS, 2007).

Porem, conforme as associações tornam-se complexas, essas informações precisam ser configuradas para ser explicitadas precisamente¹⁰. Fato é que essa prática, além de permitir uma comunicação fluida, tem levado a melhorias significativas no design de objetos (CROSS, 2007), ao ponto de se desenvolver amplamente pesquisas tecnológicas e científicas neste sentido.

Analisando as características do conhecimento associado aos objetos, bem como à capacidade de desenvolvê-los, Bonsiepe (2000) evidenciou certos aspectos que tornam o entendimento compartilhado e a socialização do repertório técnico e criativo práticas necessárias ao desenvolvimento de projetos de artefatos (BONSIEPE, 2000) complexos como o ambiente construído:

- O conhecimento é entendido como experiência acumulada;
- pode e precisa ser comunicado e compartilhado entre os indivíduos;
- o processo de comunicação e compartilhamento do conhecimento está ligado à sua correta apresentação; e
- a apresentação do conhecimento é uma questão central do projeto.

¹⁰ Vale observar que, mesmo vivendo na era da informação, ainda nos deparamos com dificuldades básicas de entendimento e difusão do significado deste tipo de conhecimento que se desenvolve com a humanidade desde seu primeiro machado.

Essa perspectiva é particularmente válida se a partir dela resgatarmos a grande quantidade de erros ocasionados por uma leitura equivocada de projeto, seja por que o conteúdo foi mal redigido¹¹, porque o leitor não compreendia satisfatoriamente os códigos ou porque os códigos levaram ao erro devido à comunicação insuficiente ou falha (FERREIRA, 2007).

Assim, podemos admitir que a apresentação clara desta natureza de conhecimento requer a intermediação de instrumentos de representação do projeto onde o conhecimento seja mediado por uma interface mais realística para que ele possa ser percebido e assimilado.

Caso contrário, o conhecimento permanece abstrato, como croqui, dificultando o acesso de seu conteúdo pelos intervenientes que não dominam a linguagem abstrata dos desenhos técnicos, nem tenham experimentado antecipadamente através de simulações que confirmem as expectativas projetadas para o produto.

Aqui reside um ponto de alavancagem para a modelagem da informação, cujas ferramentas são resultados de esforços contínuos de pesquisas e desenvolvimento de design de informação e tecnologia da informação, voltados para a indústria do ambiente construído. E, diante da crescente complexidade percebida no setor (FABRÍCIO, 2002), a modelagem da informação se torna indispensável ao processo de comunicação (BONSIEPE, 2000) do projeto colaborativo.

É nesse ponto que a colaboração auxiliada pela modelagem pode ajudar. Com o gerenciamento de projeto baseado em instrumentos de validação preditiva e incentivos a novas competências profissionais (FABRÍCIO; ORNSTEIN; MELHADO, 2010) associadas à gestão da qualidade, modelagem da informação e cooperação, é possível reduzir a complexidade cognitiva na interação da informação através de uma interface prototípica entre a informação codificada (MACLEOD; MCGREGOR; HUTTON, 1994) e o leitor, sendo ele técnico ou não.

¹¹ Muitas vezes confundido como mal projetado.

4.2 MUDANÇA ORGANIZACIONAL DE UM SISTEMA BASEADO EM DOCUMENTAÇÃO PARA UM SISTEMA BASEADO EM MODELAGEM DE INFORMAÇÃO

A principal razão para codificação de uma linguagem é a construção de um mecanismo eficiente de comunicação das informações codificadas (CROSS, 2007). Porém, vemos que boa parte dos esforços gerenciais destinados a compatibilizar as representações técnicas de cada especialidade se mostra burocrática e infrutífera. Isso se deve ao fato de cada representação ser desenhada na linguagem específica de sua especialidade (FERREIRA, 2007), agravado pela fragmentação organizacional do processo, que impede o entendimento global do projeto ou empreendimento e pela excessiva abstração dos documentos utilizados na comunicação das informações de projeto.

Este descompasso se agrava diante da velocidade, descontinuidade e imprevisibilidade das inovações tecnológicas que, somadas às necessidades do mercado em desenvolver um projeto com mais rapidez (FABRÍCIO, 2002), são apontadas como maiores ameaça à tradicional prática de resolução de projetos (BOUCHLAGHEM; SHANG, *et al.*, 2005).

Visando soluções e oportunidades, as organizações buscam estabelecer um novo padrão de competitividade, criando e cultivando um ambiente de produção motivador, focado no intenso compartilhamento de informações e conhecimento.

O maior desafio da construção do conhecimento é identificar com nitidez os modelos mentais de maneira que possam ser revistos, compreendidos e sistematizados, para que, através do compartilhamento quaisquer distorções sejam clarificadas (SENGE, 1998).

Quando identificamos casos profícuos de valorização do conhecimento, nos aproximamos das ações de gestão voltadas para integração do projeto. Física e organizacionalmente, elas estabelecem um ambiente propício para a colaboração visando dispor de ativos para dinamizar suas estratégias (SPENDER, 2001).

A situação é mais crítica na construção civil, no qual o processo é desarticulado. Cabe não apenas às construtoras, mas também aos demais intervenientes, principalmente projetistas, o envolvimento direto nessa cultura organizacional.

Estes devem ser vistos, não apenas como fornecedores eventuais de informações técnicas e processuais específicas, mas os protagonistas de possíveis inovações organizacionais. Uma vez que nenhum ator tem em qualquer fase do processo, uma solução global e a compreensão abrangente do projeto, os atores têm que compartilhar o conhecimento (BUCCIARELLI, 1994) e para isso deve haver uma motivação equivalente. Assim, uma reestruturação organizacional no desenvolvimento e produção da edificação se faz necessária e passará pela valorização da gestão do projeto e do projeto colaborativo, alavancados como uma atividade estratégica (PHILLIPS, 2011).

O ponto essencial dessa discussão (DAVENPORT; PRUSAK, 1998) é uma abordagem focada no homem, trazendo-o de volta para o centro do processo e colocando a tecnologia no seu devido lugar, como uma ferramenta excelente, mas incapaz de substituir a capacidade que o homem tem de resolver questões complexas e mal formuladas.

Embora se reconheça a importância das tecnologias *Computer Assisted Design* (CAD) na reprodução de desenhos técnicos que eram antes realizados manualmente, a maneira como os profissionais envolvidos pensavam, comunicavam e trabalhavam se manteve inalterada. A expectativa do protagonismo das tecnologias de informação na melhoria de produtividade sem a renovação de competências profissionais e adequação organizacional se mostrou uma experiência frustrante (CORRÊA; RUSCHEL, 2010).

Em contrapartida, a tecnologia sob o paradigma do *Building Information Modeling* (BIM) oferece melhor suporte à integração do projeto de edificações, incorporando a colaboração e automação (ARAYICI; COASTE, *et al.*, 2011) como bases para a integração criativa e técnica do projeto do ambiente construído.

4.3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO COM ENFOQUE NA PROTOTIPAGEM

A natureza iterativa presente no desenvolvimento do projeto do ambiente construído faz com que a definição de determinada característica do produto reposicione o problema de projeto, interferindo nos processos relacionados à sua produção (GRIMM, 2004). Essa reestruturação do problema ocorre em ciclos ou *loops* investigativos (LAWSON, 2011) que consolidam e alteram a percepção do produto projetado, consolidando-a até sua concretização.

Essas mudanças são intensas e corriqueiras nas fases iniciais do projeto, o que justifica a utilização de croquis conceituais para conceber soluções de projeto ou eventualmente descartá-las e recomeçar o processo rapidamente, sem prejuízo significativo pelo trabalho realizado. Este croqui corresponde ao desenho de um edifício, porém este mesmo desenho pode ser expresso de outras formas, por meio de uma maquete ou um modelo virtual, conforme a necessidade de interação e comunicação muda.

O desenvolvimento de um produto ocorre conforme o desenho complexifica, aproximando-o da realidade projetada. Desta forma, independente do objeto compartilhado que o materializa, o desenho é ao mesmo tempo veículo da expressão dos pensamentos e intensões dos projetistas e uma projeção de como será este produto.

A capacidade de emulação do produto projetado com o desenvolvimento de objetos compartilhados faz destes objetos diferentes tipos de prototipagem associados a uma linguagem codificada (GRIMM, 2004). Até mesmo um croqui conceitual do desenho de um edifício pode ser entendido como um protótipo simplificado, capaz de testar determinados atributos deste desenho, como proporção, zoneamento e disposição dos espaços, ritmo de pilares ou aberturas etc.

Um protótipo visa melhorar o conhecimento, o desempenho e a confiabilidade das características esperadas do produto e dos processos relacionados à sua produção. Historicamente a prototipagem é classificada em analítica e (02) física (ULRICHI; EPPINGER, 1995), sendo que a primeira é atualmente relacionada tanto à representação gráfica bidimensional quanto à modelagem da informação, além da simples modelagem geométrica, ao fotorrealismo, à modelagem e às simulações realizadas com auxílio de computação gráfica.

Distinção do conceito de desenho enquanto ideia projetada e dos objetos compartilhados desta ideia é importante para reposicionar o papel de representações gráficas no processo de projeto. De fato, estas representações se incorporaram a cultura projetual de arquitetos e engenheiros, ao ponto de ser confundida com a capacidade de abstração intelectual destes. Esta realidade se manteve inalterada após o incremento tecnológico propiciado pelos programas CAD, que foi assimilado às práticas projetuais tradicionais na produção de protótipos representativos, agora vetoriais.

Embora as ferramentas CAD ofereçam suporte para modelagem geométrica tridimensional e paramétrica desde suas primeiras versões, os benefícios relativos à diminuição da abstração na representação do projeto foram insuficientes para provocar a substituição do raciocínio unidimensional dos projetistas de edifícios.

Atualmente, conforme são divulgadas em artigos acadêmicos e eventos do setor, as vantagens competitivas decorrentes dos benefícios oferecidos por sistemas de modelagem da informação computadorizados – muitos deles desenvolvidos especificamente para indústria do ambiente construído – aumentam as incertezas diante de um novo e promissor paradigma para o negócio da construção. Embora os riscos sejam grandes, diante das incertezas relacionadas à escala e complexidade dessa inovação, observa-se uma gradual mudança no mercado, com experiências de modelagem da informação em nível básico e isolado (SOUZA; AMORIM; LYRIO, 2009).

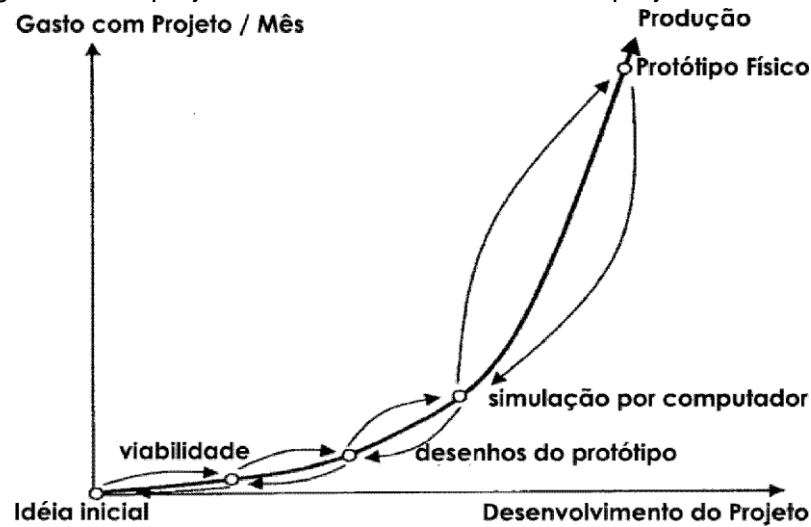
Em alguns casos isolados, grandes empreendimentos têm promovido experiências de modelagem da informação visando garantir eficiência e agilidade ao processo de desenvolvimento e produção do edifício. Nestes casos, foi explorado o potencial analítico da modelagem informacional com simulações de produtividade, desempenho material e ambiental e projeções econômicas (EASTMAN; TEICHOLZ, *et al.*, 2011).

No outro extremo do espectro entre agilidade e materialidade, a prototipagem física é um meio menos flexível, porém capaz de detectar com mais detalhes fenômenos atípicos e complexos, e representar de maneira mais objetiva (em uma linguagem menos codificada e abstrata) as soluções de projeto. Cada abordagem à prototipagem se mostra mais ou menos adequada à determinada fase do processo de formulação, alteração e consolidação do conhecimento necessário para o desenvolvimento do produto. Contudo existe uma grande incógnita quanto à medida e momento ideal de empregá-las.

Neste sentido, Preston e Reinertsen (1997) apresentam na Figura 12 uma curva relacionando os gastos com projeto com o desenvolvimento do mesmo que se aproxima da Figura 1. A figura adapta o mesmo conceito, representando ainda os *loops* investigativos entre as modalidades de prototipagem. Embora esquemática, a noção de que estes *loops* ocorrem com maior intensidade no início do processo é real. Neles são empregados protótipos analíticos, pois são menos custosos e mais flexíveis, permitindo revisões gerais do conceito.

Assim, a prototipagem analítica auxilia a construção deste conhecimento, e sua qualidade está ligada à relação entre a capacidade de aproximação da realidade e um menor custo, de maneira a garantir o entendimento total sobre o projeto (PRESTON; REINERTSEN, 1997). Onde o conhecimento está faltando, mudanças no projeto representam aprendizagem a ser aplicada na melhoria do produto ou processo envolvido (FAITHFULL; BALL; JONES, 2001) e os custos dessas mudanças de projeto, dentro um desenho organizacional que entende o projeto estrategicamente, são compensados pelo conhecimento adquirido (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008).

Figura 12 – gastos com projeto versus desenvolvimento do projeto



Fonte: figura baseada em Preston e Reinertsen (1997)

Com o aprofundamento das definições de projeto, é comum que a complexidade e particularidades das informações tornem necessária a confirmação de determinados aspectos da produção, cuja especificidade e materialidade demandem a confecção de protótipos físicos. Estes, por um lado, dependem do conhecimento prévio levantado no desenvolvimento dos protótipos analíticos, sejam desenhos representativos ou modelos informacionais, pois desta forma diminuem as variabilidades e inconsistências de projeto; por outro apresentam limitações inerentes ao caráter prototípico das edificações.

O desenvolvimento de protótipos analíticos deve elucidar o máximo de pontos obscuros possíveis sobre as definições do projeto. Ao reduzir a imprecisão das informações sobre o produto e processo produtivo, é possível, então, explorar a confecção de Protótipos Físicos com enfoque na redução de riscos associados a procedimentos ou anomalias decorrentes de suposições ou imprecisões inerentes à prototipagem analítica. Por outro lado, o desenvolvimento de protótipos físicos pode ser concebido de maneira mais econômica e objetiva, focando determinados aspectos que permanecem indefinidos ou não conformes no desenvolvimento dos protótipos analíticos.

Contudo, a possibilidade de gestão de informação e processos além das “n” simulações possíveis com uso dos softwares que suportam a modelagem da informação, incorporam benefícios processuais à prototipagem virtual que abrangem diversos aspectos da edificação ao longo de todo seu ciclo de vida. Estas vantagens vão desde a apresentação inicial dos conceitos, nos diversos estágios da produção, até atividades de manutenção e desconstrução.

Na fase de produção da edificação, sua construção e demais tarefas associadas, a modelagem da informação oferece uma perspectiva pouco explorada de verificação e comunicação. O desenvolvimento da modelagem no nível de componentes, como um protótipo analítico de fato, aumenta a capacidade de visualização destes detalhes, diminuindo os esforços de abstração em sua interpretação pelos agentes responsáveis *in loco*.

Com o uso de aplicativos computacionais dinâmicos não apenas a representação geométrica de objetos físicos é comunicada, mas também todo um conjunto de dados abstratos pode ser associado a esse modelo (BOUCHLAGHEM; SHANG, *et al.*, 2005), permitindo a conferência, simulação e avaliação de diferentes aspectos relacionados ao produto e do processo produtivo.

Em um PDP integrado, um mesmo modelo da informação permite o apontamento de dúvidas e retroalimentação da obra. Incorporadas ao protótipo analítico, informações levantadas em todo PDP podem auxiliar o processo decisório e gestão do projeto em ciclos de melhoria contínua. Para que esta possibilidade técnica se viabilize, contudo, é preciso desenvolver competências específicas (SHER; SHERRATT, *et al.*, 2009) e condições organizacionais coerentes.

Neste ponto, os conflitos organizacionais tornam-se evidentes, principalmente quando observamos o desenrolar das discussões sobre os novos modelos contratuais para reger contratações de modelagem (EASTMAN; TEICHOLZ, *et al.*, 2011). Trata-se do aspecto mais visível da incoerência entre os processos necessários para integração da informação do produto e do processo e as regras que comumente regem os negócios na construção civil.

4.4 CARACTERÍSTICAS DA MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DO EDIFÍCIO

A mudança organizacional no desenvolvimento e produção do ambiente construído para um sistema de integração de informações e colaboração é fundamental para viabilizar um assunto não abordado explicitamente até aqui: a busca por melhor desempenho da edificação em seu ciclo de vida. Ou seja, o estabelecimento de um modelo de desenvolvimento que viabilize e aumente as garantias de qualidade de um produto prototípico, caro e perene.

Devemos compreender como a tecnologia da informação parametrizada, prototipagem virtual, projeto colaborativo, simulações dinâmicas de desempenho e processos confluem para o paradigma BIM¹². Idealmente ele oferece condições para a integração entre a incorporação, o desenvolvimento e a produção do ambiente construído, facilitando a identificação e conferência de requisitos para o projeto que garantam a qualidade esperada do edifício projetado.

Contudo, uma grande barreira associada à sua implementação está no excessivo enfoque dado aos aspectos ferramentais e seus benefícios. Estes benefícios processuais não se confirmam plenamente sem uma estrutura organizacional coerente que o suporte. O paradigma para o qual essas ferramentas foram desenvolvidas se baseia em atividades colaborativas e em modelos de incorporação, desenvolvimento e produção integrados de fato.

O paradigma BIM estabelece uma série de novas relações envolvendo projeto, programa e portfolio que substitui o princípio tradicional de gestão baseado em comando–controle (BRÍGITTE, 2013). Neste princípio, um controle reativo sobre a execução deve ser previamente estipulado por meio de um planejamento, subdividindo o processo em fases, para então prever os inputs necessários e os outputs requeridos em cada uma delas.

¹² Esta alcunha agrupa e relaciona as tecnologias, processos e competências necessários para a modelagem de informação, é comumente adotada para demarcar o caráter amplo da matéria.

Porem, a soma das atividades não coincide com os esforços reais que resultam no produto. Por isso, na produção tradicional o enfoque recai sobre o tempo e o custo, negligenciando qualidade do objeto construído. E é justamente no desenvolvimento do edifício, quando atingir a qualidade implica em transpor os requisitos dos clientes em atributos, que ocorre o aumento da complexidade e dubiedade de informações. Nesta fase, que lucidamente Chiu (2002) chama de *final fontfuzzy*, fica mais evidente a falta de subsídios que a gestão clássica tem (ou não tem) em lidar com as questões construtivas e relacionadas ao valor do projeto.

Em outras palavras, o BIM é uma resposta a uma nova base para o desenvolvimento e produção do ambiente construído. Porem o enfoque dado a relação entre **custo, tempo e qualidade**, não pode ser apenas ferramental, mas processual(SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010). Neste sentido, existe uma conexão originária do BIM com os conceitos de **transformação, fluxo e valor**(KOSKELA, 2000)que estabeleceram as premissas do *Lean Construction* (SACKS; ESQUENAZI; GOLDIN, 2007).

Este paralelo é interessante, pois permite apontar uma dificuldade organizacional comum, na qual o enfoque dado à transformação não permite identificar as perdas decorrentes da fragmentação do fluxo de informação e da falta de uma visão estratégica no desenvolvimento e controle das informações de projeto.

Sem se preocupar com a qualidade final, muitos esforços gerenciais visam aperfeiçoar práticas e processos que não melhoram a qualidade do produto final. São problemas surgidos da maneira como o fluxo de informação foi estruturado no PDP, que muitas vezes não condiz com a necessidade de informação na produção e uso. Para equacionar a distorção estrutural no fluxo de informação é preciso realizar o planejamento reverso da produção, que se traduz, entre outras coisas, em um eficiente instrumento para a gestão de valor.

O conceito de qualidade e valor é fundamental para compreender a importância do acesso às informações do ciclo de vida dos edifícios para o projeto. A modelagem da informação do edifício não suporta apenas a simulação da geometria do edifício associada a informações técnicas. Ela abrange o registro das decisões de projeto, a comunicação das informações do empreendimento e a conversão de conhecimento através de simulações analíticas de desempenho do ambiente construído (ver Tabela 4).

Tabela 4 – da modelagem ao gerenciamento

Usos	
Modelos específicos sem compartilhamento	← Mais complexo
Mesclando modelos para coordenação e compatibilização	
Gestão da construção, orçamentação e recursos	
Avaliação ambiental.	
Gestão de requisitos	
Gestão de uso e manutenção	

Fonte: autor, com base nos níveis de maturidade BIM de Succar (2009)

As múltiplas dimensões apresentadas neste novo paradigma evidenciam uma complexidade antes ignorada e que requer a colaboração com uso das tecnologias de informação (KALAY, 1998), o que implica em novas competências profissionais.

A aprendizagem de novas competências não está restrita a capacidade de profissionais desaprenderem a desenhar e aprenderem a modelar (FALLMAN, 2003). Envolve a capacidade dos profissionais envolvidos trabalharem e criarem colaborativamente com auxílio da tecnologia da informação que os conectem aos demais intervenientes do PDP do edifício. Assim, a modelagem da informação alia a prototipagem analítica e processos colaborativos, que propiciam um modelo para o desenvolvimento de projeto integrado e compartilhado (KALAY, 2006) que conferem uma dimensão estratégica à atividade de projeto.

Um aspecto considerado fundamental para a implementação do BIM é a capacidade de interoperabilidade entre os softwares que permite o desenvolvimento de um projeto colaborativo entre empresas especializadas, como ocorre atualmente. Para superar a incompatibilidade de linguagem entre esses softwares desenvolvidos por diferentes empresas e para diferentes especialidades (LAAKSO; KIVINIEMI, 2012) a *International Alliance for Interoperability* (IAI) vem desenvolvendo o *Industry Foundation Classes* (IFC)¹³.

Por ser modelo aberto, ampliável e adaptável, o IFC é uma iniciativa que se mostra conveniente às aplicações e desenvolvimentos visando a colaboração e interoperabilidade na construção, sendo considerado atualmente o modelo mais apto a desenvolvimentos futuros (FERREIRA, 2005). O desenvolvimento dessa linguagem comum apresenta recente sucesso, favorecendo o desenvolvimento de colaboração interna em uma empresa.

Porem existe uma queixa recorrente entre os projetistas, que apontam uma séria restrição criativa nas fases iniciais do projeto. De fato, parte desta resistência é devido à novidade no ferramental e parte é decorrente da formatação da parametrização de componentes, que exige uma antecipação das definições materiais e tecnológicas do projeto que culturalmente são retardadas ou delegadas a outro interveniente em um processo sequencial.

Por outro lado, com o aprofundamento das resoluções de projeto durante o segundo estágio do PDP (Figura 5), existe a perspectiva de automação de soluções parametrizadas no detalhamento do produto, conferindo uma oportunidade consistente de aumento da produtividade das equipes de projeto envolvidas.

¹³ Os elementos e informações essenciais a um modelo devem considerar: Os produtos, Os processos, Os agentes intervenientes, As relações entre processos e produtos, A natureza mais abstrata dos itens anteriores, A adequação do modelo à realidade, inclusive em termos de quantidade e qualidade de informações, praticidade, tamanho, características regionais etc.

Jacoski e Lamberts (2002) comentam que o ideal seria que o projeto trouxesse todas as informações agregadas a ele, como representação gráfica, numérica e textual (inclusive com uso de Realidade Virtual). Contudo, o modelo não consegue representar todos os aspectos da realidade (ROTHENBERG, 1989). Isso significa estabelecer com clareza quais são os objetivos do modelo, para focar quais aspectos da modelagem devem ser considerados ao longo das diferentes etapas de desenvolvimento, produção e uso do edifício.

Esse modelo, por concentrar diversas informações de caráter mercadológico, técnico e processual, estabelece uma intrincada questão contratual, na qual relações de autoria e domínio trazem implicações ao negócio da indústria da produção do ambiente construído (KULKARNI; RYBKOWSKI; SMITH, 2012). Devido ao fato de um empreendimento se constituir de diversas empresas envolvidas no desenvolvimento e produção do edifício, iniciou-se nos Estados Unidos o desenvolvimento do *Integrated Project Delivery* (IPD) que se baseia em sete princípios contratuais¹⁴ e três comportamentais¹⁵ (AIA, 2007).

De fato, a decisão de planejar e implementar o paradigma BIM não é uma decisão técnica, mas sim estratégica. A escolha da plataforma decorre da convergência de interesses e objetivos almejados e por meio de qual processo deve ser coerentemente construído. Neste sentido a fragmentação e terceirização do projeto oferecem dificuldades organizacionais substanciais ao fluxo eficiente das informações do empreendimento.

¹⁴ Contractual Principles: *Key Participants Bound Together as Equals; Shared Financial Risk and Reward Based on Project Outcome; Liability Waivers between Key Participants; Fiscal Transparency between Key Participants; Early Involvement of Key Participants; Jointly Developed Project Target Criteria; Collaborative Decision Making.*

¹⁵ Behavioral Principles: *Mutual Respect and Trust; Willingness to Collaborate; Open Communication.*

4.5 NOVO MODELO DE NEGÓCIO BASEADO NO IPD

A dimensão estratégica do BIM para indústria do Ambiente Construído promoveu um profundo debate sobre o modelo de negocio vigente. Parte desta discussão se concentra na fragmentação do conhecimento entre os profissionais e organizações envolvidas, que dificulta a caracterização de um modelo de gerenciamento do conhecimento único, que sirva de referencia para integração do conhecimento relacionado ao processo construtivo e ao ambiente construído.

O desenvolvimento do IPD apresenta uma alternativa para o modelo de negócio do setor. Nele a colaboração é reconhecida como meio de superar condições complexas e heterogêneas de um projeto (VALENTE; RUSCHEL, 2013) e atingir o consenso entre os desenvolvedores e participantes da cadeia produtiva. A dificuldade em atingir este consenso reside não apenas na diferença de linguagem e significados adotados por cada área de conhecimento envolvida, mas abrange barreiras Inter organizacionais estabelecidas por *um modus operandi* próprio à cada profissional ou empresa responsável (MANZIONE; MELHADO, 2013).

De fato o IPD caracteriza um método de entrega integrada de projeto, organizado e estruturado contratualmente, visando estabelecer como base uma abordagem colaborativa que minimize os conflitos intrínsecos ao processo de projeto (KENT; BECERIK-GERBER, 2010). Contudo é questionável a efetividade de medidas contratuais para promover a colaboração entre as equipes contratadas, uma vez que esta ocorre por meio do relacionamento interpessoal de integrantes do projeto (MANZIONE; MELHADO, 2013).

O que o AIA ou Design-Build Institute of America (DBIA) propõe é o estabelecimento de incentivos contratuais à colaboração, em que os intervenientes dividiriam os benefícios do sucesso do projeto, bem como o ônus de eventuais prejuízos (VALENTE; RUSCHEL, 2013). Assim, diferente de modelos tradicionalmente adotados nos EUA, como o *Design-Bid-Build* (DBB) e *Design-Build* (DB), no modelo de contratação IPD o relacionamento entre cliente final, projetistas, empreiteiros e fornecedores é regido por um único contrato, que possibilitaria uma equipe coesa preocupada com a interdependência de seus papeis (AIA, 2007).

Já o DBB é um método de contratação semelhante ao processo de contratações públicas no Brasil, com base na Lei 8.666/1993, que institui e regulamenta normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Nele o cliente (Owner) detém contratos separados com o arquiteto responsável pela equipe de concepção (Designer) e o construtor (Builder), com o proprietário (VALENTE; RUSCHEL, 2013).

O DB estabelece uma relação comercial simplificada entre o cliente e uma única instituição jurídica responsável pela realização do projeto, do desenvolvimento à construção (VALENTE; RUSCHEL, 2013). É um modelo análogo ao observado no mercado imobiliário brasileiro¹⁶, em que uma empresa mais capitalizada – como uma empreiteira, construtora ou incorporadora de grande porte – centraliza as contratações de profissionais liberais ou pequenos escritórios de projeto, e gerencia o PDP (EASTMAN; TEICHOLZ, *et al.*, 2011).

Enquanto DBB dificulta a comunicação entre os intervenientes responsáveis pelo projeto e sua execução, reforçando a fragmentação do PDP, o DB enfraquece a voz dos projetistas, tirando da equipe de projeto a independência necessária para a colaboração. Já o IPD equilibraria o poder de influencia entre os intervenientes com base na relevância de sua atuação no PDP em vez de aporte capital.

Os três modelos de contratação para a indústria do Ambiente Construído apresentam diferentes instrumentos para reger o desenvolvimento do projeto e sua execução. Em comum, todos se baseiam na identificação de entregas como critério de desempenho, e é neste ponto que o IPD demonstra sua maior fragilidade.

¹⁶ Os dois estudos empíricos apresentados nos capítulos 6 e 7 ocorreram em desenho organizacional que segue o modelo de contratação DB.

Ao promover a mudança de um sistema de entregas baseado em documentação para um sistema baseado em maturidade do modelo de informação, foi necessário estabelecer um escopo específico e mensurável que o caracterizasse como um produto entregue. Para isso a American Institute of Architects (2007) desenvolveu um documento ilustrativo sobre o IPD, onde os níveis de desenvolvimento do modelo de informação eram diferenciados segundo nível de detalhes incorporados.

A identificação entre nível de desenvolvimento e o nível de detalhe atende à necessidade de estabelecer um escopo claro de entrega, porém desconsidera ou diminui a relevância de propriedades do projeto que não geométricas (MANZIONE; MELHADO, 2013). Ao não diferenciar estes conceitos, o IPD ignora o principal mecanismo de desenvolvimento do projeto colaborativo, que não pode ser completamente explicitado em detalhamentos. Como consequência os projetistas são compelidos a detalhar exaustivamente o modelo em vez de se concentrar em avaliar sua pertinência (VALENTE; RUSCHEL, 2013).

De fato, a principal vantagem do projeto colaborativo advém da capacidade de integração do projeto por meio do entendimento compartilhado pela equipe de projeto. Este entendimento acontece tacitamente e abrange tanto características do produto quanto as condições de desenvolvimento e uso deste. Desta forma a qualidade da informação produzida não se vincula apenas ao nível de detalhamento do modelo, mas se deve principalmente à capacidade de considerar os requisitos e restrições dos intervenientes ao longo de todo PDP.

4.6 DISCUSSÃO: INTEGRAÇÃO DA INFORMAÇÃO

A capacidade de se criar o entendimento compartilhado no desenvolvimento do ambiente construído envolve uma habilidade de abstrair a materialidade do produto e integrar as soluções de projeto possíveis e o PDP, comunicando com eficácia as informações do projeto, codificadas em uma linguagem comum aos demais intervenientes, de maneira a todos compreenderem seu funcionamento, propósito e exequibilidade. Esta tarefa torna-se mais difícil conforme a associação entre ideias torna-se mais e mais complexa, dificultando sua explicitação precisa e comunicação fluida (CROSS, 2007).

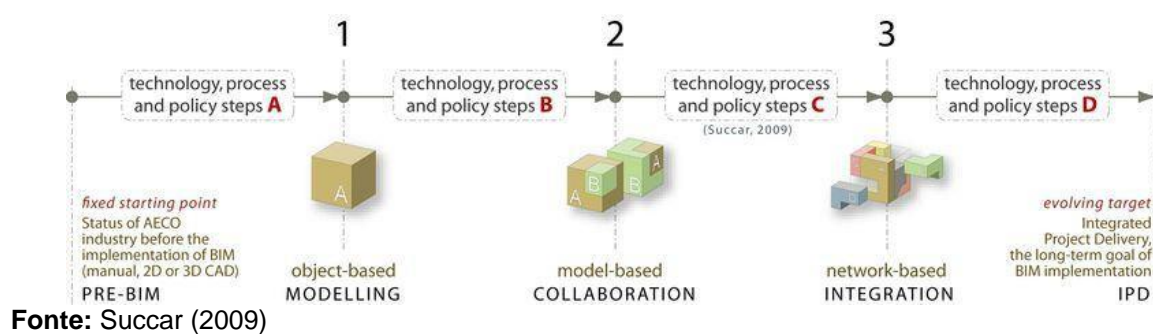
O conhecimento associado ao objeto construído, no caso o Ambiente Construído, demanda um tipo de comunicação e compartilhamento do conhecimento de cuja correta apresentação depende o sucesso do projeto (BOUCHLAGHEM; SHANG, *et al.*, 2005). Assim, a solução integrada do projeto envolve um comprometimento que vai além de problemas na entrega de um subproduto com a qualidade especificada (FERREIRA, 2007). Os erros de comunicação no PDP decorrem da identificação da informação como produto entregue, que interrompe o fluxo informacional necessário para o entendimento compartilhado. As dificuldades em corrigir esses erros em um PDP fragmentado, onde o fluxo de informações é contido por entregas, se agrava diante da necessidade em desenvolver um projeto com mais rapidez, promover a melhoria contínua e a inovação (FABRÍCIO, 2002).

A insistência em ignorar a importância da dimensão tácita do conhecimento no PDP decorre da sua intangibilidade, que dificulta a percepção de sua importância organizacional (NONAKA; TAKEUCHI, 1995). Embora Nonaka (1994) destaque diversos casos da ineficácia gerencial em mensurar a qualidade da criação e comunicação do conhecimento necessário para o sucesso de um projeto através de produtividade ou controle do escopo de entrega de conhecimento explícito (pranchas de desenho técnico, tabelas, manuais etc.), ainda são comuns as práticas de gerenciamento de projeto baseada em contratação, que reconhecem apenas formas de conhecimento que podem se tornar explícito (EASTMAN; TEICHOLZ, *et al.*, 2011).

De fato, a identificação do processo de desenvolvimento do projeto apenas como um processo de transformação (KOSKELA, 2000) é comum até mesmo em pesquisas ligadas ao desenvolvimento do paradigma BIM. Embora a modelagem da informação da construção tenha como um pressuposto fundamental a colaboração dos projetistas (KIVINIEMI; TARANDI, *et al.*, 2008), diversas pesquisas visam viabilizar o formato de contratação de projeto por prestação de serviços (VALENTE; RUSCHEL, 2013), arbitrando parâmetros de maturidade do modelo que possam ser determinado contratualmente (SUCCAR, 2009). Esses parâmetros substituem o escopo de entrega de documentação, mas mantem o conceito de entregas que justificaria o pagamento do serviço prestado.

Sob essa perspectiva pesquisas ligadas ao IPD, embora apresente grande importância para viabilizar a migração de um modelo de comunicação baseado em documentação para um modelo baseado em modelagem da informação (Figura 13), tem caráter contingencial, pois mantém o foco em entregas (KENT; BECERIK–GERBER, 2010). Um modelo de gerenciamento do projeto baseado em entregas de informação ignora ou dificulta o entendimento compartilhado e a colaboração entre os projetistas, preocupados em atingir a maturidade de seu escopo de projeto. Uma alternativa mais duradoura envolve o estabelecimento físico e organizacional de um ambiente propício a colaboração e modelagem de informação visando dispor de ativos para dinamizar suas estratégias (SPENDER, 2001).

Figura 13 – estágios de maturidade BIM



A inviabilidade em adequar a necessidade de integração do projeto e PDP por meio da modelagem da informação ao desenho organizacional baseado em contratação fica evidente diante das dificuldades encontradas em mediar os direitos autorais de exploração do conhecimento modelado. Esta barreira contratual pode ser apontada como um dos maiores empecilhos à exploração da modelagem de informação na prototipagem analítica do ambiente construído (HIROTA; FENATO, *et al.*, 2013) com simulações de produtividade, desempenho material e ambiental e projeções econômicas (EASTMAN; TEICHOLZ, *et al.*, 2011), pois interesse e capacidades de realização estão dispersos desigualmente pelas empresas envolvidas no PDP.

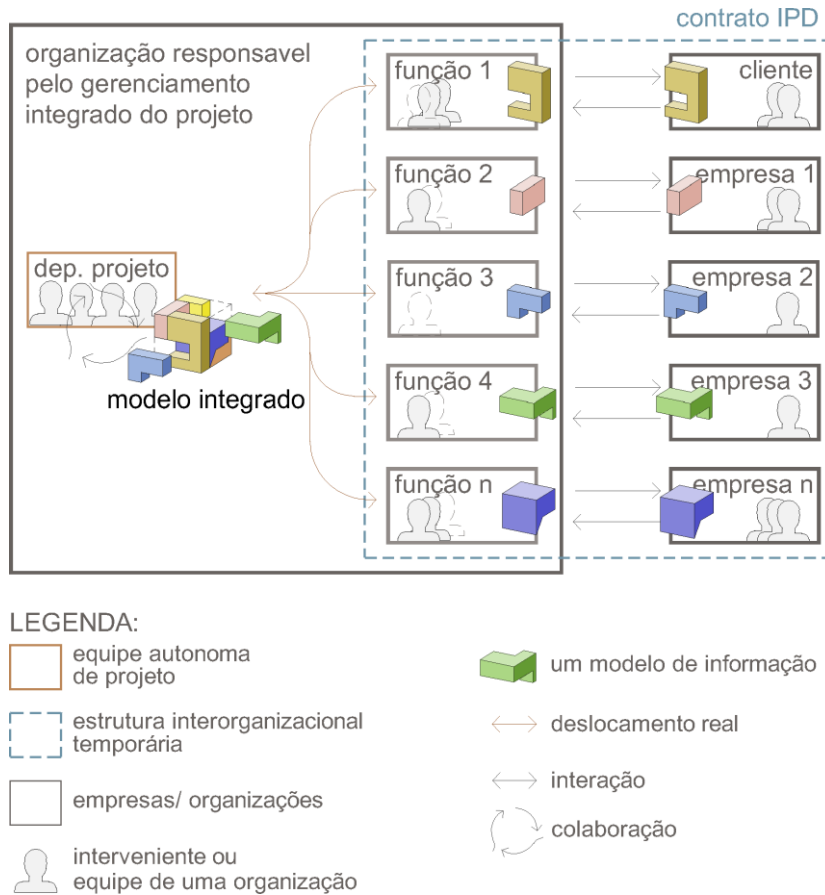
O conflito entre interesses e capacidade acontece principalmente entre o estágio II (Figura 1) do desenvolvimento do projeto, quando o PMBOK (PMI, 1996) agrupa planejamento e design; e o estágio III (Figura 1), correspondente à produção (PMI, 1996), onde o gerenciamento e controle do escopo e qualidade do produto são confirmados. Nesses estágios, o fluxo de informações é intenso, pois as práticas de planejamento, execução e controle do projeto são iterativas e seu sucesso depende do entendimento compartilhado sobre o produto e sobre o processo. De fato o redesenho do produto ou do processo faz parte do gerenciamento do projeto como meio de solucionar diferenças entre o que foi projetado inicialmente e o que o contexto da construção apresenta.

