

PAULO EMÍLIO DE REZENDE

**INTEGRAÇÃO PROJETO-PRODUÇÃO NO PROCESSO
DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETO: UMA
ALTERNATIVA PARA MELHORIA DA QUALIDADE NO
SETOR DA CONSTRUÇÃO DE OAE**

Belo Horizonte / MG - Brasil
Escola de Engenharia da UFMG
2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

PAULO EMÍLIO DE REZENDE

**INTEGRAÇÃO PROJETO-PRODUÇÃO NO PROCESSO
DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETO: UMA
ALTERNATIVA PARA MELHORIA DA QUALIDADE NO
SETOR DA CONSTRUÇÃO DE OAE**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da
Escola de Engenharia da Universidade Federal de
Minas Gerais, como requisito à obtenção do título
de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Produto e Trabalho

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Andery

Belo Horizonte / MG - Brasil
Escola de Engenharia da UFMG

2008

“Deus, quando projetou e construiu nosso planeta, dentro de um cronograma físico apertadíssimo: sete dias, concebeu e fez os caudalosos e imponentes rios, os bucólicos arroios, regatos e lagos, os abruptos e tenebrosos abismos, as escarpadas cordilheiras, majestosas montanhas e os tranqüilos e serenos vales e bosques.

Todos esses acidentes geográficos eram, de uma maneira geral, empecilhos à locomoção do ser humano, dificultando sua própria movimentação e o transporte de produtos, utensílios e cargas.

Nascia, assim, a necessidade de se conceber e engenhar as obras mais características do arrojo da genialidade e da determinação humana, com o objetivo de unir dois pontos, que o ‘Projeto Original’ esquecera-se de unir, ou por acaso, ou para que o homem num desafio Divino, os unisse.

De início, apenas os cipós e troncos de árvores venciam os espaços intransponíveis. Depois, com o passar do tempo, o ferro, o aço e, finalmente, o concreto armado, protendido ou pré-moldado cumpriram e cumprem a elevada missão de transpor os vazios acidentais.

Como duas mãos que se unem num cumprimento de um encontro ou de uma despedida de duas pessoas, as pontes representam um símbolo perfeito e verdadeiro do entendimento e da amizade entre os seres humanos...”

Conrado de Carvalho Alves

*Prefácio do livro “Pontes Brasileiras – viadutos e passarelas notáveis”
de Augusto Carlos de Vasconcelos*

Dedico este trabalho ao meu pai José Gonzaga, que partiu há exatos dez anos, à minha mãe Hilda e à minha tia Maria, cujos esforços e incentivos no início, permitiram-me chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela perseverança e disciplina que me possibilitam conquistar todos os objetivos na vida.

À Vania que, numa demonstração de compreensão e companheirismo, permaneceu ao meu lado neste período de estudos, convivendo com minha falta de tempo, as variações de humor e com as situações em que o computador e os livros tiveram prioridade.

Aos meus familiares; aos amigos de trabalho; aos meus afilhados, mais que amigos; à todos aqueles que dividiram e dividem os melhores e piores momentos, e ainda souberam entender o meu afastamento momentâneo.

Aos profissionais que responderam os questionários da pesquisa, em particular o Prof. Sérgio Marques pelo empenho; aos amigos Leonardo Xavier e João Ríspoli pelo apoio e por terem facilitado a árdua tarefa de conciliar o papel de mestrando com outras atividades profissionais.

Aos companheiros de mestrado pela convivência e compartilhamento do saber, especialmente às minhas “mestras inspiradoras” Cássia e Vanessa, que foram solidárias no momento mais difícil dessa jornada e seguiram à frente mostrando o caminho a ser percorrido.

Ao Professor Eduardo Romeiro que, além das ótimas aulas durante o curso, foi conselheiro de todos, incentivador incansável e disponível em todos os momentos.

Ao Professor Márcio Minto Fabrício, pela sua valiosa participação na banca examinadora.

Ao Departamento de Engenharia de Produção da UFMG, seus professores e funcionários por esta oportunidade.

Ao Professor Paulo Andery, meu orientador, agora amigo, que desde o primeiro contato demonstrou toda a sua generosidade ao acreditar na minha proposta; mesmo que, de início, esta fosse apenas um ideal. Sua orientação, além de trazer ensinamentos e incentivo, tornou-se um privilégio.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	1
LISTA DE QUADROS	3
LISTA DE TABELAS.....	4
LISTA DE SIGLAS	5
RESUMO	6
ABSTRACT	7
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	8
1.1 Considerações iniciais.....	8
1.2 Objetivos	15
1.3 Hipótese.....	16
1.4 Justificativa e relevância.....	17
1.5 Estruturação do trabalho	18
CAPÍTULO 2 – A QUALIDADE NO PROCESSO DE PROJETOS.....	20
2.1 Considerações iniciais.....	20
2.2 Métodos, ferramentas e tecnologia no desenvolvimento de projetos.....	24
2.2.1 Engenharia Simultânea.....	26
2.2.2 Ferramentas DFX (<i>Design for X</i>).....	32
2.2.3 Tecnologia e inovações tecnológicas.....	35
2.3 O contexto dos projetos no setor da construção.....	38
2.3.1 Aspectos gerais da qualidade	40

2.3.2	Projetos como origem de falhas.....	43
2.3.3	Projeto para produção.....	47
2.3.4	Coordenação de projetos.....	48
2.3.5	Construtibilidade	49
2.3.6	Construção Enxuta e sustentabilidade	50
2.4	Integração projeto-produção: uma proposta de melhoria da qualidade	54
2.4.1	Sistema de referência para o processo de projeto de OAE.....	55
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA DE PESQUISA.....		58
3.1	Considerações iniciais.....	58
3.2	A metodologia e o trabalho científico.....	60
3.3	Métodos e tipos de pesquisa.....	61
3.4	Estudo de caso: conceitos, justificativa e aplicação.....	64
3.4.1	Estratégia e projeto de pesquisa.....	65
3.4.2	Coleta de dados.....	67
3.4.3	Análise e interpretação	70
CAPÍTULO 4 – ESTUDO DE CASO: PROCESSO DE PROJETO INTEGRADO AO PROCESSO PRODUTIVO		72
4.1	Considerações iniciais.....	72
4.2	A percepção dos projetistas quanto à gestão de projetos de OAE	77
4.3	Estudo de caso.....	84
4.3.1	Características do projeto	86
4.3.2	Formas de contratação	90
4.3.3	Estrutura organizacional	96
4.3.4	Desenvolvimento do projeto.....	103

4.3.5 Reflexões sobre o estudo de caso	107
4.3.6 Síntese e considerações finais.....	122
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	126
5.1 Conclusões gerais.....	126
5.2 Recomendações para trabalhos futuros	128
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	130
ANEXOS	
ANEXO A – Questionário submetido aos projetistas especialistas em OAE.....	140
ANEXO B – Respostas do questionário	149

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Configuração do Macrossetor da Construção	9
FIGURA 2 – Processo seqüencial e processo integrado na construção	14
FIGURA 3 – Estrutura básica do processo de projeto.....	22
FIGURA 4 – Gráfico de comprometimento de custo	23
FIGURA 5 – Principais funcionalidades da metodologia DFX	33
FIGURA 6 – Estrutura da metodologia DFM	34
FIGURA 7 – Novas tecnologias e progresso tecnológico.....	35
FIGURA 8 – Projeto inadequado: o custo se sobrepõe à funcionalidade e à estética .	45
FIGURA 9 – Incompatibilidade entre o projeto e o processo executivo	46
FIGURA 10 – Integração projeto-produção no setor de OAE.....	56
FIGURA 11 – Caracterização da pesquisa	64
FIGURA 12 – O processo de projeto no setor da construção.....	76
FIGURA 13 – Gráfico dos fatores determinantes para projeto de OAE	80
FIGURA 14 – Gráfico das contribuições do construtor na fase de projeto.....	82
FIGURA 15 – Gráfico barreiras para a integração entre projetistas e construtores	84
FIGURA 16 – Exemplos de execução de Balanços sucessivos	89
FIGURA 17 – Organograma geral simplificado	100
FIGURA 18 – A qualidade para o cliente pela aplicação das competências essenciais	102
FIGURA 19 – Estudo de caso: primeiro estágio do processo de projeto.....	104

FIGURA 20 – Estudo de caso: segundo estágio do processo de projeto	105
FIGURA 21 – Configuração da equipe de projeto	109
FIGURA 22 – Movimentação de aduelas pré-fabricadas	112
FIGURA 23 – Topo dos pilares projetados para o lançamento das aduelas	115
FIGURA 24 – Execução dos pilares do viaduto	117
FIGURA 25 – Adaptação do método DFM ao processo de projeto de OAE.....	120
FIGURA 26 – Processo de projeto integrado para OAE: síntese do estudo de caso	124

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Elementos que compõem a pesquisa científica	59
QUADRO 2 – Escolha da estratégia de pesquisa	66
QUADRO 3 – Comparativo entre projeto original e projeto alternativo	87
QUADRO 4 – Relação de intervenções e melhoria da construtibilidade	118

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Questões mais importantes para valorização dos projetos	81
TABELA 2 – Critérios de contratação	93

LISTA DE SIGLAS

ABPE – Associação Brasileira de Pontes e Estruturas

BIM – *Building Information Modeling* – Modelagem de Informações para a Construção

CAD – *Computer Aided Design* – Projeto Assistido por Computador

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

DARPA – *Defense Advanced Research Projects Agency*

DFM – *Design for Manufacturing* – Projeto para Manufatura

DFX – *Design for “X”* – Projeto para “X” (X = montagem, meio ambiente, qualidade, confiabilidade, custo, etc.)

DNIT – Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes

DSM – *Design Structure Matrix* – Matriz da Estrutura de Projeto

FMEA – *Failure Modes and Effects Analysis* – Análise do Tipo e Efeito de Falha

ISO – *International Organization for Standardization*

OAE – Obras de Arte Especiais

QFD – *Quality Function Deployment* – Desdobramento da Função Qualidade

TQC – *Total Quality Control* – Controle da Qualidade Total

TQM – *Total Quality Management* – Gestão da Qualidade Total

RESUMO

O setor da construção apresenta um histórico de problemas relacionados à qualidade de seus produtos, serviços e processos. Vários estudos e iniciativas para o combate de tais problemas têm sido conduzidos por pesquisadores, profissionais e organizações do vasto campo de atuação abrangido por este setor.

Utilizando-se de inovações tecnológicas, métodos e ferramentas adaptados de outros setores industriais e das experiências acumuladas no desenvolvimento dos processos de projeto e execução, o setor da construção no Brasil tem revelado avanços no que diz respeito à melhoria de desempenho, graças aos esforços empreendidos nas últimas décadas, principalmente no segmento da construção de edifícios.

Parte das soluções para esses problemas aponta para a necessidade do aperfeiçoamento dos mecanismos de gestão do processo de projeto e a integração entre as atividades de projeto e execução. O presente trabalho de pesquisa adota essa linha como princípio, direcionando o foco para as Obras de Arte Especiais (OAE), denominação utilizada para caracterizar tipos de construções como pontes e viadutos.

A metodologia de estudo de caso foi empregada para o acompanhamento do desenvolvimento do projeto de um viaduto de grande porte, no qual os conceitos da Engenharia Simultânea são avaliados como alternativa para a melhoria da qualidade do produto e dos demais processos envolvidos no setor da construção.

Essa abordagem é baseada nos métodos e ferramentas estudados na revisão de literatura; na consideração das características específicas do setor, complementadas pela pesquisa com os profissionais de projeto de OAE; e pela análise do estudo de caso com ênfase nos aspectos da integração projeto-produção no processo projetual, além de uma discussão sobre as formas de contratação dos serviços de engenharia.

O estudo de caso demonstra que uma maior integração entre projeto e produção, utilizando pressupostos da Engenharia Simultânea, permitiu a racionalização construtiva e a redução de custos da obra.

Palavras-chave: Processo de projeto, Engenharia Simultânea, setor da construção, Obras de Arte Especiais, integração projeto-produção

ABSTRACT

The construction sector presents a historic of problems related to the quality of its products, services and processes. Many researches and initiatives against such problems have been conducted by researchers, professionals and organizations from the wide field covered by this sector.