Assim é correto apontar como mais adequada uma abordagem enxuta para o projeto, pois aproxima temporalmente projeto e gerenciamento da construção. Porém apenas a sobreposição de desenvolvimento e gerenciamento da execução ainda não mitiga as barreiras Inter organizacionais que dificultam a intensa iteração entre desenvolvimento, execução e controle do projeto. Essas barreiras decorrem da dificuldade em regulamentar contratualmente por meio de escopo de entrega essas etapas, pois seu sucesso está vinculado à competência e envolvimento dos responsáveis diretamente envolvidos.

Um dos fatores que Kent e Beceric-Gerber (2010) apontam para o sucesso de implementação do IPD é exatamente a presunção de que é possível estabelecer metas de projeto precisas e antecipadas, para que essas sejam estipuladas em contrato. Cabe salientar, contudo, que o estabelecimento de metas, com escopo, prazo e critérios de qualidade bem definidos, são melhor caracterizadas e mais facilmente controlados nas entregas de subprodutos e serviços ligados à construção propriamente dita. Ou seja, quando o subproduto entregue é estritamente tangível – na aquisição de componentes como esquadria, telhas etc. – ou o serviço prestado é rotineiro – como em empreitas de execução de alvenaria ou assentamento de revestimento – onde a produtividade pode ser efetivamente medida por hora/homem.

É necessário estabelecer um reposicionamento do desenho organizacional que considere a importância do fluxo de informação contínuo durante todo PDP. Além da simples informação, a integração do projeto depende do entendimento compartilhado entre os intervenientes envolvidos diretamente no desenvolvimento, gerenciamento e controle da execução do projeto, para que troquem experiências e incorpore o conhecimento tácito individual à organização a que pertencem (NONAKA; TAKEUCHI, 1995). Em torno dessa organização coesa, voltada para o gerenciamento integrado do projeto, através do fluxo de informação, é possível estabelecer um conjunto de relações Inter organizacionais baseadas em colaboração, segundo os moldes do IPD, no qual diferentes intervenientes compartilham riscos e responsabilidade (Figura 14).

Figura 14 – gerenciamento integrado do projeto e IPD



Fonte: autor

O desenho organizacional conceitual apresentado na Figura 14 insere o modelo de informação ao desenho estabelecido para atender as necessidades do projeto colaborativo (Figura 11) levantadas na síntese do capítulo 2. Nele a modelagem de informação se concentra na organização responsável pelo gerenciamento integrado do projeto. Esta organização concentra as atividades necessárias para realizar o gerenciamento do projeto, incorporando o desenvolvimento do produto, planejamento da execução e controle da qualidade das entregas, adequando o modelo de informação à eventuais mudanças no PDP planejado.

5 METODOLOGIA DE PESQUISA

O presente capítulo apresenta o método utilizado para a realização da pesquisa, incluindo estratégia, delineamento e descrição dos estudos empíricos, discriminando as etapas desenvolvidas, as fontes de evidência e variáveis analisadas.

Em seguida, faz-se uma defesa da pertinência da abordagem adotada, apresentando as conexões entre os procedimentos e os objetivos das pesquisas na área de gestão, desenvolvimento e produção do projeto do ambiente construído.

5.1 PESQUISA CONSTRUTIVA

Em decorrência da relativa novidade que representa a abordagem metodológica empregada nesta pesquisa para as áreas de AEC, faz-se necessário desenvolver uma explanação conceitual justificando sua adoção.

Como vimos na revisão bibliográfica, muitas questões processuais envolvendo o desenvolvimento e a produção do ambiente construído tem suscitado grandes esforços no meio acadêmico. Destas pesquisas, uma parte tem como objetivo não apenas explicar os fenômenos que constituem tal prática, mas também apresentar soluções às questões reais, ao mesmo tempo em que contribuem teoricamente com as disciplinas na qual esse conhecimento é aplicado.

Lukka (2003) aponta o caminho para uma pesquisa científica que visa uma solução a dado problema real. É a *Pesquisa Construtiva*, ou no original *Constructive Research* (LUKKA, 2003, p. 1). Este caminho se relaciona à **ação da transformação** e, mais especificamente, ao processo pelo qual a transformação se realiza.

Em comum, estas pesquisas apontam para a ação – bem como às restrições a ela associadas – seja na idealização, planejamento e concepção, projeto, controle, transformação, uso e destinação final (desconstrução, reciclagem etc.) do objeto ao fim de seu ciclo de vida.

Trata-se de um campo específico e emergente do conhecimento, por muito tempo negligenciado pela comunidade científica, cujo mérito metodológico se concentra no entendimento, modelagem e instrumentalização do que Lukka (2003) chama de **artefatos humanos**:

Todos os artefatos humanos, tais como modelos, diagramas, planos, estruturas organizacionais, produtos comerciais e projetos de sistemas de informação são construções. Em comum, todos se caracterizam por serem inventados e desenvolvidos, em vez de descobertos. (LUKKA, 2003, p. 2)

Assim, este trabalho se alinha à **pesquisa construtiva**, pois esta visa o aperfeiçoamento das práticas de concepção, planejamento e implementação de processos produtivos, nas diversas atividades de transformação dos recursos naturais e culturais.

Muito se discute sobre a natureza das pesquisas que estudam a gestão do projeto, tentando enquadrá-las em uma abordagem *social* ou *natural*. Também se questiona sua validade como Pesquisa Científica, comparando-as a pesquisas técnicas e instrumentais. Essas questões foram abordadas no Apêndice A.

A seguir, evidenciamos alguns aspectos relevantes sobre a natureza da Pesquisa Construtiva e apontamos qual é a identificação desta com o método adotado.

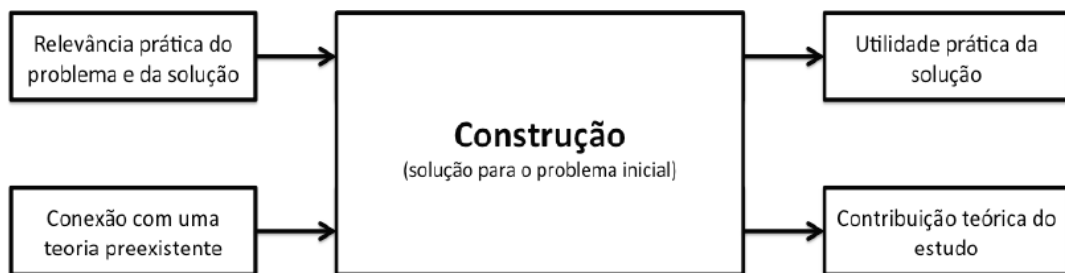
5.2 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA CONSTRUTIVA

A intervenção empírica do pesquisador em uma pesquisa construtiva é explícita e efetiva. Em oposição ao objetivo de muitas investigações típicas (LUKKA, 2003), que visam o mínimo de intervenção, o impacto produzido faz parte do método. Esse ponto específico diferencia o tipo e o escopo da pesquisa a que se destina esta abordagem, extrapolando uma dimensão experimental inapropriada às metodologias tradicionais.

Os objetivos da pesquisa são ilustrar, testar ou refinar uma teoria, ou ainda, desenvolver um sistema totalmente novo. Esta abordagem é baseada na crença oriunda da filosofia pragmática da ciência, que através de uma análise profunda sobre o que funciona (ou não funciona) na prática, pode-se fazer uma contribuição significativa para a teoria (KOSKELA, 2008).

O resultado de uma pesquisa construtiva visa resolver um problema real com uma solução inovadora, comprovado por meio de resultados práticos, e ao mesmo tempo, apresentar uma contribuição teórica significativa (Figura 15). Contudo, é importante salientar que a não confirmação do resultado prático, do ponto de vista acadêmico, também pode oferecer significativas implicações teóricas, desde que seja correto metodologicamente.

Figura 15 – elementos centrais da abordagem de pesquisa construtiva



Fonte: (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993, p. 246)

Fundamentalmente a pesquisa construtiva concentra-se em problemas relevantes do mundo real, que necessitam ser resolvidos na prática. Para isso, produz a construção teórica de um artefato destinada a resolver o problema inicial. Esta construção deve estar fundamentada no conhecimento científico prévio e ser total ou parcialmente experimentada, de maneira a demonstrar empiricamente sua aplicabilidade (LUKKA, 2003).

Uma pesquisa construtiva implica no intenso envolvimento e cooperação entre pesquisador e demais intervenientes, compondo uma equipe onde se espera que a aprendizagem experimental aconteça. Como é explicitamente ligada ao conhecimento teórico prévio, deve ser capaz de revisita-lo de maneira a validar ou reposicionar esse conhecimento estabelecido. Para isso o pesquisador deve prestar especial atenção na detecção de variáveis indesejadas e cuidar que a reflexão sobre os resultados empíricos não se reduzam às implicações práticas do artefato, mas realimentem a discussão teórica de onde se originou.

Pensando nestas condicionantes, Holmström, Ketokivi e Hamere (2009) apontam a necessidade de a pesquisa se desenvolver em duas fases, cada uma composta por dois ciclos investigativos, sendo que ao menos um destes ciclos da segunda fase deve ser concluído para caracterizar a pesquisa como uma pesquisa científica.

Tabela 5 – os dois ciclos investigativos da fase exploratória na pesquisa construtiva

Fase Exploratória (Design Science)		
Ciclos investigativos	1– Incubação da Solução	2– Refinamentos da Solução
Objetivo	Desenvolvimento de um projeto de solução inicial	Refinamento do projeto da solução inicial; resolver o problema.
Meios	Identificação de objetivos interessantes, situações e possíveis soluções. Verificação de domínios de conhecimento paralelo Raciocínio interdisciplinar e criativo	Implementação de soluções de projeto Confirmação de consequências intencionais Cooptação de consequências não intencionais Iteração entre soluções de projeto, implementação e avaliação O raciocínio indutivo e dedutivo

Fonte: baseado em Holmström, Ketokivi e Hamere (2009, p. 70)

Os dois primeiros ciclos, esquematizadas na Tabela 5, possuem um caráter exploratório e envolvem a incubação e o refinamento do artefato. A fase exploratória deve necessariamente resultar em uma primeira explicação que estabeleça a relação teórica e prática ao artefato criado. Esta explicação corresponde ao primeiro ciclo da fase explanatória.

O segundo ciclo apresenta o aprofundamento das implicações teóricas identificados com a análise do desempenho do artefato, quando este apresenta uma quebra de paradigma. É desenvolvida, então, uma teoria explicativa que formalize a contribuição teórica do experimento construtivo (Tabela 6).

Tabela 6 – os dois ciclos analíticos da fase explanatória na pesquisa construtiva

Fase Explanatória (Theoretical Science)			
Ciclos	investigativos	3– Explanação I	4– Explanação II
Objetivo		Desenvolvimento da teoria substantiva; estabelecer relevância teórica.	Desenvolvimento da teoria formal; fortalecer generalização teórica e estatística.
Meios		A reflexão teórica do projeto de solução refinada Ligar o projeto da solução para um programa de pesquisa e discurso teórico O raciocínio indutivo e dedutivo; construção de hipóteses.	Exame teórico e empírico de contingências relevantes Desenvolvimento de representações formais do projeto de solução Implementação e aperfeiçoamento do projeto de solução em múltiplos contextos O raciocínio indutivo e dedutivo; construção de hipóteses e testes.

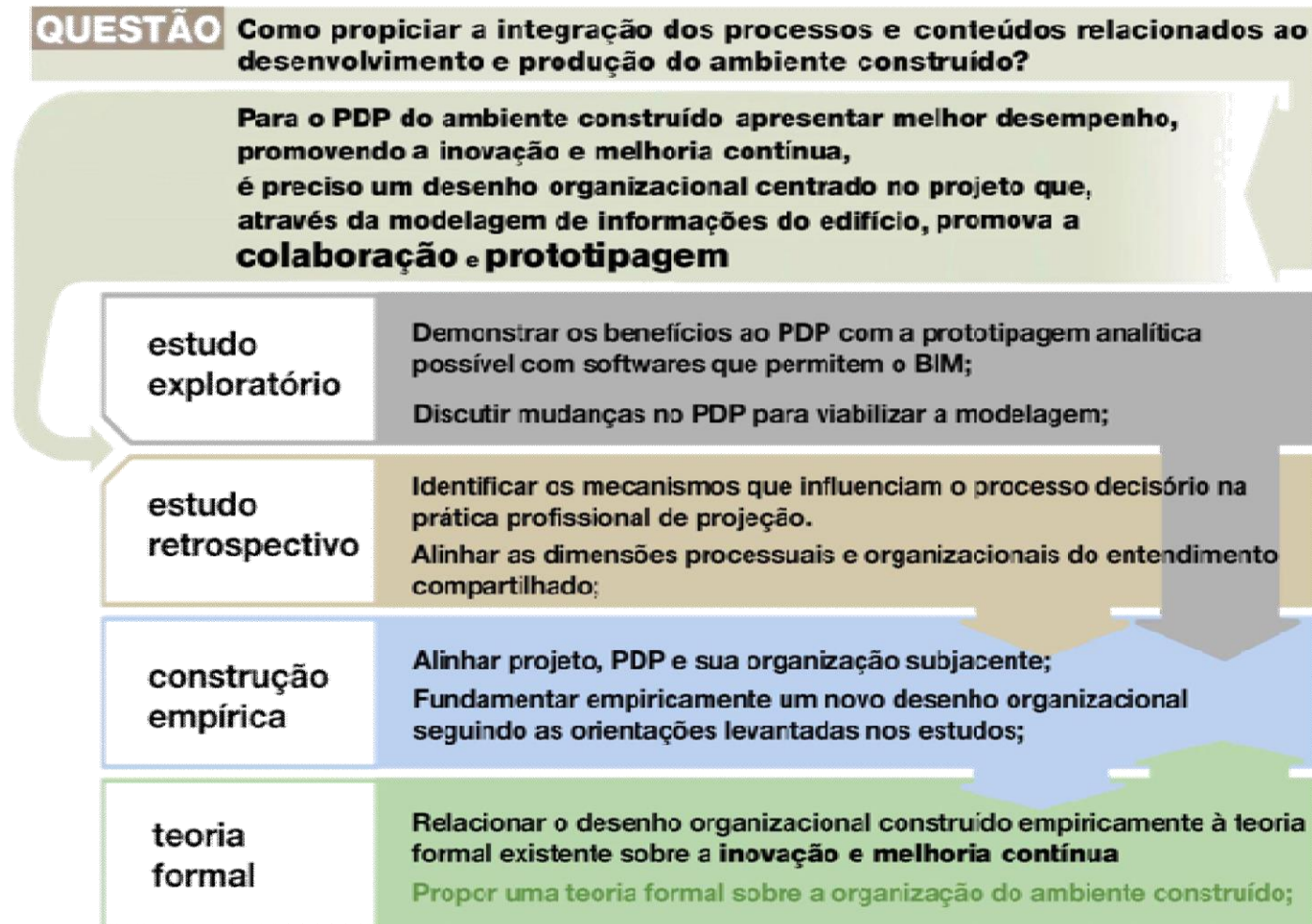
Fonte: baseado em Holmström, Ketokivi e Hamere (2009, p. 70)

5.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Cada ciclo está apresentado na Figura 16 como um patamar da pesquisa construtiva. Eles são estruturados em quatro passos ou etapas, envolvendo:

- Etapa preparatória,
- desenvolvimento das atividades relacionadas ao levantamento,
- análise e construção do prognóstico; e
- a reflexão sobre os resultados obtidos em confrontação à teoria posta.

Figura 16 – delineamento da pesquisa



Fonte: autor

O *primeiro ciclo* corresponde ao **estudo exploratório** que acompanhou o desenvolvimento de uma modelagem da informação como meio para construção de um **protótipo virtual**. Este ocorreu em paralelo à prototipagem física de uma unidade habitacional. O **protótipo físico** foi desenvolvido pela construtora envolvida no estágio 3 (Figura 5) com objetivo mitigar as inconformidades remanescentes do estágio 2, evitando prejuízos com retrabalho e atrasos na construção ou defeitos no produto entregue. Assim, foi possível estabelecer uma análise comparativa entre essas modalidades de prototipagem, na qual se considerou os recursos e resultados observáveis em cada um dos processos desenvolvidos. Além disso, foram analisadas todas as pranchas dos projetos executivos liberados para a obra, que ofereceu uma base material complementar para discutirmos as limitações operacionais que o **protótipo representativo** apresenta para integração das informações de projeto.

Finalmente, a experiência apreendida com o desenvolvimento deste estudo foi confrontada com os dados levantados em uma reunião de discussão dos resultados, onde se envolveram o pesquisador, um profissional ligado a empresa colaboradora e um profissional externo de coordenação de projetos, convidado para participar da pesquisa.

Como resultado desta reunião, estabeleceu-se uma base consensual que permitiu projetar as implicações dos resultados obtidos para melhorar a comunicação das informações de projeto para o PDP, recontextualizando a prototipagem virtual dentro das limitações de um desenho organizacional equivalente ao existente para construção do edifício utilizado no estudo. Após isso, este mesmo desenho organizacional foi analisado, de maneira a identificar e discutir as eventuais barreiras organizacionais para comunicação necessária entre projetistas e obra.

Diante da perspectiva de integrar os processos observados, delinearam-se orientações preliminares para um desenho organizacional para a comunicação, documentação e simulação de projetos semelhantes. Porém algumas questões, relacionadas à concepção e desenvolvimento do projeto, permaneceram inconclusivas, pois a análise realizada nas pranchas do projeto executivo liberados para obra apresentou problemas processuais intrínsecos.

O *segundo ciclo* da pesquisa abordou estas questões através de um estudo retrospectivo em reuniões de desenvolvimento do segundo estágio do projeto (Figura 5) de um empreendimento residencial de múltiplos pavimentos, que abordou anteprojeto e executivo. Nele foram analisados os mecanismos de construção do entendimento compartilhado na resolução de problemas de projeto.

Para tanto, duas teorias que abordam o entendimento compartilhado por meio de óticas diversas foram conectadas. Enquanto a **prática reflexiva profissional**, originalmente conceituada por Schön (1984), caracteriza e sistematiza o processo de resolução do problema na atividade projetual, as **situações críticas**, nominadas por Badke-Schaub e Frankenberger (1999), identificam quais são os fatores que influenciam o processo decisório nas resoluções desses problemas projetuais em um desenvolvimento de projeto multidisciplinar.

Com base na decodificação do processo decisório nos episódios identificados por meio das gravações das reuniões, foram caracterizadas as ações da equipe de projeto, observadas segundo os constructos das duas teorias. Não apenas estes constructos, mas o próprio protocolo de decodificação utilizado é baseado em estudos relacionados às pesquisas do entendimento compartilhado no design industrial, estabelecendo assim uma contribuição procedimental às pesquisas nas áreas de AEC, conectando fundamentos que respaldam a discussão sobre o desenvolvimento do projeto em outras áreas do design à discussão de arquitetura e construção.

Este estudo está detalhado no capítulo 7.

O *terceiro ciclo* apresenta uma extrapolação direta dos resultados alcançados em cada estudo empírico, consolidando-os e relacionando-os à construção do artefato conceitual a partir da reflexão destes resultados, estruturada pelas premissas teóricas levantadas. Assim, a primeira parte da conclusão descreve esta estruturação que apresenta as contribuições específicas da base empírica às proposições do trabalho.

No *quarto ciclo* apresenta-se a caracterização do desenho organizacional proposto, ponderando suas eventuais contribuições teóricas. Assim, é estabelecida uma síntese das eventuais convergências e divergências observadas entre a pesquisa bibliografia pré-existente e o artefato construído. Finalmente, espera-se que a natureza empírica das conclusões contribua com debate acadêmico, avançando o entendimento de singularidades do projeto do ambiente construído.

O delineamento esquematicamente apresentado na Figura 16 alinha sequencialmente os quatro ciclos da pesquisa. Antes de detalharmos o método utilizado em cada estudo empírico, descreveremos conceitualmente as etapas fundamentais que constituem os estudos empíricos, responsáveis pelo encadeamento lógico desta pesquisa.

5.3.1 Etapa Preparatória

O principal objetivo da etapa preparatória foi levantar os diferentes tipos de conhecimento necessários para o desenvolvimento do estudo. A revisão bibliográfica permeou todas as etapas da pesquisa, porém houve um esforço inicial intenso onde se levantou criticamente o conhecimento prévio necessário para balizar a caracterização de cada estudo.

Outro tipo de informação levantada foram os dados gerais do empreendimento que foi o objeto de observação, caracterizando o contexto no qual o estudo foi desenvolvido. Além disso, foram levantados ferramentais, permissões e parcerias, necessários para operacionalização do plano de trabalho.

O plano de trabalho de cada estudo foi elaborado e revisado em reuniões promovidas entre pesquisadores e profissionais colaboradores. Nestas reuniões foram coletados os dados específicos do empreendimento, como permissão de acesso às documentações necessárias, às pranchas dos projetos e realização de gravações de áudios e vídeo-áudios do desenvolvimento presenciado dos experimentos como, por exemplo, reuniões de trabalho e deliberativas.

5.3.2 Etapa de desenvolvimento

A redução das incertezas realizada na etapa preparatória ofereceram as bases materiais e metodológicas para o desenvolvimento dos estudos. A definição do escopo de trabalho, associado à contínua revisão bibliográfica e ferramental permitiu o amadurecimento dos protocolos adotados para orientar a pesquisa e a coleta de informações.

A observação direta visou obter informações experienciais, fundamentais para a compreensão dos problemas e contextos envolvidos. Por se tratar de uma pesquisa construtiva, o pesquisador neste momento, estabelece-se como agente interessado no desenvolvimento do trabalho atuando objetivamente para sua realização. A gravação do desenvolvimento como meio de registro é, assim um importante mecanismo de conferência e confrontação para retificação e ratificação das observações e análises realizadas pelo pesquisador.

As definições apresentadas na construção são fundamentadas em uma das fontes de informação conhecidas e verificáveis, seja através da revisão bibliográfica, análise de documentos ou registros levantados, garantindo a confiabilidade necessária à pesquisa.

5.3.3 Construção

A análise dos resultados alcançados, confrontados com a bibliografia existente, visa estabelecer a projeção fundamentada de uma nova perspectiva, mesmo que específica, para o conhecimento existente aceito sobre o tema de pesquisa.

Com a construção teórica visa-se estabelecer um novo conhecimento, seja através de uma construção inovadora, do aperfeiçoamento e reposicionamento técnico teórico diante de novos indicativos empíricos, ou da refutação de uma linha de pensamentos, com base na confirmação ou refutação dos resultados esperados para um dado artefato.

Este artefato apresenta diferentes características ao longo do processo de pesquisa, como já apresentados na Tabela 5 e Tabela 6, mas deve evidenciar a projeção de mudança do conhecimento e a prática ou produto associado a ele.

Assim, a defesa da construção do artefato acontece por meio da argumentação consistente dos resultados identificados, comprovados com base em apontamento de dados, indícios, evidências e demais informações coletadas no desenvolvimento do estudo.

5.3.4 Reflexão Teórica

Na reflexão o pesquisador deve estabelecer as ligações possíveis entre as conclusões estabelecidas e a teoria vigente, apresentando as perspectivas para continuidade da pesquisa e o aperfeiçoamento do artefato. Desta forma ele deve realizar uma meta análise, revisando o próprio processo da pesquisa.

Nesta etapa foram promovidos workshops com a participação dos profissionais envolvidos, para discutir tanto as conclusões como o processo de pesquisa desenvolvido. Com o resultado desta discussão, o artefato e decorrentes contribuições foram revisados, estabelecendo um novo ciclo de pesquisa.

6 ESTUDO EXPLORATÓRIO

6.1 DETALHAMENTO METODOLÓGICO

O estudo exploratório que agora apresentamos abordou um exercício profissional real de prototipagem física, confrontando-o com o desenvolvimento paralelo de um protótipo analítico virtual paramétrico e a análise dos protótipos analíticos representativos, ou seja, das representações gráficas dos projetos executivos deste mesmo edifício. Assim, pudemos comparar as três diferentes modalidades de prototipagem consideradas na revisão bibliográfica.

Visamos estabelecer uma relação empírica, mesmo que restrita a um aspecto, entre as prerrogativas expressas na teoria sobre prototipagem e modelagem da informação do edifício, com uma prática vigente no mercado. Nesta, observamos o desenvolvimento de protótipos físicos parciais para a identificação e inconformidades de projeto, em um momento tardio do PDP que restringe e onera consideravelmente as possíveis soluções.

Esta confrontação nos ofereceu subsídio para comparar de maneira consistente o desempenho dos protótipos físicos e analíticos virtuais e representativos empregados durante o estágio II do PDP (Figura 17) para verificação e resolução de inconformidades de projeto. E, a partir destas constatações, promover uma discussão sobre os possíveis caminhos e restrições processuais e organizacionais para a adoção das diferentes modalidades de prototipagem na fase de construção, com ênfase na prototipagem virtual.

Permitiu ainda reposicionar a situação existente do desenvolvimento do projeto básico ou executivo para o processo de desenvolvimento do ambiente construído, considerando as possibilidades de mudança relacionadas ao potencial prototípico da modelagem da informação, para a integração e simulação de desempenho da produção e do edifício. E mais, permitiu estabelecer uma conexão possível entre a implementação da prototipagem virtual para auxiliar a construção e seu desenvolvimento de projetos colaborativos assistidos por modelagem da informação.

Figura 17 – indicação do estágio em que o estudo exploratório foi realizado



Fonte: autor

6.1.1 Caracterização do Grupo de Pesquisa

O trabalho foi desenvolvido por uma rede colaborativa, envolvendo acadêmicos mestrandos, profissionais liberais de arquitetura e engenharia e membros de empresa construtora de edifícios, que disponibilizou os dados. Este estudo integra um esforço conjunto da academia e indústria, em estabelecer bases operacionais, organizacionais e estratégicas que viabilizem melhores práticas de criação e validação do conhecimento necessário para produção de edifícios, utilizando-se, para isso, da prática da prototipagem.

Estavam envolvidos diretamente no desenvolvimento e coleta das informações três arquitetos e dois engenheiros. Destes, um arquiteto foi responsável pela análise documental do projeto executivo liberado para obra. Trata-se de um profissional com grande experiência em coordenação de projetos e orçamentação, com escritório próprio consolidado no mercado, que presta serviços a grandes construtoras e incorporadoras de São Paulo e Paraná.

Os dois outros arquitetos envolveram-se com a prototipagem virtual, sendo que um deles era um projetista recém-formado, com maior experiência na modelagem paramétrica, inclusive lecionando cursos de treinamento do software Revit Suite. O outro arquiteto é também o pesquisador responsável pelo estudo, com quatro anos de experiência profissional como projetista e coordenador de projetos, sendo que, sua experiência com o software de modelagem era inicialmente restritiva.

Os dois engenheiros são funcionários da construtora envolvida. Um deles era engenheiro responsável pela obra e o outro pertencente ao departamento de orçamentação da empresa. Ambos iniciaram suas carreiras na empresa, sendo que o primeiro possui uma experiência de quase uma década e o segundo seis anos.

6.1.2 Caracterização dos Dados Adotados

Como ação inicial para estabelecer um paralelo entre protótipo físico e analítico, foi necessário identificar quais eram os dados relacionados ao apartamento tipo que estavam disponíveis para a obra no momento da prototipagem.

A construtora que concedeu acesso às pranchas do projeto executivo liberado para obra, utilizadas para modelagem do protótipo virtual, emprega várias modalidades de prototipagem em seus empreendimentos, empregando-os para objetivos bem definidos conforme pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7 – tipologia de prototipagem praticada pela construtora

	Físico		Analítico	
	Focado	Expositivo	Focado	Expositivo
Escala real	Teste de tecnol. pvtº tipo/ aptº modelo	Aptº decorado	–	–
Escala reduzida	Simulador de grua	Maquetes	Doc. 2D	Animação fotorrealismo e

Fonte: autor

Destacado em negrito, o protótipo em escala real do apartamento modelo tem apenas o objetivo de verificar as incompatibilidades dos projetos executivos liberados para a obra referentes ao pavimento tipo, remanescentes da compatibilização dos subsistemas realizada pela equipe de projetos. Este protótipo visa, também, melhorar as soluções dos detalhes de acabamentos do edifício, embora não aborde, objetivamente, qualquer atividade de projeção da produção. A relação destes objetivos e quesitos considerados para realização do protótipo físico pode ser visto na Tabela 8.

O desenvolvimento do protótipo analítico virtual seguiu esses mesmos objetivos e quesitos, de maneira a expressar a mesma natureza de observações. A mesma base de dados utilizada na realização da prototipagem física, ou seja, o conjunto de projetos que os executores tinham acesso até momento, também foi disponibilizado para equipe que desenvolveu a prototipagem analítica virtual.

Tabela 8 – objetivos da prototipagem

Objetivo da prototipagem		Antecipar atividades de Alvenaria e Acabamento
		Identificar problemas de interferência entre subsistemas envolvidos
Questitos observados	Interferências de sistemas	Sistema estrutural x arquitetônico
		Sistema estrutural x arquitetônico x hidráulico
		Sistema estrutural x arquitetônico x elétrico
		Sistema hidráulico x elétrico x ar-condicionado
	Interferência de detalhes de acabamento	Reboco
		Ponto de partida e paginação de revestimentos
		Níveis e acabamentos de gesso
		Interferência, gesso x tubulações e encanamentos.
		Acabamento de churrasqueira e varanda
		Interferência da varanda com a fachada

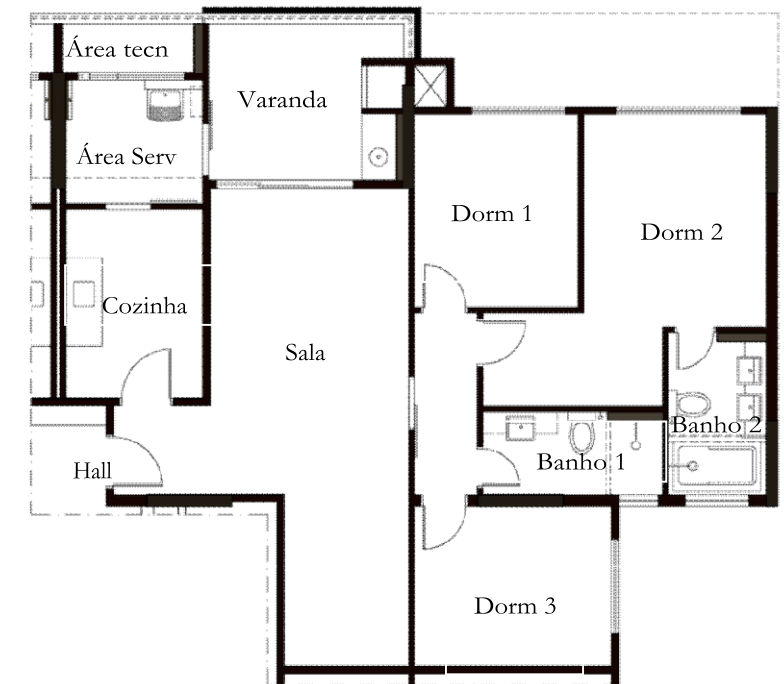
Fonte: autor.

Cabe salientar que o grupo de profissionais envolvidos na prototipagem analítica virtual não teve acesso às reuniões ou atas de reuniões realizadas entre projetistas e responsáveis pela produção, que possam ter facilitado à interpretação e complementado as informações presentes nas representações gráficas dos projetos desenvolvidos pelos projetistas contratados. Destacamos ainda que a definição dessas representações, conforme foi levantada na revisão bibliográfica, correspondem à protótipos analíticos representativos mencionados no decorrer do texto.

Para a análise dos protótipos analíticos representativos foram utilizados os arquivos de projeto executivo do apartamento tipo (Figura 18).

No projeto executivo de Arquitetura foram consideradas as plantas e detalhamento de piso, esquadrias, áreas molhadas, varanda e áreas técnicas. No projeto de Estrutura foram analisados os arquivos de plantas de formas e detalhes, e plantas de furações na estrutura. No projeto de Instalações Elétricas as plantas de automação, sistema de proteção de descargas atmosféricas, iluminação e tomadas, telefone e TV a cabo foram compatibilizadas.

Figura 18 – planta simplificada do apartamento tipo



Fonte: auto, adaptado do projeto arquitetônico original

No projeto de Instalações Hidrossanitárias foram verificadas as plantas de esgoto, águas pluviais, água fria, água quente, e detalhes de esgoto e de água fria. Além disso, foram analisadas a planta de ar condicionado e os esquemas de prumadas e esquemas isométricos de gás.

6.1.3 Caracterização dos Procedimentos Realizados

O protótipo físico foi realizado pela empresa construtora, a partir das pranchas do projeto executivo (protótipo analítico representativo) liberadas para obra, sendo construído no próprio edifício, em fase posterior à execução da superestrutura da edificação. Nele foi antecipada a construção de toda a vedação de um apartamento tipo, suas instalações elétricas e hidráulicas, esquadrias e revestimentos internos, durante um período de três meses, que correu em paralelo à concretagem dos demais pavimentos (Figura 19).

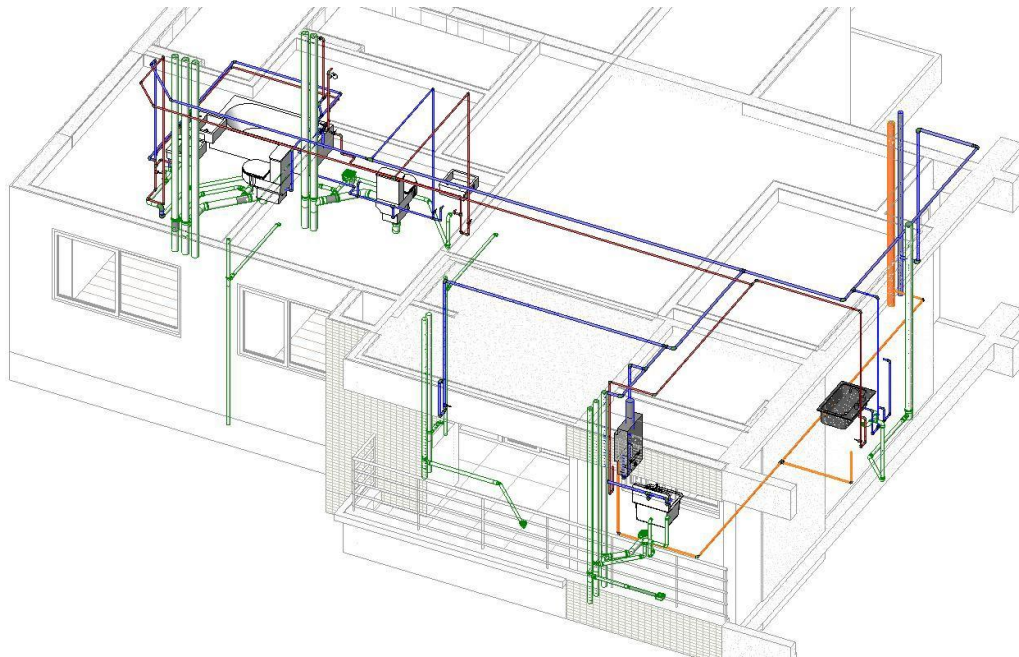
Figura 19 – prototipagem física para antecipar problemas de interferências entre subsistemas e incompatibilidades de projeto



Fonte: autor

O protótipo analítico virtual foi desenvolvido a partir dos mesmos arquivos de projeto executivo liberados para obra. Os arquitetos responsáveis por esse trabalho (mencionados na seção 6.1.1) não possuíam qualquer envolvimento profissional com os projetistas, construtora ou empreendimento (Figura 21). Conforme ocorreu com a prototipagem física, para a prototipagem Analítica Virtual foi considerada a modelagem da superestrutura como uma base existente, sobre a qual os demais subsistemas foram modelados e confrontados.

Figura 20 – Prototipagem Analítica Virtual da arquitetura, estruturas e subsistemas hidrossanitários

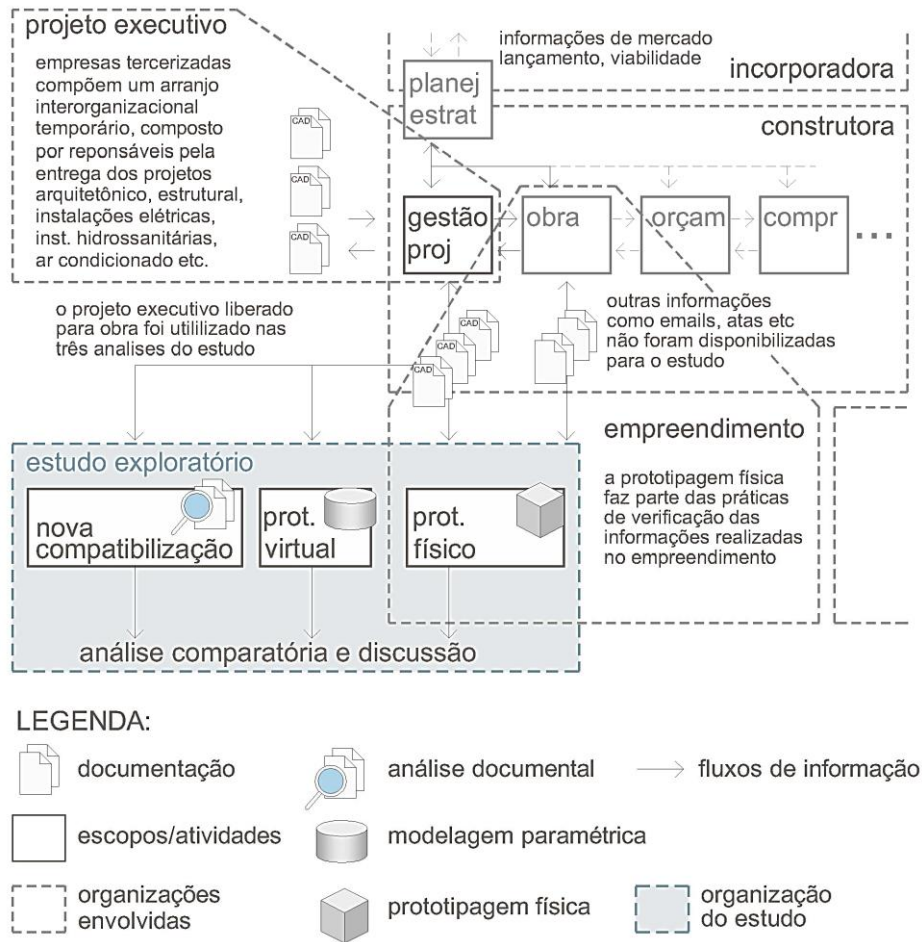


Fonte: autor

Finalmente, com o objetivo de equacionar qualquer distorção passível de ocorrer no desenvolvimento do projeto em razão de particularidades do processo, um terceiro arquiteto, pertencente à equipe de pesquisa, realizou um processo análogo ao trabalho de compatibilização. Essa contribuição externa, realizada para compatibilização das incompatibilidades remanescentes ao processo de projeção, foi desenvolvida por um profissional experiente, especialista na gestão e coordenação de projetos, sem nenhum vínculo profissional com os projetistas, construtora ou empreendimento.

Assim, foi realizada uma análise do protótipo representativo segundo uma metodologia convencional para sua validação no mercado: sobrepondo arquivos e confrontando informações em prancha. Este trabalho visou eliminar eventuais falhas na coordenação com a compatibilização ocorrida na fase de projeto original.

Figura 21 – estruturação do estudo exploratório



Fonte: autor

Além disso, permitiu diferenciar as inconformidades decorrentes da inadequação das informações de projeto, que dificultaram a leitura deste, de inconformidades relacionadas à debilidade do processo projetivo convencional, onde tanto a resolução de projeto como a comunicação deste é feita através de desenhos representativos, sem que haja uma separação mais clara entre essas duas funções (FERREIRA; SANTOS, 2007).

6.1.4 Caracterização da Natureza dos Dados Produzidos

Os dados foram levantados, neste estudo, a partir de três processos distintos que visavam, respectivamente, ser embasada em um caso real, considerando os aspectos materiais e quantitativos confiáveis, estabelecer uma comparação qualitativa e anular ou evidenciar quaisquer distorções presentes no processo.

Primeiramente, o diagnóstico produzido com a prototipagem física realizada em obra foi tabelado e as relações de ganhos ou prejuízos evitados decorrentes de possíveis retrabalhos, foram computadas, gerando uma projeção de custos, calculados seguindo os parâmetros de orçamentação empregados para a obra.

A prototipagem analítica virtual foi desenvolvida com software de modelagem paramétrica Revit 2014 da Autodesk liberado para uso acadêmico, que permite o desenvolvimento da modelagem da informação do edifício e análise de interferência entre instancias dos objetos. Neste trabalho, o uso potencial da ferramenta BIM se restringiu ao aproveitamento da consistência das propriedades paramétricas geométricas e topológicas dos objetos (EASTMAN; TEICHOLZ, *et al.*, 2011), necessárias para a detecção de conflitos entre os subsistemas.

Os profissionais responsáveis elencaram os problemas de não conformidade e omissões detectados, classificando cada item segundo sua natureza, atendendo aos objetivos da prototipagem estabelecidos na Tabela 8 (pagina 112). Da mesma forma, foram analisados os mesmos projetos executivos liberados para obra disponibilizados para as demais modalidades de protótipo, empregando um processo análogo à compatibilização recorrente no mercado.

Ou seja, o profissional especialista em coordenação sobrepôs e comparou as diversas pranchas arquitetônicas, estruturais, hidráulicas e elétricas, elencando as inconsistências e erros detectados segundo uma lista dos arquivos, discriminados por especialidade.

Tabela 9 – compatibilização entre pranchas dos projetos executivos na análise do protótipo representativo

	ARQUITETURA	ESTRUTURA	AR CONDICIONADO	ESGOTO-AP	ÁGUA FRIA ÁGUA QUENTE	ELÉTRICO	TELEFONE SPDA	AUTOMAÇÃO	ESTRUTURA
ARQUITETURA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ESTRUTURA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AR CONDICIONADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ESGOTO-AP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AGUA FRIA -QUENTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ELÉTRICO TELEFONE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SPDA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AUTOMAÇÃO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ESTRUTURA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fonte: autor

Para tanto foi empregado um software de leitura e edição de CAD da Autodesk ¹⁷ liberado para uso acadêmico e impressões parciais realizadas em impressora A3. A Tabela 9 mostra quais especialidades foram confrontadas no processo.

Finalmente, para padronizar os critérios de classificação foi acordado que as inconformidades seriam classificadas em três tipologias segundo a gravidade. Aos três tipos mencionados foi acrescida uma quarta modalidade, destinada a indicar um tipo de inconsistência de projeto que não constitui não conformidade, mas apenas aponta a possibilidade de desenvolver outra solução de projeto (Tabela 10).

Os resultados foram então tabelados e relacionados às expectativas de custos evitados em obra, confrontando assim o desempenho dos diferentes protótipos.

¹⁷ AutoCAD 2010

Tabela 10 – descrição dos “tipos” utilizados para classificação das inconformidades

Tipo I	Incompatibilidade de pouca gravidade, com baixo ou nenhum grau de interferência com outras disciplinas e nenhum impacto sobre a obra.
Tipo II	Incompatibilidades de média gravidade, com baixo ou médio grau de interferência com outras disciplinas e impacto significativo sobre a obra (até R\$5.000,00).
Tipo III	Incompatibilidades de alta gravidade, com alto grau de interferência com outras disciplinas e impacto grave na obra (acima de R\$5.000,00).
VRF	Itens a serem verificados para melhor solução

Fonte: autor

6.2 RESULTADOS DO ESTUDO EXPLORATÓRIO

A análise que iniciamos neste capítulo parte da confrontação dos dados levantados pelo estudo exploratório descrito metodologicamente na seção 6.1.

6.2.1 Análise Comparativa

Inicialmente, apresentamos uma leitura da quantidade de inconformidades identificadas em cada modalidade de prototipagem. Quando comparadas, cada uma elencou um conjunto específico de observações, que se diferenciam por seu conteúdo e número.

A Tabela 11 apresenta uma relação da quantidade de inconformidades apresentadas nos relatórios de cada modalidade, estas não foram classificadas segundo os critérios apresentados na Tabela 10, pois muitas das atividades relacionadas pela análise representativa e algumas apresentadas pela prototipagem virtual paramétrica não são financeiramente mensuráveis.

Tabela 11 – quantidade total de inconformidades identificadas em cada tipo de análise

Tipo de análise	Construção do protótipo físico virtual	Modelagem do protótipo analítico	Compatibilização do protótipo analítico representativo
Nº inconformidades	15	33	51

Fonte: autor

É saliente a discrepância quantitativa apresentada pela modalidade de detecção de inconformidades empregada com a recompatibilização do protótipo representativo. Ela apresentou um total de 59 inconformidades, o que é numericamente superior à soma detectada pelas outras modalidades. Nesta modalidade, quando foi realizada a confrontação das pranchas através da sobreposição, os erros se tornam redundantes, sendo repetidos conforme as plantas e cortes se multiplicam nos desenhos. Isso significa que, não apenas os erros se multiplicam conforme plantas são copiadas e transformadas sem a readequação das demais, como a complexidade do trabalho de identificação dessas inconformidades cresce junto.

Além disso, conforme foi esclarecida pelo profissional envolvido com o protótipo físico, a equipe responsável pela prototipagem realizada na obra adotava soluções imediatas quando os problemas de projeto eram considerados menos significantes. Estas eram decididas internamente entre os responsáveis pela obra e adotadas sem consultar os projetistas ou relatar a não conformidade. De fato, esses problemas absorvidos pelo processo não estão relacionado entre os itens do protótipo físico nem são computados nos custos relatados, porém significam inconsistências que aumentam as incertezas sobre o processo produtivo.

Antes de traçar mais considerações neste sentido vamos apresentar algumas particularidades levantadas pela análise material do protótipo representativo. A observação destas características assume um papel relevante quando a relacionamos ao contexto em que o projeto foi desenvolvido. Após estas ponderações retornaremos a comparação entre os desempenhos dos protótipos analíticos e virtual.

6.2.2 ANÁLISE FORMAL DOS ARQUIVOS DE PROJETO

Um dos primeiros passos realizados na compatibilização das pranchas CAD foi observar aspectos relacionados ao controle de versões, nomenclatura de arquivos, paleta de layers, qual era a escala empregada, a coordenada do desenho, etc. empregado pelas especialidades. As informações de carimbo estavam regulares, exceto por falta de determinação de versão por duas especialidades. Os nomes de arquivo também seguiam um padrão estabelecido pela coordenação. Verificou-se também que o conteúdo e formato apresentado eram livres, seguindo o costume de cada escritório envolvido (Apêndice B).

Com a liberdade formal em estabelecer o conteúdo das pranchas, algumas informações foram observadas em um desenho específico e ignoradas nos demais desenhos. Como exemplo, podemos citar a marcação de furação, que não aparece representada graficamente ou referenciada textualmente em nenhuma outra prancha de estruturas além da prancha de furações. Esta segmentação do conteúdo de projeto simplifica o trabalho de desenho, mas diminui a consistência do mesmo, favorecendo o surgimento de incompatibilidade dentro da mesma especialidade.

A Tabela 12 apresenta a quantidade de layers, discriminando-as por especialidade e, nas duas últimas linhas, a soma de layers nominadas e a quantidade de layers efetivamente utilizadas. A discrepância entre a soma de layers existente nos 10 arquivos e as layers efetivamente utilizadas nos desenhos é na ordem de 20%.

Verificou-se, ainda, o uso inadequado de layers, escolhidos para uso devido a conveniência de possuir uma pena de impressão desejada ou pela falta de layers condizentes ao desenho representado. Esta não conformidade, embora irrelevante para produção, pode comprometer a transferência integral das informações de projeto entre as especialidades envolvidas. Outro aspecto relevante observado foi a falta de uma escala unitária padronizada para o desenho e coordenadas de desenho compatíveis.

Tabela 12 – quantidade de layers do projeto**Quantidade de Layers**

Arquitetônico	42
Ar condicionado	37
Esgoto / água pluvial	92
Água fria / água quente	97
Automação	152
SPDA	144
Elétrico	152
Estrutural	83
Furação	108
Telemática	151
Soma de Layers dos 10 arquivos	1058
Layers efetivamente utilizados	206

Fonte: autor

Cada especialidade trabalha em uma escala considerada mais conveniente, alterando manualmente as bases recebidas das demais especialidades. Esta prática compromete a integridade das informações originais, dificulta revisões, aumentando assim o retrabalho, e demonstra o desconhecimento dos mecanismos automáticos de conversão oferecidos pelo software CAD.

6.2.3 Detalhamento da Análise Comparativa

A análise do protótipo analítico representativo através da sobreposição das pranchas minimizou qualquer distorção proveniente de vícios no processo de projeto que possam ter, aproximando-o dos limites onde a prototipagem analítica representativa é capaz de chegar. Pudemos assim criar um paralelo entre protótipos físico e analítico virtual em uma situação ideal de compatibilização, onde a documentação do projeto entregue para produção está isenta de inconformidades possíveis de serem observadas dentro de um processo convencional de projeção.

Para isso confrontamos na Tabela 13 o desempenho de cada modalidade na detecção de inconformidades de modo a apresentar uma relação de eficiência e economia entre elas. Ao estabelecer uma correlação entre as inconformidades detectadas no protótipo físico e demais análises, pudemos também classificar o impacto dessas últimas segundo os critérios apresentados na Tabela 10, conforme tratavam do mesmo assunto.

Esta relação pecuniária é possível porque se levantou com a equipe de orçamentação da construtora envolvida na pesquisa, quais gastos foram economizados com a detecção precoce das inconformidades (Apêndice D). Simulamos assim o prejuízo ocasionado por essas inconformidades caso fossem detectadas durante a produção, em uma situação onde os projetos liberados para obra fossem adotados sem a prototipagem física ou virtual.

Tabela 13 – relação da quantidade e custos simulados das inconformidades identificadas no protótipo físico também identificado no protótipo analítico virtual

		Parcial referente ao Protótipo Físico	
Tipo de análise	Protótipo físico	Prot. analítico virtual	Prot. analítico repres.
Inconformidades	15	13	6
Tipo I	6	5	1
Tipo II	3	3	2
Tipo III	6	5	3
	100%	86,67%	40%
Custo evitado (R\$)	70.814,00	63.276,00	27.736,00

Fonte: autor

Discriminamos dos itens apontados pelos protótipos analítico virtual e representativo apenas aos que correspondem aos apontados pelo protótipo físico, pois assim pudemos comparar o desempenho de cada modalidade segundo o impacto mensurado na produção.

Já na Tabela 14 apresentamos a eficiência do protótipo analítico virtual na detecção de inconformidades frente à quantidade de não conformidade que o protótipo físico detectou, em um caso hipotético onde a compatibilização do protótipo representativo fosse realizada em condições ideais de trabalho.

6.2.4 Consequências Financeiras

A construção do protótipo físico na própria edificação antecipou quinze inconformidades que, resolvidas antes do início da produção dos pavimentos tipos, economizou à construtora aproximadamente R\$70.814,00 por torre. Este custo foi levantado considerando o planejamento da obra, que previa a frente de trabalho de aproximadamente quatro andares, com quatro apartamentos por andar, o que significa um total de R\$ 283.256,00 de economia ao empreendimento, se confirmada à produção simultânea das etapas posteriores à estrutura nas quatro torres.

Tabela 14 – eficiência do prot. analítico virtual frente um prot. físico

Tipo de análise	Total descontando o protótipo representativo		
	Protótipo físico	Protótipo analítico	% 18 ^{3D}
Nº inconformidades	9	8	88,88%
Tipo I	5	4	80,00%
Tipo II	1	1	100,00%
Tipo III	3	3	100,00%
Custo evitado (R\$)	43.078,00	43.078,00	

Fonte: autor

Do total apresentado, treze inconformidades foram detectadas pelo protótipo virtual, representando 86,67% das apontadas pelo protótipo físico, que em termos proporcionais representa R\$ 63.276,00 de economia em uma torre ou R\$ 253.104,00 para todo o empreendimento. Esta economia representa 89,35% do custo total estimado detectado pelo protótipo físico.

¹⁸ Percentual resultante da proporção dos resultados do Protótipo virtual em relação ao Protótipo físico

Por sua vez, na quarta coluna, a análise de compatibilização de projetos conseguiu apontar seis das quinze incompatibilidades que foram observadas no protótipo virtual, ou seja, identificou 40% dos itens detectados pelo protótipo físico. Essa performance implica uma economia de R\$ 27.736,00 de custos estimados, decorrente de recursos não desperdiçados na execução de uma torre e R\$ 110.944,00 na execução das quatro torres. O custo economizado detectado pela compatibilização de projetos corresponde a 39,17% do valor antecipado pelo protótipo físico.

Uma vez que os valores relacionados na quarta coluna se baseiam no mesmo método de compatibilização empregado na fase de projeto, os mesmos (seis itens) foram desconsiderados como fatores de correção para a comparação entre protótipos físico e analítico virtual. Neste caso temos nove inconformidades encontradas no protótipo físico no valor total de R\$43.078,00 para cada torre, e oito inconformidades encontradas com a modelagem do protótipo analítico virtual, totalizando o mesmo valor para cada torre, embora corresponda proporcionalmente à 88,88% em relação ao protótipo físico. A coincidência entre os valores economizados ocorre porque o item que representa a diferença de um ponto em favor do protótipo físico corresponde ao tipo I, que representa um custo nulo ou insignificante.

É possível valorar a economia alcançada caso a prototipagem analítica virtual fosse empregada ao comparar esta economia com os gastos provenientes de um serviço de compatibilização baseado em modelagem paramétrica. Para isso foi contabilizado o tempo gasto para realizar o protótipo virtual, totalizando trinta e duas horas de trabalhos entre organização dos arquivos, desenvolvimento dos protótipos tridimensionais, análise das não compatibilidades, e confecção de relatórios.

Com o intuito de calcular o valor do serviço de compatibilização de projetos, considerando-se a terceirização deste serviço para uma empresa formal de arquitetura com arquitetos registrados conforme legislação vigente foi adotada o valor do piso salarial da categoria (6 Salários Mínimos) cujo valor na época deste estudo era de R\$ 678,00 por mês (Maio de 2013), totalizando R\$ 6.102,00. O custo deste funcionário para a empresa, registrado conforme a CLT (Consolidação das Leis Trabalhistas) é de aproximadamente 60% do valor de registro do salário, ou seja, R\$ 3.661,20, o que totaliza R\$ 9.763,20.

Foi considerada a margem de contribuição dos custos fixos da empresa (10%), uma proporção da divisão dos custos da empresa no serviço em questão, e a margem de lucro da empresa (15%), sendo que a este subtotal de R\$ 12.204,80 (margem de contribuição mais custo total do arquiteto) foi ainda acrescido o valor dos impostos referentes à emissão de Nota Fiscal (17%) o que totalizou no final R\$ 14.278,67. Este é o valor de venda do serviço de uma empresa formal de Arquitetura sob as condições legais de contratação de um arquiteto funcionário para um mês de trabalho.

Tabela 15 – Cálculo honorários de compatibilização de projetos

Salário Mínimo (SM)			R\$ 678,00
Piso Salarial Arquiteto (jornada diária de 8h)	9 salários	R\$ 678,00	R\$ 6.102,00
Encargos sobre salário		60%	R\$ 3.661,20
Custo total Arquiteto (mês)			R\$ 9.763,20
Margem de contribuição (custos fixos)		10%	R\$ 976,32
Margem de contribuição (Lucro da empresa)		15%	R\$ 1.464,48
Margem de contribuição total			R\$ 2.440,80
SUBTOTAL			R\$ 12.204,00
Impostos de Nota Fiscal		17%	R\$ 2.074,68
TOTAL (Preço/mês dos serviços de Arquitetura)			R\$ 14.278,68
Dias úteis por mês		20	
Horas de trabalho por dia		8	
Total de horas por mês		160	
Preço por hora (arquiteto) (R\$/h)	R\$ 14.278,68	160	R\$ 89,24
Preço total do serviço de compatibilização	32	R\$ 89,24	R\$ 2.855,74

Fonte: consulta à escritório de compatibilização

Para o cálculo do valor por hora do serviço de compatibilização de projetos, considerando-se a empresa de arquitetura formal conforme descrito acima, foi considerado um mês com vinte dias úteis e oito horas de jornada de trabalho diária, totalizando cento e sessenta horas de trabalho mensais. Dividindo-se o valor mensal dos honorários da empresa de arquitetura pela quantidade de horas do mês obtemos o valor de R\$ 89,24 por hora de trabalho. No caso estudado foram registradas trinta e duas horas para a execução do serviço de compatibilização de projetos, o que totaliza o valor de R\$ 2.855,74 para a prototipagem analítica virtual (Tabela 15).

Este valor, quando comparado ao custo evitado na execução da torre, calculado a partir do custo registrado pela prototipagem física representa 1,66% do custo total evitado (R\$ 172.312,00). Porém, os ganhos possíveis com a modelagem não se restringem à economia aqui apresentada. Ao se antecipar e antever os problemas antes do início da execução da obra é possível corrigir os projetos antes de sua liberação final, evitando também mudanças no planejamento – cronograma de obra e orçamento.

6.2.5 Descrição das Incompatibilidades em uma Única Parede

Após apresentar o desempenho econômico verificado em cada modalidade de prototipagem, cuja análise apresentou observações globais sobre o problema relacionado as incompatibilidades observadas, cabe ainda destacar alguns exemplos significativos de inconformidades detectadas que exemplifiquem e melhor caracterizem as análises que se seguirão. O Apêndice D apresenta a relação das inconformidades listadas por cada equipe envolvida no experimento. Nele estão discriminados e classificados os itens que se enquadraram no critério especificado na Tabela 10, que considera o impacto causado na obra. Desta relação, alguns casos foram tomados como exemplo e analisados a seguir.

Dentre os itens relacionados no Apêndice D cabe destacar algumas particularidades observadas durante sua análise. O item 8 foi detectado apenas pela prototipagem física e precisa ser melhor caracterizado. Durante o trabalho de classificação das inconformidades, observou-se que, de fato, as caixas "4x2" possuíam profundidade menor do que soma da alvenaria e uma das faces do reboco, o que geometricamente permitia sua instalação. Porém, ao realizar o trabalho de "rasgar a alvenaria" de 9 cm para instalação destas caixas, o furo atravessa completamente a parede, atingindo o outro ambiente.

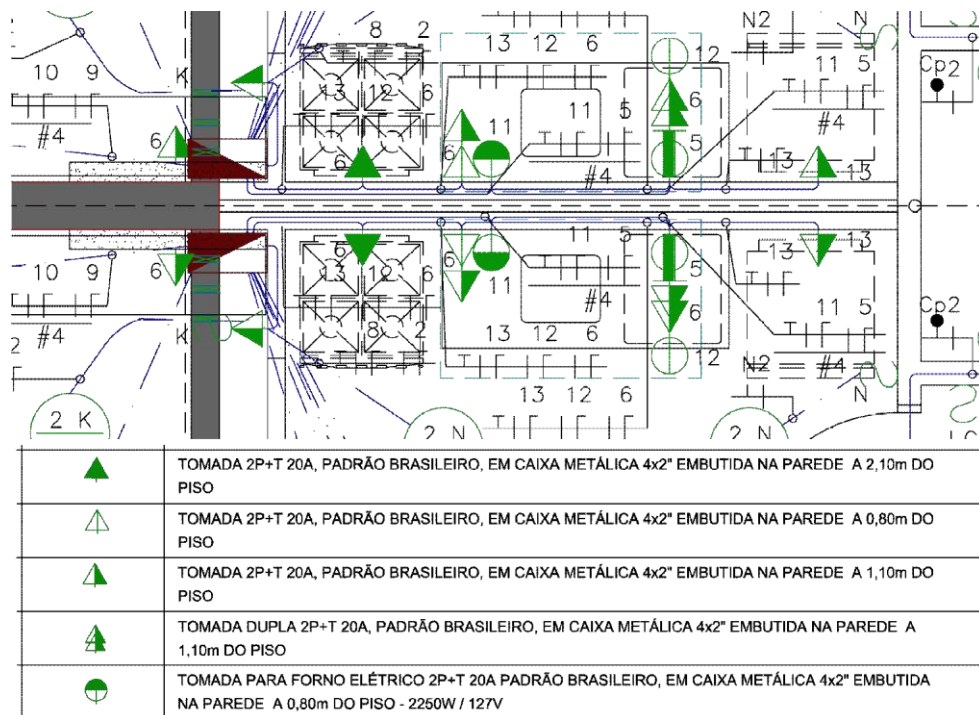
Esta interferência não foi identificada no protótipo analítico 3D, pois parametricamente não havia qualquer interferência prevista. Assim, se o recobrimento mínimo de alvenaria para os fundos das caixas for considerado uma necessidade construtiva, faz-se necessário considerar esta condição na modelagem do componente "caixa", o que não ocorreu. Desta forma, fica evidente que o grau de maturidade da modelagem precisa ser ajustado à cultura e técnica construtiva em questão.

Outro caso semelhante ao item 8 é a inconformidade indicada no item 1, em que a detecção da necessidade de elevar a alvenaria até o fundo da laje em ambientes como banheiro ou cozinha se deve mais à experiência profissional envolvida do que pela análise por intermédio da prototipagem. Mesmo o protótipo físico não contava com qualquer procedimento de medição de desempenho que permitisse a detecção de falhas na incolumidade dos ambientes, cabendo à percepção dos profissionais envolvidos reconhecerem a inconformidade.

Em contrapartida, o caso seguinte (item 9) demonstra uma inconformidade provocada por uma falha na leitura do projeto. Esta inabilidade profissional, porém, possui um atenuante que deve ser considerado, pois se deve, em parte, em decorrência da fragmentação das informações explicitadas no projeto elétrico.

Na inconformidade apontada no item 9, a altura da tomada especificada na planta de indicação de iluminação e tomadas do projeto elétrico entra em conflito com a roda bancada da cozinha. Como estão exemplificadas pelos recortes da prancha do projeto elétrico, apresentados na Figura 22, as tomadas foram indicadas em planta por simbologia padrão e estes símbolos foram apresentados na legenda referente à planta, indicando tipo, altura e demais especificações técnicas.

Figura 22 – recorte de planta e legenda do projeto elétrico

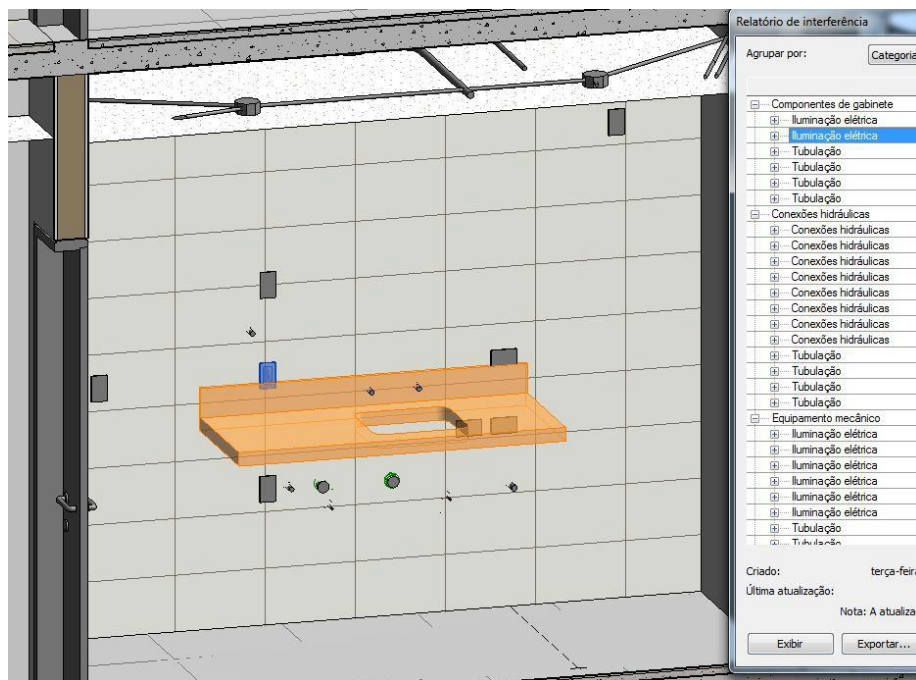


Fonte: autor (recorte de uma prancha do projeto elétrico liberado para obra)

Observando a Figura 22 nota-se um retângulo tracejado na cor azul contornando a área da bancada da cozinha. Este tracejado não possui qualquer referência textual no desenho, mas é descrito na legenda de símbolos da seguinte forma: “as tomadas da bancada da pia da cozinha, com simbologia 1,10m deverão estar a 1,20m de altura”. Porém, na mesma prancha existe um detalhe em corte, que contradiz essa informação, indicando altura da caixa a 1,10m e orientada horizontalmente.

Este detalhe em corte não estava indicado na planta ou em qualquer outro desenho da prancha. De fato, se por um lado os profissionais responsáveis pela prototipagem se ativeram apenas às informações padrão explícitas na descrição da simbologia nas pranchas, sem observar o significado da projeção azul ou as informações presentes no detalhe genérico; por outro, os profissionais responsáveis pela prototipagem analítica 3D, observaram apenas o detalhe, resultando na detecção da inconformidade, conforme demonstra a Figura 23.

Figura 23 – inconformidade na bancada da cozinha identificada com auxílio de um relatório de interferência do software



Fonte: autor (recorte da tela do software de modelagem)

Já a equipe a equipe responsável pelo protótipo analítico 2D sequer observou esta inconformidade. Neste caso, a dubiedade das informações prejudicou a análise de todos os envolvidos, forçando a improvisação de uma solução nova. Uma análise atenta ao registro da prototipagem física, comparando-o às demais figuras que representam o projeto, mostra que as informações de projeto foram abandonadas e redefinidas em obra.

Todas as tomadas estão dispostas na vertical e, além disso, do lado esquerdo da bancada, duas destas tomadas foram locadas sobre a bancada e uma sob ela, quando o especificado era justamente o contrário.

A gravidade desta inconformidade é agravada se for considerada uma situação sem qualquer prototipagem física, em que nenhuma solução alternativa seria adotada. Nesta situação, a bancada seria executada após todas as caixas já estarem chumbadas, as paredes rebocadas e os revestimentos cerâmicos assentados. Ou seja, o impacto de um eventual retrabalho decorrente da não detecção desta inconformidade seria consideravelmente alto, envolvendo frentes de trabalho de até quatro meses passados.

6.2.6 Consequências para a Cadeia Produtiva

No caso estudado, o protótipo físico anteviu mais itens que o protótipo analítico virtual, significando, contudo, a mesma economia em recursos financeiros. Essas inconformidades possuem uma origem principal relacionada à complexidade e fragmentação das informações produzidas no projeto executivo.

Por outro lado, destaca-se que a construção do protótipo físico da forma como foi realizada, isto é, dentro da própria estrutura da edificação, retarda demasiadamente as constatações, ao passo que o protótipo analítico virtual pode levá-las previamente. Ainda, a atividade de prototipagem analítica virtual pode ser adiantada, realizada ainda na fase de projeto executivo, antes de sua validação final para liberação da obra.

Além disso, existe uma séria restrição ao protótipo físico, possível apenas nas partes reproduzíveis da construção. Para aumentar a confiabilidade do projeto e do processo de construção em todo edifício, o desenvolvimento do protótipo analítico ou a elaboração de maquetes se revelam as únicas alternativas viáveis.

Em um empreendimento de 54.000m², previsto para ser concluído em 54 meses, a prototipagem física do apartamento tipo durou 90 dias. Ela teve início com cerca de 30% do empreendimento realizado, quando a estrutura já estava concluída e cerca de 80% das alvenarias de uma torre estavam prumadas.

Assim, muitos dos problemas detectados que se relacionavam à estrutura e alvenaria tinham reduzidas possibilidades de resolução por terem sido detectadas tardiamente. Se considerarmos que nove das inconformidades identificadas pelo protótipo físico (Apêndice C se relacionavam a estrutura ou alvenaria, e que sete delas foram detectadas na modelagem paramétrica, vemos que parte considerável destas constatações poderiam ter sido levantadas previamente, com o uso de um protótipo virtual, a ser realizado ainda na fase de projeto executivo e antes de sua validação final para liberação da obra.

Além disso, existe uma séria restrição ao protótipo físico, pois esta abordagem é possível apenas quando uma mesma solução se multiplica em vários pontos da edificação, como ocorre com os apartamentos tipos. Para aumentar a confiabilidade do projeto e do processo de construção em todo edifício o desenvolvimento do protótipo analítico se revela a única alternativa.

Ao se antecipar e antever os problemas antes do início da execução da obra é possível corrigir os projetos antes de sua liberação final, evitando também mudanças no planejamento – cronograma de obra e orçamento, de forma a minimizar a quantidade de itens que podem acarretar em atrasos ou alterações de especificações ou execução na obra.

6.2.7 Considerações sobre a Análise do Protótipo Representativo¹⁹

A maior parte das inconformidades observadas na análise convencional de projeto está vinculada às dificuldades particulares da excessiva abstração das informações representadas nos desenhos, agravadas por divergências de desenho entre as especialidades, que ocorreram principalmente em decorrência de alterações não comunicadas, que influenciavam outros projetos, ou então devido a não atualização da matriz arquitetônica em todos ou alguns arquivos CAD.

As ferramentas CAD são utilizadas não somente para representação bidimensional dos projetos concluídos e documentados, mas também como base de desenvolvimento das soluções para o produto. E esta característica operacional ou ferramental, aparentemente pouco relevante, assume maior importância para a ocorrência de inconformidades, na medida em que observamos os efeitos colaterais consideráveis, decorrentes de seu uso ostensivo e arbitrário, para o processo de criação e comunicação do projeto.

É natural em processos de desenvolvimento de empreendimentos complexos, como ocorre na produção do ambiente construído, que diversas disciplinas e especialidades dialoguem e interfiram entre si. Este tipo de relação é o que Thompson (2009) classifica como interdependência recíproca, na qual a saída de uma tarefa é a entrada para a outra, e vice-versa, exigindo coordenação e negociação.

¹⁹ Refere-se ao projeto executivo liberado para obra, pois os desenhos são confeccionados com dupla motivação, de entender qualidades das interfaces do edifício projetado e comunicar os atributos deste projeto para sua produção. Assim, embora apresente um nível de grande abstração, eles se adequam aos principais propósitos da prototipagem (GRIMM, 2004).

Muitas dessas especialidades dependem de uma base consistente de informação para iniciar sua atividade (como, por exemplo, hidráulica) e esta base corresponde à documentação dos resultados parciais de outra especialidade (como arquitetura e estrutura). Para que esta consistência informacional ocorra é exigida a formalização prematura de informações de projeto, que viabilizam o desenvolvimento paralelo de tarefas com interdependência discreta ²⁰(THOMPSON, 2009) e assim, reduzir o tempo de projeto.

Como é verificado no caso estudado e comumente é empregada na prática cotidiana profissional, a organização constituída para o desenvolvimento de um projeto é (01) temporária, (02) regida por uma relação contratual baseada predominantemente por essas entregas e (03) cada uma das especialidades envolvidas correspondem a uma empresa contratada, com uma cultura organizacional, processos internos e padronização de documentação própria.

Esta fragmentação endógena ao processo é comumente equacionada com um robusto esforço de gerenciamento e coordenação de projetos. O esforço de interação das informações estabelecidas entre as equipes que cooperam no projeto acontece por meios formais, como padronização de atas, e-mails, carimbos, pranchas etc.

Assim, a principal ocupação para gestão e coordenação passa a ser a atualização e manutenção destas formalidades que, embora sejam fundamentais para viabilizar a comunicação desta organização alinhada temporariamente, exerce um esforço que pouco contribui para o desenvolvimento de soluções do projeto, mas sim, para minimização de uma incoerência do processo.

²⁰ Cada parte processa uma contribuição discreta ao todo e cada uma é suportada por todas as partes embora não interajam de modo direto.

Por outro lado, a principal motivação dos projetistas envolvidos é a entrega das pranchas formalmente corretas nas etapas estabelecidas. É através dessas entregas que o desempenho de sua atividade é mensurado e contratualmente remunerado.

Este critério de entrega não reforça plenamente o interesse em desenvolver um projeto com mais rapidez e qualidade, pois a converte em qualidade formal do projeto. Todo esforço adicional de cooperação entre especialidades e coordenação interna esperado dos intervenientes não é devidamente considerado no processo ou remunerado.

A dificuldade em diminuir as inconsistências de projeto é análoga a perdas no processo de produção baseados em transformação (KOSKELA, 2000). Nela as atividades que não agregam valor ao projeto em desenvolvimento, como atividade de incompatibilidade, ou documentação das soluções de projeto, são incorporadas e tratadas como se fossem atividades que de fato agregam valor ao empreendimento.

Em vez de identificar meios de diminuir as atividades associadas a formalização de documentos, atualização de bases de desenho e revisão das etapas intermediárias, a um mínimo necessário para garantir a qualidade esperada das informações comunicadas, os esforços de gestão e coordenação de projeto enfocam a padronização na entrega dos documentos que contem essas informações. Ou seja, incentiva o aumentando das atividades de confecção dessa documentação em vez de diminuir a necessidade de realiza-las, o que significa para Koskela (2000) um tipo de perda decorrente da necessidade de estabelecer um escopo de entregas.

Inconsistências de desenho ignoradas na prototipagem física e observadas na prototipagem virtual como sendo de menos significância para a leitura as informações de projeto, assumiram preponderante espaço na análise da prototipagem representativa. Itens como *Posição do vaso sanitário estão deslocados 8 cm* aparecem quando são comparados as pranchas arquitetônicas e hidráulicas, o que denuncia o uso de bases diferentes no projeto e apontam possível inconsistência na integração das informações promovida pela compatibilização.

Outro ponto observado que destaca a ineficiência da coordenação na tentativa de estabelecer a padronização dos arquivos digitais dos projetos é a grande quantidade de layers existente, apresentando redundâncias entre áreas e layers sem uso.

A Tabela 12 apresenta a quantidade de layers discriminando-os por especialidade e, nas duas últimas linhas, a soma de layers nominados e a quantidade de layers efetivamente utilizados. A discrepância entre a soma de layers existente nos 10 arquivos e os layers efetivamente utilizados nos desenhos é na ordem de 20%.

Em si esse número apresenta uma fonte potencial de inconformidades, que poderiam ser resolvidas com a imposição de um padrão compatível as empresas de projeto envolvidas. Esta medida esbarra em resistências justificadas, principalmente entre empresas estruturadas, pois já apresentam uma padronização própria, incorporada e aperfeiçoada segundo as necessidades de sua especialidade. Uma vez vencida essa barreira inter organizacional, cabe ainda o desafio de incorporar e gerenciar esse padrão para o empreendimento em que essas empresas foram agrupadas contratualmente, o que significa mais perda.

De fato, são grandes os esforços de profissionais, empresas, conselhos e instituições envolvidas na tentativa de categorizar e hierarquizar os layers na construção. Porém, todos os esforços nesta direção ou esbarram na complexidade das inter-relações ou oferecem uma solução simplista para a demanda de todos os subsistemas. O que cabe ressaltar aqui, porém, é que esta demanda pouco influencia na qualidade da informação de projeto. Isto é, a padronização ostensiva sobre a documentação produzida para a comunicação entre as especialidades envolvidas no projeto tem em vista formalizar o fluxo de informações entre esses intervenientes.

É fato que o fluxo de informação foi intensificado quando atividades que antes eram sequenciais se tornaram paralelas²¹, diminuindo assim o tempo de projeto. Por isso a decisão de formalizar este fluxo por meio de mais uma tarefa é conceitualmente contraditória, pois implica em tempo e recursos adicionais dispensados, impactando sobre o processo. Um procedimento mais efetivo deve direcionar a diminuição de variabilidades e perdas próprias ao processo de projeção.

Desta observação entendemos a discrepância entre os itens aferidos na análise do protótipo representativo, que revelam (01) a crescente dificuldade em promover a integração de projetos mais complexos e (02) como a produção de projetos baseados em protótipos representativos e particularmente, através de desenhos CAD, desfoca a atenção para problemas processuais que não agregam valor ao produto, mas complicam a interface de comunicação entre as áreas envolvidas.

6.3 DISCUSSÃO: INTEGRAR PROJETO DO PRODUTO E PRODUÇÃO

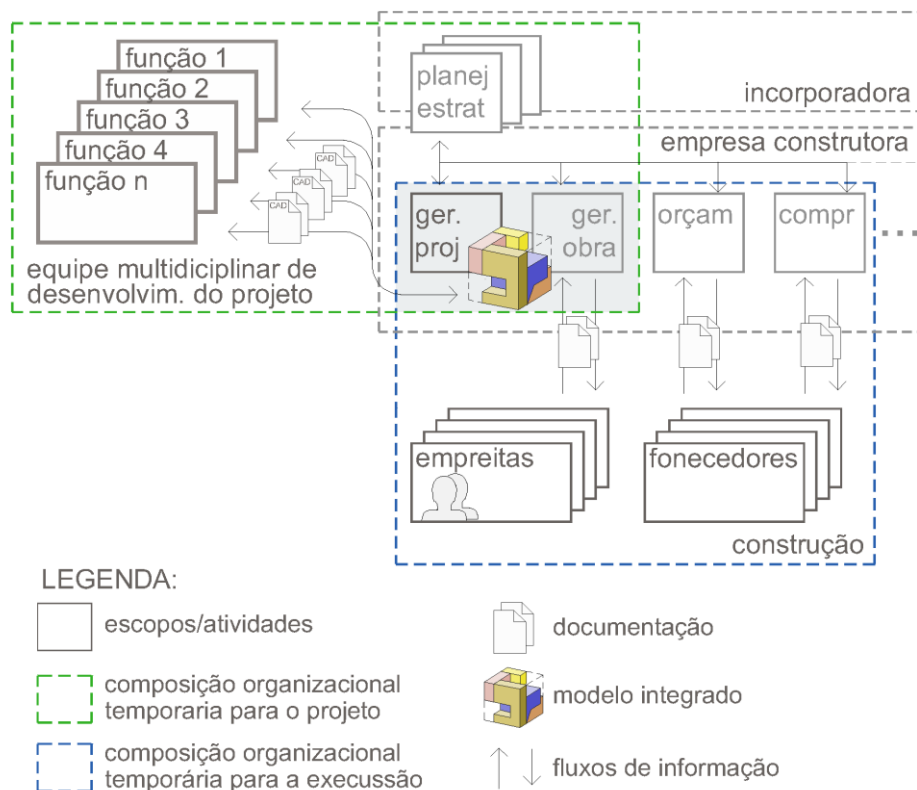
O estudo exploratório permitiu um entendimento experiência do potencial das tecnologias BIM para a prototipagem analítica virtual. Neste estudo, protótipo virtual conseguiu identificar 64% das inconformidades encontradas no protótipo físico. Na verdade, embora tenha sido utilizado de modo restrito, a modelagem paramétrica permitiu que prototipagem analítica virtual detectasse mais itens que a prototipagem física, ligados à precariedades na representação do projeto. Se considerarmos o conteúdo dos itens que não foram relacionados pelo protótipo físico, perceberemos que estes correspondem às inconsistências de informações presentes nos desenhos de projeto. Elas ocorreram em decorrência da excessiva abstração das informações do projeto, que foram documentadas com auxílio de softwares CAD.