Making use technological innovations, methods and tools adapted from other industrial sectors and experiences gathered from development of the design and execution processes, the construction sector in Brazil has shown progress on the performance improvements, due to efforts undertaken in the last decades, mainly on the building construction segment.

Part of the solutions to these problems points to the need of improvement in the management mechanisms of the design process and the integration between the design and execution activities. This research takes this field for granted, leading the focus to the “special art constructions”, expression used to kinds of constructions such as bridges and viaducts.

The methodology of the case study was used to attend of a large sized viaduct project development in which some basics of the Concurrent Engineering are evaluated in order to improve the quality of the product and also of other processes involved in construction sector.

This approach is based on the methods and tools studied on the literature revision; in the specific features of the sector, completed by a research done with the professionals of the bridges and viaducts designs; and also by the analysis of the case study emphasizing the aspects of the design-production integration in the design process, besides a discussion about the way of contracting engineering services.

The case study shows that a bigger integration between design and production using the Concurrent Engineering concepts, has allowed the constructive rationalization and the decrease of the costs in the construction.

Key-Words: Design process, Concurrent Engineering, construction sector, special art constructions (bridges and viaducts), design-production integration

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

Os sistemas produtivos de maneira geral têm enfrentado um acirramento na disputa por consumidores para seus produtos e serviços, além do que, no rastro do fenômeno da globalização, se vêem impelidos a ampliar mercados, investir em qualidade e aumentar a produtividade. Este movimento pode ser sentido em escalas diferentes, dependendo de características específicas do setor, posição geográfica ou fatores políticos.

O desenvolvimento tecnológico permite maior fluxo de informação e acesso a um mercado livre de fronteiras, o que determina, de um lado, o esforço das organizações para conquistar maiores espaços e redução de custos; do outro, a formação de consumidores mais bem informados e exigentes.

Atualmente, nenhuma esfera do setor produtivo de bens e serviços pode se manter totalmente imune aos efeitos da globalização dos mercados. Produzir e competir a nível mundial tem se tornado cada vez menos uma questão de opção, mesmo para aqueles que vêem neste fenômeno a causa principal do aumento das disparidades entre ricos e pobres. No entanto, Greenspan (2008) afirma que o turbilhão causado por mudanças muito rápidas e profundas que causam rupturas dos paradigmas que regem os diversos níveis de relacionamento globais, trazem também desafios e oportunidades proporcionalmente maiores, que serão melhor aproveitados na medida em que haja disposição e capacidade de adaptação às novas regras de comércio, finanças e produção.

As transformações do mundo contemporâneo vão além do modo como pessoas, organizações e governos se comunicam ou interagem. Elas estão redefinindo conceitos e criando modelos sociais, políticos e empresariais inéditos (FRIEDMAN, 2005). Este autor cita sua própria experiência na compra de um computador que exemplifica como uma empresa global com fábrica em seis países e quatro continentes gerencia a sua cadeia produtiva no mundo sem fronteiras. Rastreamento do seu pedido feito pela internet conforme suas necessidades, constatou que a empresa utilizou componentes de dezesseis fornecedores, produzidos em diversos países,

sendo que para cada item existiam pelo menos três opções de fornecedores. Por sua vez, os fornecedores são também empresas globais nascidas na Europa que fabricam seus produtos na Ásia, ou surgidas na Ásia com produção na América Latina, por exemplo.

Esta dissertação está centrada no setor da construção civil que, se não está tão exposto às influências das recentes leis impostas pela globalização como no caso das empresas de alta tecnologia, também é verdade que o setor não pode ficar alheio a mercados crescentemente competitivos e sensíveis à qualidade e agregação de valor. Fazendo-se uma avaliação preliminar, fundamentada na observação das regras ditadas pela competitividade, isso significa que cada vez menos serão admitidas improvisações, desperdícios e baixa produtividade, fatores determinantes para a baixa qualidade e que ainda podem ser constatados no contexto da indústria da construção.

A cadeia produtiva da construção é constituída pela construção propriamente dita e outras indústrias e serviços situados à jusante e à montante do fluxo produtivo, denominado Macrossetor da Construção (FIGURA 1). O Macrossetor da Construção, além das atividades de edificações, obras de engenharia civil e de infra-estrutura, inclui também toda uma cadeia composta de fornecedores de insumos industriais e prestadores de serviços (CBIC, 2002).

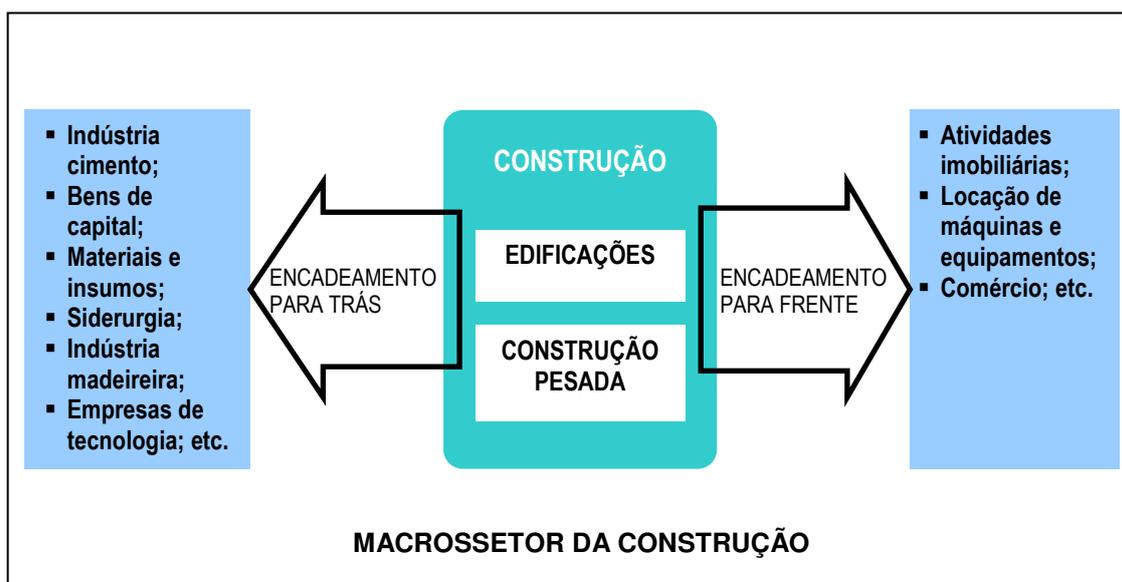


FIGURA 1 – Configuração do Macrossetor da Construção (CBIC, 2002)

O Macrossetor da Construção desempenha um papel de grande importância no desenvolvimento econômico e social do Brasil, com influência direta na composição da infra-estrutura, habitação e geração de empregos em larga escala, sem contar ainda a participação na arrecadação tributária, geração de riqueza e nas demandas criadas para outros setores.

Historicamente, a indústria da construção tem sido alvo de críticas por conta de baixa qualidade de seus produtos e serviços. No Brasil, esta realidade encontra justificativa em diversos fatores como o emprego de mão-de-obra não qualificada, os altos níveis de incerteza causados pela instabilidade na economia no passado recente, a falta de incentivo e investimentos públicos. Além disso, fecham o quadro, a inexistência de uma cultura da qualidade no setor, associada a uma tardia adoção de ferramentas gerenciais já consagradas em outros setores, como é o caso dos sistemas de gestão e garantia da qualidade.

Em uma análise mais aprofundada, Thomas *et. al.* (2002) afirmam que a origem da baixa qualidade no setor da construção tem a ver com a estrutura hierarquizada do sistema de gerenciamento das organizações, que se reflete na forma de implementação dos atuais sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras. Assim, conforme os autores, iniciativas como a implantação de sistemas de qualidade esbarram quase sempre no equívoco de serem frequentemente baseadas somente na redução de custos e em objetivos de curto prazo. Em outra perspectiva, o cumprimento de regras e procedimentos direcionados para o controle de processos tem sido o foco de políticas para a qualidade, em detrimento de uma política abrangente e voltada para as necessidades dos clientes.

Por outro lado, as exigências do mercado (clientes públicos ou privados e entidades reguladoras) mostram a necessidade premente de ações que contribuam efetivamente para a incorporação de conceitos e práticas voltadas para a qualidade.

É nesse sentido que algumas ações aplicadas em determinados processos ou fases do sistema produtivo da construção, começam a ser incorporadas ao *modus operandi* das organizações para fins de melhoria de desempenho e competitividade. Como exemplos de algumas dessas práticas, pode-se citar a elaboração de projetos para a produção de alvenaria na construção de edifícios, a função de coordenação na área de projetos visando a compatibilização das várias especialidades envolvidas em um empreendimento e o estabelecimento de parcerias na cadeia de suprimentos da

construção reunindo fornecedores, construtores e prestadores de serviços. Além de haver uma contribuição para a qualidade final de produtos e serviços, tais iniciativas têm em comum o fato de prescindirem de um sistema formal de gestão da qualidade, embora possam fazer parte de um.

O problema a ser estudado nesse trabalho parte do pressuposto de que uma abordagem sistêmica sobre o processo de projeto no setor da construção, no qual estão integrados os agentes do projeto e da produção, pode conduzir a resultados superiores, comparando-se ao sistema tradicional onde não se verifica essa perspectiva ampliada.

A unidade de pesquisa deste trabalho está delimitada pelas atividades pertencentes ao setor de projetos de um segmento da indústria da construção identificado como Obras de Arte Especiais (OAE). Este segmento engloba obras de um complexo viário e que demandam técnicas especiais de projeto e construção tais como pontes, viadutos e túneis. Juntamente com outros empreendimentos de infra-estrutura e obras de grande porte não voltadas para a construção predial, dentro do Macrossetor da Construção, estas obras constituem o setor da construção pesada.

A expressão “obras de arte” tem origem nos primórdios da construção de estruturas para a transposição de obstáculos à continuidade de uma via. Naquela época, essas construções eram realizadas com base no empirismo e na intuição de seus idealizadores, o que as levava à condição de trabalhos de arte. Gradativamente, a partir do século XVIII, essa dimensão artística foi sendo substituída pelos métodos científicos de análise da engenharia moderna, permanecendo, no entanto, a utilização do termo antigo até os dias atuais, principalmente no meio profissional brasileiro. Há, ainda, uma subdivisão de nomenclatura em função das características dos projetos desse segmento. As obras cujos projetos podem ser facilmente padronizados tais como bueiros, descidas d'água, muretas, dentre outras, são chamadas “obras de arte correntes”. No segundo grupo estão as obras de pontes e viadutos que exigem projetos específicos para cada situação e, por esse motivo, recebem a denominação de “obras de arte especiais” (PFEIL, 1983).

Como a abordagem central da pesquisa está no processo de projeto, parece ser importante destacar, assim como fazem Casarotto Filho, Fávero e Castro (1999), que o termo “projeto” pode assumir dois sentidos diferentes na língua portuguesa, o que causaria alguma confusão em textos que o mencionam com frequência. Sem a

preocupação neste momento de apresentar uma definição para projeto, cujas variações são muitas e dependem do contexto que se esteja discutindo, em um primeiro significado mais voltado para a área da engenharia, a palavra “projeto” pode ser empregada para designar o conjunto de desenhos, especificações e planos que devem ser seguidos para o processamento de um bem. O outro significado, mais abrangente, relaciona-se à administração de um empreendimento único com prazo, recursos e custos pré-determinados, onde existe uma seqüência de atividades inter-relacionadas que são executadas para se atingir um objetivo. Nos capítulos que seguem, “projeto” deve ser entendido como no primeiro significado, quando o processo de projeto gera um conjunto de documentos voltados para a execução de uma obra de engenharia. Uma eventual menção fora deste sentido deverá ser acompanhada de ressalvas ou justificativas.

Outro esclarecimento inicial que se apresenta pertinente está no entendimento do termo “qualidade”, já bastante empregado até aqui. A dificuldade em encontrar uma definição de qualidade que seja suficientemente abrangente e aceita universalmente se traduz nas diversas conceituações que podem ser encontradas. Para Juran (1992), por exemplo, o conceito de qualidade deve estar diretamente relacionado às necessidades e percepções dos clientes, fatores estes que determinam as metas da qualidade que se movem de acordo mudanças tecnológicas, sociais e ambientais. Procurando evitar uma exaustiva exposição dos diversos conceitos e perspectivas da qualidade, propõe-se a definição de Thomaz (2001), que se apresenta bastante adequada ao ambiente da construção: qualidade é “o conjunto de propriedades de um bem ou serviço que redunde na satisfação das necessidades dos seus usuários, com a máxima economia de insumos e energia, com a máxima proteção à saúde e integridade física dos trabalhadores na linha de produção, com a máxima preservação da natureza”.

Assim, a pesquisa pretende investigar o processo de projeto de OAE, para buscar responder à problemática que se coloca perante a constatação de que os mercados incorporam novas exigências tornando-se mais complexos. Isso requer do setor de projetos respostas que remetem à busca de melhoria de qualidade no seu sentido atual e ampliado, no qual se inserem variáveis de ordem tecnológica, social, ambiental, financeira e temporal, dentre outras mais específicas. A questão central que se propõe, portanto, é a seguinte: **Como melhorar a qualidade dos projetos no setor da construção de Obras de Arte Especiais?**

Alguns aspectos de uma possível resposta para esta questão devem ser delineados ao final da pesquisa. O caminho a ser percorrido até lá envolve um método científico que deve direcionar os procedimentos para compreensão dos fatos com base nos fundamentos teóricos e técnicas de coleta de dados.

A metodologia de pesquisa empregada será o estudo de caso e sua escolha está vinculada à resposta para três elementos básicos sobre a pesquisa: (a) o tipo de questão da pesquisa, (b) o controle que se possui sobre os eventos contemporâneos e (c) se o foco do estudo está voltado para acontecimentos passados ou presentes (YIN, 2005). Para a primeira questão pretende-se responder como e por que a integração entre os setores de projeto e produção pode resultar em projetos de melhor qualidade. Sobre o controle dos eventos, sabe-se da impossibilidade de intervenção por diversas razões operacionais e administrativas. Finalmente, por se tratar de uma investigação baseada em dados e eventos do presente o que, juntamente com as outras duas características do problema, o estudo de caso se apresenta como uma metodologia compatível com o problema e as condições para o trabalho de pesquisa.

Através da metodologia de estudo de caso, a resposta para o problema está na determinação de “o que” se deseja investigar dentro da unidade de pesquisa e “como” o processo preliminarmente idealizado pretende atingir seus objetivos (YIN, 2005), questões que podem ser vistas como a seguir:

- O que: comprovar benefícios da integração entre projeto e produção durante o processo de projeto no setor da construção pesada (benefícios esperados: redução de custos, melhoria da qualidade do projeto, redução de prazo do desenvolvimento do projeto e da execução, aumento de produtividade).
- Como: estudo de caso do desenvolvimento do processo de projeto de um viaduto com a participação efetiva da parte do construtor; estudar a literatura referente aos principais elementos que compõem o processo de projeto (metodologia de projeto, ferramentas de gestão de projeto, estrutura organizacional, gestão da qualidade, formas de contratação).

O processo que engloba projeto e produção no setor da construção é aquele que, diante de uma necessidade identificada, transforma os materiais e insumos na obra acabada. Esse processo deve ser precedido pelo planejamento da produção que deverá antever as ações e decisões, determinando os insumos necessários e

prescrevendo o que deve ser feito para se atingir os objetivos da produção, o que se traduz na elaboração dos diversos projetos (VALERIANO, 1998).

Identifica-se a separação entre processo de projeto e processo de produção no ambiente da construção como um problema, sedimentado ao longo do tempo sobre a falta de uma visão sistêmica do empreendimento. A proposta de integração projeto-produção para o processo de projeto para OAE coloca-se em oposição a este cenário e difere da simples sobreposição de atividades que, normalmente, agravam os problemas de falta de compatibilização, como se verá mais à frente (FIGURA 2).

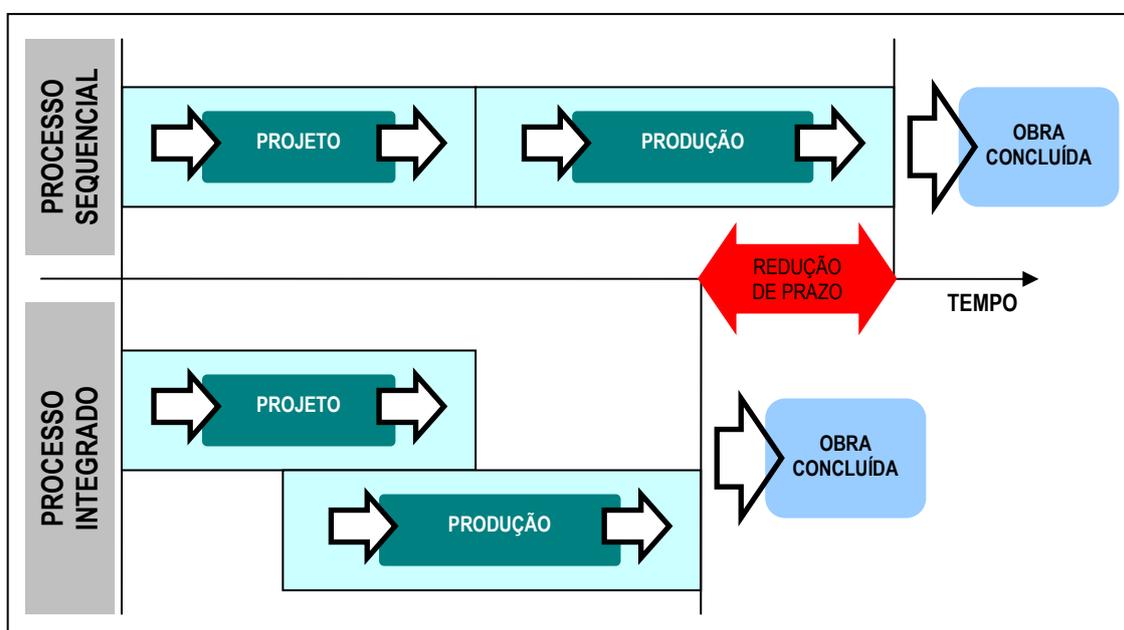


FIGURA 2 – Processo seqüencial e processo integrado na construção

A gestão do processo de desenvolvimento de produto destaca a evolução verificada ao se passar da abordagem do processo seqüencial para o processo integrado. Essa evolução aconteceu pelo aumento da complexidade, da pressão por menores prazos e custos, levando a alterações na estrutura organizacional das empresas, investimentos em tecnologia e integração em todos os níveis (ROZENFELD, *et al.*, 2006). A migração do processo seqüencial para o processo integrado e multidisciplinar é uma das premissas da Engenharia Simultânea (*Concurrent Engineering*), onde etapas do empreendimento são realizadas simultaneamente, ganhando-se em prazo, reduzindo

retrabalho e aumentando a qualidade do produto, além de estabelecer um canal de comunicação mais eficiente (CASAROTTO; FÁVERO; CASTRO, 1999).

Diversas pesquisas e publicações especializadas voltadas para a construção de edifícios (algumas citadas ao longo da dessa dissertação) têm demonstrado esforços do setor em buscar soluções para problemas que envolvem projetos e sistemas construtivos. Tais esforços são aplicados em torno de melhoria da qualidade e valorização dos projetos, sistemas de racionalização na construção, coordenação de projetos e gestão interna das empresas.

Porém, existem distinções consideráveis entre os setores da construção de edifícios e da construção pesada, em particular, o de OAE. Em se tratando apenas da fase de desenvolvimento de projetos, uma das diferenças mais evidentes está na quantidade de especialidades envolvidas, bem maior na construção de edifícios. Por outro lado, projetos para OAE estão sujeitos a condições muito específicas, que exigem soluções únicas para cada caso, dificultando as possibilidades de padronização e racionalização das obras. Contudo, haverá sempre a possibilidade de aproveitar o grande número de trabalhos já desenvolvidos para o setor da construção de edifícios, observadas as devidas considerações, para referenciar este trabalho focado em projetos para OAE. Nesse sentido, alguns pressupostos e diretrizes utilizados na gestão do processo de projeto de edificações são estudados e aplicados no presente trabalho.

1.2 Objetivos

O estudo a ser desenvolvido sobre o processo de desenvolvimento de projeto de OAE visa dar uma contribuição efetiva para a melhoria da qualidade dos projetos com base no estudo de caso onde se observa o trabalho conjunto dos agentes de projeto e execução na elaboração do projeto. Em suma, pode-se estabelecer como objetivos:

- Objetivo geral: estabelecer uma relação entre a melhoria da qualidade dos projetos do setor da construção de Obras de Arte Especiais e a integração entre projetistas e construtores durante a fase de projeto.
- Objetivos específicos:

- Analisar os métodos de desenvolvimento de projeto praticados e estabelecer procedimentos, dentro da realidade do setor, que permitam reduzir problemas relacionados à baixa qualidade dos projetos;
- Abordar a questão da valorização dos projetos sob a perspectiva de fatores como formas de contratação, tecnologia e estratégia para a qualidade;
- Identificar algumas das barreiras para a integração projeto-produção, analisar suas causas e propor alternativas factíveis para a realidade do setor;

Considerando que sejam atingidos os objetivos da pesquisa, espera-se chegar a algumas diretrizes que configurem, pelo menos parcialmente, uma maneira alternativa de conduzir o processo de projeto para OAE. Pretende-se que esse processo consiga, simultaneamente, confirmar ganhos de qualidade em relação à prática comum e estabelecer procedimentos que estejam dentro da realidade dos agentes que integram o processo. Qualquer proposta que envolva mudança de paradigmas, contudo, é alvo de resistência, o que justifica uma preocupação em não se distanciar excessivamente da prática comum, buscando soluções que possam efetivamente ser incorporadas ao procedimento padrão. Assim sendo, o estudo de caso apresenta uma vantagem porque trata de uma experiência real e factível, cabendo à pesquisa determinar as condições necessárias para que tal experiência possa ser estendida para além de um caso específico.

1.3 Hipótese

Por definição, uma hipótese é uma resposta antecipada do problema levantado, estando, portanto, sujeita a confirmação pela investigação e tem nesse momento inicial um caráter provisório. A sua importância está em orientar na coleta de dados e na busca de uma explicação confiável para o problema. A formulação da hipótese deve observar critérios fundamentais como estabelecer a relação entre as variáveis, como ela acontece e a forma como será verificada (GRESSLER, 2003).

Pelo que se propõe para o trabalho de pesquisa, segue a hipótese levantada:

- A participação efetiva dos agentes responsáveis pela produção no processo de projeto do setor da construção de Obras de Arte Especiais pode melhorar a qualidade do projeto, reduzindo falhas e problemas de incompatibilidade com o processo construtivo.

Para o processo de projeto de uma OAE, no qual são antecipados os aspectos relativos ao método construtivo, são esperados benefícios não apenas na qualidade final do projeto, mas também na produção e no produto final. Os reflexos sobre a etapa de construção poderão ocorrer na otimização dos recursos disponíveis pelo construtor, na redução do prazo de execução pelo conhecimento prévio da técnica a ser empregada ou ainda pela redução de retrabalho. O produto final, ou seja, a obra concluída, pode ser impactada de maneira a não apresentar defeitos e patologias precoces em função da técnica empregada e estar em conformidade com os requisitos de projeto. Esses benefícios, que dependem de avaliação no processo executivo, não devem ser alvo de comprovação deste estudo, que deverá ficar restrito ao processo de projeto, até porque a conclusão da obra ocorrerá após o término do trabalho de pesquisa.

1.4 Justificativa e relevância

A indústria da construção representa um setor dos mais importantes no desenvolvimento do país, impactando na infra-estrutura, habitação e geração de empregos. Os projetos são complexos, normalmente envolvem um grande número de especialidades e, muitas vezes, apresentam problemas que podem ser eliminados ou minimizados através de uma articulação eficiente entre requisitos de projeto e o método executivo.