²¹ Nesse sentido a engenharia simultânea é entendida como resposta ao objetivo reduzir o tempo de projeto sem reduzir sua qualidade.

Ao considerar o número de inconformidades apontado pela análise das pranchas de projeto, observamos que, caso tivessem sido observadas e resolvidas antes da liberação para obra, evitaríamos o surgimento de 35 % das inconformidades identificadas no protótipo físico. Esta constatação aponta para a dificuldade em estabelecer parâmetros gerenciais para avaliar se os atributos formais e materiais esperados do projeto foram alcançados.

Se por um lado, podemos apontar pragmaticamente os benefícios apresentados pela modelagem paramétrica na prototipagem virtual frente ao uso do protótipo físico focado durante o estágio III (na construção); por outro, temos delineada a perspectiva de incorporar essa prática ainda no estágio II do PDP (Figura 17). A adoção da Modelagem da Informação em substituição ao modelo de representações bidimensionais CAD, visa acelerar a comunicação e minimizar a incidência de inconsistências informacionais, através da integração de conteúdos e processos do projeto. Para que esses benefícios alcancem os processos seguintes, ligados à produção é preciso promover um gerenciamento coerente ao processo de projeto, que adote a modelagem de informação como base para promover e controlar a produção (Figura 24).

Figura 24 – modelo integrado entre projeto e produção

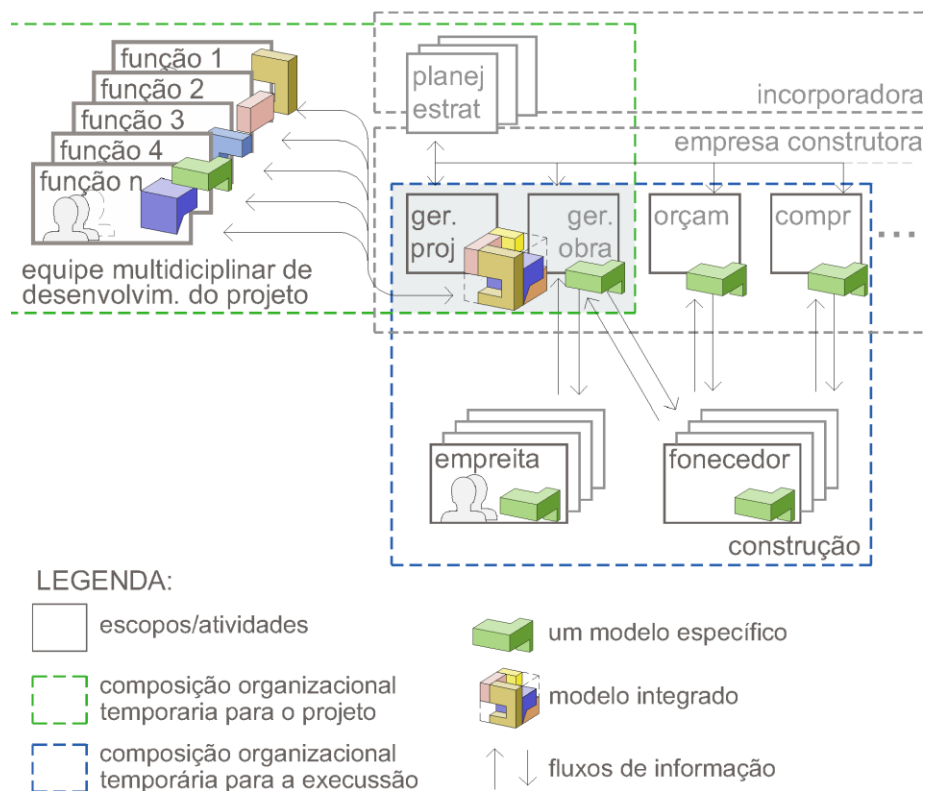


Fonte: autor

Em um sentido mais profundo a integração através da modelagem da informação pode ser entendida como um paradigma que visa favorecer a fluidez de informações sobre os conteúdos e processos referentes ao desenvolvimento e produção do edifício. Ou seja, as informações relacionadas a determinado subsistema, componente ou especificação (conforme é indicado por “um modelo específico” na Figura 25) apresentam diferentes interfaces, que dialogam com as tarefas ligadas à concepção e detalhamento realizados em função dos requisitos dos clientes, à quantificação em um orçamento, à aquisição segundo a especificação estipulada, ao controle na entrega desta aquisição conforme o escopo e prazo contratados, à orientação e controle da qualidade de uma instalação ou entrega de uma empreita.

Em um processo integrado de modelagem de informação, essas interfaces permitem um gerenciamento efetivo do desenvolvimento do empreendimento e ainda, a oportunidade de melhoria contínua e aprendizado através da retroalimentação de informações de outros processos. Esta perspectiva animadora, contudo, impacta na forma de comunicação do projeto, alterando a forma que os projetistas devem pensar o produto (KIVINIEMI; FISHER, 2009). Não apenas os projetistas devem mudar seu modo de pensar, mas toda relação entre as atividades precisam ser reposicionadas, pois aproxima e sobrepõem atividades ligadas a diferentes estágios do empreendimento, exigindo comprometimento e interação entre os profissionais envolvidos no projeto e construção.

Figura 25 – interfaces de um modelo de informação



Fonte: autor

A oportunidade de diminuir a variabilidade na produção através de um gerenciamento baseado em modelagem de informação se traduz em um desafio (KALAY, 2006) à atividade gerenciamento do projeto do Ambiente Construído, pois tende a ampliar seu escopo de trabalho. De fato, ou a modelagem de informação ocorre dentro de uma estrutura de gerenciamento de projeto submetida à empresa principal, no caso a construtora (Figura 24), ou terceiriza a produção desse modelo segundo um contrato bem definido do escopo e maturidade com que deve ser entregue.

A primeira situação permite melhor performance à modelagem de informação, pois permite que as interfaces entre projeto e produção sejam adequadas às atividades de gerenciamento do empreendimento sem revisões contratuais com outras empresas. Esta opção aumenta o departamento de gerenciamento de projeto, incorporando a prática de modelagem à suas atribuições. Isso significa um aumento de pessoal local e a necessidade de formar novas competências aos demais departamentos, para operacionalizar a modelagem em todo processo.

A segunda situação terceiriza parte dos custos operacionais com a modelagem (Figura 25), porém não elimina a necessidade de formar novas competências ligadas à modelagem de informação à equipe responsável pelo gerenciamento da construção. Além disso, a terceirização da modelagem de informação limita a integração dos processos, ou permite que informações estratégicas ao negócio sejam compartilhadas com as empresas contratadas para realização do projeto.

As duas situações apresentadas prejudicam em algum ponto o fluxo de informação ou geram perdas ao processo. Soluções contingenciais como a formulação de modelos de contratação IPD podem minimizar problemas de confiabilidade, porém estes mesmo modelos significam barreiras e perdas, pois em si não agregam valor ao ambiente construído. Assim, uma alternativa deve ser fundamentada com base na necessidade de integração dos processos de desenvolvimento e produção do Ambiente Construído, permitindo a diminuição de incertezas, na economia de custos e prazos, e garantia de qualidade do empreendimento.

Este novo desenho organizacional se apoia largamente no potencial tecnológico (TSE; WONG; WONG, 2005) para adiantar o gerenciamento da produção através da simulação de desempenho, produção e orçamentação do produto, diminuindo as incertezas associadas ao caráter prototípico do Ambiente Construído. O adiantamento do planejamento da construção o aproxima do desenvolvimento do projeto, o que permite alinhar em torno deste os esforços de gerenciamento de todo empreendimento.

Alinhado ao incremento tecnológico ao processo de projeto, ocorre a intensificação da necessidade de comunicação entre os projetistas. Assim, a dimensão social do trabalho assume o protagonismo das preocupações do gerenciamento de projeto. O estudo retrospectivo apresentado no capítulo 7 analisa uma equipe de projeto, desenvolvendo o projeto básico de um empreendimento semelhante ao apresentado até aqui. Esta análise aborda principalmente as condições para o entendimento compartilhado sobre o processo e o conteúdo do projeto, experimentadas por essa equipe.

7 ESTUDO RETROSPECTIVO

7.1 DETALHAMENTO METODOLÓGICO

O enfoque do estudo retrospectivo é identificar como acontece o entendimento compartilhado em uma equipe multidisciplinar de projeto de edifícios, durante o desenvolvimento do projeto básico (Figura 26). Para isso identificamos na bibliografia como este conceito é definido e como pode ser classificado. Assim, identificamos as duas dimensões do entendimento compartilhado:

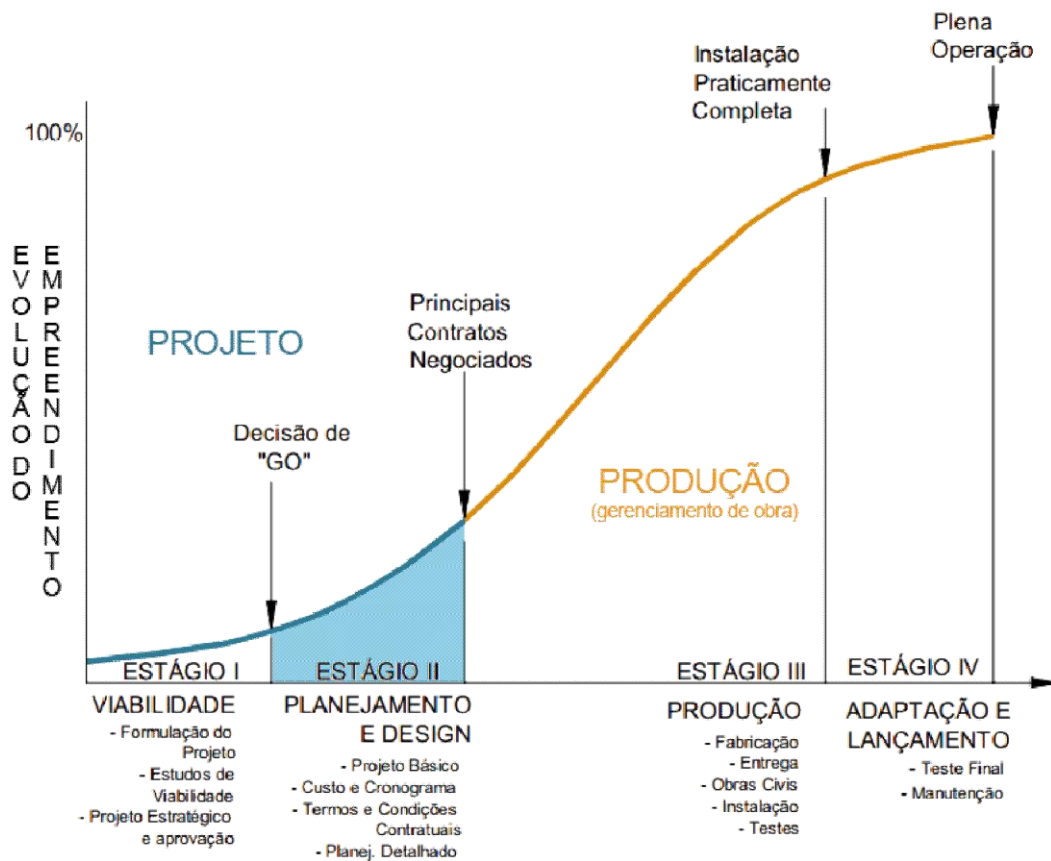
5. Entendido como uma **prática reflexiva** (SCHÖN, 1984) dos profissionais envolvidos no desenvolvimento do projeto;
6. como mecanismos que influenciam o processo decisório em **situações críticas**(BADKE-SCHAUB; FRANKENBERGER, 1999) do processo de projeção.

A análise realizada com as reuniões de projeto foi metodologicamente estruturada sobre o modelo de registro apresentado por Valkenburg e Dorst (1998) no estudo intitulado *The reflective practice of design teams*. Este modelo se baseia na teoria apresentada por Schön (1984) e permite a codificação das práticas profissionais em um nível operacional. Com esta ferramenta foi possível identificar quais práticas foram adotadas para atingir uma solução de projeto.

Diante do mapeamento das práticas profissionais de arquitetura e engenharia durante o desenvolvimento de um projeto básico de um edifício multi familiar, pudemos relacioná-los às decisões adotadas e assim confrontar estas práticas com os mecanismos que influenciam na decisão de projeto levantados por Badke-Schaub e Frankenberger (1999).

O objeto deste estudo foram os registros em áudio de reuniões de gerenciamento de projeto, ocorridas no início do desenvolvimento do projeto básico de um conjunto de edifícios residenciais, com objetivo de antecipar decisões integradas de projeto. Nestas reuniões estavam presentes integrantes de todas as especialidades que compunham a equipe multidisciplinar contratada. Cabe salientar ainda que o autor desta dissertação não participou de nenhuma dessas reuniões nem conhece os especialistas envolvidos, seu envolvimento com o caso se resume à audição e análise dos registros coletados por terceiro.

Figura 26 – indicação do estágio em que o estudo retrospectivo foi realizado



Fonte: autor

7.1.1 Caracterização do Método de Pesquisa

As gravações foram analisadas, buscando identificar as quatro ações apontadas na prática reflexiva (SCHÖN, 1984), que são: nomenclatura (*naming*), estruturação (*framing*), ação ou movimento (*moving*) e reflexão (*reflecting*).

Como visto na revisão bibliográfica elas são caracterizadas pela teoria de Schön, que se concentra nos aspectos operacionais da prática de projeto, distanciando-a de uma abordagem estratégica do trabalho como Badke-Schaub e Frankenberger (1999) estabelecem em sua análise dos mecanismos que influenciam a tomada de decisão nas situações críticas de projeto.

Contudo, Valkenburg e Dorst (1998) demonstram que a descrição das práticas reflexivas de uma equipe é possível e oferece padrões de comportamento de uma equipe que podem ser analisados estrategicamente. Estas práticas foram classificadas segundo o protocolo de identificação das práticas reflexivas, apresentado na Tabela 16. Foram relacionados a descrição e os enquadramentos possíveis das diferentes práticas profissionais, segundo apontou a revisão bibliográfica.

A classificação permitiu o registro das práticas em um modelo de protocolo desenvolvido por Valkenburg e Dorst (1998), que emprega símbolos gráficos para mapeá-las temporalmente. A capacidade de síntese deste procedimento foi demonstrada no estudo referido destes autores e confirmada em testes realizados previamente para a presente pesquisa. A classificação encadeia visualmente as práticas profissionais, permitindo o rápido reconhecimento de padrões (a figura demonstra graficamente a sequência elementar da teoria de Schön). Ao mesmo tempo, sintetiza o processo em unidades mensuráveis, permitindo uma leitura quantitativa dos dados coletados.

Uma versão adaptada do protocolo está representada na Figura 27. O protocolo apresenta três colunas que correspondem ao tempo da ação, o mapeamento e a descrição de cada prática registrada.

Tabela 16 – protocolo de identificação das praticas reflexivas

Nominação	<p><i>Descrição:</i> Quando a equipe busca explicitamente apontar e diferenciar na tarefa as principais atividades a serem desenvolvidas. Durante a atividade de nominação a equipe identifica os objetos relevantes que priorizarão na tarefa de projeção.</p> <hr/> <p><i>Enquadramentos:</i> Fatores relevantes à situação; Escolha de foco prioritário; Primeira tentativa efetiva de solução</p>
Estruturação	<p><i>Descrição:</i> Quando a equipe estrutura um problema em busca de soluções prévias e parciais que serão exploradas, construindo um contexto comum, Essa “problematização” permite à equipe desenvolver esforços coordenados de concepção. Normalmente uma estruturação é percebida quando analisada as atividades seguintes, ou seja, ela enquadra um conjunto subsequente de atividades, enquadrando-as em um contexto de interdependência.</p> <hr/> <p><i>Enquadramentos:</i> Enfoca e organiza informações para melhor entendimento: elaboração do problema, problematização; Busca coerência em outras ações que consolidem um novo quadro; A estruturação precisa ser compartilhada dentro da equipe; São explícitos e negociáveis.</p>
Ação	<p><i>Descrição:</i> Envolve experimentações realizadas para confirmar um conceito, levantar informações, combinar e comparar ideias e documentar o entendimento delas. É identificado como uma ação ou movimento que visa resolver o problema e readequar a estrutura proposta inicialmente (frame).</p> <hr/> <p><i>Enquadramentos:</i> Experimentação em busca de uma solução efetiva; Investigação; Geração de novas ideias; Analisar consequências; Mover implica em reestruturar; É quando o trabalho procedimental mais ocorre.</p>
Reflexão	<p><i>Descrição:</i> Envolve a prática de revisão crítica das ações realizadas e projeção das atividades seguintes.</p> <hr/> <p><i>Enquadramentos:</i> Equipe reflete sobre a prática profissional, resultado e processo: Se o movimento atende ao requisito/restrrição/padrão Se é coerente ao repertório construtivo Quais eventuais consequências advêm dos movimentos praticados</p>

Fonte: autor

7.1.2 Sobre o Objeto Analisado

Os meios síncronos do desenvolvimento de projeto, particularmente os briefings e reuniões de projeto, caracterizam uma oportunidade de observação da prática reflexiva associada à negociação e decisão, pois:

1. Envolve a confrontação, negociação e entendimento entre os atores da equipe de projeto do empreendimento,
2. os atores são representantes de diferentes disciplinas;
3. as reuniões são delimitadas espacialmente e temporalmente e
4. possuem caráter oficial, demarcando um momento do processo para acompanhamento do desenvolvimento das atividades definidas, mitigação de conflitos e definição das tarefas seguintes.

Dessa maneira, reuniões podem ser entendidas como pontos de confluência de problemas e tomadas de decisão para o projeto e para o processo envolvido. Reuniões oferecem um ambiente propício para a sociabilização, ou pelo menos para a comunicação direta, de informações técnicas complementares aos responsáveis por cada área envolvida. Permite ainda, dependendo da maturidade da equipe para desenvolver um trabalho colaborativo, a formulação de soluções construtivas inovadoras dentro de um processo colaborativo do projeto de edificação. Estas reuniões tornam-se, assim, um objeto de observação e análise privilegiado das práticas de interação, cooperação e colaboração para o desenvolvimento e integração dos projetos. Objeto esse que será discriminado e caracterizado a seguir.

Os dados utilizados como base para o estudo compreendem um conjunto de gravações registradas em reuniões iniciais de uma equipe multidisciplinar de projeto de edifícios²² responsável pelo projeto básico.

²² As gravações e os dados apresentados a seguir foram extraídos da coleta realizada pela arquiteta Mr. Karina Ozório. O conteúdo das análises realizadas para a presente pesquisa, contudo, é independente das apresentadas em sua dissertação (OZÓRIO, 2012).

A adequação do conteúdo gravado à análise apresentada no presente trabalho pode ser atestada pela caracterização dos objetivos estabelecidos para as reuniões. Estes objetivos foram descritos pela coordenação de projeto, e posteriormente corroborados pela pesquisadora envolvida no processo, nos seguintes termos (OZÓRIO, 2012):

1. A identificação das áreas e profissionais de projeto envolvidos,
2. as definições de bases de documentação e procedimento,
3. coordenar a definição de tecnologias, especificações e componentes,
4. ordenação e documentação das tarefas,
5. análise das condicionantes de projeto e
6. compatibilização de pranchas já desenvolvidas;

As gravações registram um período de tempo das atividades de projeto onde a interação entre os intervenientes projetistas se intensificou, constituindo um ponto privilegiado para análise das negociações e reflexões necessárias para a construção de entendimento compartilhado.

O trabalho desenvolvido por essa equipe teve como objetivo comum criar as soluções de projeto e produzir a documentação necessária para o início do empreendimento. Este compreende um conjunto habitacional localizando na cidade de Maringá, constituído por cinco torres de 19 pavimentos, contendo 38 unidades habitacionais cada, além de acesso social, garagem (térreo e subsolo) e área de lazer. Totalizando 67.046,56m² de área. O sistema construtivo foi concebido em estrutura de concreto (pilar e viga) lajes maciças e vedação em alvenaria cerâmica.

Em semelhança ao empreendimento que serviu de objeto para o primeiro estudo, este também foi promovido por uma empresa incorporadora associada à construtora responsável pela construção do conjunto habitacional. O desenvolvimento do projeto de viabilidade e o estudo preliminar contaram com o envolvimento apenas da incorporadora, construtora e escritório de Arquitetura contratado.

Somente após a aprovação preliminar realizada nos órgãos reguladores é que os demais projetistas foram contratados. Portanto, a formação da equipe de projetistas analisada aconteceu tardiamente, para o desenvolvimento do projeto básico (que engloba tanto o anteprojeto como o projeto executivo do conjunto). Suas atividades ocorreram entre agosto de 2011 e março de 2012, sendo que as atividades tratadas aqui englobam os cinco primeiros meses.

Foram analisadas as gravações das reuniões desta equipe já consolidada. Cujo núcleo é constituído por sete intervenientes diretamente envolvidos:

- dois arquitetos responsáveis pelo (01) projeto arquitetônico e (02) pela gestão dos projetos,
- quatro engenheiros civis, individualmente responsáveis pelo projeto (03) estrutural, (04) projeto hidráulico, (05) projeto elétrico, e (06) coordenação e
- (07) um representante do departamento de engenharia da empresa construtora, arquiteto recém-formado, que atuava como aprendiz.

Os dados de entrada para as reuniões se resumiram a:

- estudo preliminar;
- experiência previa do arquiteto projetista, único envolvido nas fases iniciais do projeto, como a definição de requisitos do projeto e marketing, e
- ficha cadastral de todos os intervenientes, contendo dados profissionais e contatos.

O estudo preliminar prévio, já aprovado pela incorporação e órgãos reguladores, foi registado em 2D em arquivo digital DWG. O estudo preliminar continha a implantação geral com a locação das torres, planta do pavimento tipo e plantas com a distribuição de vagas de garagem. Porém, ainda faltava ao projeto arquitetônico definir a disposição dos pavimentos térreos de cada torre, casa de máquinas e cobertura, que seriam concluídos em conjunto com a equipe multidisciplinar de projeto designada.

As seis reuniões iniciais foram gravadas, sendo que a quarta gravação se perdeu por problemas no equipamento de registro.

Assim temos:

- GR1: a gravação da 1ª reunião durou 01h57min;
- GR2: a gravação da 2ª reunião durou 02h17min;
- GR3: a gravação da 3ª reunião durou 04h09min;
- GR4: a gravação da 5ª reunião durou 01h42min;
- GR5: a gravação da 6ª reunião durou 03h18min;

Algumas decisões ou parte das discussões não estão explícitas nas gravações, pois foram previamente levantadas ou acertadas com o auxílio de e-mails, telefonemas, representação gráfica etc. Estes registros foram levantados e considerados como um recurso auxiliar, quando as gravações se mostravam insuficientes para a compreensão do tema abordado. Porém, não foi feita uma análise documental detalhada destes registros. O recorte se justifica, pois não objetivamos uma auditoria documental do desenvolvimento do projeto, mas analisar como ocorrem os processos de decisão e reflexão em um ambiente real, onde a dimensão social desse processo se faz mais visível.

Uma primeira escuta foi realizada. Com base nela, as duas primeiras gravações foram selecionadas para realizar a codificação. Esta decisão ocorreu, pois se identificou nestas duas primeiras gravações a maior concentração de situações que exigiram a construção de entendimentos compartilhados entre os atores da equipe de projeto. Já nas outras reuniões, ficou claro o predomínio de questões operacionais associadas a deficiências conjunturais do processo tradicional, como por exemplo, a ocorrência de problemas de compatibilidade entre especialidades, já tratadas no primeiro estudo.

7.1.4 Descrição do Desenvolvimento do Estudo Retrospectivo

Com base na varredura inicial mencionada, as reuniões foram divididas em episódios. Apresentamos na Tabela 17a duração e a descrição sucinta desses episódios identificados na primeira reunião. Assim procedemos com a 2ª reunião, relacionada na Tabela 18.

O critério para identificação dos episódios foi a unidade temática, ou seja, as ações foram discriminadas quando objetivavam alcançar determinado(s) objetivo(s) específico(s), seja definição de um material, resolução de uma incompatibilidade entre sistemas ou definição do padrão de documentação.

Esta decisão se mostrou conveniente, pois permitiu identificar com clareza um ciclo completo de identificação do problema, negociação, reflexão e decisão. Assim, tanto o tempo consumido como os meios empregados para alcanças (ou não) ao entendimento compartilhado são as variantes que caracterizam e qualificam a ação projetual abordada no episódio.

Nas tabelas que relatam os episódios de cada reunião analisada foram destacados em negrito alguns momentos significativos para discussão. Estes foram exemplificados graficamente o mapeamento das praticas reflexivas em equipe que serviram de base para a análise do processo de negociação e decisão na equipe de projeto.

Outro recurso gráfico produzido com auxilio dos dados mapeados foi possível com a quantificação de cada prática. Para isso, atribuiu-se um grau de complexidade diferente para nominação, estruturação, movimento e reflexão, de 1 a 4, respectivamente. Estes indicadores foram convertidos em gráficos e analisados sob a perspectiva percentual, temporal etc. A apresentação destes resultados alcançados e a descrição de sua discussão são expostas no capítulo 7.2.

7.2 RESULTADOS DO ESTUDO RETROSPECTIVO

A identificação e tabulação dos episódios foram realizadas em uma varredura preliminar das gravações. Cada episódio englobou as práticas profissionais que abordaram um mesmo assunto. A

Tabela 17 apresenta os episódios da 1ª reunião da equipe de projeto e a Tabela 18, os episódios da 2ª reunião.

Tabela 17– identificação dos episódios da 1ª reunião da equipe de projeto (GR1) Duração Episódios

0:00:32	Início da reunião
0:00:32 a 0:12:10	Introdução e expectativas.
0:12:10 a 0:15:40	Predefinições do estudo preliminar.
0:15:40 a 0:19:16	Captação de água pluvial (ver Figura 34).
0:19:44 a 0:22:22	Investir em pesquisa e inovação
0:23:00 a 0:24:16	Alimentação de energia condominial.
0:25:30 a 0:26:30	Qual é o resultado esperado da equipe
0:28:41 a 0:31:31	Padronização de desenho.
0:31:46 a 0:32:32	Definição das escalas de desenho.
0:33:36 a 0:42:30	Definição das condições para o compartilhamento dos desenhos.
0:43:45 a 0:47:43	Apresentação da estrutura organizacional que será adotada na equipe
0:49:19 a 0:50:40	Apontamento das indefinições de projeto
0:51:04 a 0:55:45	Hidrômetro individual
0:55:49 a 1:03:54	Água quente no chuveiro (ver Figura 36).
1:04:07 a 1:13:30	Definição do partido estrutural.
1:14:24 a 1:22:39	Proposta de subdivisão e ordenamento para as atividades da equipe.
1:25:06 a 1:26:30	Saída elevatória para esgoto.
1:27:51 a 1:34:43	Definição do tipo de uso da água pluvial
1:35:52 a 1:41:00	Tipo de fundação.
1:42:30 a 1:43:04	Retorno a questão das condições de trabalho.
1:43:07 a 1:44:05	Recomendações para lançamento de tubulação elétrica.
1:44:05	Encerramento da reunião

Fonte: autor

As duas tabelas apresentadas devem ser entendidas como roteiros para entender como se desenvolveu cada reunião. Elas contextualizam os episódios destacados para exemplificar aspectos importantes da análise.

Tabela 18 – identificação dos episódios da 2ª reunião da equipe de projeto (GR2) Duração Episódios

0:00:18	Início da reunião
0:00:18 a 0:01:12	Localização do medidor.
0:01:30 a 0:02:15	Apresentação da pauta principal.
0:02:35 a 0:10:48	Prumadas elétricas e hidráulicas (ver Figura 35)
0:10:51 a 0:12:13	Recolhimento de lixo
0:12:17 a 0:35:07	Sala técnica
0:35:33 a 0:59:58	Infraestrutura do ar-condicionado
1:00:11 a 1:07:50	Dimensão dos vãos e batentes das portas
1:08:09 a 1:18:25	Opções de apartamento
1:19:45 a 1:37:19	Previsão e locação de equipamentos
1:39:30 a 1:45:51	Água quente
1:52:23 a 2:00:34	Tarefas distribuídas para iniciar do desenvolvimento do térreo
2:00:34	Encerramento da reunião

Fonte: autor

Alguns dos episódios não apresentados tratam de assuntos que merecem ser mencionados embora não tenham sido selecionados para exemplificar um mecanismo específico. Principalmente na primeira reunião, como: “Introdução e expectativas” (0:00:32 a 0:12:10), onde é nominado à equipe o desejo de se desenvolver um trabalho interativo e cooperativo, são apresentados os membros da equipe e é descrita a motivação das gravações.

Seguido pelo episódio “predefinições do estudo preliminar” (0:12:10 a 0:15:40), onde o arquiteto projetista relata o histórico das condicionantes e motivações envolvendo o desenvolvimento prévio do design do edifício no estudo preliminar e na aprovação legal e, então, estrutura as dificuldades presentes, nomeando as questões pendentes que considerava principais.

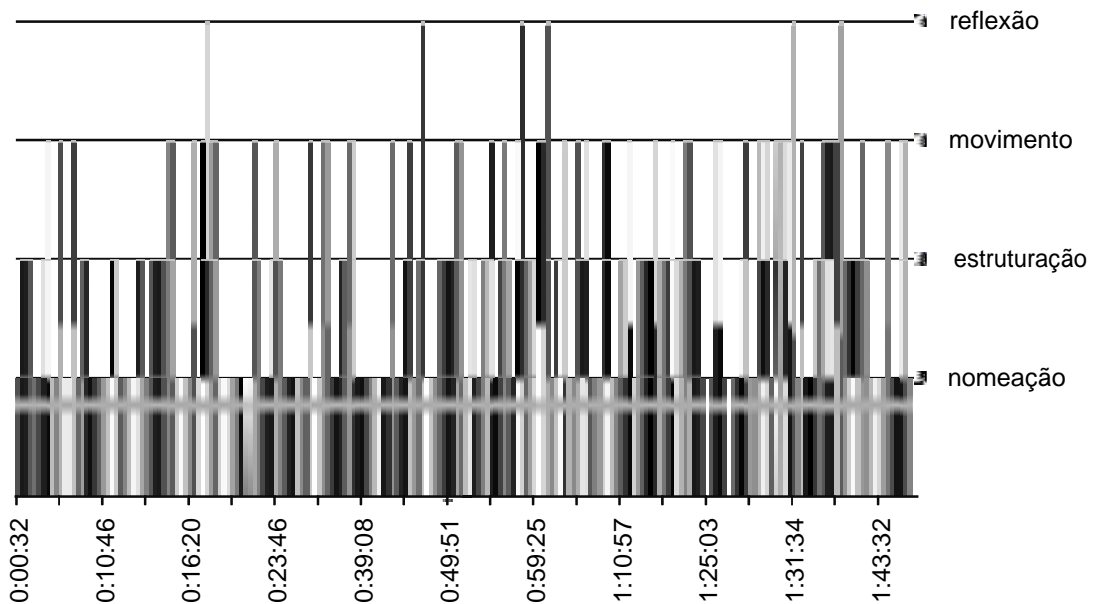
Assim como os casos escolhidos estes episódios também contribuíram para elucidação dos resultados do estudo. Todavia, buscando objetividade e clareza, foram selecionados os episódios que apresentam exemplos consistentes que validam da argumentação exposta. Estes episódios estão em concordância com as demais partes das reuniões e, se fossem reproduzidos, apenas repetiriam os mesmo padrões observados.

7.2.1 Aspectos Gerais

Antes de aprofundarmos a análise dos episódios destacados, vamos apresentar algumas considerações gerais sobre a prática reflexiva dos profissionais nas reuniões de projeto. Essas observações foram baseadas em dados quantificados através da manipulação dos dados tabulados no mapeamento realizado com o **o – protocolo de registro das práticas reflexivas em processos**.

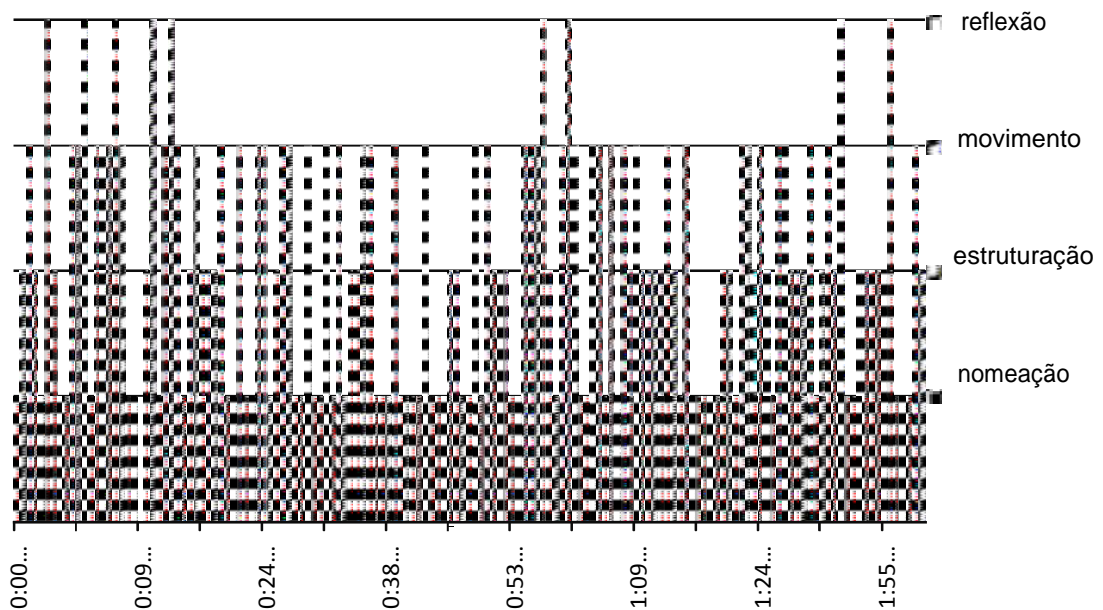
Os gráficos apresentados na Figura 28 e Figura 29 foram construídos mensurando um valor a cada prática profissional, onde a nomenclatura é entendida como atividade elementar e a reflexão é a prática mais significativa para o processo. Esta graduação foi disposta em um eixo vertical e o tempo decorrido em cada reunião foi distribuído pelo eixo x. Assim, as barras em cinza correspondem à profundidade da prática reflexiva profissional alcançada com o decorrer da reunião e, quando a cor cinza fica mais escura, aponta alguma sobreposição da estruturação às demais práticas.

Figura 28 – grau de complexidade da prática reflexiva alcançada pela equipe de projeto ao longo da 1ª reunião



Fonte: autor

Figura 29 – grau de complexidade da prática reflexiva alcançada pela equipe de projeto ao longo da 2ª reunião

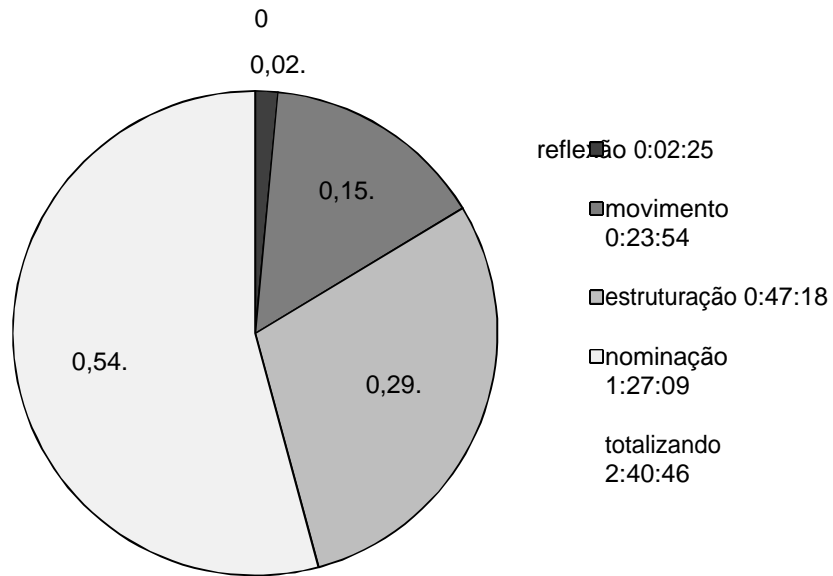


Fonte: autor

Já os gráficos apresentados na Figura 30 e Figura 31 oferece uma leitura percentual desta profundidade, favorecendo uma leitura quantitativa e sintética para o processo decorrido na reunião, discriminando e quantificando as práticas reflexivas.

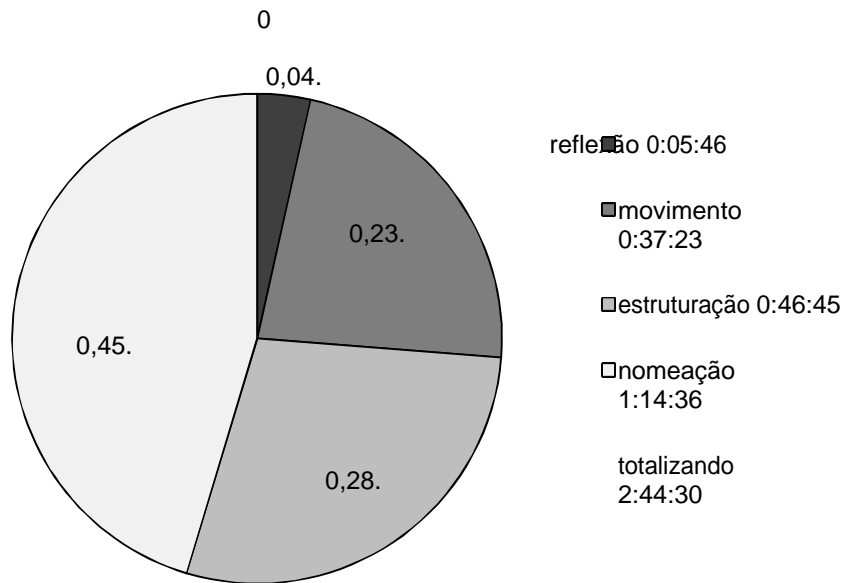
Destacam-se nestes dois últimos gráficos a indicação do predomínio de práticas de nomeação, que podem caracterizar tanto a indicação de um problema de pontual do projeto, como o imediato apontamento de uma solução. Podemos observar que o predomínio de nomeações aponta para realização de um processo baseado em reconhecimentos de padrões de soluções já experimentadas e reproduzidas em projetos anteriores considerados semelhantes.