O segmento de Obras de Arte Especiais se caracteriza por apresentar uma grande variabilidade de fatores onde, dependendo do caso, um fator pode se sobrepor aos demais em nível de importância, ao mesmo tempo em que outros requisitos de projeto surgem na medida em que os mercados se transformam. Desta forma, um projeto pode ser determinado pelo prazo de execução, por questões relacionadas à preservação ambiental, por imposição de características naturais, ou pelo seu valor arquitetônico, por exemplo. Daí surge a importância da interação entre projetistas e construtores na elaboração de projetos que atendam os requisitos preestabelecidos,

conjugados com menores custos e com aspectos técnico-operacionais na busca pela qualidade.

Os projetos na construção representam uma grande parcela das causas de falhas de um empreendimento. Existem barreiras culturais, paradigmas e outros fatores localizados que necessitam ser combatidos passo a passo para que se consiga evitar a recorrência de problemas conhecidos e outros que aparecem com a incorporação de novos requisitos de projeto. Uma dessas barreiras pode ser identificada como a ausência de uma visão estratégica que privilegie o longo prazo em detrimento de ações de economia localizada, mas que irão resultar em custos muito maiores no cômputo geral do empreendimento. A baixa valorização dos projetos e os critérios de avaliação e contratação é um exemplo típico de uma prática sabidamente pouco recomendável, mas correntemente praticada.

1.5 Estruturação do trabalho

O trabalho de pesquisa pode ser dividido em três partes básicas e complementares, sendo elas: o referencial teórico, o estudo de caso e os resultados ou conclusões. Na primeira delas é feita uma apresentação do contexto da pesquisa, da metodologia adotada e das referências da literatura na qual está embasada. A segunda etapa consiste na parte prática da pesquisa, na qual são apresentados e analisados os dados coletados nas observações do estudo de caso. Por fim, são feitas considerações sobre a comprovação da hipótese, levando às conclusões com base na análise dos resultados frente aos métodos teóricos e a proposição de estudos complementares.

O texto está complementado com o uso de gráficos, tabelas, quadros comparativos e fotografias que têm por objetivo tornar sua compreensão facilitada e enriquecida. A estrutura adotada neste trabalho compõe-se de cinco capítulos, dispostos de maneira a dar consistência e seqüência lógica às etapas acima mencionadas, resumidos a seguir:

- **CAPÍTULO 1:** inclui o capítulo introdutório da dissertação que, além de apresentar sua estrutura formal, expõe um panorama geral do tema, a forma de abordagem dos assuntos e traça a estratégia da pesquisa. São

apresentados também os limites da unidade de pesquisa, a definição do problema, os objetivos a serem atingidos após a conclusão da pesquisa, as hipóteses levantadas previamente, a justificativa e a relevância que determinaram a realização da pesquisa;

- **CAPÍTULO 2:** aborda o processo de projeto em sintonia com os objetivos da qualidade, estabelecendo conceitos, metodologias e os diversos sistemas de gestão. Deve apresentar ainda a evolução do processo de projeto conforme os ajustes incorporados na medida em que o avanço tecnológico e as demandas de mercado assim o exigiram. É feita uma revisão da bibliografia sobre o processo de projeto, abrangendo os conceitos teóricos, metodologias e ferramentas que possam apresentar correspondência com o objeto da pesquisa;
- **CAPÍTULO 3:** descreve a metodologia de pesquisa empregada, em especial o método do estudo de caso, assim como as justificativas para a sua escolha e a coerência entre o problema e as técnicas empregadas. São apresentados os métodos de coleta de dados sob as diretrizes da metodologia e do planejamento da pesquisa, uma análise crítica sobre as limitações e dificuldades do processo e, finalmente, os critérios de avaliação;
- **CAPÍTULO 4:** descreve o trabalho de pesquisa, englobando o acompanhamento do processo de desenvolvimento de projeto e a visão dos profissionais do setor de projetos. Aborda o ambiente do setor, discutindo os aspectos essenciais que atuam na configuração dos processos de projeto e produção. Enfatiza a descrição do estudo de caso no qual se verifica o trabalho simultâneo e integrado entre os agentes do projeto e da produção para um empreendimento de OAE;
- **CAPÍTULO 5:** o capítulo final da dissertação apresenta os resultados e as conclusões sobre o estudo. Deve comprovar ou não a hipótese elaborada no início do trabalho e descrever detalhadamente os pontos em que eventualmente não puderam ser confirmados, recomendando estudos complementares.

CAPÍTULO 2 – A QUALIDADE NO PROCESSO DE PROJETOS

2.1 Considerações iniciais

A presente dissertação está diretamente focada no processo de desenvolvimento de projeto para Obras de Arte Especiais (OAE), visando identificar conseqüências do próprio processo de projeto e das técnicas e ferramentas utilizadas para a qualidade do mesmo, além de explorar as interações presentes nessa fase que irão se refletir na execução das obras. É necessário, portanto, avançar um pouco sobre o processo de execução, por serem indissociáveis (projeto e produção), e também para justificar a idéia da integração defendida como meio de melhoria de desempenho no setor da construção.

A transformação de conceitos e idéias em algo tangível, na medida em que evolui para um nível de maior complexidade ao envolver um grande número de atividades e disciplinas, conduz à necessidade de um empreendimento organizado para alcançar um objetivo específico dentro de um prazo definido (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2001). Em linhas gerais, este pode ser considerado um conceito genérico de projeto cuja execução depende ainda do gerenciamento das atividades, recursos necessários e restrições que interagem entre si, configurando uma condição de singularidade para cada projeto.

Conforme já comentado no Capítulo 1, o conceito mais amplo de projeto deve ser entendido aqui com o sentido de “empreendimento” (em inglês, *project*), para que haja diferenciação do termo que define o conjunto de desenhos, especificações e plano de trabalho inseridos no contexto da produção, assim como a descrição do próprio processo de execução (em inglês, *design*).

No âmbito da construção, Melhado e Agopyan (1995) adotam a seguinte conceituação para projeto: “atividade ou serviço integrante do processo de construção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas especificadas para uma obra, a serem consideradas na fase de execução”.

Entre a compreensão do problema e a sistematização da solução, destacam-se importantes etapas do processo de projeto: formulação das soluções possíveis para o que foi identificado no esforço de compreensão do problema; desenvolvimento e aprimoramento das soluções; e, finalmente, o detalhamento da solução através da estruturação de procedimentos e métodos a serem aplicados. Este processo se desenvolve de forma contínua e sucessiva rumo ao aprimoramento da solução sem que haja uma nítida fronteira entre estas fases, ocorrendo, inclusive, movimentos cíclicos e interfaces múltiplas entre elas (FABRÍCIO; MELHADO, 2006).

A atividade projetual, vista isoladamente, consiste em um processo cujo resultado deve ser um conjunto de informações suficientes para a realização da produção. Ou seja, o projeto deve compreender a definição das características do bem a ser produzido e também os procedimentos e diretrizes para possibilitar a transformação dos dados de entrada no produto final, considerando, inclusive, o papel do fator humano. É desde o início, portanto, que se estabelece uma importante relação a ser incluída no estudo do processo de projeto: aquela que define a compatibilização entre as características do produto e o processo de produção.

O processo de projeto é essencial para a constituição de uma gestão voltada para a qualidade, deve estar estruturado de modo que o projeto “considere todas as facetas do produto e, ao mesmo tempo, proporcione a ele características tecnológicas adequadas, envolvendo, portanto, um conjunto extenso e complexo de conhecimentos” (MELHADO, 1997).

A estrutura básica que dá origem aos diversos modelos de processo de projeto é constituída por quatro estágios: exploração, criação, avaliação e comunicação. Esses modelos procuram descrever ou, em alguns casos, prescrever a seqüência das atividades que ocorrem durante o processo projetual (CROSS, 1994). Comparado à estrutura dos métodos de resolução de problemas, verifica-se que existem elementos essenciais que são a origem para os diversos métodos de desenvolvimento de projeto, muito embora as formas de aplicação e o desdobramento em outros modelos mais detalhados devem estar de acordo com as características específicas de cada caso (ROOZENBURG; EEKELS, 1995). Apesar de as etapas do processo projetual serem quase sempre representadas de forma seqüencial, há que se destacar que a prática demonstra a existência de interfaces entre elas e um ciclo de retorno constante para fases anteriores. Esta flexibilidade também é citada por Baxter (2001) quando este

processo é visto como um funil de decisões hierarquizadas, partindo de um cenário marcado pelo alto risco e incerteza que se reduz gradativamente (FIGURA 3).

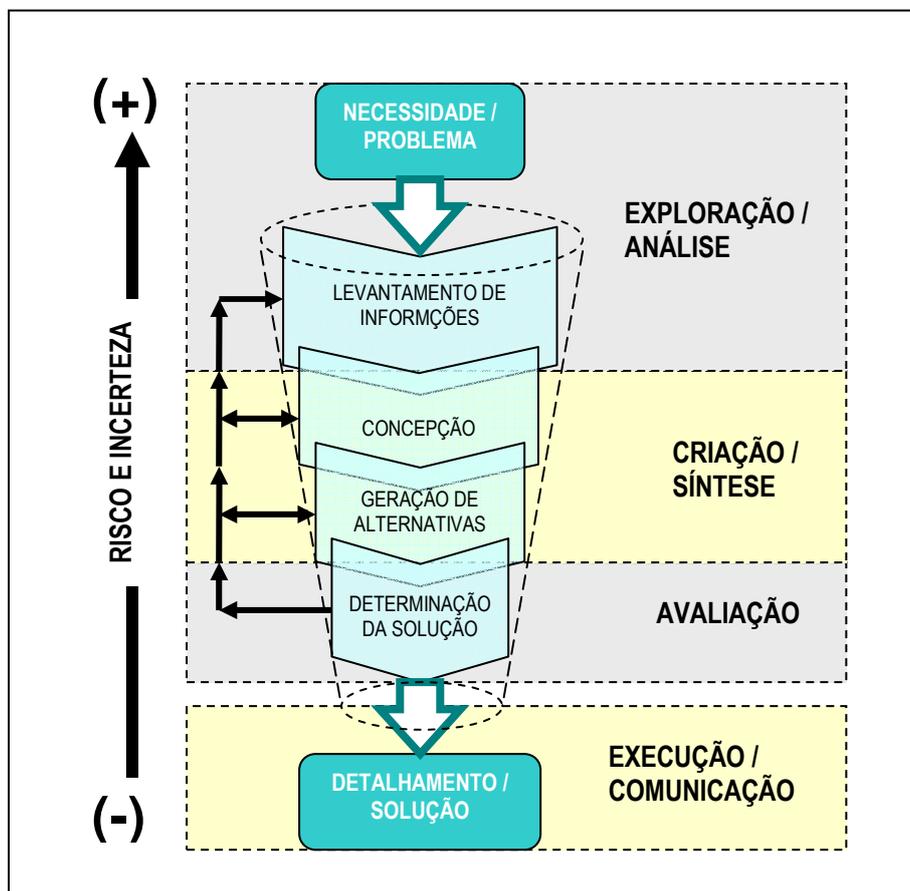


FIGURA 3 – Estrutura básica do processo de projeto
(Adaptado de CROSS, 1994; BAXTER, 2001)

A crescente complexidade dos ambientes econômico, tecnológico, social e de regulamentação tem intensificado o nível de exigências que direcionam o foco do processo de projetos para uma abordagem que prioriza o desenvolvimento integrado dos produtos (ROZENFELD, 2006). Esse enfoque apresenta-se de grande importância a partir da compreensão do papel do projeto na produção, no que se refere à capacidade de antecipar com a maior exatidão possível, todos os eventos e aspectos inerentes à atividade produtiva. A validade dessa abordagem pode ser evidenciada quando se comparam os custos efetivos, que são bem menores na fase

de elaboração dos projetos em relação à fase de produção. Além disso, sabe-se que a maior parte do custo total de um produto é definido em função das decisões tomadas na fase de projeto (FIGURA 4).

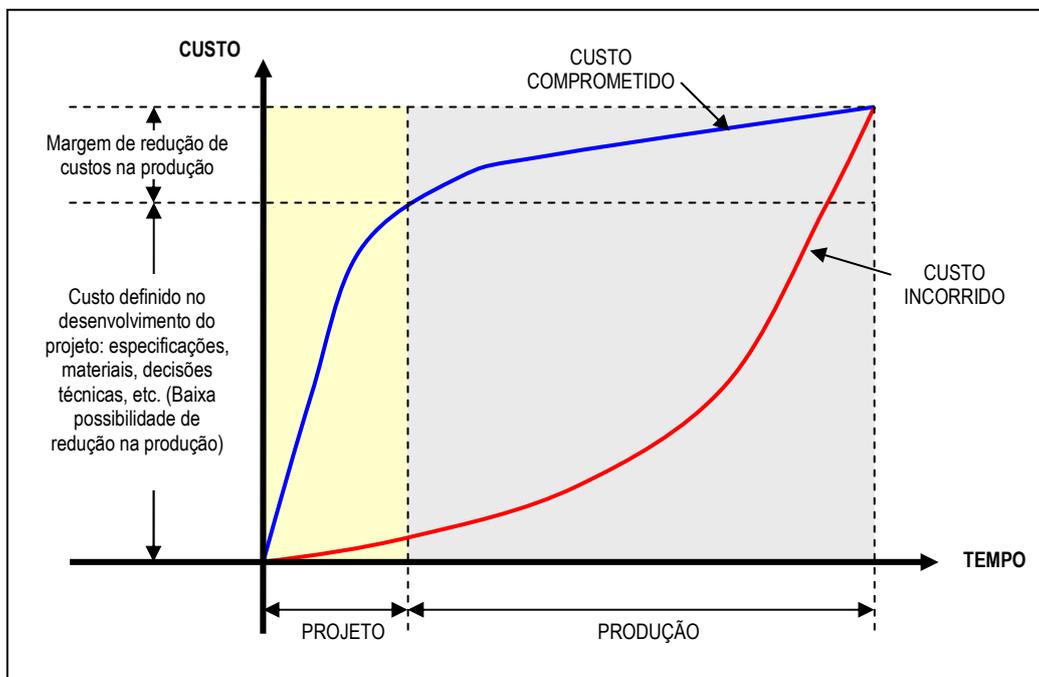


FIGURA 4 – Gráfico de comprometimento de custo (ROZENFELD, 2006)

Para cumprir os objetivos do desenvolvimento de projetos no setor da construção, é necessário encontrar soluções para reduzir a sua fragmentação, ao mesmo tempo em que a compatibilização com o processo executivo seja uma de suas prioridades. O desafio se encontra na definição de alternativas aos métodos consolidados ao longo dos anos que, muitas vezes reconhecidamente inapropriados frente às transformações ocorridas na cadeia produtiva, persistem em boa parte das áreas abrangidas pelo setor da construção. Encontram-se justificativas para esta realidade na busca do difícil e instável equilíbrio entre custo, prazo e qualidade, somado a fatores característicos como estrutura organizacional das empresas, sistemas de gestão conservadores e dificuldades no alinhamento dos interesses dos diversos intervenientes em um empreendimento de construção. Verifica-se ainda, em muitos casos, uma baixa

oportunidade de abertura para a implantação de inovações nos processos gerenciais, e em particular no desenvolvimento do processo de projeto.

Problemas que envolvem o gerenciamento de um grande número de variáveis requerem ações coordenadas que possam promover a convergência e a integração dos diversos interesses e objetivos envolvidos. Na proposta de Haugen (2000), por exemplo, o aumento da competitividade e a reorganização do processo de construção tendo o cliente como foco, inicia-se com o gerenciamento do projeto, passando ao planejamento da produção e logística, além de uma eficiente estrutura de informação capaz de unir todos os atores relacionados ao empreendimento. O autor sugere para esta rede de informações ferramentas como o CAD 4D, onde a dimensão tempo ou parâmetros qualitativos e quantitativos são adicionados ao projeto 3D através da incorporação do planejamento dos prazos de execução.

Esse capítulo concentra-se em elementos conceituais sobre a integração entre o processo de projeto e o processo de produção e seus efeitos para a qualidade do produto final e para a racionalização da produção. Os métodos para desenvolvimento de projeto são brevemente revistos, para a identificação de ferramentas compatíveis com os objetivos dos empreendimentos de construção. São vislumbradas também características gerais do setor da construção e algumas particularidades do segmento de OAE que se mostrem oportunas para a discussão e para o desdobramento deste trabalho. Ao final, são lançadas as bases para a estruturação de um sistema de referência para melhoria da qualidade do processo de desenvolvimento de projetos que será concluído com o estudo de caso.

2.2 Métodos, ferramentas e tecnologia no desenvolvimento de projetos

O avanço tecnológico, sendo um fator que alimenta o ciclo desenvolvimentista da humanidade, ao mesmo tempo em que demanda produtos mais complexos, oferece instrumentos e conhecimento para a concepção e produção de produtos cada vez mais elaborados. A atividade projetual é também um processo de transformação (SLACK; CHAMBERS; JHONSTON, 2002), cujo produto é o projeto, constituído pelo conjunto de especificações do produto e de informações e procedimentos para a produção. O desenvolvimento de projetos complexos exige métodos capazes de reunir

diversas competências para atender a todos os usuários situados ao longo da cadeia produtiva, reduzir custos e prazos, o que dá significado ao conceito de qualidade.

Estendendo-se nestas questões, Romeiro (2004) define os usuários a serem considerados nesse processo como sendo os clientes, fornecedores, produtores, vendedores e a sociedade como um todo. O sucesso de um produto, segundo o autor, não está apenas nas características estéticas e funcionais que irão de encontro aos anseios destes usuários, mas também na antecipação da disponibilidade em relação aos concorrentes e na incorporação de uma série de outros parâmetros com capacidade de agregar valor. Assim, reforça-se a importância da metodologia do projeto na medida em que improvisações e erros decorrentes do processo projetual são cada vez menos suportados.

Frente à importância do desenvolvimento do produto para, no tempo ideal, atender uma necessidade ou despertar o interesse do mercado, verifica-se a necessidade de conhecimento especializado, trabalho sistemático e aplicação de uma metodologia amparada por medidas organizacionais voltadas para a obtenção de boas soluções (PAHL *et al.*, 2005).

Ao tratar o papel da metodologia de projeto no contexto de desenvolvimento de produto, pode-se considerar o seguinte:

“Por metodologia de projeto, entende-se um procedimento planejado com indicações concretas de condutas a serem observadas no desenvolvimento e no projeto de sistemas técnicos, que resultaram de conhecimentos na área da ciência de projeto e da psicologia cognitiva e também das experiências com diferentes aplicações. Disto fazem parte os procedimentos para interligação de etapas de trabalho e fases do projeto tanto pelo conteúdo quanto pela organização, que de maneira flexível são adaptados ao respectivo problema. É necessária a observância dos objetivos gerais e a definição de regras e princípios (estratégias), especialmente para a configuração, bem como de métodos para solução de problemas de projeto ou subtarefas específicas” (PAHL *et al.*, 2005).

Os autores destacam também que o emprego de uma metodologia para o processo de desenvolvimento de projeto não implica no cerceamento da intuição e da criatividade do projetista. Espera-se que, com o projeto metódico, haja uma racionalização eficaz

do processo de projeto e produção através da estruturação dos problemas e atividades, resultando em soluções consolidadas para intensificar a capacidade de produção e concepção.

Ocorre que, na conjuntura atual, as estratégias competitivas para o ciclo produtivo (incluídas as etapas de projeto e produção), abrangem, quase que invariavelmente, minimização de custos, redução de prazos, aumento da qualidade de produtos e processos e foco nos interesses dos clientes. Não por acaso, estes esforços são coincidentes com os objetivos da Engenharia Simultânea (*Concurrent Engineering*), uma abordagem sistêmica para melhoria de desempenho de processos, surgida na década dos anos oitenta como alternativa ao sistema produtivo seqüencial e em resposta à necessidade de se obter qualidade, flexibilidade e integração de atividades e sistemas (HARTLEY, 1998).

2.2.1 Engenharia Simultânea

O desenvolvimento da teoria da Administração Científica (TAYLOR, 1990) no início do século passado, representa o marco inicial da gestão da produção em substituição às técnicas artesanais até então predominantes. A divisão racional do trabalho e produção, a prescrição de normas e regulamentos que incorporam o conceito do *best way*¹, além de uma estrutura hierárquica rígida, são características essenciais desse modelo de gestão. A especialização do trabalho e a criação de departamentos na estrutura administrativa das empresas deram origem a processos seqüenciais, verificando-se contribuições de cada área de competência sendo agregadas ao longo de um fluxo linear que, mesmo sendo aperfeiçoado pelos conceitos de racionalização, não permite uma visão holística do processo.

Na medida em que os produtos se tornaram mais complexos, o desenvolvimento dos projetos e os processos que envolvem a produção também passaram a consumir mais tempo, ou seja, houve um aumento do *lead time*. Concomitantemente à complexidade crescente dos sistemas produtivos, observa-se a acirramento da competição, onde o lançamento de um novo produto antes do concorrente significa colocar-se em

¹ A ênfase na eficiência, um dos princípios da “organização racional do trabalho”, considera que existe uma única maneira certa de executar uma tarefa (*the best way*). Para descobri-la, a administração deve empreender um estudo de tempos e métodos, decompondo os movimentos das tarefas executadas pelos trabalhadores (TAYLOR, 1990).

vantagem na disputa. Assim, surge a necessidade de reduzir o ciclo de desenvolvimento de produtos através da otimização dos recursos e da integração dos processos de projeto e produção.

Além disso, a tendência da divisão das especialidades presente na administração clássica é responsável pela separação entre atividades de desenvolvimento de projeto e execução, ponto crítico identificado neste estudo, tendo como foco o setor da construção. Essa abordagem, na qual o projeto e a execução são tomados como etapas independentes, resulta no conhecido modelo de engenharia “por cima do muro”, ou seja, depois de prontos, os projetos são entregues ao setor da produção que deverá executá-los. Este modelo contrasta fortemente com a idéia de inter-relacionamento das partes envolvidas em um empreendimento, fator necessário para se pensar a qualidade desde o começo do processo (concepção e desenvolvimento de projeto), um princípio fundamental da Engenharia Simultânea (HARTLEY, 1998).

Os elementos essenciais da Engenharia Simultânea podem ser identificados na indústria japonesa nas décadas que se seguiram ao fim da Segunda Guerra Mundial. No entanto, o conceito atual de Engenharia Simultânea se consolida apenas na segunda metade da década de 1980 (FABRÍCIO, 2002).

Precisamente, a Engenharia Simultânea teve suas origens no estudo realizado pelo DARPA², com início em 1982 e cujo resultado foi o trabalho publicado 1988 por Winner *et al.* Na definição desses autores, a Engenharia Simultânea é uma abordagem sistemática para o desenvolvimento integrado e paralelo do projeto de um produto e os processos relacionados, incluindo manufatura e suporte. Essa abordagem procura fazer com que as pessoas envolvidas no desenvolvimento considerem, desde o início, todos os elementos do ciclo de vida do produto, da concepção ao descarte, incluindo qualidade, custo, prazos e requisitos dos clientes (WINNER *et al.*, 1988 *apud* KHALFAN; ANUMBA, 2000).

A partir dessa definição surgiram várias outras, sempre com ênfase em uma ou outra dimensão comprometida com os objetivos de cada área em questão, devido ao grande potencial de abrangência da Engenharia Simultânea.

² DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) é uma agência do Departamento de Defesa dos Estados Unidos responsável pelo desenvolvimento de novas tecnologias para uso militar.