Figura 30 – decomposição percentual do tempo efetivo empreendido nas diferentes práticas reflexivas pela equipe de projeto, na 1ª reunião



Fonte: autor

Figura 31 – decomposição percentual do tempo efetivo empreendido nas diferentes práticas reflexivas pela equipe de projeto, na 2ª reunião



Fonte: autor

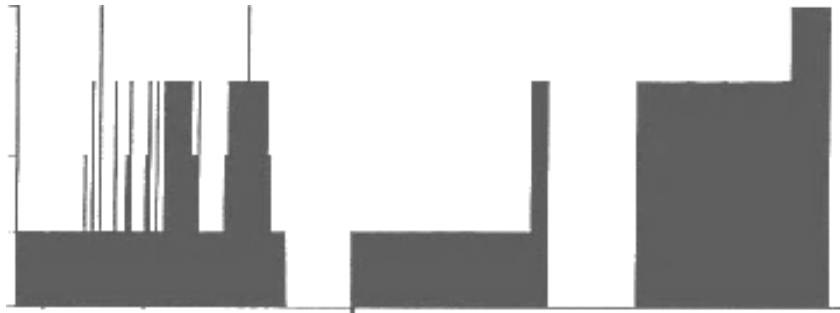
Os picos reflexivos apresentados na Figura 28 e Figura 29 indicam os pontos atípicos do processo, quando a experiência com outros projetos não oferece soluções nomináveis para o problema atual. Então, a transferência de solução se mostra insuficiente para a resolução do problema ou requer um tipo de adaptação ou releitura que exige a reestruturação do conhecimento acumulados com aquela experiência e movimentos de pesquisas e experimentações para subsidiar a reflexão profissional.

Estes picos isolados, que aparecem como excentricidades do processo que analisamos, deveriam ser mais corriqueiros para que as soluções projetuais adotadas fossem adequadas às particularidades do novo problema apresentado. Esta afirmação se consolida quando confrontamos estes gráficos com uma leitura correlata emprestada do artigo de Valkenburg e Dorst (1998). Nela, os autores demonstram a correspondência direta existente entre a qualidade das soluções de projeto e a intensidade com que o reposicionamento do conhecimento acontece no desenvolvimento de produtos prototípicos.

A Figura 32 reproduz um gráfico retirado deste artigo ²³, apresenta um padrão de comportamento da equipe de projeto com a pior classificação dentro uma competição realizada para o desenvolvimento de um novo produto. Já a Figura 33 apresenta o gráfico que corresponde ao padrão de comportamento apresentado pela equipe vencedora desta mesma competição. Ambas eram equipes multidisciplinares de projeto, cujo trabalho foi avaliado não apenas pela capacidade de integração dos subsistemas envolvidos e construtividade, mas principalmente pelo melhor desempenho das funcionalidades esperadas, que foram testadas com a construção de um protótipo.

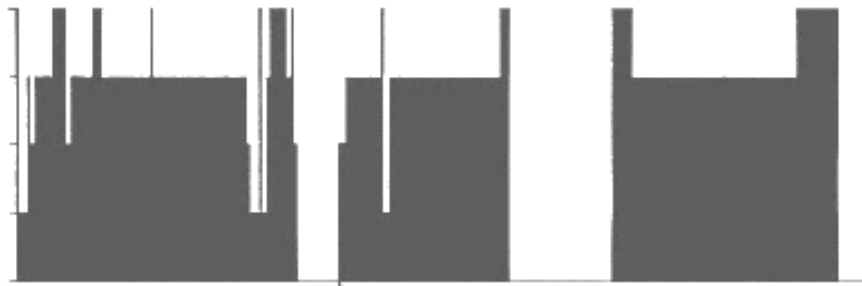
²³ Os gráficos apresentados na Figura 32 e Figura 33 foram reproduzidos como apresentados no artigo *The reflective practice of design teams*, sem alterações no formato ou informações gráficas do original

Figura 32– prática reflexiva da equipe com pior desempenho no desenvolvimento de projeto de um novo produto



Fonte: Valkenburg e Dorst (1998)

Figura 33 – prática reflexiva da equipe com melhor desempenho no desenvolvimento de projeto de um novo produto



Fonte: Valkenburg e Dorst (1998)

De fato, apenas a proposta apresentada pela equipe com melhor desempenho alcançou os objetivos esperados. A outra equipe analisada identificou tardiamente inconsistências inconciliáveis, forçando uma tentativa de retomada de outra proposta no meio do processo, que ao final também não agora porem, sem condições não ideais de tempo.

Assim, quando comparamos estes exemplos com o padrão apresentado na Figura 28 e Figura 29, identificamos maior similaridade do comportamento praticado pela equipe de projeto analisada com o padrão de pior desempenho. Neste padrão, os maiores esforços da equipe se concentram em práticas nominativas. Em construir grandes panoramas de soluções parciais e, só então, experimentar a consistência dessas soluções, em um trabalho de compatibilização através da prototipagem analítica ou mesmo física.

Neste processo, a competência profissional esperada está mais associada à experiência prévia, que lhe ofereça um repertório de tentativas bem sucedidas (e mal sucedidas), onde o respaldo técnico para o processo decisório acontece predominantemente mediante a afirmação da autoridade do especialista.

7.2.2 Situações Críticas

Como Badke-Schaub e Frankenger (1999) apontam, existe uma relação direta entre experiência profissional, a disponibilidade de informação e capacidade de comunicação (Tabela 2) favorecendo o processo decisório. Este mecanismo é eficiente, pois traz o know-how de casos de solução de projeto de produtos formalmente diferentes, porém processualmente semelhantes, como acontece nos empreendimentos imobiliários analisados nos estudo exploratório e retrospectivo.

Porém esses mesmos mecanismos oferecidos pela experiência profissional podem estabelecer uma condição desfavorável (Tabela 3) ao processo decisório no projeto do edifício, pois o excesso de confiança na experiência pode levar uma equipe de projeto à realização de uma análise insuficiente do objetivo pretendido (BADKE-SCHAUB; FRANKENBERGER, 1999).

Assim, a eficiência esperada de especialistas com grande experiência pode construir uma cortina de confiança quanto à capacidade de oferecer soluções individuais, que ocultaria problemas conceituais do projeto. Esses problemas se originam na formulação superficial do problema de projeto, através de soluções associativas, que acreditamos impactar na falta de integração dos projetos.

Com esta explanação convergimos os dados levantados no estudo retrospectivo com a teoria vigente sem, contudo demonstrar essa relação. Pretendemos demonstrar a relação existente entre os diferentes graus de aprofundamento das práticas reflexivas no desenvolvimento do projeto da edificação com a performance final da equipe nas decisões de projeto.

Devemos observar ainda que a compreensão desta e outras associações que serão apresentadas a seguir são sistematicamente ignoradas na gestão de equipes de projeto e até mesmo nas práticas profissionais observadas individualmente. Isto se deve a relativa novidade com que ocorre o trabalho colaborativo em equipes de projeto de edificações com o objetivo de promover sua integração.

Este novo paradigma, que se alinha à produção enxuta e à modelagem da informação, oferece vantagens competitivas significativas ao negócio da construção, mas implica em um aprofundamento do entendimento compartilhado de conceitos e processos, antes restritos a dimensão tácita de um projetista.

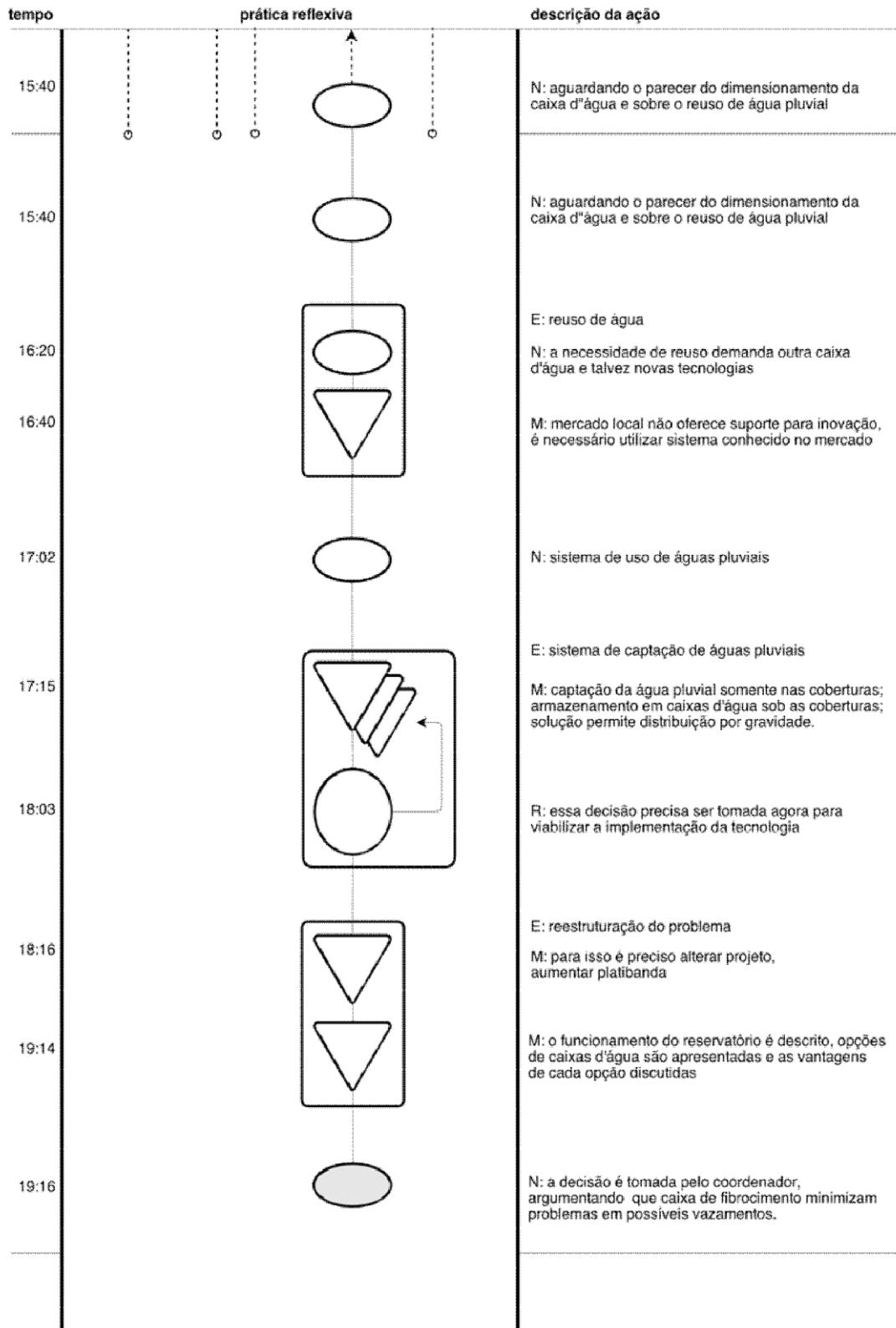
O conhecimento que ora apresentamos, aponta para o risco de uma prática profissional excessivamente nominativa que, como se verá, é incentivada organizacionalmente por sua evidente rapidez. Esta decisão, porém, carrega riscos à performance da equipe, comprometem a colaboração de fato e permitem a perpetuação de erros do projeto que podem prejudicar o processo de desenvolvimento e produção do edifício.

7.2.3 Confrontando Prática Reflexiva e os Mecanismos que Influenciam o Processo Decisório

O episódio representado na Figura 34relata o primeiro momento em que se identificou a prática de reflexão na ação de projeto do edifício na série de reuniões analisadas. Ela inicia com a exposição de uma questão imposta normativamente: o reuso de águas.

Nesse episódio, uma questão anteriormente apresentada, mas que ainda estava pendente é retomado. Com o ineditismo do assunto para a maioria dos atores envolvidos a projetista hidráulica fez explanação inicial apontando as características, diferentes interpretações da exigência legal e sua posição crítica sobre as possibilidades tecnológicas disponíveis.

Figura 34 – episódio que definiu o sistema de reuso de água pluvial (1ª reunião)



Fonte: autor

A estruturação iniciada por ela desencadeou um movimento de discussão sobre as condicionantes envolvendo o uso de cada opção tecnológica e sobre o limite da obrigatoriedade. A discussão não resultou em um entendimento, porém evidenciou a necessidade imediata de estabelecer qual seria a abordagem sobre o assunto, pois a escolha tardia por um sistema implicaria em retrabalhos para arquitetura, estrutura e hidráulica. Esta reflexão apontou uma situação crítica que poderiam gerar perdas e atrasos.

Identificamos aqui, o estabelecimento de um ciclo completo de amadurecimento da solução adotada no projeto. Foram apresentados prós, contras e possibilidades. E, após a estruturação do problema e do levantamento das diferentes possibilidades tecnológicas e da abrangência de seus benefícios, houve uma reflexão final do coordenador, que apontou a importância de definir e detalhar essa solução antes, para viabilizá-la na produção.

7.2.4 Composição da Equipe

Outro aspecto identificado no mapeamento das práticas reflexivas está relacionado à composição da equipe envolvida. Quando existia redundância de profissionais com a mesma especialidade, embora cumprindo atividades distintas, existiu uma discussão mais consistente sobre o projeto, estabelecendo os principais pontos de discordância (Figura 35).

A concorrência entre opiniões de profissionais com formação semelhante permitiu o aprofundamento de certos pontos conceituais sobre a definição do produto que foram pouco explorados em sua concepção. O apontamento de discordâncias quanto a alguns partidos adotados levou a equipe a rediscutir parte do programa proposto no estudo preliminar.

Além dos aspectos formais, essa discussão abordou algumas dificuldades que a arquitetura encontrou para a definição da proposta do tipo. O arquiteto responsável argumentou que faltou subsídio para identificação dos requisitos dos clientes finais e outras especialidades.

Figura 35 – episódio onde a equipe busca uma solução para locação de caixas elétricas e hidráulicas (2ª reunião)

tempo	prática reflexiva	descrição da ação
2:35		N: PEL e PHI apresentam restrições para caixas técnicas localizadas no hall comum do pav. tipo
3:12		N: PAR aponta a previsão de alvenarias com espessura maior para acomodar caixas técnicas
03:27		M: a equipe faz um esforço conjunto para utilizar prioritariamente as paredes pré-definidas
4:00		M: PEL analisa dificuldade em local medidores no local que o arquitetonico sugeriu, pois a obriga a utilizar caixas de passagem
4:20		R: PEL para fazer as curvas será preciso usar caixas de passagem, que diminuem a extensão da fiação permitida normativamente
4:44		N1: necessidade das caixas pode ser contornada passando tubulação sobre o forro; N2 existe a interferência de vigas que dificultam essa opção; N3: as caixas podem ser localizadas fora do corredor
6:00		F: discussão sobre opções de distribuição envolve COE, GPR, PAR, PHI E PEL M: PEL propõem uma solução, distribuindo as caixas elétricas nas duas prumadas laterias, concentrando a caixa de telecomunicações na prumada central
6:20		M: PHI locaria os hidrômetros distribuídos nas duas prumadas laterias
6:24		M: COE se preocupa em conferir se existe área suficiente para essas locações,
7:19		M: PHI argumenta que espaço necessário é pequeno e fica alinhado ao medidor de gás
7:19		R: considerando o que estavam propondo COE se preocupa em ter o maior cuidado com isolamento de gás
7:52		M: PHI e PEL devem organizar tubulações para permitir o envelopamento da tubulação de gás, evitando proximidade e cruzamento com tubulação elétrica
8:56		N1: GPR sugere a locação da caixa de telemática junto ao depósito de lixo, PAR ressalva que deve ficar do lado de fora; N2: GPR questiona sobre a disposição e dimensionamento do depósito de lixo.
10:20		M: GPR questiona PEL e PHI se existe problema em inverter locação das das caixas dos subsistemas
10:48		R: GPR aponta uma solução alternativa onde seria preciso rever a solução dada para acondicionar os resíduos domésticos.

Fonte: autor

A problematização sobre o processo foi abandonada. A equipe priorizou na discussão sobre o caso que provocou aquelas reflexões sobre o processo de desenvolvimento ocorrido no estudo preliminar. Foi realizada uma sequência de novas propostas para hall comum do pavimento. Destas experimentações resultou a retirada do depósito de acondicionamento de resíduos domésticos.

Essa decisão se baseou em um longo processo de negociação e reflexão, onde a consideração de alternativas técnicas foi facilitada pelo questionamento de uma premissa condominial. Aqui ficou clara a influencia do planejamento do empreendimento para a definição do projeto. E, com isso, apontou para debilidade das definições arquitetônicas quando essas são terceirizadas.

Sem o depósito, foi possível construir uma sala técnica que eliminava o problema de conflito existente entre os projetos hidráulico e elétrico com o estrutural. Melhorou ainda a disposição da escada de emergência e dutos de ventilação.

7.2.5 Benefícios e Riscos da Experiência

Em outra passagem, descrita na Figura 36, as impressões construídas da combinação entre o levantamento das implicações tecnológicas e organizacionais da incorporação permitiram estabelecer um entendimento dos atributos esperados do projeto (embora subjetivo, uma vez que não havia qualquer procedimento para o gerenciamento de valor ou requisitos), provocando uma mudança no projeto arquitetônico inicial.

Esta ocorrência apresentou três aspectos relevantes ao entendimento compartilhado e ao processo decisório. Estes aspectos podem se caracterizar como esforços discordantes.

Primeiro, o esforço argumentativo levantou a possibilidade de aprofundamento na definição dos requisitos do produto, o que permitiu redesenhar certas decisões arquitetônicas. Além disso, revelou uma imprecisão ou inconsistência pontual quanto à definição dos requisitos do produto, pois estava claro que não havia subsídios suficientes disponíveis aos projetistas envolvidos, para decidir assertivamente sobre os reais benefícios que o cliente final iria perceber no produto desenvolvido (Figura 36).

Então, no segundo momento, a ação reflexiva profissional foi substituída por conjecturas e especulações baseadas nas percepções particulares dos profissionais envolvidos que, embora altamente qualificados ou exatamente por isso, assumiram uma decisão estratégica de marketing visando acelerar o processo. Com isso, realizavam a incumbência de seus escopos no projeto dentro do prazo estipulado, porém não se pode afirmar que esta decisão tenha qualquer contribuição para qualidade do projeto em desenvolvimento.

A reflexão sobre a ação, que havia sido desenvolvida anteriormente não teve continuidade. O desenrolamento do episódio, onde o procedimento profissional foi substituído por generalizações baseadas na experiência, apontam para isso. Ao permitir a desconstrução do processo de investigação, argumentação e negociação, necessários para consolidar um entendimento sobre o problema de projeto ali levantado, a equipe privilegiou os interesses imediatos por soluções contingenciais que se adequassem aos recursos e competências presentes na reunião.

O desenrolamento desta e de algumas questões seguintes, ocorreram de maneira semelhante, compilando soluções pré-formatadas, mesmo que pouco satisfatórias. É importante ressaltar que não pretendemos avaliar as decisões da equipe de projeto analisada. Observa-se, no entanto, que naquele momento os profissionais envolvidos não tinham condições de justificar a validade de suas conjecturas.

Figura 36 – episódio da definição do sistema de aquecimento de água nos chuveiros (1ª reunião)

tempo	prática reflexiva	descrição da ação
55:49		N:COE retoma o comentário da PHI sobre preferência do cliente local por água quente
55:59		N1: PHI reforça que o mercado vem solicitando água quente no chuveiro, na cuba dos banheiro e pia da cozinha; COE expressa preocupação; N2: apenas prevê o ponto de instalação, mas não entrega o aparelho aquecedor
56:30		M: COE relevo que ele e o departamento de vendas haviam decidido adotar a prática do mercado em empreendimentos similares
55:49		N: PEL pergunta qual é a área dos apartamentos; PAR responde que deve ter em média 72m²
57:00		M: COE descreve o processo construtivo, onde a tubulação de gás precisa ser envelopada e embutida no contrapiso, aumentando sua espessura
57:25		R: PAR considera que essa decisão precisa ser ponderada pois pode ser necessário aumentar o pé-direito do pavimento para incorporar essa espessura. PHI sugere alternativa que COE diz não ser possível normativamente
57:52		N: PHI apresenta proposta de passar tubulação de água fria por sanca junto a viga, no teto
57:52		N1: PAR observa que o único ponto onde a tubulação de gás passará pelo contrapiso será pela cozinha e a lavanderia, N2: como o piso da cozinha e lavanderia precisa ser mais baixo que o piso da sala, todo nível acabado do pavimento sobe junto;
59:25		N: COE não vê problema
59:37		M: COE entrará em contato com departamento comercial para confirmar opção definida pela equipe
1:00:08		M: PHI se propôs a identificar todos os projetos com as mesmas características onde trabalhou até então e repassar esse quantitativo para o COE
1:00:50		R: PAR alerta para o risco de utilizar área como único parâmetro comparativo, como exemplo cita outro empreendimento com a mesma área mas com características que os distinguem consideravelmente
1:01:20		N: COE, PHI e PEL concordam em prever ponto elétrico inativo para permitir a opção de instalar chuveiro elétrico
1:02:46		N1: PEL cita que é necessário um disjuntor independente para a previsão de chuveiro; N2: é necessário apenas prever espaço para disjuntor
1:03:54		N: definida possibilidade de aquecimento de água com uso de gás e energia elétrica

Fonte: autor

A adoção de um entendimento foi motivada por um desalinhamento entre os interesses finais e particulares dos envolvidos. A natureza das relações contratuais que regem o trabalho da equipe reconhece e cobra um tipo de eficiência profissional que não está vinculado objetivamente ao maior desempenho do produto.

O enfoque dado à produtividade de conteúdos técnicos é análoga à medição de produtividade direcionada a transformação descrita na teoria TFV (KOSKELA, 2008), cuja crítica foi amadurecida nas discussões sobre gestão de requisitos e valor no processo de desenvolvimento do edifício (BALLARD, 2011).

Objetivamente, esses profissionais são remunerados por seus trabalhos mediante entrega de pacotes de informação. E qualquer atraso nas definições técnicas que caracterizam este conjunto determinado informações implica em prejuízos diretos à produtividade destes profissionais.

As definições garantiram agilidade às definições técnicas, mas se fiaram em impressões pessoais em vez de refletirem as expectativas do cliente – identificadas através dos trabalhos de APP, APO, engenharia de valor, *Target Costing* etc. (MELO; GRANJA, 2012). Ao mesmo tempo não possuíam o caráter inovador, pois eram baseadas em informações insuficientes e não na reconfiguração criativa do conhecimento existente quando confrontado a uma nova realidade externa.

Enfim, a prática profissional foi substituída pela confiança na experiência, sem verificação. Essa medida foi endossada organizacionalmente, pois estabelecia uma agenda célere. Se por um lado, houve a sensação de maior eficiência, evitando o envolvimento de outras instâncias no processo decisório, por outro a inconsistência dos argumentos apresentados pela equipe despertou outro mecanismo de influência sobre o processo decisório.

Durante a reunião seguinte o coordenador repassou a mudança na decisão inicialmente estabelecida pela equipe, mesmo sem a disponibilidade das informações procedentes do departamento de compras: seria disponibilizada a possibilidade de aquecimento por aquecedor a gás apenas para os chuveiros. Os projetos, desenvolvidos sob a premissa original definida pela equipe, tiveram de ser revisados, provocando retrabalho.

Ainda na segunda reunião, a equipe de projeto propôs uma decisão alternativa, na qual não haveria disponibilidade de aquecimento a gás. Essa definição contrariava a determinação do marketing e teve como propósito resolver um problema técnico em que havia o cruzamento de tubulações, inevitável e ao mesmo tempo proibitiva, no contra piso.

O posicionamento coerente dos profissionais envolvidos não retira o fato de essa decisão, baseada na percepção e experiência, não ter sido analisado consistentemente, quanto a seus impactos na percepção de valor do apartamento. A qualidade profissional oferece certa segurança quanto a assertividade de decisão, mas ainda assim, as consequências desta e outras definições relevantes, que impactam diretamente as características do produto, permanecem obscuras.

7.2.6 Mecanismos de Poder

Neste episódio que acabamos de descrever e em outros levantados, foi identificada uma clara influência de um terceiro mecanismo negativo para o processo decisório, em que o interesse de parte do processo se sobrepõe ao desenvolvimento colaborativo das soluções para o produto.

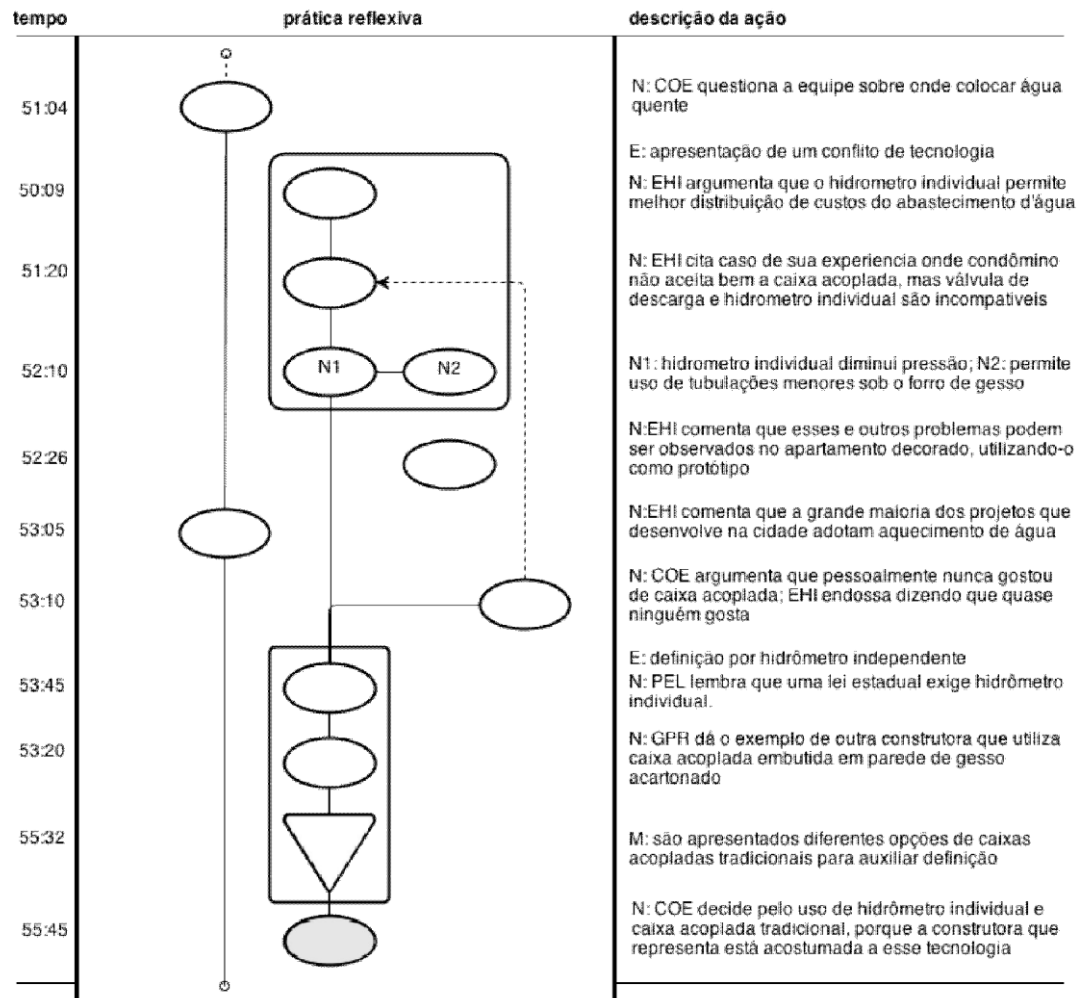
Havendo uma clara fragilidade argumentativa no debate sobre o real valor percebido de determinada característica do produto, o coordenador, que representava diretamente os interesses da empresa construtora, definiu pela adoção do processo mais facilmente realizável.

Novamente, não estamos questionando a decisão cujo real impacto não foi levantado e foge do propósito desta pesquisa. Mas buscamos apreciar como a imposição de um ponto de vista particular interfere no processo de projeto, reforçando outros interesses que não são necessariamente alinhados aos requisitos do produto e às expectativas do cliente final.

Essa passagem (representada na Figura 37) marca uma prática que se reproduzirá em vários outros episódios. O coordenador técnico toma a decisão de projeto considerando as facilidades construtivas para sua execução. Sua decisão se impõe sobre qualquer outro argumento, eliminando a busca por soluções, pois concentra e controla o acesso às informações de requisitos do produto, marketing e projeto envolvidos no empreendimento.

Ao mesmo tempo em que exerce a função de coordenador técnico, ele também representa a construtora responsável pela execução do edifício, exercendo, assim, a função de engenheiro responsável pela execução das obras.

Figura 37 – episódio da definição do sistema de hidrômetro individual (1ª reunião)



Fonte: autor

Suas decisões estão alinhadas aos interesses e restrições de trabalho dessa empresa. Visam facilitar os processos produtivos e diminuir a mobilização de recursos necessários para realização do edifício. Neste sentido os argumentos por ele apresentados na reunião de projeto se impõem por sua coerência e consistência.

Por um lado, acelera o processo de projeto, alinhando as decisões a realidade produtiva de sua empresa. Por outro, a concentração desse poder descaracteriza o ambiente colaborativo, necessário para garantir o desenvolvimento do projeto integrado da edificação, dos processos relacionados e do valor esperado, pois restringe a argumentação a um delicado relacionamento hierarquizado.

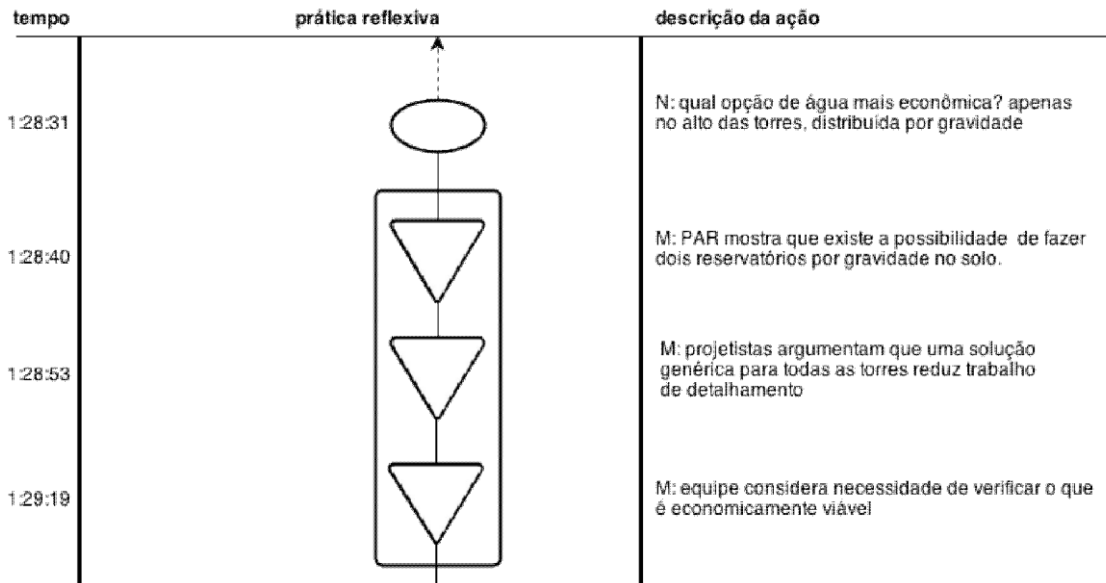
Neste relacionamento, a sociabilização do conhecimento se reduz ao simples compartilhamento de informações, e a confrontação de posicionamentos e a construção de um entendimento compartilhado dão lugar à assimilação e associação de uma agenda onde todas as decisões são propostas ou validadas de maneira centralizada. Essa disparidade, embora não signifique necessariamente um prejuízo ao processo aqui analisado, aponta uma fragilidade organizacional que dá suporte à atividade de projeto e a todo processo produtivo decorrente.

7.2.7 Estrutura Organizacional

Uma equipe de projeto pode agir em sentido contrário aos interesses dos investidores, incorporadores, usuários e sociedade, quando baseiam suas decisões de maneira a facilitar o processo em andamento. O segundo movimento indicado na Figura 38, é considerada uma solução genérica para todas as torres, para que se reduza o trabalho de detalhamento.

Essas distorções pontuais assumem dimensões maiores quando promovidas pelo agente construtor, pois, quando a prática do projeto não é suficientemente estruturada e consolidada sob as premissas da prática reflexiva, da gestão de valor e do alinhamento organizacional aos interesses do cliente final, a influência que prevalecente é o interesse do cliente mais próximo. No caso, a construtora.

Figura 38 – caso de conflito de interesses (parte do episódio de definição do tipo de uso da água pluvial, 1ª reunião)



Fonte: autor

É necessário, portanto, assegurar que a atividade de projeto seja suficientemente autônoma e comprometida com a gestão de valor para apresentar as melhores soluções para o edifício. Assim em vez de priorizar as restrições e requisitos da transformação, uma organização construída para empreendimento imobiliário deve privilegiar os requisitos do cliente final.

7.3 DISCUSSÃO: LUGAR DO GERENCIAMENTO DO PROJETO E SUA RELAÇÃO COM O EMPREENDIMENTO

O baixo desenvolvimento experimentado na construção civil em tecnologias e processos inovadores é um indicativo consistente do equívoco organizacional focado na transformação (KOSKELA, 2000). Por ser raciocinado sob a ótica exclusiva da transformação, o processo de projeto é frequentemente subutilizado e terceirizado, desassociado do marketing e do controle da produção, o que provoca momentos de inoperância e falta de entendimento de todo o problema a ser resolvido.

A impossibilidade de integrar toda a cadeia produtiva do ambiente construído pode ser equacionada através da integração do fluxo de informações entorno do desenvolvimento do projeto. Para tanto, a equipe de projeto deve ser capaz de gerenciar as informações do projeto, controlando a execução da construção e revisando o projeto, conforme as condições de execução exigir. Isso significa que o escopo do projeto precisa englobar não apenas os aspectos técnicos, funcionais, físicos e espaciais do ambiente construído, mas também o planejamento e controle do tempo, custo e qualidade do empreendimento. Essa perspectiva reestabelece a dimensão estratégica do projeto no Ambiente Construído, e aprofunda ainda mais a multidisciplinaridade da equipe de projeto.

Em uma equipe de projeto é possível promover a integração através da colaboração. Os projetistas envolvidos dialogam e negociam, criando um entendimento compartilhado sobre o problema de projeto e soluções alternativas. Assim, o processo decisório precisa ser subsidiado por diferentes perspectivas do empreendimento para oferecer uma solução integrada ao problema de projeto. Como os problemas de projeto mudam ao longo do tempo, a equipe de projeto deve ser capaz de identificar e mudar a solução original, alinhando-a ao novo contexto.

Sob a perspectiva do fluxo de informações, o desenvolvimento do projeto e os processos de viabilização do empreendimento e gerenciamento de sua construção são na verdade interdependentes. Desenhos organizacionais que afunilam a influência do projeto às decisões sobre o gerenciamento do empreendimento ou sua construção, como por exemplo, aquele apresentado na Figura 25 impede o fluxo contínuo de informações necessário para promover a integração do processo de projeto com os demais processos por ele iniciados. Na conformação observada nos dois estudos empíricos, existe a concentração de poder sobre a figura de um gerente de projeto vinculado à construtora. No segundo estudo, observou-se que esta conformação inibiu em vários episódios, o entendimento compartilhado através de discussões e negociações, reduzindo os benefícios das reuniões à nominação e compatibilização de soluções apoiadas pelo gerente.

As poucas vezes em que a adoção de um entendimento foi motivada pela negociação, para corrigir um desalinhamento entre os interesses finais e particulares dos envolvidos, ocorreram porque foi provocada pelo gerente projeto e não por um especialista contratado. De fato, a natureza das relações contratuais que regem o trabalho da equipe favorece esse comportamento. Pois cada projetista contratado possui um escopo bem definido, cuja entrega depende do entendimento compartilhado com outras especialidades, porém em um nível restrito à interdependência de suas tarefas. Ou seja, o gerenciamento de projetos em uma equipe Inter organizacional de empresas responsáveis por projetos específicos do empreendimento reconhece e cobra um tipo de eficiência profissional que não está vinculado objetivamente ao maior desempenho do Ambiente Construído (e nem poderia estar, pois se o projeto é entendido como mais um subproduto a ser entregue, este foi realizado antes de todos os problemas de projeto, ligados a produção e mudanças de requisitos, aparecerem).

Ainda ligado aos casos estudados, o gerenciamento submetido à empresa construtora tende a direcionar as soluções de projeto à cultura de sua empresa, inibindo a investigação de alternativas tecnológicas que possam ser mais adequadas aos requisitos do cliente ou desempenho do edifício. Outra distorção semelhante ocorre pela disposição de um especialista terceirizado defender uma solução menos trabalhosa, que agilize sua entrega, sem observar se esta solução é a mais adequada ao interesse principal do empreendimento. O estudo retrospectivo identificou uma clara influência deste mecanismo negativo para o processo decisório, onde o interesse de parte do processo se sobrepõe ao desenvolvimento de soluções ideais para o produto.

Se a análise do processo de projeto ocorrer sob a ótica da transformação – ou seja, através de análises que objetivam validar o escopo das entregas realizadas por empresas ou profissionais de projeto – a conformação de desenhos organizacionais que reduzem a função do projeto a escopos claros e restritos a uma área de conhecimento técnico é ratificada. Pois, sob a perspectiva restrita da transformação, estes desenhos aceleram o processo de entregas do projeto, entendidos como mais uma entrega, produto ou serviço a ser gerenciado para conclusão da construção.