Para Hartley (1998), a Engenharia Simultânea pode, a princípio, ser aplicada com benefícios para qualquer tipo de processo produtivo, independente do porte da organização ou ramo de atividade. Essa flexibilidade permite, por outro lado, variações nas definições e abordagens da Engenharia Simultânea, que se adaptam conforme os objetivos, o ambiente produtivo e necessidades levantadas. Contudo, Fabrício (2002) faz uma apuração de elementos fundamentais frequentemente identificados nos campos conceitual e prático, em torno desse paradigma:

- Valorização do projeto: destaca a importância do projeto na obtenção da qualidade do produto e eficiência do processo produtivo, considerando que esta fase deve reunir as especialidades envolvidas para a geração de soluções integradas e antecipar mudanças que podem causar efeitos negativos caso ocorram em etapas mais adiantadas do processo de desenvolvimento do produto;
- Seqüência das atividades de projeto: busca o paralelismo das atividades, ressaltando as interfaces existentes e possibilitando redução de prazos; permite, principalmente, a integração entre projeto e produção, uma vez que o processo produtivo deve ser considerado no desenvolvimento do projeto, garantindo assim a compatibilidade entre as definições de projeto e os métodos de produção;
- Equipes multidisciplinares de projeto: visa reunir as diferentes perspectivas dos diversos atores envolvidos, posicionados ao longo do ciclo de vida do empreendimento, para que sejam contempladas todas as suas expectativas, reduzidos os conflitos por deficiência no fluxo de informações e para que os esforços sejam canalizados para as questões relevantes na busca dos objetivos;
- Estrutura organizacional e interatividade nas equipes de projeto: a estrutura organizacional verticalizada não favorece a interatividade necessária para a prática da Engenharia Simultânea, o que sugere a diminuição de níveis hierárquicos e a formação de equipes compostas de pessoas das diversas competências e departamentos, incluindo representantes da área de produção;

- Tecnologia da informação: o fluxo de informação é fator crítico na Engenharia Simultânea, o que incentiva a utilização de recursos tecnológicos que deverão atuar na disseminação das informações entre todos os interessados, na facilitação da compreensão do conteúdo da informação e no processo decisório, devendo-se destacar o papel das ferramentas baseadas em CAD (*Computer Aided Design*);
- Coordenação de projetos: no caso de projetos complexos, o grande número de especialidades e interesses que concorrem em um mesmo empreendimento exigem a atividade de coordenação para promover a integração do processo projetual e mediar questões conflitantes;
- Satisfação do cliente: através de ferramentas específicas, como, por exemplo, o QFD (*Quality Function Deployment*), a Engenharia Simultânea deve orientar-se desde o princípio para identificar e satisfazer as necessidades dos clientes e do mercado.

A implantação da Engenharia Simultânea pode não ser uma tarefa simples, já que deve alcançar a organização como um todo, exigindo também o rompimento de paradigmas relacionados à estrutura, cultura e gestão organizacional. Estudos citados por Del Rosário *et al.* (2004) identificam os fatores críticos para a implantação da Engenharia Simultânea: o forte comprometimento da gerência; a formação de equipes multidisciplinares; programa de treinamento intensivo; o emprego de recursos e ferramentas adequados; o envolvimento no processo, o quanto antes, de fornecedores e clientes.

A rigidez no sistema de gerenciamento de organizações excessivamente burocratizadas dificulta a adoção de mudanças profundas ou cujos resultados não possam ser demonstrados em valores numéricos, como ocorre, por exemplo, em grande parte do setor da construção. Esse tipo de conduta pode ser ao mesmo tempo, uma das causas do atraso em tecnologia de processos desse setor quando comparado a outros segmentos industriais, ou a tática mais adequada diante de empreendimentos altamente distintos entre si, sujeitos a variações ambientais de todo gênero e que demandam investimentos expressivos em meio a elevados níveis de incerteza.

No caso do setor da construção, a Engenharia Simultânea apresenta-se como instrumento de grande potencial para promover a melhoria de fatores críticos tais como a fragmentação do processo de projeto, a baixa qualidade verificada nos produtos e serviços, além de possibilitar a redução de prazos e custos dos empreendimentos. Para isso, contudo, é necessário que haja a correta adaptação dos modelos e ferramentas desenvolvidos em outros setores industriais, como o de manufatura e tecnologia da informação, para as necessidades da indústria da construção (KHALFAN; ANUMBA, 2000).

A prática de novos processos da indústria da construção baseados nos princípios da Engenharia Simultânea podem, efetivamente, significar também a superação de problemas como a dissipação das informações vitais para cada fase do ciclo de vida dos empreendimentos. Isso torna-se possível através do compartilhamento das informações, que devem estar disponíveis a todos os envolvidos ao longo das etapas de projeto, construção, operação, manutenção e demolição. O gerenciamento do fluxo de informação é, pois, fundamental quando os empreendimentos de construção estão cada vez mais sofisticados, com as soluções técnicas e econômicas sendo buscadas e implementadas em escala global, demandando o uso de sistemas capazes de integrar o grande volume de dados gerados nos processos de construção (BOUCHLAGHEM; KIMMANCE; ANUMBA, 2004). Os autores afirmam que, além da gestão do fluxo de informação, essa abordagem pode incentivar o emprego de inovações baseadas em tecnologia que possam conferir melhoramentos para a competitividade das empresas de projeto e construção.

Em suma, os principais objetivos da Engenharia Simultânea são: o encurtamento do ciclo de desenvolvimento de produto, diminuição de custos e aumento da qualidade, o que engloba o direcionamento do foco para as necessidades do cliente, além da consideração sistemática de todo o ciclo de vida do produto, passando pela concepção, produção, operação e descarte e/ou readaptação. Para alcançar estes objetivos, a filosofia da Engenharia Simultânea utiliza métodos e ferramentas integrados, desenvolvidos com propósitos específicos para diversas áreas da engenharia, mas que apresentam em comum a busca da melhoria da qualidade do produto e de processos. Podem ser citados, por exemplo, o QFD (*Quality Function Deployment*), o FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*) e o DSM (*Design Structure Matrix* ou *Dependency Structure Matrix*) como ferramentas que vêm sendo empregadas em estudos ou aplicadas em diversos setores produtivos.

O Desdobramento da Função Qualidade (QFD) é uma técnica utilizada no desenvolvimento de produto que busca identificar as reais necessidades dos clientes e, conforme visto, atender um dos principais objetivos da Engenharia Simultânea. Através do trabalho coletivo, o QFD se propõe alcançar uma maior qualidade do produto através da conciliação entre as características do produto, os parâmetros dos processos produtivos e as necessidades dos clientes. Cheng (1995) apresenta detalhadamente esta metodologia e suas aplicações.

O FMEA, ou Análise dos Modos e Efeitos das Falhas, é um método analítico aplicado a projetos do produto e de processos para detectar potenciais falhas, suas causas e conseqüências e propor ações que possam eliminar ou minimizar a possibilidade de que venham ocorrer de fato. O objetivo dessa ferramenta está direcionado para o aumento da qualidade através da dimensão confiabilidade em projetos de produto e processos produtivos ou administrativos, novos ou existentes. Helman e Andery (1995) discutem as aplicações do FMEA, os passos que devem ser percorridos para sua implantação e os benefícios que pode oferecer na análise de projetos de produtos ou processos. Vanni (1999) apresenta um exemplo de aplicação no setor da construção predial, onde se percebe a mobilização de esforços para reduzir a grande incidência de falhas em projetos.

A integração entre os processos de projeto e produção no setor da construção revela que sua efetivação depende prioritariamente de um planejamento adequado e do gerenciamento do fluxo de informações. A ferramenta DSM, ou Matriz da Estrutura de Projeto, se propõe a avaliar o impacto que cada uma das diversas atividades do projeto exerce sobre as demais, através de uma matriz para a comunicação clara das interações, interfaces e vínculos entre os subsistemas da produção, definindo assim, a necessidade de coordenação e favorecendo o gerenciamento em ambiente de Engenharia Simultânea (PERALTA; TUBINO, 2002). A matriz se constitui de uma lista de atividades disposta em linhas e colunas na mesma ordem, onde são assinalados os relacionamentos entre as atividades nas células da interseção. Segundo Maheswari e Varghese (2005), o DSM ainda é pouco aplicado em projetos de construção, embora esta ferramenta tenha sido identificada como sendo de grande potencial para o gerenciamento de projetos onde seja necessário representar os vínculos de atividades interdependentes. Destacam-se ainda as vantagens e capacidades do DSM em promover a redução do prazo do empreendimento. Isso porque é facilitada a visão sistêmica, o que possibilita a antecipação dos efeitos gerados sobre o cronograma

pela reorganização de recursos e mudanças na seqüência das atividades. Consegue-se, com isso, eliminação de iterações e ciclos desnecessários, bem como uma maior simultaneidade entre as atividades (OGLIARI, 2000 *apud* PERALTA; TUBINO, 2002).

Por estarem mais proximamente relacionadas com os objetivos deste trabalho e sua unidade de pesquisa, destaca-se ainda o DFX (*Design for X*) e o CAD (*Computer Aided Design*). Em nenhum dos casos, porém, pretende-se esgotar o tema, mas sim identificar os conceitos e procedimentos que podem contribuir com os interesses e objetivos do presente trabalho.

2.2.2 Ferramentas DFX (*Design for X*)

Um bom projeto deve ser capaz de prever os efeitos que a criação de um novo produto produz em seu ambiente, as transformações que ocorrem ao longo do seu ciclo de vida, além de garantir um desempenho satisfatório em todos os aspectos. A metodologia DFX (*Design for X*) foi desenvolvida para auxiliar na avaliação destes impactos e orientar a tomada de decisões no início do processo de projeto. Nesta abordagem, o “X” pode assumir um dos diversos critérios que determinam o desempenho do que se está produzindo (qualidade, confiabilidade, respeito ao meio ambiente, manufatura, reciclagem, etc.) desde a concepção até o descarte ou reciclagem, ao mesmo tempo em que reduz custos na produção e ao longo do ciclo de vida (ROZENFELD, 2006).

Sendo um dos mais efetivos meios para a implantação dos preceitos da Engenharia Simultânea, a tecnologia de projeto DFX, como ferramenta para o desenvolvimento de projeto, parte de um modelo genérico para abranger as múltiplas necessidades do processo, identificando os fatores intervenientes, analisando as interfaces entre produtos e processos, diagnosticando pontos fracos e realizando melhorias. Além disso, as abordagens DFX visam auxiliar na avaliação dos efeitos relativos ao ciclo de vida do produto em função das decisões de projeto (HUANG, 1996).

Huang *op. cit.* justifica o emprego do DFX pela real possibilidade em se obter benefícios em várias frentes do sistema produtivo tais como, aumento da competitividade, racionalização das decisões no projeto de produtos, processos e recursos, influência na eficiência operacional no desenvolvimento de produtos. As

funções atribuídas aos métodos DFX, podem ser resumidas a partir de um modelo básico, do qual são derivadas todas as demais abordagens para cada critério específico (FIGURA 5).

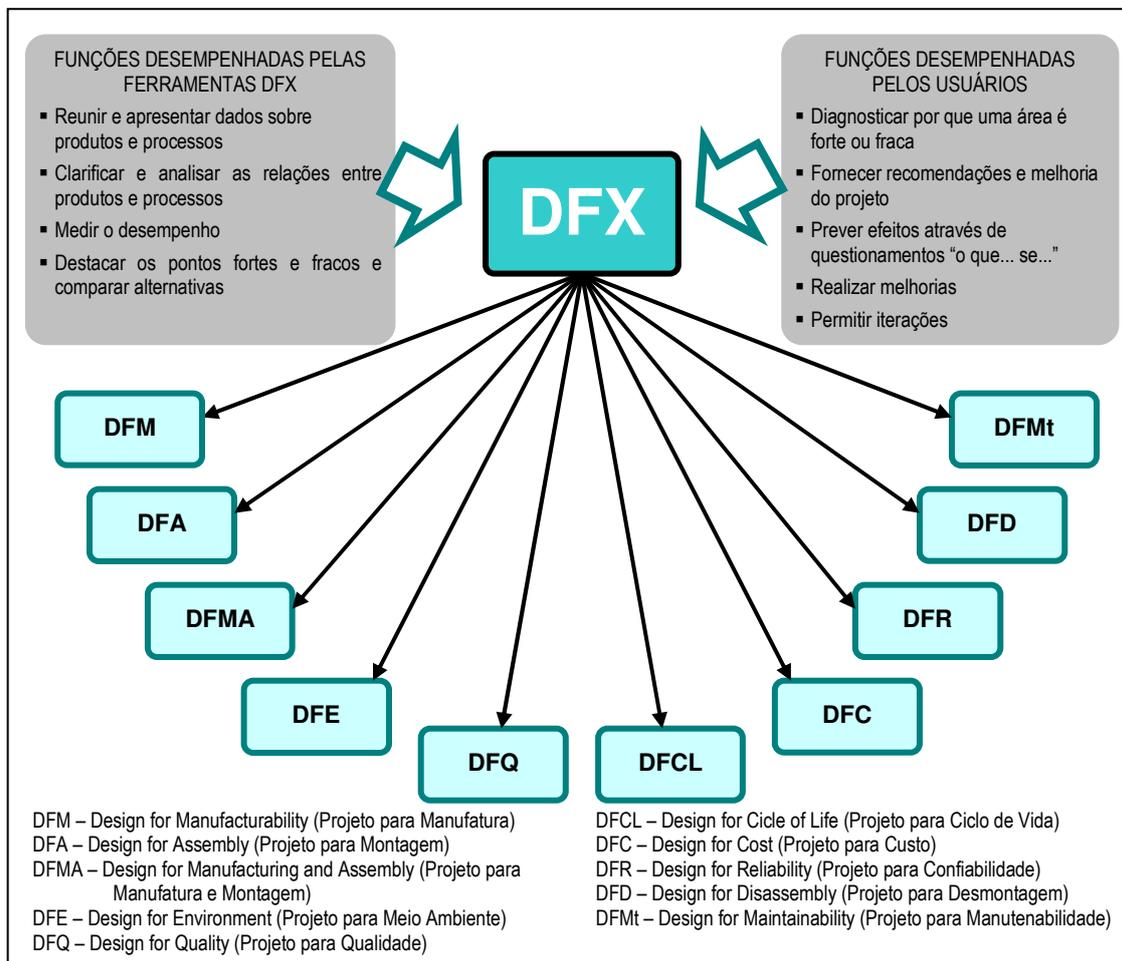


FIGURA 5 – Principais funcionalidades da metodologia DFX
(Adaptado de HUANG, 1996)

Dentre as ferramentas baseadas em DFX, o método DFM (*Design for Manufacturability*) apresenta-se como dos mais importantes no caso da abordagem de problemas relacionados à falta de integração entre projeto e produção. As bases do DFM estão fundamentadas na consideração do projeto de forma abrangente, pensando antecipadamente em soluções alternativas e concentrando esforços nas fases iniciais do processo. Esse procedimento sistemático, primeiramente estabelece

diretrizes para a tomada de decisões para, em um segundo momento, determinar procedimentos que passam gerar ganhos de produtividade, eliminação de retrabalho e redução de custos (BOOTHROYD, 1996).

Sobre o método DFM, Ulrich e Eppinger (2004) afirmam ser este um esforço integrado cujo objetivo é reduzir os custos de produção sem comprometer a qualidade. Os autores definem os cinco passos que constituem a metodologia DFM, mostrados no diagrama da FIGURA 6.

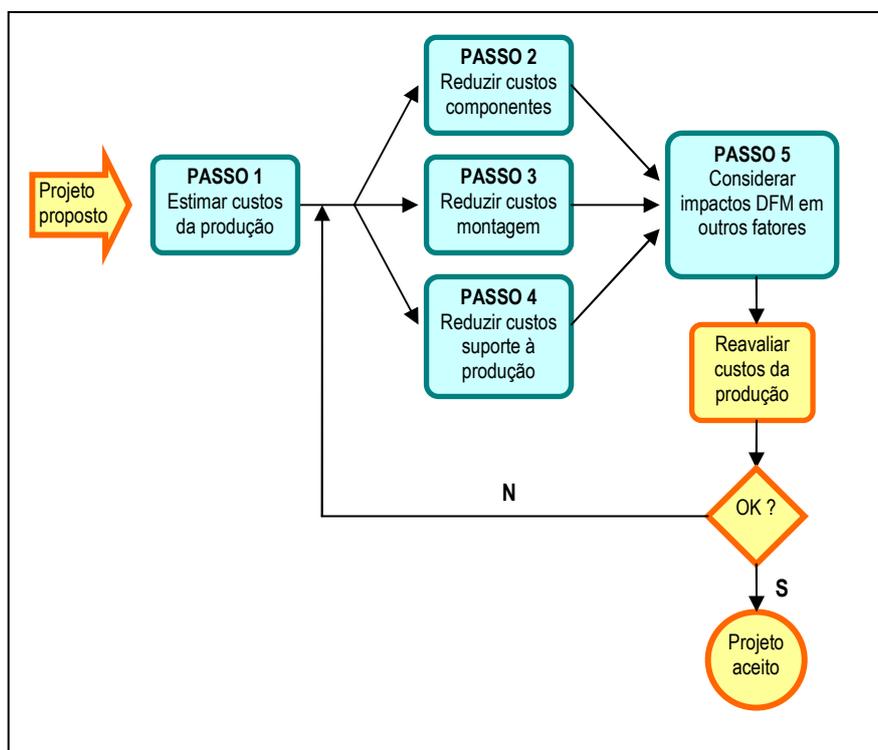


FIGURA 6 – Estrutura da metodologia DFM (ULRICH; EPPINGER, 2004)

Para Rozenfeld (2006), o DFM define a relação do projeto do produto com o sistema produtivo, estabelecendo critérios que possam garantir a integração entre ambos, o que determina que “o projeto do produto e o projeto do processo não podem, de modo algum, ser tratados como entidades separadas”.

Considera-se essa é a conclusão essencial que a abordagem DFX apresenta como contribuição para a proposta de integração entre projeto e produção no contexto do setor da construção.

2.2.3 Tecnologia e inovações tecnológicas

Os termos “tecnologia”, “inovação tecnológica” ou “avanço tecnológico” são utilizados corriqueiramente para descrever cenários atuais ou futuros, e estão, definitivamente, presentes em qualquer campo de aplicação da engenharia.

A tecnologia pode ser entendida como “o conjunto ordenado de conhecimentos científicos, técnicos, empíricos e intuitivos empregados no desenvolvimento, na produção, na comercialização e na utilização de bens ou serviços” (VALERIANO, 1998). O autor considera que a inovação tecnológica é o processo que leva uma nova idéia à aplicação corrente. Assim, o progresso tecnológico ocorre essencialmente por melhoramentos sucessivos, marcado por um processo evolutivo ao longo do tempo ou pelo surgimento de novas tecnologias, que substituem as existentes com vantagens consideráveis (FIGURA 7).

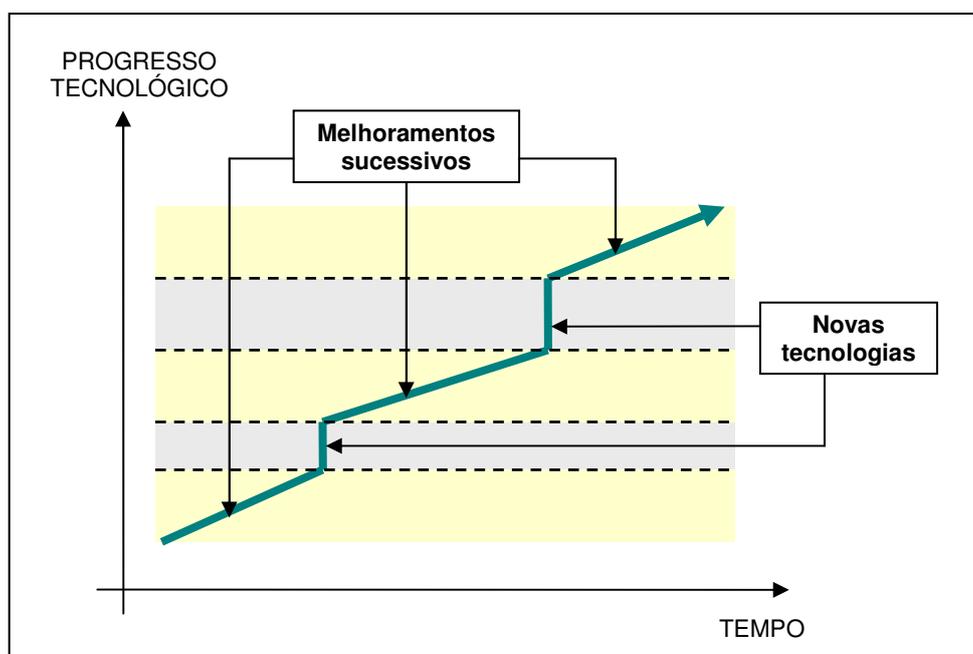


FIGURA 7 – Novas tecnologias e progresso tecnológico

As novas tecnologias podem significar pontos de ruptura e mudanças de paradigmas em um determinado campo do conhecimento. Um desses momentos que pode ser considerado dos mais marcantes para a engenharia está no uso intensivo do computador.

No caso de projetos voltados para construção, observam-se grupos específicos de sistemas para computadores utilizados, por exemplo, na análise estrutural, geração de desenhos e no gerenciamento do fluxo de informação. Rezende (2004), por exemplo, ao investigar alguns dos principais *softwares* para cálculo estrutural, destaca como pontos positivos de sua utilização o aumento da precisão dos resultados e os recursos gráficos incorporados.

Perante a necessidade de melhorar os níveis de produtividade em um ambiente multidisciplinar, o tratamento do fluxo de informações é considerado crítico para o sucesso do empreendimento (NASCIMENTO; SANTOS, 2003). No entanto, pode acontecer de o uso do computador no desenvolvimento de projetos representar apenas um ganho quantitativo e não qualitativo. Isso ocorre quando a implantação dos sistemas computacionais não são devidamente planejados e seguidos de adequações na estrutura do trabalho para que haja assimilação e aperfeiçoamento da nova tecnologia (BRANCO, 2004).

É o que parece acontecer com os sistemas CAD usados na elaboração de desenhos para a construção ao se perceber um aumento significativo da produtividade em comparação ao método manual de desenho em pranchetas. O uso de *softwares* CAD como “prancheta eletrônica” trouxe consigo também algumas novas rotinas que, em alguns casos, constituem fonte de problemas e erros em projetos. O aumento da velocidade do processo que, por um lado melhora a produtividade, de outro lado permite que detalhes específicos de cada projeto passem despercebidos mais facilmente. A facilidade no tratamento e compartilhamento de arquivos de desenhos é uma poderosa função de integração, mas também permite que, com o domínio da ferramenta, o conhecimento técnico seja menos valorizado. Contudo, é inegável que uma nova tecnologia como o CAD revolucionou a elaboração de projetos através do uso do computador, mesmo que esta ferramenta seja subutilizada em grande parte dos casos.

Nesse sentido, Romeiro (1997) destaca que o conceito de CAD é bem mais amplo do que sistemas de computador que executam funções gráficas de detalhamento de

projetos. Como principal vantagem da implantação do CAD, o autor cita a redução do ciclo de projeto e propõe sua utilização como ferramenta para gerenciamento do fluxo de informações, geração de banco de dados e integração de grupos multidisciplinares no processo de desenvolvimento de projetos. Em outro artigo, Romeiro (1999) estabelece a relação de contribuição do CAD na aplicação da Engenharia Simultânea que, além das funções já citadas, somam-se a flexibilização e agilização das atividades, redução de incompatibilidades e multiplicação de soluções no processo projetual.

Mais recentemente, a tecnologia conhecida como *Building Information Modeling* (BIM), surge como uma mudança radical para o processo de projeto e também se insere no conjunto de ferramentas dirigidas para o que preconiza a Engenharia Simultânea, ao permitir o trabalho cooperativo das equipes de projetos através do gerenciamento das informações (FERREIRA, 2007).

O conceito de Modelagem de Informações para a Construção utiliza *softwares* que organizam todas as informações relativas ao projeto, tanto dados geométricos quanto textuais, em um único documento. Assim, a representação gráfica passa a incorporar também características do material, quantidades e especificações que podem ser apresentadas pelo programa como quadros de resumo. Com o BIM, os projetos são elaborados em três dimensões e, além de reunir as diversas especialidades e facilitar a verificação das interferências, todas as visualizações são geradas automaticamente e se atualizam conforme são introduzidas as modificações (FARIA, 2007).

Para Scheer *et al.* (2007), os sistemas que utilizam a tecnologia BIM possibilitam uma melhoria na análise dos dados e no processo de tomada de decisão, porque os envolvidos no projeto trabalham de forma integrada e simultânea. Destacam ainda que as informações são armazenadas para abranger todo o ciclo de vida do projeto, ou seja, concepção, operação, manutenção e gerenciamento.