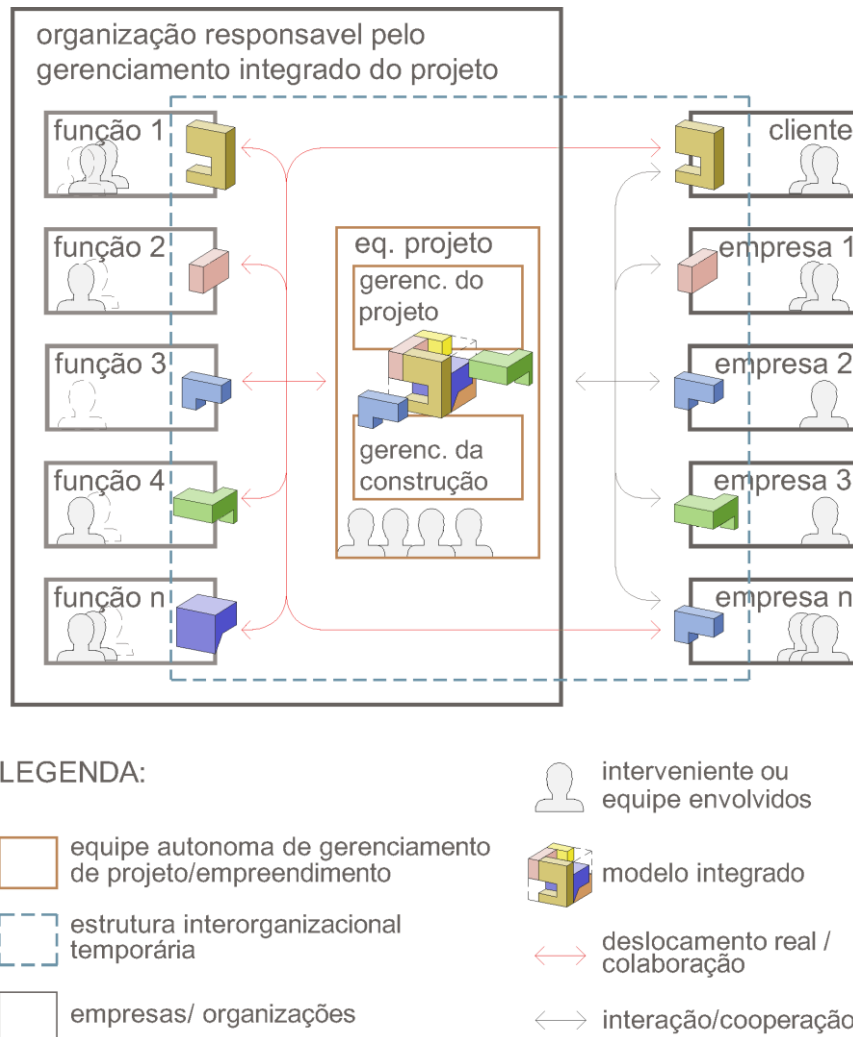
Por outro, se a análise deste mesmo desenho ocorrer sob a ótica do gerenciamento de fluxo e valor, é possível identificar problemas que à perspectiva anterior (transformação) desconsidere. No processo de projeto dos casos estudados, o comprometimento das empresas e profissionais de projeto com o sucesso do empreendimento é restrito ao escopo contratado. Para essas empresas o reconhecimento (e remuneração) do trabalho realizado não está vinculado ao fluxo de informações do projeto, mas à entrega formal das informações necessárias previstas. Já o gerenciamento do processo de projeto vinculado à construtora visa à entrega do projeto como insumo para realização das atividades seguintes, condicionando as soluções para os requisitos do cliente as práticas e tecnologias convenientes à empresa construtora.

Observou-se no estudo retrospectivo que a restrição do diálogo e comunicação com os demais processos ligados ao empreendimento e concentração do poder de decisão descaracterizam o ambiente colaborativo, necessário para garantir o desenvolvimento do projeto integrado da edificação, dos processos relacionados e do valor esperado, pois restringe a argumentação a um delicado relacionamento hierarquizado.

A superação das deficiências de fluxo, levantada por Koskela (2000), inicia-se com o fluxo de informações, que deve se concentrar sobre a equipe de projeto de maneira a facilitar o entendimento do problema de projeto do empreendimento. Como premissa para o gerenciamento baseado em fluxo e valor, o processo de projeto seria concebido integrado aos demais processos do empreendimento através do gerenciamento de informações. E, ao integrar os processos através do gerenciamento dos fluxos de informações, promover mudanças no PDP visando a qualidade, inovação e melhoria contínua.

Ao confrontar a demanda por um gerenciamento integrado do projeto e construção com o desenho organizacional conceituado até aqui nas seções 2.5, 3.6, 4.6 e 6.3, observou-se a necessidade de ampliar a autonomia e o escopo da equipe de projeto, que deve se envolver agora não apenas no gerenciamento do desenvolvimento do projeto, mas no gerenciamento de sua construção (Figura 39).

Figura 39 – desenho organizacional voltado à integração das informações de projeto e construção em um empreendimento



Fonte: autor

Ao contrário do que foi apresentado no estudo experimental, neste desenho organizacional conceitual, são delineadas apenas as relações ligadas à integração dos processos de desenvolvimento e construção do projeto, abstraindo-se particularidades presente em diversos arranjos organizacionais de empreendimentos do AC.

Assim, embora a Figura 25 apresente a composição daquele empreendimento estudado, indicando incorporadora, construtora etc. o que interessa para discussão deste estudo é como se organizam as atividades de desenvolvimento e gerenciamento do projeto, gerenciamento da execução e atividades relacionadas como orçamentação, aquisições, planejamento do canteiro de obras, cálculos estruturais etc.

Como característica principal, a equipe autônoma de projeto é destacada dentro da organização responsável pelo gerenciamento integrado do projeto. Além de integrantes de diferentes funções gerenciais, ligados ao gerenciamento de requisitos, orçamentação, gerenciamento de sistemas construtivos etc. são trazidos para colaborar, representantes do cliente final e projetista representante das parcerias estratégicas, como por exemplo, da empreiteira responsável pela forma e concretagem da estrutura de concreto, ou montagem da estrutura metálica, conforme for definido pela equipe autônoma.

Como as decisões associadas à definição do projeto impactam no custo, desempenho, aquisição e produção do Ambiente Construído, cabem aos integrantes da equipe autônoma simular essas interfaces do projeto e revisar as soluções iniciais para alinhá-la aos interesses do cliente final e empreendimento. Com o desenrolar do PDP, estes mesmos atores assumem as atribuições originais de sua função na organização para gerenciar a parte da execução do projeto.

Caso um desses atores detecte alguma discordância entre o planejado e o executável, que implique em prejuízo à qualidade, prazo ou custo previsto, e por isso demande a revisão de alguma definição de projeto para realinhá-lo aos interesses do cliente final e empreendimento, a equipe autônoma, da qual ele faz parte, é mobilizada para realizar a mudança integrada do projeto, através de novas simulações possíveis com a modelagem da informação da construção. A experiência dos membros da equipe autônoma de projeto é completada pela experiência em sua função gerencial, o que permite o incremento do conhecimento tácito dos envolvidos. Este conhecimento é explícito organizacionalmente através da modelagem da informação integrada a todos os processos gerenciais de projeto.

Em contrapartida, empresas especializadas em empreitas específicas, como por exemplo, montadoras de estrutura de concreto ou aço, podem ser solidárias na modelagem de informação da construção, na parte que é ligada a sua empreita. Como o escopo dessa empresa não se reduz às informações de projeto modeladas, mas engloba todo expertise para realização de sua atividade principal, o compartilhamento das informações de projeto na prototipagem analítica virtual não significam riscos ao negócio, diminuem inconformidades e fortalecem parcerias. Este desenho organizacional estabelece maior competitividade às empreitas, pois o escopo melhor definido de sua entrega – esta sim, uma entrega que compõem partes do Ambiente construído, o que torna mais objetiva a detecção e gerenciamento do escopo e desempenho caracterizados no projeto – permite incorporar práticas de melhoria contínua e inovação como oportunidades de negócio, na diferenciação do mercado ou redução dos custos operacionais.

8 CONCLUSÃO: CONSTRUÇÃO DO DESENHO ORGANIZACIONAL

O primeiro estudo apresentou as vantagens da prototipagem virtual (com modelagem paramétrica) na detecção de inconformidades em projetos liberados para obra. Além disso, permitiu a análise documental aprofundada das representações gráficas (protótipo representativo) do executivo liberados para obra. Esta análise destacou que parte da complexidade do gerenciamento do processo de projeto atual reside na dificuldade de coordenação e compatibilização provocadas pelo uso inadequado dos ferramentais de desenho CAD e pela dificuldade em estabelecer padrões de comunicação e representação entre as empresas e profissionais de projeto.

Organizacionalmente, estes intervenientes compõem uma equipe temporária de projeto, constituída contratualmente para cooperar durante o desenvolvimento do projeto. E, uma vez que o escopo de contratação foi entregue com sucesso, são desmobilizados a seguir. Diante de vínculos temporários, mesmo que repetitivos, o benefício em estabelecer padrões é diminuído pelo tempo gasto em seu desenvolvimento ou adaptação (KAGIOGLOU; AOUAD, *et al.*, 2007, p. 107).

Igualmente, a mudança de representações bidimensionais para modelagem paramétrica esbarra em dificuldades organizacionais relacionadas à limitada capacidade de investimento de microempresas e profissionais liberais responsáveis pelo projeto, cujos riscos em arcar com treinamento e aquisição de softwares adequados, são agravados por problemas na interoperabilidade entre as diferentes especialidades e a baixa confiabilidade para compartilhar modelos e *templates* devido o vínculo frágil entre os envolvidos contratados temporariamente.

Uma das vantagens da prototipagem virtual frente a prototipagem física reside na possibilidade de adiantar sua realização, antecipando problemas de projeto, como incompatibilidades entre as especialidades, antes do início da construção. Sua realização deve ocorrer durante o processo de projeto, instrumentalizando-o com a possibilidade de realizar simulações do desempenho do projeto antes que sua construção inicie. Esta possibilidade é comprometida, porém, quando confrontada com o cenário organizacional apresentado, pois as simulações possíveis dependem de maior fluxo de informações entre os projetistas e os demais processos.

Assim, o primeiro estudo reforçou o potencial da prototipagem virtual realizado com a modelagem paramétrica, em auxiliar o gerenciamento da construção com a detecção de incompatibilidades no projeto; e atribuiu ao processo do projeto à responsabilidade de realizar esta e outras simulações possíveis com a modelagem da informação da construção, como meio de subsidiar e integrar as decisões de projeto e sua construção.

O segundo estudo, concentrou-se exatamente em uma parte do processo de projeto, responsável pelo maior número de definições técnicas do projeto. Foram observadas as reuniões da equipe de projeto responsável pelo desenvolvimento do projeto básico, quando ocorrem às definições técnicas dos subsistemas envolvidos na construção do ambiente construído, que precisam estar integradas e alinhadas aos objetivos do empreendimento.

A análise do segundo estudo concentrou-se em identificar os mecanismos que influenciam o entendimento compartilhado em uma equipe de projeto, pois, conforme indicam as pesquisas sobre projetos colaborativos, o entendimento compartilhado é uma condição indispensável para integração dos processos e conteúdo do projeto. Ao mesmo tempo, uma das condições apontadas na revisão bibliográfica para o sucesso na implementação da modelagem de informação é o projeto colaborativo, cujas características organizacionais recomendáveis não são compatíveis com o desenho apresentado no setor.

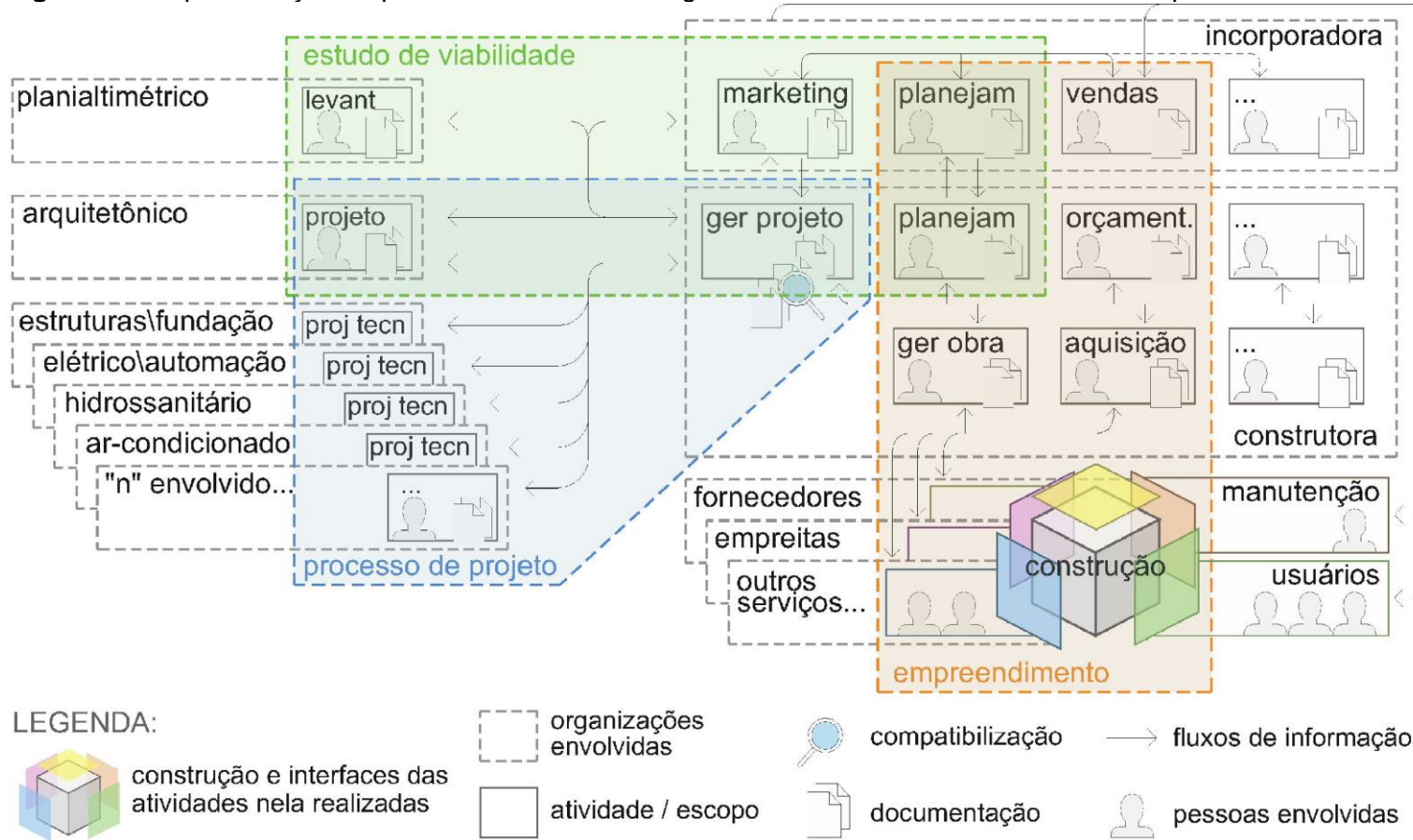
A conclusão das análises de cada estudo apresentam resultados complementares que precisam ser integrados ao conhecimento existente sobre o processo de projeto. Assim, as conclusões levantadas durante as seções de discussão, desenvolvidas ao término de cada capítulo, são confrontadas e extrapoladas, com base em teorias existentes, na configuração de um **desenho organizacional para a integração de projetos através da modelagem da informação em processos colaborativos** coerente a processos não observados empiricamente, porém fundamentais para o processo de projeto.

8.1 GERENCIAMENTO INTEGRADO DO PROJETO E CONSTRUÇÃO

A análise a seguir se baseou na discussão dos resultados realizada no estudo exploratório, contextualizados no Estágio III do PDP, e no estudo retrospectivo, contextualizado no Estágio II do PDP. Na análise são retomados temas como os limites e possibilidades organizacionais para a adoção do BI Mantes, no Estágio II do PDP do Ambiente Construído, a autonomia da equipe de projeto, o estabelecimento de novas demandas ao processo de projeto e as barreiras organizacionais dos casos estudados que atrapalham essas transformações.

O desenho organizacional observado em ambos os estudos apresenta uma clara segmentação entre as atividades do processo de projeto e as atividades dos demais processos gerenciais do empreendimento. Ao abstrairmos particularidades de cada caso, o resultado é representado esquematicamente na Figura 40. Este arranjo é frequentemente empregado pelo mercado da construção em empreendimentos imobiliários de edifícios.

Figura 40 – representação esquemática do desenho organizacional observado nos estudos empíricos



Neste desenho, as soluções de projeto são propostas por um profissional ou empresa terceirizada, especializada em projetos de uma determinada função, subsistema ou componente da edificação. São prestadores de serviço contratados para o fim específico de entregar soluções técnicas para o projeto. Estas soluções devem ser organizadas e explicitadas em documentos específicos: pranchas de desenho técnico, tabelas de especificação etc. É sobre a entrega dessa documentação, no prazo e com o escopo combinados, que se concentra o principal interesse das partes, ou seja, trata-se de um contrato de aquisição de informações especializadas.

O serviço e entregas destes intervenientes são articulados por um profissional ou equipe de gerenciamento de projetos. A realização deste escopo também pode ser terceirizada, mas no caso, é incorporada às atividades da construtora. Essencialmente, o gerenciamento de projeto busca alinhar a atividade dos projetistas às expectativas estabelecidas pela incorporação, através da coordenação e compatibilização dos projetos, do controle nas entregas documentais dentro do prazo e escopo contratados.

Neste modelo de gerenciamento de projeto busca-se a integração das informações do projeto por meio da coordenação das atividades dos projetistas contratados e da compatibilização da documentação a ser entregue, exigindo dos envolvidos esforços de cooperação e retrabalho. A cooperação ocorre, pois há a percepção de ganhos mútuos, estabelecidos psicologicamente (LU; ELMARAGHY, *et al.*, 2007) em decorrência da interdependência das atividades de projeto, que vincula as entregas de determinada especialidade ao desenvolvimento das demais. Além disso, a cooperação entre os projetistas diminui incidência de incompatibilidades entre os projetos, reduzindo o volume de retrabalho para os envolvidos.

Como o pagamento dos serviços prestados é contratualmente vinculado às entregas realizadas, a cooperação está objetivamente associada ao interesse particular de minimizar e corrigir rapidamente as inconformidades formais para a aceitação das pranchas de projeto de cada especialidade. Estas características exigidas para a entrega dependem do escopo de cada especialidade, que são regidas por uma relação contratual de prestação de serviços de arquitetura e engenharias, onde são firmados os compromissos e garantias entre as partes.

Caso consideremos a organização da equipe de projeto apontada na Figura 40, a possibilidade de integrar projeto e construção através da modelagem da informação fica concentrada no gerenciamento de projeto. A menos que seja terceirizada, o gerenciamento de projeto pode centralizar as decisões de projeto e construção. Esta conformação possibilita o desenvolvimento adiantado da prototipagem e demais simulações, em cooperação com atividades de orçamentação, planejamento do canteiro etc. Em contrapartida, eventuais modificações no projeto, decorrentes do gerenciamento integrado do projeto e construção esbarras em barreiras organizacionais, regidas pelos contratos firmados com projetistas.

Além disso, como foi explicitada no estudo retrospectivo, a concentração de poder sobre um ator, que restringe o fluxo de informação e a discussão sobre as alternativas de projeto, oferece riscos à qualidade das decisões de projeto. No caso, o principal risco ocorre com direcionamento do projeto segundo os interesses da construtora, acima dos interesses do usuário.

Se por um lado, é interessante que o gerenciamento integrado do projeto e construção aconteça dentro da construtora, pois diminui as incertezas ligadas ao processo construtivo, ao adiantar a identificação de problemas e promover sua solução; por outro, a possibilidade de aprendizado e melhoria contínua são limitados organizacionalmente aos processos de gerenciamento da construção, pois o gerenciamento é separado do desenvolvimento do projeto:

Além dos problemas diretamente associados ao trabalho em equipe, a capacidade de aprender com a experiência também é prejudicada pela contínua formação e dissolução de equipes de projeto. Tanto o sucesso como o fracasso podem oferecer lições importantes para o futuro, ainda que a natureza fragmentada e competitiva da indústria da construção impeça os benefícios da boa prática compartilhada que está sendo utilizado. (KAGIOGLOU; AOUAD, *et al.*, 2007, p. 107).

De fato, em um cenário onde a modelagem da informação permitisse adotar o gerenciamento integrado do projeto e construção em construtoras como as analisadas, estas apresentariam um resultado limitado, pois não seria possível a interação entre os atores responsáveis pelo desenvolvimento das soluções de projeto e demais envolvidos durante o gerenciamento de sua execução.

A separação existente entre o desenvolvimento do projeto e o gerenciamento integrado do projeto e construção, dificulta – se não impossibilita – o gerenciamento integrado de mudanças do empreendimento (PMI, 1996), pois a rápida mobilização da equipe de projeto é comprometida pelas barreiras inter organizacionais. Além disso, a manutenção do gerenciamento desassociado do desenvolvimento do projeto sustenta a visão de projeto como sendo um subproduto a ser entregue, como mais um tipo de insumo necessário para o trabalho de transformação.

Sob a ótica da transformação, fragmentar o processo de projeto é positivo, pois permite subdividir e caracterizar melhor o escopo dos subprodutos a serem entregues. Sob a ótica do fluxo e valor, a fragmentação do processo de projeto restringe o fluxo de informações, diminuindo a oportunidade de promover um entendimento compartilhado sobre a totalidade de problemas e suas possíveis soluções. Não apenas o trabalho em equipe é prejudicado, mas também o gerenciamento da melhoria e aprendizado organizacional é sobrecarregado diante da necessidade de converter as experiências acumuladas durante o processo em subprodutos.

Observando ainda a Figura 40, com exceção das atividades diretamente ligadas à construção, muito do trabalho realizado nas demais atividades apresentadas não transformam o Ambiente Construído, mas sim viabilizam o fluxo da produção para alcançar o valor esperado. Como observa Koskela (2000), o desafio estratégico imposto ao negócio da construção é exatamente reduzir o impacto destas atividades apenas às atividades que agreguem valor ao empreendimento, pois todo trabalho excedente é entendido como desperdício.

Sob a ótica do fluxo (KOSKELA, 2000), o custo contratual de projetistas terceirizados é desperdício, assim como o trabalho excedente desprendido na formalização representações técnicas para as entregas de projetos, conseqüente retrabalhos, comunicação entre projetistas e executores limitada a meios formais etc. Sob esse ponto de vista, a terceirização dos projetos provoca desperdícios, pois sua regulamentação custa e não agrega valor ao produto final.

Sob a ótica do valor (KOSKELA, 2000), a terceirização do processo de projeto diminui seu potencial estratégico para o empreendimento. Como foi observada na revisão bibliográfica, a equipe de projeto precisa estar totalmente comprometida com o sucesso do empreendimento. Para tanto, o processo de projeto deve envolver profissionais responsáveis por diferentes funções gerenciais que ocorrem durante o estágio I e estágio III, ligados aos requisitos do cliente, orçamentação, gerenciamento de sistemas construtivos, APO etc.

8.2 IMPLICAÇÕES ORGANIZACIONAIS DO GERENCIAMENTO INTEGRADO DO PROJETO E CONSTRUÇÃO EM EMPREENDIMENTOS DO AC

Argumentamos até aqui que a terceirização dos projetos do Ambiente Construído desconsidera a natureza interativa existente entre o **desenvolvimento** e o **gerenciamento integrado do projeto e construção**. Porém a integração entre estes processos depende de uma mudança na constituição organizacional e relações inter organizacionais que compõem empreendimentos do Ambiente Construído semelhantes ao observado.

A manutenção de um vínculo ocasional entre os intervenientes ligados ao processo de projeto fragiliza a confiabilidade necessária para intensificar o fluxo informacional (CHIU, 2002) em nível mercadológico e estratégico (LAWSON, 2011), (PHILLIPS, 2011). Também inviabilizam o comprometimento necessário da equipe de projeto com o planejamento e implementação de soluções inovadoras para o Ambiente Construído, pois os benefícios não são percebidos durante um único empreendimento em que estão vinculados, mas ao longo da realização de vários empreendimentos.

A questão principal para o sucesso de um desenho organizacional favorável ao desenvolvimento integrado dos processos de projeto e construção de um empreendimento corresponde à necessidade de agrupar as atividades do PDP em função da identificação com o valor perseguido pelos processos em que atuam. Em vez de agrupar as atividades pelo tipo de resultados parciais ou subprodutos que entregam – organização de incorporação, organizações de uma especialidade de projeto, organização de gerenciamento da construção, organizações para o fornecimento de matéria-prima e componentes etc. – **as organizações envolvidas devem combinar domínios complementares do conhecimento e trabalho necessários para que o fluxo de informação, material e trabalho, apresente menos interrupção para realização do escopo do produto final.**

Afinal, é o escopo do produto que responde à expectativa do cliente final e, quando confrontado com o preço e tempo gastos em sua concretização, que o valor é mensurado. Quanto mais próximo o escopo do projeto a ser controlado se aproximar do escopo do produto, menor é sua complexidade gerencial e menor a fragmentação dos processos. Assim a organização responsável pelas características de uso do Ambiente Construído deve ocupar-se com as atividades que envolvam a incorporação dos os requisitos que viabilizem o empreendimento, projetar soluções que satisfaçam esses requisitos e garantir que o ambiente construído seja adequado à expectativa de uso prevista.

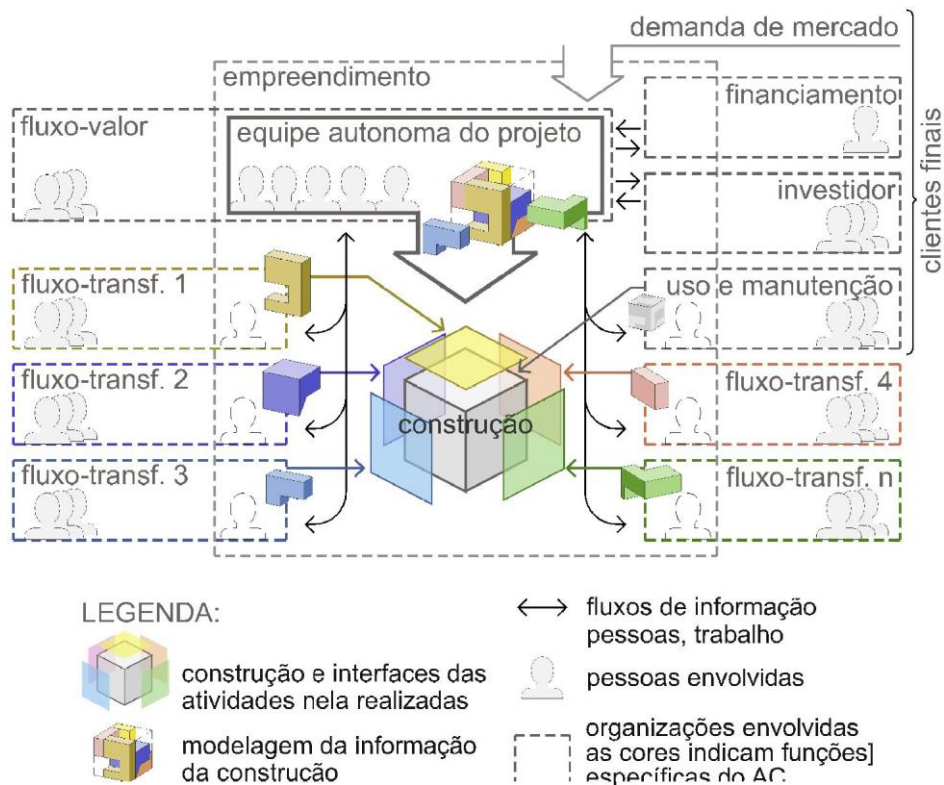
Já as organizações responsáveis por uma função específica do escopo do Ambiente Construído, devem cooperar com a organização responsável pela função principal, pois o sucesso de sua empreita depende do desempenho que a função, subsistema ou componente de que é responsável apresenta individualmente, na interação com demais elementos e na sustentação da função principal de uso do Ambiente construído. Por exemplo, uma organização responsável por estruturas agrupa e gerencia o levantamento de requisitos para realização da estrutura, projeto estrutural, aquisição de insumos e construção da estrutura. O sucesso de sua empreita compreende o desempenho estrutural esperado; a compatibilidade com outros subsistemas; e o atendimento às expectativas do empreendimento.

Um argumento contrário a essa conformação sustenta que quanto menor for o escopo de projeto menor também a capacidade de controlar o desempenho das atividades. Este argumento direciona o gerenciamento a práticas de inspeção sistemática, típicos à lógica baseada exclusivamente na transformação, experimentadas atualmente na indústria da construção civil. Outra resposta para a mesma questão baseia-se na lógica do gerenciamento de fluxo e valor, onde o desempenho das atividades e processos integrados é promovido com do alinhamento entre o interesse das organizações envolvidas em prol do sucesso do empreendimento.

A composição Inter organizacional baseada no alinhamento do interesse dos envolvidos ao sucesso do empreendimento acontece em dois níveis (Figura 41). Esta conformação organizacional é coerente à discussão desenvolvida na última sessão do estudo retrospectivo, porém a ilustração apresenta termos como fluxo–transformação e fluxo–valor, que serão explicados ao fim das duas seções seguintes.

No primeiro nível, a organização responsável pela função principal articula as demais funções segundo estudo de viabilidade baseado nos pré-requisitos legais e mercadológicos, estabelecidos junto a investidores ou mesmo com o cliente final. Neste momento são negociados os termos abertura do projeto, onde são definidas as condições de partilha dos ganhos e riscos entre as partes envolvidas; as estimativas iniciais do escopo, tempo e custos para o empreendimento; e a constituição de uma equipe autônoma de projeto responsável pelo gerenciamento integrado do projeto e construção.

Figura 41– proposta de desenho Inter organizacional para empreendimentos do AC



Fonte: autor.

O Segundo nível acontece quando a equipe autônoma de projeto – composta por projetistas especializados, pertencentes originalmente a seu corpo de funcionários – migram para a organização responsável pela função principal do Ambiente Construído e lá desenvolvem a primeira versão do projeto, com base nos requisitos do cliente e de mais requisitos do projeto, ligados a restrições legais, processuais e tecnológicas.

Este desenho Inter organizacional aceita a segmentação de especialidade em diferentes organizações, porem mantem a continuidade de fluxo. Como essa segmentação acontece depende das condições do mercado, o que confere flexibilidade à composição do empreendimento. De fato, dependendo da simplicidade do projeto, uma única organização pode acumular alguns ou todos os processos de desenvolvimento e produção.

8.3 A INTEGRAÇÃO DO FLUXO DO PROJETO E A MELHORIA CONTÍNUA NAS ORGANIZAÇÕES ENVOLVIDAS EM EMPREENDIMENTOS DO AC

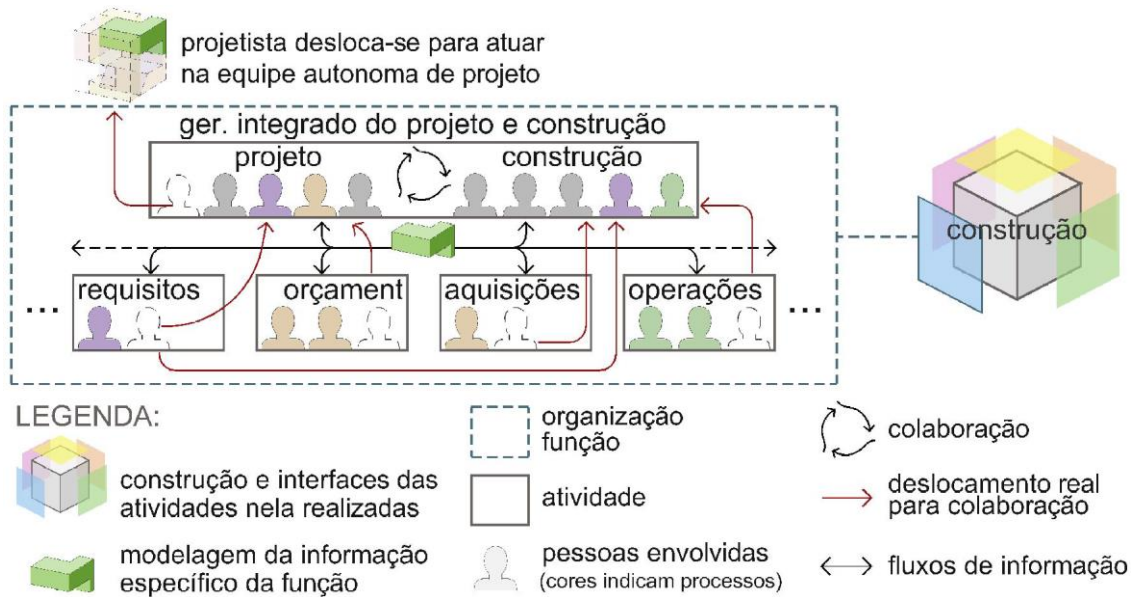
As mudanças organizacionais propostas visam à integração de projetos através da modelagem de informação em processos colaborativos. A razão para o redesenho organizacional partem da premissa observada na revisão bibliográfica em que o processo de projeto apresenta um escopo mal formulado, que muda com o desenvolvimento do empreendimento. Assim, ao agrupar em uma organização, os processos de projeto e construção interagem, permitindo que os *loops* investigativos de consolidação do conhecimento necessário para realização de uma empreita ocorram.

Por outro lado, deduzir que a solução para o problema da integração dos projetos significa agrupar todos os processos sob uma única organização, responsável pelo desenvolvimento e gerenciamento de todos os subsistemas que compõem o Ambiente Construído é um equívoco. Este direcionamento desconsidera a complexidade das atividades e especialidades presente no setor, o que significaria um desenho organizacional igualmente complexo e hierarquizado.

Se a separação dos processos de projeto e construção em organizações diferentes entra em conflito com a natureza interativa destes processos; e o agrupamento de todas as atividades de projeto e construção em uma única organização implicaria em elevados custos operacionais; a solução possível deve reconhecer o grau de independência entre as funções do Ambiente construído e agrupar as atividades de projeto e execução ligadas a um mesmo escopo do produto, de maneira a integrar o fluxo destes processos através da modelagem da informação da construção em um ambiente colaborativo.

A Figura 42 apresenta um desenho genérico de uma organização orientada para o fluxo dos processos de projeto e construção de uma função do AC. Não se pretende com esse desenho retratar a estrutura organizacional de qualquer empresa, mas apenas destacar a relação existente entre o fluxo de informação e colaboração possível em uma conformação organizacional que integre projeto e construção. Se respeitar este desenho organizacional minimiza, uma empresa é capaz de promover ciclos de melhoria contínua e inovação.

Figura 42 – organização orientada para o fluxo dos processos de construção de uma função do AC



Fonte: autor

Os ganhos possíveis com a melhoria contínua e inovação apresentam implicações estratégicas ao negócio (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008), reduzindo custos operacionais e aumentando a competitividade. Contudo a indústria da construção civil apresenta resultados pífios com iniciativas de gestão da inovação, tanto no produto como nos processos e tecnologias associados ao setor da construção do ambiente construído (FABRÍCIO, 2002).

Para que o gerenciando de melhoria contínua e inovação apresente resultados significativos para o negócio é preciso muitas vezes remodelar sistemicamente nos processos, competências e tecnologias envolvidas no projeto e produção (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008). Além disso, a capacidade de inovação está vinculada a especialização e aperfeiçoamento de um determinado processo, sistema ou produto (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008). Estas duas demandas estão intimamente ligada à complexidade dos fluxos gerenciados, a serem melhorados e incrementados.

Por exemplo, a realização de aquisições em uma empreiteira, cuja organização contemple as características ilustradas na Figura 42, apresenta um número limitado de insumos e serviços a adquirir, quando comparado a uma construtora tradicional. Em vez de ser responsável por insumos de todos os subsistemas, ou funções específicas da construção, a aquisição da empreiteira proposta apresenta um número reduzido de fornecedores para negociar e um conjunto de insumos com características próximas, que confere clareza e simplicidade à operação.

Ao contrario, uma oportunidade de melhoria observada na aquisição de uma construtora, são dificilmente mapeados devido a diversidade de insumos e volume de fornecedores. Além disso, a abrangência de melhoria e inovação incremental é limitada pela dissociação organizacional do gerenciamento da execução e o processo de projeto, que diminui a capacidade de influenciar as decisões de projeto. No sentido contrário, o processo de projeto também é incapaz influenciar o processo produtivo, restringindo as especificações do projeto a soluções funcionais e estéticas e técnicas genéricas, amplamente difundidas no mercado.

A incapacidade de promover a melhoria continua e inovação se aprofunda no processo de projeto. Graças ao sistema contratual dominante, que mede o desempenho segundo o escopo e prazos de entrega das pranchas de projeto em vez da maturidade das informações e a precariedade econômica e mercadológica (CORRÊA; RUSCHEL, 2010) das organizações responsáveis pelo desenvolvimento do projeto, em sua maioria composta por microempresas e profissionais liberais, a capacidade de investimento é ínfima, inviabilizando a adoção de processos de melhoria continua ou inovação.

Já o desenho proposto na Figura 42 apresenta como característica básica o gerenciamento integrado do projeto e construção, constituído por profissionais de diferentes atividades, ou departamentos, incumbidas de subsidiar o processo principal da empreita. Conforme a natureza da função que constrói, esta organização pode apresentar outros departamentos não explicitados na figura esquemática, como departamento de engenharia ou pesquisa e tecnologia.

Porem, a oportunidade de melhoria continua se concretiza com atividades coordenadas pelo gerenciamento de requisitos onde, além de controlar o atendimento dos requisitos de projeto (PMI, 1996) durante o processo integrado de projeto e construção de uma empreita, são registradas falhas e oportunidades para serem posteriormente analisadas.

As experiências acumuladas oferecem subsídio para dois tipos de análise: se detectadas falhas no atendimento aos requisitos internos e externos, são estudadas mudanças no processo ou tecnologia empregadas; se foram relatadas oportunidades de melhora ou inovação incremental, estuda-se a viabilidade da mudança necessária nos requisitos de projeto, para incrementar o processo. Trata-se de um projeto interno, onde é simulada tanto a viabilidade operacional da mudança, como os benefícios e riscos ao negócio (MEYER; LOCH; PICH, 2002).

8.4 ORGANIZAÇÃO VOLTADA PARA O FLUXO DE VALOR

O escopo de uma função específica do Ambiente Construído, seja um subsistema ou um componente, apresenta tanto características inerentes à tecnologia, operações e insumos de sua construção (ou montagem), como características relativas à função principal desse ambiente, seu uso. Assim, das organizações envolvidas em um empreendimento do AC, uma concentra o **gerenciamento integrado do projeto e construção do ambiente**. Isto é, preocupa-se com o fluxo dos processos de transformação dos requisitos do cliente em atributos do Ambiente Construído que contemplem a atividade principal do cliente.

Enquanto as organizações responsáveis pela empreita de uma função específica gerenciam o fluxo de transformação, a organização responsável pela função principal não gerencia um fluxo de transformação, mas sim o fluxo de valor do empreendimento²⁴, pois projeta e gerencia o escopo, custo e tempo da construção segundo as restrições e expectativas dos clientes finais. Este vínculo com as expectativas dos clientes finais associa a organização fluxo-valor ao projeto de arquitetura, responsável por converter requisitos dos clientes em uma solução espacial.

No Gerenciamento integrado do projeto e construção essa competência extrapola os limites tradicionais de atuação da arquitetura, transitando por todos os estágios do PDP. De fato, a necessidade de alinhar o projeto arquitetônico a outros processos como estudo de viabilidade, formulação do empreendimento, testes e simulação, entrega e manutenção, possui correlato na bibliografia existente.

²⁴ Para facilitar o entendimento da redação na argumentação que se segue, o texto denominará por **organizações fluxo-transformação** às organizações responsáveis por todos os processos necessários para entrega de uma função específica do escopo do Ambiente Construído, e **organização fluxo-valor** a organização responsável por sua função principal.

Existe um consenso sobre a existência de ao menos três macros fases envolvendo o projeto – que Romano (2003) denomina por projeção – que são discriminados como pré-projeção (planejamento do empreendimento), projeção (fase de elaboração dos projetos do Ambiente Construído) e pós-projeção (acompanhamento de sua construção e uso) (NÓBREGA, 2009). Estas três macro fases contemplam todo o PDP e se estendem durante o ciclo de vida da construção. Porém, nenhum destes estudos apresenta uma alternativa à organização vigente, que contempla e reconhece (remunera) apenas a atividade intermediária.

Quando se atribui a importância devida ao projeto arquitetônico deve-se juntamente identificar as condições para sua realização, como competências necessárias (o projeto de arquitetura não é desenvolvido por arquitetos, mas por uma equipe multidisciplinar coordenada por eles), ambiente adequado (equipe autônoma de projeto), tecnologia (BIM) etc. A soma dessas condições organizacionais é necessária para integrar estes três processos – pré-projeto, projeto, pós-projeto – permitindo o gerenciamento de valor no projeto e melhoria contínua do Ambiente projetado. Na prática isso significa agrupar em uma organização as atividades hoje dispersas na incorporação, arquitetura e imobiliária.

A redefinição do escopo do projeto arquitetônico no Ambiente Construído em razão do valor amplia e direciona a prática profissional de arquitetura a competências que relacionam atributos do produto, requisitos do cliente e o valor reconhecido no Ambiente Construído. Novas competências como gestão de riscos (MEYER; LOCH; PICH, 2002), *target costing* (MELO; GRANJA, 2012), Avaliação pré-projeto – APP (BECHTEL, 1997) Avaliação pós-projeto – APO (ORNSTEIN, 1992), projeto da produção etc. – que já são estudadas em instituições de pesquisa e ensino de arquitetura – se incorporam à prática de equipes de projeto arquitetônico, agrupadas em organizações fluxo-valor, para instrumentalizar as atividades relacionadas ao diagnóstico, projeto e gerenciamento da construção do ambiente (Figura 43).

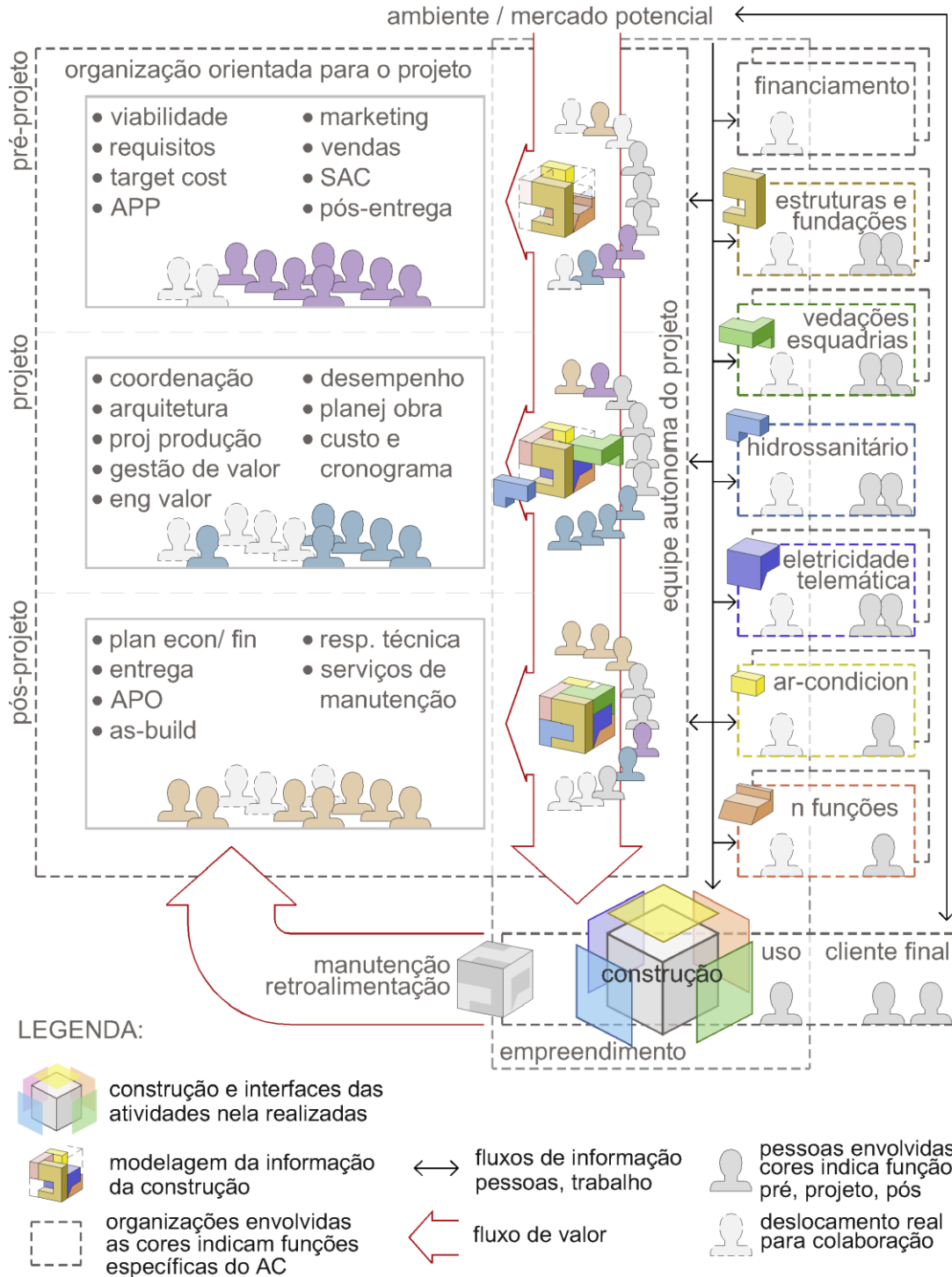
Uma organização orientada para o projeto arquitetônico se alinha aos interesses do usuário em decorrência do enfoque estabelecido no valor do Ambiente Construído. O papel gerencial sobre o processo de transformação permite controlar a qualidade do desenvolvimento e produção para minimizar os fluxos desnecessários e orientar os necessários para o sucesso do empreendimento.

A equipe autônoma de projeto, composta por projetistas de todas as funções do AC, mudam-se temporariamente para o ambiente organizacional de fluxo-valor, construindo um entendimento compartilhado sobre os objetivos e desafios do projeto, como qualidade, tempo e custo esperados. Através do entendimento compartilhado, construído tacitamente pelos projetistas em discussões e negociações, um diagnóstico precoce da viabilidade técnica do projeto é construído, ao mesmo tempo em que as parcerias de desenvolvimento e produção são consolidadas.

Nesta etapa de pré-projeto (Figura 43), equivalente ao estágio I do PDP, as mudanças integradas no projeto, necessárias para viabilização do empreendimento, são rapidamente realizadas, pois a equipe responsável pelo projeto tem diálogo direto com a organização fluxo-valor, responsável pela incorporação. Parte das decisões de projeto importante para o negócio é explicitada na modelagem da informação, na medida em que essas informações precisam ser comunicadas para outros intervenientes ou algum critério de desempenho precisa ser simulado e validado. Porém a maturidade da modelagem não é explícita pelo grau de detalhamento, mas pela consistência das informações modeladas com base em um trabalho de colaboração.

Na medida em que a maturidade das informações alcança o nível particular dos subsistemas inicia-se a fase de projeto (Figura 43), quando os projetos específicos podem ser modelados. Esta modelagem acontece nas organizações fluxo-transformação, pois se caracteriza pelo predomínio de informações tecnológicas e procedimentais para produção do subsistema. Por incorporar projeto para produção ela situa-se entre os estágios II e III do PDP.

Figura 43– organização orientada para o fluxo dos processos de valoração do AC



Fonte: autor

Embora a modelagem específica dos subsistemas, mas aconteça nas organizações fluxo-transformação, ela está submetida à modelagem do Ambiente Construído, realizada com a equipe autônoma de projeto pelo projetista designado pela organização fluxo-transformação. Este profissional, de volta a empresa de origem, assume a função de gerente integrado do projeto e construção da empreita. Um novo ciclo de colaboração é promovido entre os profissionais da organização fluxo-transformação para detalhar e instrumentalizar a produção da empreita.

A existência de barreiras inter organizacionais neste estágio do PDP protege o interesse principal do empreendimento, pois alterações no projeto do Ambiente Construído significa reagrupar a equipe autônoma de projeto para promover uma mudança integrada do projeto. Esta condição a alterações do ambiente é importante, pois força os projetistas designados para compor a equipe autônoma de projeto a anteciparem o diagnóstico de inconsistências do projeto e, de volta a sua organização de origem, busquem soluções tecnológicas que viabilizem a produção do projeto com a qualidade, tempo e custos projetados.

Ao compartilhar as decisões com uma equipe autônoma de projeto, os riscos de negligência associados a uma experiência profissional específica são reduzidos, pois a colaboração provoca o amadurecimento acelerado de práticas reflexivas através de movimentos de pesquisa, negociação e experimentação, que auxiliam o processo decisório. Ao mesmo tempo, ao agrupar as competências de desenvolvimento e produção de uma função, seja principal ou específica, o fluxo é facilitado.

Cada integrante da equipe autônoma do projeto está duplamente comprometido: com o sucesso do projeto para que foi designado e com sua função gerencial em sua organização de origem. Assim, sob o risco de prejudicar uma de suas responsabilidades, cada ator designado se esforçará para atender a expectativa criada para o empreendimento.

A organização fluxo–valor, comprometida com a realização de diagnósticos de mercado, gestão integrada de projeto e qualidade e avaliação do desempenho dos Ambientes Construídos, oferece um ambiente de trabalho propício a equipe autônoma de projeto especular e validar soluções para as expectativas do cliente final.

A flexibilidade com que uma estrutura Inter organizacional pode ser constituída é coerente as diferentes demandas de mercado. As características do Ambiente Construído não ficam submetidas à cultura construtiva de uma única construtora. Cada novo projeto possui a independência necessária para investir os recursos disponíveis na mobilização de empreiteira (organizações fluxo–transformação) cujo domínio técnico é adequado ao Ambiente projetado.

8.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos desenvolvidos para esta dissertação abordaram aspectos de um sistema de informação não integrado, não colaborativo e desenvolvido com protótipos representativos. Analisando esta realidade, foi possível apresentar algumas implicações do projeto assim organizado prejudicam a produção e a qualidade do Ambiente Construído. Parte dos problemas observados vem de falhas de informação resultantes da fragmentação do PDP, que fragmenta também a comunicação entre desenvolvimento e produção do projeto. Observou-se ainda que a qualidade do projeto do Ambiente Construído depende da integração dos processos de do ambiente construído. O que retoma a questão inicial.

A revisão bibliográfica apresentou como caminhos para integração dos processos de desenvolvimento e produção do Ambiente construído, o projeto colaborativo baseado em modelagem de informação da construção. Estes caminhos implicavam em mudança no ambiente de trabalho, novas competências à atividade, mudança de tecnologia e motivação do negócio, caracterizando uma mudança no desenho organizacional atual.

Assim, o objetivo principal do estudo foi *identificar e organizar (...) uma proposta de desenho organizacional para o projeto colaborativo baseado em modelagem da informação da construção que ofereça as condições ideais para o desenvolvimento de processos e projetos integrados na produção do ambiente construído*. Porém para tanto, era preciso antes (01) Compreender e instrumentalizar a interação entre as atividades de projeto e produção das edificações; e (02) desenvolver orientações específicas às práticas gerenciais do projeto de edificações, baseados em colaboração e modelagem da informação, para a verificação e validação dos projetos desenvolvidos com a prototipagem e simulação do desempenho do AC.

A principal razão para a colaboração é facilitar o entendimento compartilhado sobre o produto e processos produtivos. O segundo estudo empírico apresentou os mecanismos que favorecem o entendimento compartilhado, através da prática reflexiva em equipe de projeto, para resolução de situações críticas de projeto. Neste estudo foram apontados ainda os mecanismos prejudiciais ao projeto colaborativo, relacionando-os experimentalmente a práticas profissionais vigentes em empreendimentos do Ambiente Construído.

Assim foi possível analisar com base nesses mecanismos as possíveis mudanças na relação entre as atividades de projeto e construção, observadas no primeiro estudo empírico, possíveis com a modelagem de informação. Esta confrontação entre implicações organizacionais do projeto colaborativo e modelagem da informação subsidiou a discussão propositiva realizada na conclusão.

A conclusão propõe um **desenho organizacional conceitual e mínimo** para a integração do desenvolvimento e produção do Ambiente Construído, que atende as condições teóricas e responde as constatações levantadas empiricamente para a questão da pesquisa. Contudo, sua validação prática depende de estudos complementares, de implementação e validação, em um desenho organizacional real.

Além disso, ao orientar o desenho organizacional para o processo de projeto, o resultado da pesquisa levanta um conjunto de novas questões, relacionadas à competência profissional necessária para realização das atividades de projeto, a caracterização precisa dos novos agrupamentos profissionais e a adequação da formação profissional à estas condições.

Como principal contribuição, além de promover a discussão sobre a relação entre processos e organização do projeto e construção, o trabalho apresenta resultados e reflexões específicas sobre a importância da prototipagem para o projeto. Apresentou ainda o aprofundamento nos conceitos que norteiam o projeto colaborativo, caracterizando o enquanto processo decisório e prática reflexiva do projetista.

Particularmente, a prática reflexiva apresenta potencial para promover o controle preditivo no processo de projeto, onde frequentemente as tentativas de gerenciamento e controle são frustradas. Na prática reflexiva as definições são avaliadas durante a ação, considerando os resultados e os meios desenvolvidos. Trata-se de um mecanismo estruturador que favorece a prática projetual, mas que possui pouca inserção em um modelo tradicional de gestão de projeto.

REFERÊNCIAS

- AIA. **Integrated Project Delivery: A Guide**. California: AIA National/AIA California Council, v. 1, 2007. 62 p.
- ARAYICI, Y. et al. **BIM implementation and Adoption Process for an Architectural Practice**. The School of Built Environment, the University of Salford. Greater Manchester, p. 22. 2011.
- ARAYICI, Y.; COATES, P.; KOSKELA, L. J. A. K. M. Knowledge and technology transfer from universities to industries: a case study approach from the built environment field. **Journal of Higher Education**, Salford, v. 1, n. 2, p. 103–110, 25 Janeiro 2012. ISSN 2146–796X.
- ASQ. **American Society for Quality**, 1993. Disponível em: <<http://asq.org/index.aspx>>. Acesso em: 15 setembro 2012.
- BADKE–SCHAUB, P.; FRANKENBERGER, E. Analysis of design projects. **Design Studies**, Londres, v. 20, p. 465–480, setembro 1999. ISSN 0142–694X.
- BALLARD, G. Target Value Design: Current Benchmark. **Lean Construction Journal**, p. 79–84, 2011. ISSN 1555–1369.
- BARROS, M.; MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios**. Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo. 1997.
- BECERIK–GERBER, B.; KENSEK, K. Building Information Modeling in Architecture, Engineering, and Construction: Emerging Research Directions and Trends. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, Reston, v. 136, n. 3, p. 139–147, julho 2010. ISSN 1943–5541.
- BECHTEL, R. Predesign research. In: BECHTEL, R. **Environment & Behavior: an introduction**. Thousand Oaks: Sage, 1997. p. 325–326.
- BECHTEL, R. B.; MARANS, R. W.; MICHELSON, W.. **Methods in environmental and behavioral research**. Nova York: Van Nostrand, 1987.
- BOEIJEN, A. V.; DAALHUIZEN, J. Delft Design Guide. **tudelft**, 2010. Disponível em: <<http://ocw.tudelft.nl/courses/product-design/delft-design-guide/>>. Acesso em: 10 junho 2012.
- BONSIEPE, G. **Design as Tool for Cognitive Metabolism: From Knowledge Production to Knowledge Presentation**. international symposium on the dimensions of industrial design research *Ricerca+Design*. Milão: Politecnica de Milão. 2000. p. 1–14.
- BOUHLAGHEM, D. et al. Visualisation in architecture, engineering and construction (AEC). **automation in construction**, n. 14, p. 287–295, 2005.
- BRÍGITTE, G. T. N. **Integração de desempenho na avaliação de projeto: modelo de informação e simulação computacional na etapa de concepção**. UNICAMP. Campinas, p. 209. 2013.
- BUCCIARELLI, L. L. **Designing Engineers**. Cambridge: MIT Press, 1994.
- CHAO, et al. An agent-based approach to engineering design. **Computers in Industry**, v. 48, p. 17–27, 2002.

- CHIU, M.-L. An organizational view of design communication in design collaboration. **Design Studies**, Tainan, v. 23, n. 2, p. 187–210, março 2002.
- CLARK, K. B.; CHEW, W. B.; FUGIMOTO, T. Manufacturing for design: beyond the production/R&D dichotomy. In: GERALD, I. **Integrating Design and Manufacturing for Competitive Advantage**. Oxford: Oxford University Press, 1992. Cap. 11, p. 201.
- CLAUSING, D. **Total quality development: A step-by-step guide to world class concurrent engineering**. Nova York: ASME Press, 1994.
- COOPER, R. G. The new product process: A decision guide for management. **Journal of Marketing Management**, v. 3, p. 238-255, 1988.
- COOPER, R. G.; KLEINSCHMIDT, E. J. Benchmarking the firm's critical success factors in new product development. **Journal of Product Innovation Management**, v. 12, n. 5, p. 374–391, novembro 1995. ISSN [http://dx.doi.org/10.1016/0737-6782\(95\)00059-3](http://dx.doi.org/10.1016/0737-6782(95)00059-3).
- CORRÊA, M. V. G.; RUSCHEL, R. C. Tendências da colaboração em Arquitetura, Engenharia, Construção. In: FABRICIO, M. M.; ORNSTEIN, S. W. **Qualidade no Projeto de Edifícios**. 1. ed. São Carlos: RiMa, 2010. p. 119–136.
- CROSS, N. **Designerly Ways o Knowing**. 1. ed. Berlin: birdhauser, 2007.
- D'ASTOUS, P.; DÉTIENNE, F.; VISSER, W. Changing our view on design evaluation meetings methodology: a study of software technical review meetings. **Design Studies**, n. 25, p. 625–655, 2004.
- DAVENPORT, T. H.; PRUSAK, L. **Working Knowledge**. Boston: arvard Business School Press, 1998.
- DEMING, E. W. **Out of The Crisis**. Cambridge: MIT Press, 1982.
- DENTON, H. G. Multidisciplinary team-based project work: planning factors. **Design Studies**, p. 155–170, 1997.
- DUGUID, P.; BROWN, J. S. Estrutura e espontaneidade: conhecimento e organização. In: FLEURY, M. T. L.; OLIVEIRA JR, M. D. M. **Gestão estratégica do Conhecimento – Integrando Aprendizagem, Conhecimento e competências**. São Paulo: Atlas, 2001. Cap. Parte 1 – capítulo 2, p. 50–79.
- EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. 2. ed. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 2011.
- EMMITT, S. **Design Management for Architects**. 1ª. ed. Oxford: John Wiley, 2007.
- FABRÍCIO, M. M. **Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios**. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 2002.
- FABRICIO, M. M.; MELHADO. Qualidade no processo de projeto. In: OLIVEIRA, **Gestão da qualidade: tópicos Avançados**. 2. ed. São Paulo: Thompson, 2003. Cap. 7, p. 1–243.
- FABRICIO, M. M.; ORNSTEIN, S. W.; MELHADO, S. B. Conceitos de Qualidade no Projeto de Edifícios. In: FABRICIO, M. M.; ORNSTEIN, S. W. **Qualidade no Projeto de Edifícios**. São Carlos: RiMa, 2010. Cap. 1, p. 274.

FAITHFULL, P. T.; BALL, R. J.; JONES, R. P. An investigation into the use of hardware-in-the-loop simulation with a scaled physical prototype as an aid to design. **Journal of Engineering Design**, v. 12, n. 3, p. 231-243, 2001. ISSN 1466-1387.

FALLMAN, D. Design-oriented Human-Computer Interaction. **Designing Design**, Lauderdale, v. 5, n. 1, p. 225-232, Abril 2003. ISSN SE-901 87.

FERREIRA, C. **Uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações**. Escola Politécnica – USP. São Paulo, p. 159. 2007.

FERREIRA, R. C.; SANTOS, E. T. Características da representação 2D e suas limitações na etapa de compatibilização espacial do projeto. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, v. 2, n. 2, p. 36–52, Novembro 2007.

FERREIRA, S. L. **Proposta de ampliação do modelo IFC com a contribuição do IES LM-63: A luminária no ciclo de vida da Edificação**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 185. 2005.

FINGER, S. et al. Reflections on a concurrent design methodology: a case study in wearable computer design. **Computer-Aided Design**, v. 28, p. 393-404, 1996.

GERWIN, D.; MOFFAT, L. Authorizing processes changing team autonomy during new product development. **Journal of Engineering and Technology Management**, v. 14, p. 291-313, 1997.

GRIFFIN, A. Metrics for measuring product development cycle time. **Journal of Product Innovation Management**, Elsevier, v. 10, n. 2, p. 112-125, março 1993. ISSN [http://dx.doi.org/10.1016/0737-6782\(93\)90003-9](http://dx.doi.org/10.1016/0737-6782(93)90003-9).

GRIMM, T. **User's Guide to Rapid Prototyping**. 1ª. ed. Dearborn: Society of Manufacturing Engineers, 2004. ISBN 0-87263-697-6.

HALL, E. T. **A Dimensão Oculta**. Tradução de Sônia Coutinho. Rio de Janeiro: Livraria Francisco Alves, 1977.

HARDIN, B. **BIM and construction management: proven tools, methods, and workflows**. 1. ed. Indianapolis: Wiley Publishing Inc., v. 1, 2009. ISBN 0-470-40235-0.

HIROTA, E. H. et al. **Estudo exploratório comparativo da eficácia entre protótipos representativo, virtual e físico na a identificação de omissões e incompatibilidades de projetos de um apartamento tipo em um empreendimento residencial**. III Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído e VI Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção. Campinas: Anais. ANTAC, 2013. 2013. p. 1101–1113.

HOLMSTRÖM, J.; KETOKIVI, M.; HAMERE, A.–P. Bridging Practice and Theory: A Design Science Approach. **Decision Sciences**, Finland, v. 40, n. Journal compilation, 2009, Decision Sciences Institute, p. 65 - 87, fevereiro 2009.

HOWELL, G.; BALLARD, G. **Lean Construction Institute Implementation Workshop**. Design of Construction Operations. Portland: Lean Construction Institute. 1999. p. paper 04.

JACOSKI, C. A.; LAMBERTS, R. **A interoperabilidade como fator de integração de projetos em construção civil.** WORKSHOP DE GESTÃO DO PROCESSO DO PROJETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL. Porto Alegre: Anais. 2002 p.
www.eesc.usp.br/sap/projetar/files/A009.pdf.

KAGIOGLOU, M. et al. Process management for concurrent life cycle design and construction. In: ANUMBA, C. J.; KAMARA, J. M.; CUTTING–DECELLE, A.–F. **Concurrent Engineering in Construction Projects.** Nova York: Taylor e Francis, 2007. Cap. 6, p. 98–117.

KALAY, Y. E. P3: Computational environment to support design collaboration. **Automation in Construction**, n. 8, p. 37-48, 1998.

KALAY, Y. E. The impact of information technology on design methods, products and practices. **Design Studies**, Elsevier, v. 27, p. 357e380, maio 2006. ISSN 0142–694X.

KASANEN, E.; LUKKA, K.; SIITONEN, A. The constructive approach in management accounting. **Journal of Management Accounting Research**, v. 5, p. 243-264, 1993.

KENT, D. C.; BECERIK-GERBER, B. Understanding Construction Industry Experience and Attitudes toward Integrated Project Delivery. **Journal of Construction Engineering and Management**, Reston, v. 136, n. 8, p. 815-825, Agosto 2010. ISSN doi:
[http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000188](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000188).

KIVINIEMI, A. et al. **Review of the Development and Implementation of IFC compatible BIM.** Erabuild Funding Organizations. Disponível em: Acesso em: 23 out. 2012.: [s.n.]. 2008.

KIVINIEMI, A.; FISHER, M. Potential Obstacles to Use BIM in Architectural Design. In: SHEN, G. B. P. S. B. A. **Collaborative Construction Information Management.** Oxon, UK: Spon Press, 2009. p. 36–54.

KLEINSMANN, M. S. **Understanding Collaborative Design.** Delft: JB&A grafische communicatie, 2006. 309 p. ISBN 90-9020974-3. Disponível em:
<http://repository.tudelft.nl/view/ir/uuid%3A0a7a57d4-c846-4458-a59f-24c25acb_afa9/>.
Acesso em: 17 jun. 2012.

KOSKELA, L. An exploration towards a production theory and its application to construction. **inf**, Espoo, 2000. ISSN 1488–0849. Disponível em: <<http://www.int.vft.fi/pdf>>. Acesso em: 6 maio 2012.

KOSKELA, L. **Which kind of Science is Construction Management?** 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Manchester: The University of Salford. Julho 2008. p. 16–18.

KULKARNI, A.; RYBKOWSKI, Z. K.; SMITH, J. **Cost comparison of collaborative and IPD-like project delivery methods versus competitive non-collaborative project delivery methods.** Proceedings of the 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. [S.l.]: [s.n.]. 2012. p. 10.

KVAN, T. Collaborative design: what is it? **Automation in Construction**, Elsevier, v. 9, p. 49-415, 2000. ISSN 0926-5805.

LAAKSO; KIVINIEMI, A. The IFC standard - a review of history, development and standardization. **Journal of Information Technology in Construction**, http://www.itcon.org/cgi-bin/works/Show?2012_9, v. 17, n. Turk Ž., p. 134 – 161, maio 2012. ISSN 1874-4753.

LAWSON. **Como Arquitetos e Designers Pensam**. Tradução de Maria Beatriz de Medina. 1ª. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LAWSON, B. **How Designers Think: Demystifying the Design Process**. 4ª. ed. Elsevier: Architectural, 2005.

LEONARD, D. A.; SENSIPER, S. The Role of Tacit Knowledge in Group Innovation. **California Management Review**, Nova York, v. 40, n. 3, p. 112-132, 1998. ISSN 0008–1256.

LEONARD–BARTON, D. **Wellsprings of Knowledge**. Boston: Harvard Business School Press, 1995.

LU, S. C. Y. et al. A scientific foundation of collaborative engineering. **Anais CIRP–Manufacturing Technology**, Elsevier, v. 56, n. 2, p. 605-634, 2007. ISSN DOI: 10.1016/j.cirp.2007.10.010.

LUKKA, K. The constructive research approach. In: OJALA, L. & H. O.–P. **Case study research in logistics**. Turun: Turku School of Economics and Business Administration, v. B1, 2003. p. 83–101.

MACLEOD, I. A.; MCGREGOR, D. R.; HUTTON, G. H. Accessing of information for engineering design. **Design Studies**, v. 15, n. 3, p. 260–269, Julho 1994. ISSN 0142–694X/94/030260–10.

MANZIONE, L.; MELHADO, S. B. **Metodologia de cálculo do Nível de Desenvolvimento de um projeto em BIM**. Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído e Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção. Campinas: [s.n.]. 2013. p. 449–460.

MCCARTHY, I.; GORDON, B. R. Achieving contextual ambidexterity in R&D organizations: a management control system approach. **R&D Management**, Vancouver, v. 3, n. 41, p. 240–258, Março 2011.

MELHADO, S. B. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios**. Escola Politécnica da USP. São Paulo, p. 235. 2001.

MELO, S. S. D.; GRANJA, A.. **Interorganizational Cost Management and its Implications for Target Costing in Construction**. IGLC. San Diego: [s.n.]. 2012.

MELO, S. S. D.; GRANJA, A.. **Interorganizational Cost Management and its Implications for Target Costing in Construction**. 20ª conferencia anual do grupo internacional de Lean Construction – seção: Cost Management. San Diego: IGLC 2012. 2012. p. 10.

MEYER, A. D.; LOCH, C. H.; PICH, M. T. Managing Project Uncertainty: From Variation to Chaos. **MIT Sloan Management Review**, Cambridge, v. 43, n. 2, p. 59–67, 2002.

NITITHAMYONG , P.; SKIBNIEWSKI, J. Web–based construction project management systems: how to make them successful? **Automation in Construction**, West Lafayette, v. 13, p. 491 – 506, fevereiro 2004. ISSN 47907–2051.

NÓBREGA, C. P. D. **Qualidade do Processo de Projeto em Empresas de Arquitetura no DF com foco em Retroalimentação**. Universidade de Brasília. Brasília, p. 184. 2009.

NONAKA, I. A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation. **Organizational Science**, v. 5, n. 1, p. 14 – 37, fevereiro 1994. ISSN 1047-7039.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **Criação de Conhecimento na Empresa – como empresas japonesas geram a dinâmica da inovação**. 23. ed. Oxford: Elsevier, 1995.

OLIVEIRA, O. J. Gestão da Qualidade: Introdução à. In: OLIVEIRA, O. J. **Gestão da Qualidade – Tópicos Avançados**. 2. ed. São Paulo: Thomson, 2006. Cap. 1, p. 3–20.

ORNSTEIN, S. W. **Avaliação pós-ocupação do ambiente construído**. São Paulo: Studio Nobel: Editora da, 1992.

ORR, J. E. Sharing knowledge, celebrating identity: War stories and community memory among service technicians. In: MIDDLETON; EDWARDS, D. **Collective remembering: Memory in society**. 2. ed. London: Sage, v. 4, 1990. p. 169–181.

OTTUM, B. D.; MOORE, W. L. The Role of Market Information in New Product Success/Failure. **Journal of Product Innovation Management**, Nova York, v. 14, p. 258-273, 1997. ISSN 14:258–273.

OZÓRIO, K. B. K. **Recomendações para o gerenciamento de equipes multidisciplinares no desenvolvimento de projetos de edificações, com foco na colaboração**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, p. 109. 2012.

PENG, C. Exploring communication in collaborative design: co-operative architectural modelling. **Design Studies**, v. Vol 15, p. 19-44, janeiro 1994.

PHILLIPS, P. L. **Briefing: a gestão do projeto de design**. Tradução de Itiro lida; Whang Pontes Teixeira. 1ª. ed. São Paulo: Blucher, 2011. ISBN 978-85-212-0438-1.

PICCHI, F. A. **Sistemas da qualidade: Uso em Empresas de Construção**. Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo, p. 462. 1993. (tese).

PMI. **PMBOK: A guide to the project management body of knowledge**. [S.l.]: Project Management Institute, 1996. 80 p.

POLANYI, M. **The Tacit Dimension**. Gloucester: Doubleday & Co., v. 1, 1983. ISBN 0844659991.

PRESTON, S. G.; REINERTSEN. **Developing Products in Half the Time: New Rules, New Tools**. 2. ed. [S.l.]: [s.n.], 1997.

REID, S. E.; BRENTANI, D. Integrating the fuzzy front end of new product development. **Journal of Product Innovation Management**, v. 21, n. 3, p. 170–184, maio 2004. ISSN DOI: 10.1111/j.0737-6782.2004.00068.x.

ROMANO, F. V. **Modelo de referencia para o Gerenciamento do Processo de Projeto Integrado de Edificações**. UFSC. Florianópolis, p. 326. 2003.

ROTHENBERG, J. The Nature of Modeling. In: WIDMAN, L. N. **Artificial Intelligence, Simulation, and Modelong**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 1989. p. 75–92.

SAAD; MAHER, M. L. Shared understanding in computer-supported collaborative design. **Computer-Aided Design**, v. 28, n. No. 3, p. 183–192, março 1996.

SACKS, R.; ESQUENAZI, A.; GOLDIN, M. LEAPCON: simulation of lean construction of high-rise apartment buildings. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 133, n. 7, p. 529–539, julho 2007. ISSN 0733-9364.

SACKS, R.; RADOSAVLJEVIC, M.; BARAK, R. Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction. **Automation in Construction**, v. 19, p. 641–655, Fevereiro 2010. ISSN 0926–5805.

SAFFARO, F. A. **Uso da prototipagem para gestão do processo de produção da construção civil**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 237. 2007.

SALVATIERRA-GARRIDO, J.; PASQUIRE, C. Value theory in lean construction. **Journal of Financial Management of Property and Construction**, v. 16, n. 1, p. 8–18, 2011. ISSN DOI 10.1108/13664381111116043.

SCHÖN, D. A. Problems, frames and perspectives on designing. **DESIGN STUDIES**, Cambridge, v. 5, n. 3, p. 132–136, julho 1984. ISSN 0142–694X.

SENGE, P. **A quinta disciplina – arte, teoria e prática da organização de aprendizagem**. São Paulo: Best Seller, 1998.

SHER, W. et al. Heading into new virtual environments: what skills do design team members need? **Journal of Information Technology in Construction**, ITcon, v. 14, p. 17-29, março 2009. ISSN 1874-4753.

SIMON, H. A. **The Sciences of the Artificial**. 3ª. ed. Londres: MIT Press, 1996. ISBN 9780585360102.

SMITH, P. R. D. **Developing Products in Half the Time: New Rules, New Tools**. 2. ed. [S.l.]: [s.n.], 1997.

SOUZA, L. A. D.; AMORIM, S. R. L.; LYRIO, A. D. M. Impactos do uso do BIM

em escritórios de arquitetura: Oportunidades no Mercado Imobiliário. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 4, n. 2, p. 56–53, Novembro 2009. ISSN 19811543.

SPENDER, J. C. Gerenciando sistemas de conhecimento. In: FLEURY, M. T. L.; OLIVEIRA JUNIOR, M. M. **Gestão estratégica do conhecimento**. São Paulo: Atlas, 2001. p. 27–49.

STRUMPF, S. C.; MCDONNELL, J. T. Talking about team framing: using argumentation to analyse and support experiential learning in early design episodes. **Design studies**, v. 23, n. 1, p. 5–23, 2002. ISSN 0142–694X.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, www.elsevier.com/locate/autcon, v. 18, p. 357-375, outubro 2009. ISSN doi:10.1016/j.autcon.2008.10.003.

THOMPSON, J. D. **Organizations in Action: Social Science Bases of Administrative Theory**. 2ª. ed. New York: Transaction Publishers, 2009. 192 p. ISBN 1412813875, 9781412813877. Acessado em: <http://books.google.com.br/books?id=YhHo7aHmBGMC&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Gestão da Inovação**. 3ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

TOLEDO, J. C. Gestão da mudança da qualidade de produto. **Gestão & Produção**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 104–124, agosto 1994.

TSE, K. T.; WONG, K. A.; WONG, K. F. The utilisation of building information models in nD modelling: a study of data interfacing and adoption barriers. **ITcon**, v. 10, p. 85 - 110, 2005.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product design and development**. Massachusetts: Mc Graw Hill, 1995.

VALENTE, C. A. V.; RUSCHEL, R. C. **O IPD como modelo de negócio para profissionais liberais de projeto**. III Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído e VI Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção. Campinas: Anais. ANTAC, 2013. 2013. p. 671-683.

VALKENBURG, A. ; BUIJS, J. A. **Integrale productontwikkeling**. 9789059313491. ed. [S.l.]: Lemma, 2005.

VALKENBURG, R. **The Reflective Practice in product design teams**. Delft university of Technology. Delft, p. 252. 2000. (90–9014333–5).

VALKENBURG, R.; DORST, K. The reflective practice of design teams. **design studies**, v. 19, n. 3, p. 249-271, junho 1998.

VAN DER LUGT, R. **Sketching in design idea generation meetings**. Delft University of Technology. Delft. 2001.

VOORDT, J. V. D.; WEGEN, H. B. V. **Architecture in Use**: An introduction to the programming, design and evaluation of buildings. Tradução de Arthur Payman. Bussum: Elsevier, 2005.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Discussão Sobre a Natureza da Pesquisa Construtiva

Atualmente, três compreensões sobre o caráter de gestão da construção se destacam: primeiro, como uma ciência social, segundo, como um mistura de ciência social e natural, e terceiro, como uma ciência técnica.

No texto *Which Kind of Science is Construction Management?* Koskela contesta um entendimento que reduza os fatores físicos, específicos das questões de projeto para o design, arquitetura e engenharia, à questões *mais ou menos incidentais*²⁵.

Para isso ele argumenta que, na gestão de projetos, o comportamento social é um aspecto incidental, mais ou menos relevante, inserido em contextos físicos da produção, que seguem suas próprias leis(KOSKELA, 2008). Assim, estes contextos lhes conferem uma perspectiva específica e não casual, onde:

o fluxo de trabalho é determinado pela teoria das filas; antes da realização de qualquer trabalho, a estrutura de divisão de trabalho é analisada. Fenômenos sociais na construção podem ser ordenados e entendidos apenas em relação ao seu contexto. (KOSKELA, 2008)²⁶

²⁵ Em seu artigo Koskela contra argumenta uma opinião R. Bom, expressa em um e-mail da lista CNBR: *Construction management falls in the domain of social sciences. The emphasis is on management, a sui generis discipline. The other two disciplines that contribute to construction management are economics and law. Engineering is more or less incidental to what we do, just as film development is incidental to what a film director does* (BON, 2002 apud KOSKELA, 2008).

²⁶ *the flow of work is determined by the queueing theory; for getting all work done, there must be a work breakdown structure. Social phenomena in construction can be orderly understood only in connection to their context. Thus, construction management cannot usefully be seen as falling solely into social sciences.*

Podemos entender e aceitar a associação feita entre a gestão de projetos e o conceito geral de gestão, pois, em certo nível, estão interligados quando compartilham de uma mesma premissa sobre seus objetivos: de estabelecer um ordenamento aos insumos e processos relacionados à atividade humana.

Mas quanto a isso é importante diferenciar alguns aspectos da gestão em suas diferentes modalidades porque algumas delas, como a gestão de recursos humanos, de fato se alinham às ciências sociais. Contudo, algumas particularidades do projeto (que são apresentadas a seguir) não permitem uma generalização que enquadre sua gestão e organização como uma subcategoria da Pesquisa Social.

Embora a prática da construção seja uma atividade humana e social, falta às Ciências Sociais os fundamentos teóricos necessários para responder as questões técnicas e materiais levantados na construção de um artefato. Além disso, os instrumentos de aferição e análise desenvolvidos na ciência fenomenológica apresentam um poder prescritivo limitado, que fragiliza qualquer argumentação consistente para o aperfeiçoamento e gestão do projeto²⁷ pautados no rigor científico.

A principal razão da crítica levantada por Koskela está no fato de dois aspectos fundamentais na Gestão de projetos serem abstraídos em pesquisas realizadas com uma abordagem Social: tanto a noção de trabalho é desassociada de sua natureza material e física, quanto os fenômenos técnicos e tecnológicos da produção são desapropriados de suas reais características(KOSKELA, 2008).

Uma pesquisa construtiva pode ser comparada a uma pesquisa técnica, contudo o caráter teórico e científico leva a discussão de sua natureza a uma interpretação distinta.

²⁷ Koskela utiliza o termo *Construction management*(KOSKELA, 2008) como correlato ao design management, que é o termo corrente empregado para gestão do desenvolvimento de um produto.

Simon apresenta uma distinção clarividente, que delinea o conceito fundamental. Ele sintetiza o conceito de ciências naturais como o conhecimento objetos e fenômenos naturais. Analogamente, apresenta a “ciência do artificial” como sendo o conhecimento sobre os objetos artificiais, assim como os fenômenos associados a esses objetos, que se preocupam com a forma como essas coisas deveriam ser (SIMON, 1996).

Em outras palavras, trata-se de uma ciência do projeto, cujo corpo intelectualmente complexo, analítico, parcialmente normalizável, parcialmente empírico, compõe uma doutrina ensinável sobre o processo de projeto (SIMON, 1996). Seguindo estes argumentos, a pesquisa construtiva acomoda de maneira natural as pesquisas de engenharia, arquitetura, negócios, legislação, música e medicina, que visam o desenvolvimento de uma nova realidade através de um dado artefato.

Simon lamenta que por vinte séculos pelo menos, as universidades vêm se esquivando de questões relacionadas à ciência do artificial, se voltando apenas para o desenvolvendo das ciências explicativas. E seu questionamento faz eco a um formidável predecessor na defesa da “ciência do artificial”: à dois mil e trezentos anos atrás Aristóteles fez um apelo similar em defesa de uma “ciência da produção”, que tem sido ignorado ou incompreendido até então.

Ao sistematizar e classificar um entendimento sobre a ciência (que essencialmente perdura até hoje) Aristóteles classifica o conhecimento por sua origem teórica, produtiva e prática: o conhecimento teórico é perseguido por causa da verdade. As ciências práticas estão preocupadas em como devemos agir em várias situações. E, por sua vez, a ciência da produção é orientada para a confecção de objetos úteis ou belos (KOSKELA, 2008).

Poesia, medicina e construção de edifícios são exemplos de domínios abrangidos pelas ciências produtivas. E sua natureza fundamental, pois considera o como a ação contribui para as metas produtivas. Do momento em que o homem identifica uma situação ideal, na qual ele pode atingir através de sua produção, até a sua realização material, é entendida como parte dessa Ciência.

Assim, podemos concluir que o conceito aristotélico de Ciência da Produção abrange tanto o pensamento do anterior a produção – o que hoje chamamos concepção e planejamento – bem como o ato físico da produção (KOSKELA, 2008).

Como pode ser visto na Tabela 19, as similaridades entre o entendimento da *ciência da produção*, *ciência do artificial* e os conceitos contemporâneos de *pesquisa construtiva* e *ciência do design* são grandes. Principalmente quando são apontados os campos que contemplam. A questão central no debate sobre o lugar da pesquisa científica sobre o projeto dentro do universo do conhecimento científico gira em torno da natureza metodológica que instrumentalize sua pesquisa e fundamente seus resultados.

A dificuldade em acomodar a pesquisa do projeto em uma abordagem exclusivamente social ou natural tem origem em uma questão conceitual que está associada ao objeto de estudo da pesquisa, cujo fenômeno observado é a concepção e a transformação. Ou seja, como as metodologias da ciência natural e social abordam as coisas como elas são não estão aptas a responder questões relacionadas à como as coisas deveriam ser.

Em várias áreas de investigação científica a necessidade de desenvolver pesquisas cujo objetivo não é descrever e explicar o mundo, mas muda-lo e criar algo novo não é amparado pelas tradicionais técnicas de pesquisas. Porém, iniciativas de diferentes áreas do conhecimento vem suprindo essa carência processual. Entre elas, Koskela evidencia alguns casos que considera exemplar para instrumentalizar a pesquisa: recorreremos então à casos de pesquisas construtivas em contabilidade (Kasanen & al., 1993), à ciência do projeto em sistemas de informação (March & Smith 1995, Hevner & al. De 2004) e à gestão em geral (van Aken 2004, Boland & Colloby 2004)(KOSKELA, 2008).

Para ele, embora sejam abordagens de áreas diferentes existe uma característica comum que as interliga. Todas as pesquisas citadas visariam como resultado da investigação a construção de um artefato novo.

Tabela 19 – Comparação entre ciência da produção, ciência do artificial, design Science e Constructive research. Aristóteles Simon March e Smith Lukka

Nome da ciência	Ciência da produção	Ciência do artificial	Design Science	Constructive research
Finalidade da ciência	Fazer objetos úteis ou belos	Estudar como as coisas deveriam ser para agradar e funcionar	Criar artefatos inovadores com o proposito de melhorar uma condição prévia	Apresentar uma solução prática e uma contribuição teórica sobre um problema relevante
Campos exemplares	Construção, Medicina, Poesia.	Arquitetura, Engenharia, Negócios, Medicina, Educação, Música Legislação.	Design, Processos produtivos Farmácia Engenharias	Design, Engenharia Direito Medicina
Núcleo	O método de análise é semelhante ao utilizado na geometria	Processo analítico e argumentativo, parcialmente replicável, empírico, Restringe-se aos processos ensináveis.	Enfoque na Demonstração do desempenho de artefatos inovadores em situações reais e ideais	Reposicionamento da teoria através da análise de um artefato construído com base no conhecimento científico prévio.

Fonte: autor (KOSKELA, 2008)

Implicações na implementação da disciplina da Ciência do Design

As características fundamentais presentes em na abordagem de pesquisa construtiva são relacionadas a seguir (LUKKA, 2003):

- Concentra-se em problemas relevantes do mundo real, que necessitam ser resolvidos na prática;
- Produz uma construção inovadora destinada a resolver o problema inicial;
- Inclui uma tentativa de execução da construção desenvolvida e, assim, realizar um teste prático de sua aplicabilidade;
- Implicam no intenso envolvimento e cooperação entre pesquisador e demais intervenientes, compondo uma equipe, onde se espera que a aprendizagem experimental aconteça;
- É explicitamente ligada ao conhecimento teórico prévio, e
- Presta especial atenção na reflexão dos resultados empíricos, realimentando a teoria.

Figura 44 – elementos centrais da abordagem de pesquisa construtiva



Fonte: Baseado em KASANEN; LUKKA; SIITONEN

A intervenção empírica do pesquisador em uma pesquisa construtiva é explícita e efetiva. Pois, em oposição ao objetivo de uma investigação típica (LUKKA, 2003), que visa o mínimo de intervenção, o impacto produzido faz parte do método. Esse ponto específico delimita o tipo escopo de pesquisa que se destina, esclarecendo a dimensão experimental do estudo construtivo.

Assim, seus objetivos são ilustrar, testar ou refinar uma teoria, ou desenvolver um sistema totalmente novo. Os meios se dão através do desenvolvimento e implementação de uma construção inovadora. E a abordagem é baseada “na crença oriunda da filosofia pragmática da ciência, que através da análise profunda sobre o que funciona (ou não funciona) na prática, pode-se fazer uma contribuição significativa para a teoria (por exemplo, James, 1955).” (KOSKELA, 2008). Finalmente, o resultado de uma pesquisa construtiva visa resolver um problema real com uma solução inovadora, comprovado através de resultados práticos, e, ao mesmo tempo, apresentar uma contribuição teórica significativa. Contudo, a não confirmação do resultado prático, do ponto de vista acadêmico, também pode oferecer significativas implicações teóricas, desde que seja correto metodologicamente.

Holmström; Ketokivi; Hamere (2009) apontam a necessidade de a pesquisa se desenvolver em quatro fases, que devem abranger incubação, refinamento, uma primeira explicação, que estabeleça a relação teórica e prática ao artefato criado; e uma teoria explicativa, que formalize a contribuição teórica do experimento construtivo. Essa derivação expõe com clareza a dimensão de uma pesquisa construtiva, mas, de uma maneira mais pragmática, Lukka (2003) expõem sete passos “operacionais” de uma pesquisa construtiva, descritos a seguir:

1. Identificar um problema prático relevante, que apresente alguma potencial contribuição teórica²⁸.

Definir o tema de pesquisa é o passo inicial e, sem dúvida, a escolha mais importante. O pesquisador deve estar igualmente atento as questões teóricas e práticas: “um tema ideal é aquele em que uma questão prática pareça ser paradoxal ou necessite de uma análise teórica²⁹” (LUKKA, 2003, p. 3, tradução nossa).

Na pesquisa construtiva, a vivência profissional oferece um campo fértil de questões de pesquisas para a ciência do design a serem realizadas, lá está o fenômeno das pesquisas dessa natureza.

2. Examinar o potencial da pesquisa em organizações interessadas em cooperar por um longo prazo³⁰.

Deve haver um equilíbrio nas relações entre pesquisador e equipe, ambos devem estar comprometido significativamente com o projeto. O pesquisador normalmente se torna membro da equipe envolvida, mas não necessita liderá-la. É interessante ainda, que membros-chave da organização se incorporem a produção.

A experiência adquirida até agora, diz que um pesquisador envolvido em seu próprio problema, mesmo com grandes e inovadoras ideias, quase inevitavelmente acaba fracassando: provavelmente o projeto nunca chegará a uma verdadeira fase de implementação (LUKKA, 2003).

Por outro lado, o pesquisador é desafiado a se envolver na questão da pesquisa e demonstrar sua capacidade organização individual a tal ponto, que a empresa passe a acreditar em sua capacidade de contribuir para o projeto e passe a compartilhar seu ponto de vista, investindo esforços na realização da pesquisa como uma de suas metas organizacionais.

²⁸ No original: “1. Find a practically relevant problem, which also has potential for theoretical contribution.”

²⁹ No original: “an ideal topic is the one in which an issue of practical relevance appears to be paradoxical or under analysed in the prior literature.”

³⁰ No original: “2. Examine the potential for long-term research co-operation with the target organization(s).”

O acordo de investigação deve ser formalizado, esclarecendo o escopo da intervenção e os direitos e obrigações, bem como os interesses, de cada uma das partes. Deve ser previstas situações ligadas ao “financiamento da investigação, o acesso aos dados e, particularmente, as condições de publicar os resultados do projeto.” (LUKKA, 2003) assim pode-se garantir o direito de publicação da pesquisa desenvolvida, sem a qual não se caracteriza a contribuição científica do trabalho realizado.

3. Obter conhecimento profundo da área em questão de maneira prática e teórica³¹.

Semelhante ao que acontece em qualquer tipo de estudo, independente do campo científico, deve iniciar a imersão na esfera da organização (observação, entrevistas e análise de arquivos) para se obter um profundo e realista insight do quadro original da organização-alvo. Deve ainda estabelecer uma conexão entre o problema identificado, sua originalidade como pesquisa científica e uma base teórica que permita identificar e analisar a contribuição do estudo. “Esta fase do processo de investigação construtiva se diferencia muito de uma consultoria típica: tanto em termos de bases empíricas quanto teóricas, o esforço em projetos de consultoria normalmente é modesto”, principalmente se compararmos as exigências formais de uma pesquisa científica.

³¹ No original: “Obtain deep understanding of the topic area both practically and theoretically.”

4. Elaborar uma solução inovadora e desenvolver uma construção de resolução dos problemas, que também tenha uma potencial contribuição teórica³².

Esta fase do projeto de pesquisa é inerentemente criativa e heurística. Depende da habilidade cognitiva do pesquisador em elaborar uma construção inovadora. Assim, poucos e genéricos conselhos metodológicos podem ser aproveitados:

Principalmente é importante distinguir uma construção inovadora de uma transferência de soluções prontas de uma pesquisa preexistente. Apenas o fato de implementar uma construção anteriormente desenvolvida em outra área em uma nova situação, a fim de confirmar sua aplicabilidade, sem qualquer inovação, não deve ser considerado como uma aplicação da abordagem de pesquisa construtiva.

O desenvolvimento da construção inovadora depende da ação cooperativa da equipe, onde pesquisador e profissionais contribuem na construção de uma base de informações de origem prática e teórica. O processo iterativo é demorado, com o desenvolvimento de um protótipo inicial e sua implementação exploratória, com a finalidade de reconstruir a inovação, reconsiderando sua teoria e base de conhecimento.

5. Implementar a solução e verificar seu funcionamento³³.

Inicia-se o primeiro nível de teste prático da construção projetada. Sua implementação pragmática é uma das características fundamentais da abordagem construtiva, que a diferencia de uma construção de modelo analítico.

Trata-se de um teste que assume duas dimensões: primeiramente, testa a inovação de forma técnica. Ao mesmo tempo testa sua eficácia no processo produtivo que intervém, ou seja, submete o artefato construído a um teste de mercado: “com base na experiência adquirida até agora, alcançar o êxito nesta fase do processo é uma tarefa muito exigente e, se alcançada, reflete uma história positiva do processo de pesquisa construtiva e global o trabalho em equipe” (LUKKA, 2003).

³² No original: “Innovate a solution idea and develop a problem solving construction, which also has potential for theoretical contribution.”

³³ No original: “Implement the solution and test how it works.”

O comprometimento do pesquisador e equipe envolvida com a construção deve ser total. Devem agir em conformidade com as definições do projeto, para que a tentativa de implementação tenha sucesso. Caso contrário, as provas produzidas não serão significativas e o trabalho será descaracterizado. Para tanto, é necessário que a inovação seja bem caracterizada, com uma apresentação envolvente do conceito, um manual de instrução adequado, treinamento do pessoal, e testes-piloto. Cabe ainda um esforço adicional ao pesquisador, que nesta fase deve se envolver tanto com o esforço de implementação do processo e possíveis desdobramentos, quanto desenvolver as atividades normativas e metodológicas relacionadas ao caráter científico do estudo construtivo.

6. Ponderar o alcance de aplicação da solução³⁴.

Nesta fase da pesquisa (e na fase seguinte) é esperado do investigador a capacidade controlar o seu nível de comprometimento com o trabalho empírico, refletir o processo de aprendizagem vivido e analisar os resultados do experimento e suas premissas. Se a construção produziu os resultados esperados no primeiro teste, satisfazendo inclusive as expectativas de mercado, cabe discutir qual o potencial dessa construção ser transferível a outras organizações. Ainda que o primeiro teste de mercado tenha falhado, haverá espaço para uma análise teórica ao discutir se as causas do fracasso poderiam ser mitigadas, apresentando recomendações para futuros processos.

No entanto, a difusão do real potencial da construção inovadora supera o escopo do pesquisador, depende de testes de mercado longos, que envolvem profissionais de mercado e a comunidade acadêmica interessada.

³⁴ No original: "Ponder the scope of applicability of the solution".

7. Identificar e analisar a contribuição teórica³⁵.

Academicamente é a fase fundamental do projeto, onde o investigador deve ser capaz de apresentar a contribuição teórica do projeto, refletindo os resultados e confrontando-os com a literatura existente. Novamente é necessário um distanciamento para que essa reflexão aconteça sem paixão. Acerca das possíveis contribuições teóricas se espera:

I) A “nova construção”, entendida como uma natural contribuição para a literatura anterior, pois estabelece um novo meio de alcançar determinados fins; e a perspectivas de novos alvos para posterior análise, pois em uma pesquisa construtiva a contribuição efetiva se equivale muitas vezes a contribuição potencial.

II) As relações positivas por trás da construção. Além da tentativa para conceber novas construções e testar seu funcionamento, um projeto de pesquisa construtiva é o lugar ideal para aplicação e o desenvolvimento do conhecimento teórico existente, testando-os pragmaticamente em busca da verdade.

Lukka salienta que é precisamente por esta razão que a aplicação da abordagem de pesquisa construtiva pode ser considerada como uma tentativa integradora, que utiliza o conhecimento de base (potencial) como uma entrada para o processo de investigação de natureza aplicada, que uma vez concluído, se converte em conhecimento básico ao final do processo, seja como uma nova teoria, o refinamento de um já existente, o seu teste, ou simplesmente a ilustração do seu funcionamento. Problemas práticos podem surgir em áreas que são desconhecidas pela pesquisa acadêmica e nestes casos, como afirma Lukka (2003), a pesquisa construtiva pode “ser um dispositivo para a geração inteiramente novas idéias teóricas”.

³⁵ No original: Identify and analyse the theoretical contribution”.

APÊNDICE B

Lista de Arquivos Liberados para Obra

Projeto Arquitetônico

Relação do conteúdo listado por arquivo		Análise	Compatibilização
1	Detalhamento Paginação de Piso	visto	arq x arq
2	Detalhamento Hall Social/ Escada/ Antecâmara	visto	não
3	Detalhamento Banho 1	visto	arq x arq x hid
4	Detalhamento Banho 2	visto	arq x arq x hid
5	Detalhamento Cozinha Fechada/ Área de Serviço	visto	arq x arq x hid
6	Detalhamento Varanda e Área para Split	visto	arq x arq x hid
7	Detalhamento Cozinha Aberta/ Área de Serviço	visto	arq x arq x hid
8	Planta Pav. Tipo – Alvenaria	visto	sim
9	Elevação Frontal, Lateral Direita, Vistas VA e VB	visto	arq x arq
10	Elevação Fundos, Lateral Esquerda, Vistas VC e VD	visto	arq x arq
11	Detalhamento Esquadrias	visto	arq x arq
12	Detalhamento Esquadrias	visto	arq x arq
13	Detalhamento Esquadrias	visto	arq x arq
14	Detalhamento Esquadrias	visto	arq x arq x gas
15	Detalhamento Esquadrias	visto	arq x arq
16	Detalhamento Esquadrias	visto	arq x arq
17	Detalhamento Esquadrias	visto	arq x arq
18	Detalhamento Esquadrias	visto	arq x arq x gas

Projeto Estrutural

Relação do conteúdo listado por arquivo		Análise	Compatibilização
1	Planta Pav. Tipo – Formas e Detalhes	visto	sim
2	Planta Pav. Tipo – Armação Pré-vigas	visto	não
3	Planta Pav. Tipo – Armação Pré-vigas (2º – 7º piso)	visto	não
4	Planta Pav. Tipo – Armação Pré-vigas (2º – 7º piso)	visto	não
5	Planta Pav. Tipo – Armação Pré-vigas (2º – 7º piso)	visto	não
6	Planta Pav. Tipo – Armação Pré-vigas (2º – 7º piso)	visto	não
7	Planta Pav. Tipo – Armação Pré-vigas (2º – 7º piso)	visto	não
8	Planta Pav. Tipo – Armação Pré-vigas (2º – 7º piso)	visto	não
9	Planta Pav. Tipo – Armação positiva da Laje e Faixas	visto	não
10	Planta Pav. Tipo – Armação Negativa da Laje	visto	est x est

Projeto de Ar-condicionadoRelação do conteúdo listado por arquivo Análise Compatibilização

1	Planta Pav. Tipo/ Dets. Instalação/ Dets. Elétricos/ Cortes	visto	sim
---	---	-------	-----

Projeto Hidráulico e GásRelação do conteúdo listado por arquivo Análise Compatibilização

1	Esquema de Prumadas e Esquema Isométrico	visto	gas x gas
2	Isométrico Pav. Tipo – Gás	visto	gas x gas
3	Planta Pav. Tipo – Esgoto e AP	visto	sim
4	Planta Pav. Tipo – AF e AQ	visto	sim
5	Detalhes Pav. Tipo – Esgoto	visto	hid x hid
6	11 Planta Pav. Tipo – Furações	visto	hid x hid
	Planta Pav. Tipo – Detalhes Água		
7	Esquema de Esgoto	visto	não
8	Esquema de Água	visto	não

Projeto ElétricoRelação do conteúdo listado por arquivo Análise Compatibilização

1	Planta Pav. Tipo – Automação	visto	sim
2	Planta Pav. Tipo – SPDA	visto	sim
3	Planta Pav. Tipo – Iluminação e Tomadas	visto	sim
4	Planta Pav. Tipo – Pontos cotados	visto	ele – ele
5	Planta Pav. Tipo – Telefone e TV a Cabo	visto	sim

APÊNDICE C

Lista de Incompatibilidades por Modalidade

Protótipo Físico

1	Diminuição de ruídos e odores elevando a alvenaria até o fundo da laje.
2	Alteração no caminhamento da tubulação aérea de água fria e quente, evitando que passe por cima dos armários.
3	Alteração no caminhamento do esgoto do tanque permitiu retirar o shaft de dentro da área de serviço, aumentando o espaço interno.
4	Eliminação de um shaft do Banheiro da Suíte, aumentando o espaço interno e melhorando o aspecto do acabamento.
5	Mudaram a saída do azulejo para evitar mostra de recortes (NÃO CUMPRIDO)
6	No projeto de furação de vigas faltaram 5 furos para a tubulação de elétrica. Projeto estrutural previa apenas 6 furos horizontais para passagem de tubulação elétrica. Real necessidade: 3 furos para automação, 4 furos para elétrica, 4 furos de telefonia e TV. Foi estudada a exclusão de algumas tubulações, por exemplo, no de telefonia e TV, que de 4 tubos passou para 2. Na reunião de compatibilização do protótipo junto ao DAC foi levantada a possibilidade da alteração do quadro elétrico, no qual foi cedido a relocação.
7	Projeto estrutural só previa fenda na viga do dormitório para passagem de eletroduto em um lado do prédio.
8	Projeto estrutural não contemplava furos para passagem de Split e eletrodutos no Dormitório 2.
9	Projeto estrutural não contemplava diâmetros necessários para passagem de rede frigorífera
10	Projeto estrutural não contemplava furação dos drenos do Split
11	Projeto elétrico “solicita instalações de caixas 4x2”, onde não há espaço na alvenaria (9 cm).
12	Via uma tomada na altura da roda banca da bancada da cozinha
13	Projeto de gás não especificou o local da saída do duto do aquecedor
14	Projeto de gás não levou em consideração fixação do tanque e o ralo da Área de Serviço.
15	O projeto hidráulico necessitava de um shaft de 30 cm no TQ da Área de Serviço. O projeto arquitetônico reservou um espaço de 15 cm.
16	O projeto hidráulico especificou um caimento no esgoto da cozinha que ultrapassava o pé-direito especificado no projeto arquitetônico.
17	Duto de fumaça restringe-se ao pilar e altura da viga.
18	Sobreposição de caixas de Split impossível executar de acordo com o arquitetônico devido espessura das caixas ser bem maior que a espessura da alvenaria.

Protótipo Analítico Virtual

1	Arquivos apresentam diferentes escalas de desenho e não estão posicionados em uma coordenada comum
2	Paredes não padronizadas, 4 tipos de espessuras diferentes.
3	Shafts do banheiro subutilizados, as tubulações podem ser locadas no banho 1 onde o shaft parece interferir menos no espaço.
4	Planta de piso não coincide com demais plantas
5	Alvenarias da churrasqueira esta desalinhada em relação ao executivo
6	Diversos desenhos apresentavam revestimento contornando ressalto do pilar. No detalhamento de fachadas, apenas em vista, fica evidente a necessidade de complementar enchimento até o revestimento cerâmico adjacente
7	Tijolo refratário é apresentado apenas em um detalhe corte genérico, por não ser apresentado nem considerado na espessura da alvenaria em planta não há precisão quanto a área de sua aplicação.
8	A churrasqueira não é detalhada, no caso de modulo de churrasqueira, o pilar e a viga semidivertida podem interferir no traçado e inclinação do duto de exaustão.
9	Nível de laje ignora contra piso, alinhando-se ao arquitetônico.
10	Sanitário está deslocado 8 cm
11	Os ralos estão fora da locação prevista no arquitetônico, quando alinhado conforme projeto da paginação, as propostas são materialmente inviáveis, requerendo revisão.
12	A espessura do enchimento hidráulico na lavanderia é estreita para comportar tubulação de esgoto e água. A altura do enchimento também é insuficiente quando as alturas especificadas no arquitetônico e o desenho da tubulação do hidráulico são respeitados
13	A locação do ralo do projeto hidráulico não é compatível com arquitetônico. Quando locado seguindo paginação a tubulação proposta fica inviável, necessitando uma solução alternativa, com mais componentes.
14	No banho do casal a conexão entre ralo, tubulação e vaso sanitário ficam inviáveis.
15	A tubulação de esgoto se aproxima muito do nível de gesso do pavimento inferior. Para atender a especificação de inclinação, o controle em obra tem aqui um ponto crítico na execução.
16	O shaft ou enchimento hidráulico do banho 1 é subutilizado, apenas um comportaria todas as tubulações. Dutos de água boa parte do enchimento se sobrepondo as prumadas de esgoto.
17	No projeto da planta geral a tubulação de águas quentes e frias que é levada para cozinha é invertida no detalhamento. A locação de tubulação de água fria e quente saindo do aquecedor difere entre um dos tipos e os demais, por não haver justificativa pode ser erro de desenho.

18	Siglas e símbolos não constam em legenda. Os círculos vazios coloridos de azul e os círculos preenchidos em vermelho estão dispostos no banho do casal sem qualquer explicação complementar
19	Por ser desenvolvido uni dimensional mente, os trajetos das tubulações de água quente e fria se cruzam, abstraindo a sobreposição de volumes. Não há precisão no dimensionamento, inviabilizando a possibilidade de avaliar de soluções segundo o quantitativo de insumos.
20	No banho casal, a tubulação de água quente e fria atravessa pilar. O reboco não comporta tubulação, seria necessária outra solução, envolvendo enchimento hidráulico ou passagem sobre forro.
21	Projeto de esgoto e aguas frias se cruzam na alvenaria de 9 cm.
22	O dimensionamento da tubulação inviabiliza a instalação como proposta. A prumada horizontal que passa sobre os pontos hidráulicos indicados no arquitetônico extrapolam os limites do enchimento hidráulico.
23	Tubulação de gás entra em conflito com sistema de esgoto. A representação do traçado do gás está na representado na prancha das aguas quentes e frias, que ignora o traçado do esgoto, não acusando esse erro.
24	Apesar da indicação no detalhe genérico, não houve a previsão de saída para a chaminé do aquecedor instantâneo a gás.
25	A tubulação frigorífica esta é conflito com a tubulação de esgoto. As furações na viga e pilar restringem os desvios destas tubulações
26	No projeto de ar-cond. é previsto apenas um Split, localizado no dorm. Casal. A opção de ar-cond. na sala não é considerada, ignorando a existência de dreno. Apenas uma furação na viga (inexistente), para servir a unidade do dorm, é solicitada.
27	Possível incompatibilidade tecnológica: Confirmar viabilidade de instalação de Split em parede de 9 cm
28	Furação para dreno não esta prevista
29	Interferência entre espelho de granito e tomada na cozinha
30	Oelétricoprevê6 furos, mas são insuficientes, contabilizamos 11.
31	Locação do QLD e QC não coincide, enchimento está locado errado ou era destinada a outra finalidade não expressa.
32	Inconsistência de desenho, limites do executivo arquitetônico e detalhes de revestimento dos banheiros variam, não há aviso explicando a mudança nas medidas, que pode ser decorrente de <i>as build</i> , revisão por erro ou acréscimo da espessura do revestimento, podendo gerar erro ou imprecisão na paginação.
33	Inconsistência de desenho, planta de piso não coincide com demais plantas.
34	Alvenaria no detalhe não corresponde a alvenaria do projeto executivo, gerando dubiedade de informações.
35	Falta furação na viga do quarto

Análise do Protótipo Analítico Representativo

1	Posição do vaso sanitário está deslocada 8 cm
2	Parede alvenaria 12 cm entre apartamentos, com laje nervurada: confirmar isolamento acústico (alvenaria entra nos vãos das cubetas?).
3	Furo na laje de piso não aparece na planta de EST atrás de QC e QDL
4	Furo na laje de piso do projeto de EST está diferente do EH (Enchimento Hidráulico) do projeto de ARQ
5	Não há no projeto de EST o furo na laje no enchimento dos quadros de ELE, TEL, INT, TV para passagem de tubulação.
6	Não indicado furo na viga V514-3 para passagem de tubulação de AC
7	Falta indicação da altura h do furo a ser feito na viga
8	Falta indicação de como serão passados os tubos de AC na área técnica, sobre o piso?
9	Falta indicação de pontos de AC a serem deixados prontos (ELE, HID) nos demais ambientes.
10	Falta indicação da posição do ponto de ELE e HID na caixa de AC da UE-01A
11	Posição dos ralos está diferente no próprio projeto de HID
12	Não há tubulação de dreno para AC do ambiente
13	Posição de chuveiro, vaso, banheira e dois lavatórios (Banho1) e lavatório (Banho 2) está diferente nos projetos de HID e ARQ.
14	Posição do tubo ES-5 e tudo de infraestrutura de AC descendo na mesma posição no enchimento
15	Furos na laje de piso de 50 mm e 100 mm não aparecem na planta de formas de EST
16	Falta indicação de furo na laje nos enchimentos hidráulicos
17	Falta indicação da posição do quadro VDI
18	Previstos 3 furos na viga V514-3. ELE confirmar: é possível juntar as tubulações em um só furo maior? Qual h? Qual dimensão?
19	Falta indicação no projeto de EST do furo na viga V515-3, e dimensões e altura.
20	Posição da tubulação de AF e ES estão representadas na mesma localização, dentro do EH.

21	Não constam furos nas vigas para as passagens de tubulação AF e AQ
22	Tubulação ELE e TEL descendo no mesmo local, dentro da parede.
23	Quadro VDI e QDL-TP locados no mesmo local
24	Posição vaso sanitário está diferente
25	Furo na laje do projeto de EST está diferente do EH do projeto de ARQ
26	Furo para tubulação de AC não consta na planta de EST para viga V514-3
27	Ralo R6 está locado debaixo da unidade condensadora de AC
28	Furo na laje de piso não consta na planta de EST (parede da Varanda)
29	Planta de formas de EST não contemplam todos os furos de laje (piso) ou todos os furos nas vigas, previstos na planta de furos de EST.
30	Previstos 2 furos na viga V514-3. ELE confirmar: é possível juntar as tubulações em um só furo maior? Qual h? Qual dimensão?
31	Não consta furo na laje de piso no enchimento hidráulico
32	Tubulação de TEL e AUT usando o mesmo furo na viga = confirmar
33	Prumada AF-PPR 25 locada fora do furo na laje, dentro do EH.
34	Furos na viga V514-3 da planta de EST estão diferentes da planta de HID
35	Previstos 2 furos na viga V514-3, sendo que um está aparentemente sem uso. ELE confirmar: é possível juntar as tubulações em um só furo maior? Qual h? Qual dimensão?
36	Previstos 2 furos na viga V514-3 (Varanda) e 3 furos (Área de Serviço) que estão sem uso. ELE: confirmar
37	Tubulação AF, AQ, TEL, TV cruzando sobre o forro (teto).
38	Tubulação AF, AQ, AUT cruzando sobre o forro (teto).
39	Tubulação cruzando sobre o forro (teto)
40	Tubulação cruzando sobre o forro (teto)
41	Tubulação cruzando sobre o forro (teto)

42	Tubulação cruzando sobre o forro (teto)
43	Tubulação cruzando sobre o forro (teto)
44	Espessura da alvenaria da parede está diferente (20 cm ARQ, 19 cm ARQ-DET-PIS).
45	Interior do duto de exaustão da churrasqueira representada com linha de revestimento (reboco)
46	Fala indicação de cotas de nível acabado e nível osso
47	Pilares e vigas com 20 cm de largura, e alvenaria indicada com 19 cm de largura: indicar como será feito o revestimento – nivelado na superfície ou ressaltado (tanto na viga. quanto no pilar)
48	Banca de gesso representada alinhada com a parede de alvenaria no osso e não acabada
49	Faltam cotas de altura nas elevações das paredes nos Detalhamentos dos Banhos, Cozinha e Área de Serviço (chuveiro, ducha, vaso, lavatório, tanque, pia).
50	Não há indicação dos registros de Hidráulica nas plantas dos Detalhamentos dos Banhos, Cozinha e Área de Serviço.
51	Plantas de Arquitetura representam paredes no osso sem revestimento, Plantas dos Detalhamentos dos Banhos e Cozinha representam paredes de alvenaria com revestimento, o que gerou diferenças na posição dos lavatórios, vasos, pias, tanques, chuveiros.
52	Posição de ralos, chuveiro, vaso, banheira, lavatórios estão diferentes nos projetos nos detalhamentos de Arquitetura do que nos projetos de Estrutura, Furação de Estrutura, Hidráulica (AF e ESG) e Elétrica.
53	Posição do ralo R8 está diferente
54	Acima do vão indicado "alvenaria ou viga" – confirmar viga ou verga
55	Falta cota osso no detalhe D9 – soleira
56	Furo na laje junto a pilar P8 (atrás da pia) está com dimensões diferentes
57	Posição de vaso sanitário, chuveiro, lavatórios, duchas está diferente do que no projeto de Arquitetura.
58	Indicar altura de passagem de cabos na viga fugindo da altura dos furos na viga
59	Indicação das dimensões da unidade evaporadora está diferente. Posição (eixo) está ok
60	Tubulação frigorífera de AC descendo na mesma posição de tubulação de esgoto no enchimento da Área de Split
61	Tubulação AF e ESG descendo na mesma posição no enchimento do Banho 1
62	Tubulação de AQ e ESG cruzando sobre a pia (sobre o forro) na Cozinha

63	Posição do lavatório está diferente, o que implica na mudança da posição das luminárias sobre ele.
64	Falta indicação de ralo R6 na planta de Arquitetura
65	Falta indicação de enchimento no pilar P11 na Planta do Detalhe da Varanda (Arquitetura)
66	Banheiros, Varandas e Cozinhas pegos para fazer o detalhamento de Arquitetura e de Hidráulica são diferentes (espelhados, finais de apartamento diferentes) o que dificulta melhor entendimento, comparação e compatibilização.
67	Posição do lavatório está diferente nos dois detalhamentos (DET-ARQ-BNH e DET-ESG)
68	Falta indicação de ralo R6 na planta de Detalhamento de Arquitetura do Banho 2, e posição do ralo R8 está diferente.
69	Posição do lavatório, banheira, chuveiro e ralo R8 estão diferentes.
70	Posição do ralo R8 está diferente
71	Tubulação de Gás cruzando com tubulação de Esgoto, Água fria, Água quente e Elétrica sobre o tanque.
72	Falta Planta de Gás com especificações

APÊNDICE D

Comparação das Inconformidades Organizadas por Assunto

	Protótipo físico	Custo	Tipo	Protótipo analítico virtual	Custo	Tipo	Análise do protótipo analítico representativo	Custo	Tipo
1	Diminuição de ruídos e odores elevando a alvenaria até o fundo da laje.	R\$ 0,00	I	Falta definição da interface entre paredes do banheiro e a laje.	R\$ 0,00	I	Parede alvenaria 12 cm entre apartamentos, com laje nervurada; confirmar isolamento acústico (alvenaria entra nos vãos das cubetas?).	R\$ 0,00	I
2	Alteração no caminhamento do esgoto do tanque permitiu retirar o shaft de dentro da área de serviço, aumentando o espaço interno.	R\$ 2.296,00	II	Locação do QLD e QC não coincide, enchimento está locado errado ou era destinada a outra finalidade não expressa.	R\$ 2.296,00	II	Furo na laje de piso não aparece na planta de EST atrás de QC e QDL	R\$ 2.296,00	II
3	Eliminação de um shaft do Banheiro da Suíte, aumentando o espaço interno e melhorando o aspecto do acabamento.	R\$ 5.420,00	III	shafts do banheiro subutilizados, as tubulações podem ser locadas no banheiro onde o shafts parece interferir menos no espaço.	R\$ 5.420,00	III	-		
4	No projeto de furação de vigas faltaram 5 furos para a tubulação de elétrica. Projeto estrutural previa apenas 6 furos horizontais para passagem de tubulação elétrica. Real necessidade: 3 furos para automação, 4 furos para elétrica, 4 furos de telefonia e TV. Foi estudada a exclusão de algumas tubulações, por exemplo, no de telefonia e TV, que de 4 tubos passou para 2. Na reunião de compatibilização do protótipo junto ao DAC foi levantada a possibilidade da alteração do quadro elétrico, no qual foi cedido a relocação.	R\$ 7.538,00	III	O elétrico prevê 6 furos, mas são insuficientes, contabilizamos 11.	R\$ 7.538,00	III	Previstos 3 furos na viga V514-3. ELE confirmar: é possível juntar as tubulações em um só furo maior? Qual h? Qual dimensão?	R\$ 7.538,00	III

5	Projeto estrutural não contemplava furos para passagem de split e eletrodutos no Dormitório 2.	R\$ 7.538,00	III	-			Não há tubulação de dreno para AC do ambiente	R\$ 7.538,00	III
6	Projeto estrutural não contemplava diâmetros necessários para passagem de rede frigorígena	R\$ 7.538,00	III	A tubulação frigorífica esta é conflito com a tubulação de esgoto. As furações na viga e pilar restringem os desvios destas tubulações	R\$ 7.538,00	III	Posição da tubulação de AF e ES estão representadas na mesma localização, dentro do EH.	R\$ 7.538,00	III
7	Projeto estrutural não contemplava furação dos drenos do split	R\$ 0,00	I	Furação para dreno não esta prevista (Dormitório 2)	R\$ 0,00	I	-		
8	Projeto elétrico "solicita instalações de caixas 4x2", onde não há espaço na alvenaria (9 cm).	R\$ 0,00	I	-			-		
9	Via uma tomada na altura da roda banca da bancada da cozinha	R\$ 25.125,00	III	Interferência entre espelho de granito e tomada na cozinha	R\$ 25.125,00	III	-		
10	Projeto de gás não especificou o local da saída do duto do aquecedor	R\$ 0,00	I	Apesar da indicação no detalhe genérico, não houve a previsão de saída para a chaminé do aquecedor instantâneo a gás.	R\$ 0,00	I	-		
11	Projeto de gás não levou em consideração fixação do tanque e o ralo da Área de Serviço.	R\$ 2.826,00	II	Tubulação de gás entra em conflito com sistema de esgoto. A representação do traçado do gás está na representado na prancha das aguas quentes e frias, que ignora o traçado do esgoto, não acusando esse erro.	R\$ 2.826,00	II	Tubulação de Gás cruzando com tubulação de Esgoto, Água fria, Água quente e Elétrica sobre o tanque.	R\$ 2.826,00	II

12	O projeto hidráulico necessitava de um shaft de 30 cm no TQ da Área de Serviço. O projeto arquitetônico reservou um espaço de 15 cm.	R\$ 829,00	II	O dimensionamento da tubulação inviabiliza a instalação como proposta. A prumada horizontal que passa sobre os pontos hidráulicos indicados no projeto arquitetônico extrapolam os limites do enchimento hidráulico.	R\$ 829,00	II			
13	O projeto hidráulico especificou um caimento no esgoto da cozinha que ultrapassava o pé-direito especificado no projeto arquitetônico.	R\$ 0,00	I	A tubulação de esgoto se aproxima muito do nível de gesso do pavimento inferior. Para atender a especificação de inclinação, o controle em obra tem aqui um ponto crítico na execução.	R\$ 0,00	I			
14	Duto de fumaça restringe-se ao pilar e altura da viga.	R\$ 0,00	I	A churrasqueira não é detalhada, no caso de modulo de churrasqueira, o pilar e a viga semidivertida podem interferir no traçado e inclinação do duto de exaustão.	R\$ 0,00	I			
15	Sobreposição de caixas de split impossível executar de acordo com o projeto arquitetônico devido espessura das caixas ser bem maior que a espessura da alvenaria.	R\$ 11.704,00	III	Possível incompatibilidade tecnológica: Confirmar viabilidade de instalação de Split em parede de 9 cm	R\$ 11.704,00	III			
		R\$ 70.814,00			R\$ 63.276,00				R\$ 27.736,00