Por último, há que se mencionar também os efeitos negativos e problemas ergonômicos que podem ser associados ao uso de tecnologias criadas, à princípio, para “facilitar” o desempenho do trabalho. Ao contrário do que se previa, as inovações tecnológicas não proporcionaram incremento na qualidade de vida das pessoas com a diminuição da carga de trabalho. O que se verifica, na verdade, é um ritmo mais intenso seguido de exigências de novos conhecimentos, habilidades, atitudes, além de possibilitar maior controle sobre o indivíduo, fatores que devem ser considerados em

contraposição aos inegáveis benefícios proporcionados pela tecnologia (PALMISANO, 2006).

2.3 O contexto dos projetos no setor da construção

Estudos demonstram, em várias situações, que os projetos podem ser apontados como uma das principais fontes de problemas, especialmente no setor da construção (MELHADO; AGOPYAN, 1995; ANDERY; VANNI; BORGES, 2000; THOMAZ, 2001). As **falhas de projetos** se manifestam no produto, tais como baixa durabilidade, falhas estruturais e funcionais, ou no processo executivo quando emergem interferências físicas, incompatibilidade de processos e ausência de informações.

Kehl (2004) identifica algumas das deficiências normalmente encontradas em projetos de construção, que concorrem com outros fatores para a afirmação de uma reputação de ineficiência do ponto de vista da qualidade e produtividade:

- O projeto apresenta “o que” construir, mas não define “como”, ficando esta parte a cargo dos executores que, não possuindo tempo, hábito ou capacidade para planejar a execução, têm na improvisação sua principal ferramenta;
- O projeto não define tolerâncias e parâmetros de aceitação e qualidade, gerando retrabalho, desperdício e maior consumo de materiais;
- O projeto não quantifica materiais e recursos necessários, dificultando o controle e levando à baixa produtividade;
- Ausência de informações sobre tecnologias dos processos de construção e da logística que integra as diversas etapas construtivas.

O primeiro item acima trata diretamente do conceito de “**projeto para produção**” raramente contemplado no conjunto de projetos voltados para construção. Os demais itens correspondem a informações técnicas ou administrativas que, quando disponíveis, encontram-se dispersas nas diversas especialidades de projetos, o que dificulta o gerenciamento desses dados e a sua correta aplicação ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Muito dos demais problemas identificados, encontram

correspondência na cultura conservadora presente no setor, visão de curto prazo e aspectos particulares tais como ciclo de produção muito longo, dependência de múltiplas especialidades em um único empreendimento, alta variabilidade e baixo volume de produção.

A necessidade de interação entre as diversas especialidades e interesses, não raro conflitantes, é discutida através do papel da **coordenação de projetos**, cujos objetivos são, dentre outros, o gerenciamento do fluxo de informações, a compatibilização dos interesses de todos os envolvidos (projetistas, construtores, fornecedores, clientes, etc.), garantir o cumprimento de normas técnicas e legais, além de minimizar e solucionar conflitos.

O problema central abordado nesse trabalho, a falta de integração entre projeto e produção, impacta diretamente na **construtibilidade** do empreendimento, que enfatiza o uso eficiente e econômico dos recursos para melhorar a facilidade e segurança do processo construtivo. Como já foi destacado, o processo construtivo deve ser pensado durante o desenvolvimento do projeto para que problemas como incompatibilidade entre projeto e execução, não sejam causadores de aumento de custos e para que estejam contemplados todos os quesitos que definem a qualidade pelo seu conceito mais abrangente.

Essa abordagem requer que projetos de construção considerem aspectos cuja importância é crescente nos últimos tempos e que se referem ao impacto ambiental causado pela exploração de recursos naturais e a geração de detritos. Neste sentido, destaca-se a questão do projeto sustentável e a aplicação dos conceitos de *Lean Production* direcionadas para a construção (**Construção Enxuta**), uma proposta que visa minimizar o impacto do setor da construção no meio ambiente, além da racionalização da produção e aumento da produtividade.

Em resumo, esse tópico visa fazer uma breve abordagem de alguns dos requisitos essenciais para a qualidade no contexto dos projetos do setor da construção, assim como salientar os problemas e características mais importantes que se alinham com as proposições defendidas ao final do trabalho.

2.3.1 Aspectos gerais da qualidade

Simplificadamente, a literatura considera qualidade como “satisfação do cliente”, deixando espaço aberto para a inclusão dos atributos que devem ser percebidos como importantes para todo aquele que se coloca na posição de cliente, ou seja, quem é afetado de alguma maneira (direta ou indiretamente) pelo produto ou processos envolvidos na sua produção (CARPINETTI; ROSSI, 1998).

Para Juran (1992), “satisfação do cliente é um resultado alcançado quando as características do produto correspondem às suas necessidades” e está diretamente associada à satisfação com o produto ou serviço.

Produzir com qualidade é, atualmente, mais uma necessidade indispensável para sobrevivência do que um diferencial competitivo. A evolução dos serviços, simultaneamente à ampliação do conceito de qualidade levou à necessidade de se desenvolver sistemas de gestão, cujos objetivos são alcançar, aprimorar e garantir a qualidade.

Por isso, a qualidade deve ser vista atualmente de forma abrangente, contemplando requisitos de segurança, características ergonômicas e de utilização, reciclagem e disposição final, assim como os custos de produção e operação. Embora a qualidade não possa ser testada, é necessário que seja projetada e implementada com vistas a atender o mercado (PAHL *et al.*, 2005).

O movimento pela melhoria pela qualidade foi iniciado no Japão a partir da década de 1950 devido à necessidade de suas indústrias se recuperarem no ambiente econômico abalado pela Segunda Guerra Mundial. O modelo japonês lançou as bases da gestão por processos, o foco no cliente e evoluiu das ações que visavam a melhoria da qualidade e produtividade até os métodos de Controle da Qualidade Total (*Total Quality Control*), segundo os quais a qualidade deve ser responsabilidade de toda a organização, a prevenção de falhas e não-conformidades geram economia, o trabalho em equipe deve ser valorizado, a melhoria dos processos deve ser contínua em busca da meta “zero defeito”. Além disso, o TQC amplia o conceito de cliente para antes e depois do processo de produção (fornecedor e pós-venda, respectivamente) e muda a perspectiva da qualidade de custo para investimento.

Com o intuito de criar um padrão de referência mundial para a implantação da gestão, garantia e sistemas da qualidade, surgem as normas ISO³ no final da década de 1980 que estabelecem os requisitos que devem ser implantados e praticados para que uma organização obtenha o certificado da *International Organization for Standardization* (ISO) que atesta sua conformidade com os procedimentos da norma no que tange aos padrões de qualidade definidos. Figueiredo (2006) apresenta detalhadamente as origens da ISO, assuntos relacionados à normalização, assim como os desdobramentos das diversas normas de acordo com seus objetivos.

A busca pela qualidade é, essencialmente, a maneira pela qual as organizações contemporâneas se mantêm competitivas. A competitividade está sujeita a fatores internos, estruturais e sistêmicos, sendo que a normas ISO, com frequência, possuem alcance limitado sobre os dois últimos fatores, devido à sua dimensão e complexidade.

Mainieri (1998), por exemplo, considera que a implantação da norma ISO 9001 possibilita ações de melhoria ao padronizar as atividades e induzir a uma visão sistêmica da organização. Ainda assim, a melhoria do desempenho competitivo que as empresas buscam no seu dia-a-dia está muito mais relacionada ao ambiente particular do negócio, às habilidades e conhecimento técnico dominado pela empresa e pela estratégia de atuação, fatores estes que são muito pouco afetados pela simples certificação.

De fato, Ishikawa, um dos precursores do movimento pela qualidade total no Japão do pós-guerra, considerando o TQC como uma revolução do pensamento administrativo, atentou para esta questão. Segundo sua definição, o controle da qualidade deve envolver o desenvolvimento, projeto, produção e serviço com ênfase na satisfação das necessidades do cliente, o que significa ir além da implantação de padrões e especificações que devem ser verificados periodicamente para atestar se estes estão sendo seguidos adequadamente (ISHIKAWA, 1985).

A eficácia da implementação de sistemas de garantia da qualidade estruturados a partir das normas ISO, com a conseqüente certificação das empresas, tem sido objeto de estudos e discussões, sendo que a literatura apresenta visões antagônicas sobre o

³ ISO 9000 – Normas de gestão da qualidade e garantia da qualidade (conjunto genérico de normas para o desenvolvimento e implantação de sistema da qualidade).
ISO 9001 – Sistema da qualidade: Modelo para garantia da qualidade em projeto, desenvolvimento, produção, instalação e serviços associados (MAINIERI, 1998; THOMAZ, 2001)

tema (ROMANO, 2000). Assim, por exemplo, Dissanayaka *et al.* (2001), em sua pesquisa sobre a implementação da ISO 9001 em construtoras na Austrália e Hong Kong, destacam o fato de que os benefícios dessa implementação não foram significativos, e orientaram-se, sobretudo à melhoria dos sistemas de administração interna das empresas. Por outro lado, Melles (1994) chama a atenção para o fato de que, quando feita em um ambiente sinérgico e colaborativo, onde se nota um efetivo compromisso com a qualidade, os sistemas baseados na ISO 9001 servem como uma estrutura básica na qual se apóiam novas formas de racionalização da construção. Destaca, sobretudo, o fato de que, para a consecução dos objetivos de qualidade, é fundamental mudar a própria cultura das empresas.

Mantendo o foco no setor da construção, e considerando a existência de grave insuficiência no campo da organização e gerenciamento, Thomaz (2001) considera que as normas ISO 9000 podem contribuir positivamente para uma visão sistêmica da qualidade. Porém, a simples conformidade com os procedimentos ditados pela norma não se constitui em garantia da qualidade, além do que alguns aspectos fundamentais não são abordados (ou não o são de maneira adequada). Nessa condição estão os processos técnicos e operacionais, que devem ser específicos para cada setor produtivo, e o fato de as normas ISO 9000 não considerarem o aperfeiçoamento contínuo e a motivação dos funcionários, este, um fator crucial para o setor da construção (JURAN; GRYNA, 1998 *apud* THOMAZ, 2001).

Uma alternativa apresentada por Rezende e Andery (2007), para empresas construtoras de pequeno e médio porte, baseia-se na possibilidade de se alcançar a qualidade, observando-se fatores particulares ao tamanho da organização e estrutura organizacional, ramo de atividade, flexibilidade na composição de competências básicas e foco no cliente. Neste caso, a estrutura burocrática por si só não representa um obstáculo para qualidade e nem tão pouco a ausência de um sistema de gestão da qualidade formal.

Alguns esforços que se verificam no sentido de estender para o setor da construção conceitos e metodologias já difundidos em outras indústrias visando à qualidade, são dificultados pela complexidade do processo de produção e características únicas de cada empreendimento, fazendo-se necessárias adaptações ou generalizações que podem afastar os resultados das expectativas (SOUZA, 2006).

A questão da qualidade para a indústria da construção não é um problema de simples resolução, considerando suas dimensões e abrangência. A heterogeneidade que caracteriza o setor, tanto no que se refere aos escopos dos serviços e técnicas empregadas, quanto ao porte e cultura das organizações, é também um fator complicador no estabelecimento de diretrizes para a qualidade. Esse cenário aponta para políticas de qualidade que estejam de acordo com as especificidades de cada subsetor, em contraste com sistemas de gestão da qualidade genéricos e que ofereçam pouca flexibilidade quando se deseja resolver problemas inerentes a uma determinada atividade ou fase do processo.

2.3.2 Projetos como origem de falhas

Estudos citados por Thomaz (2001) apontam falhas decorrentes de projetos como fontes principais de patologias nas construções. Os problemas apresentados pelos projetos não se restringem a erros de dimensionamento e detalhamento, mas também na omissão de especificações e incompatibilidades entre os projetos e as técnicas empregadas na execução. As conseqüências dessas deficiências vão desde o aumento do custo da execução até a incidência de acidentes fatais.

Podem ser citados algumas práticas e fatores que originam projetos incompletos ou deficientes:

- Exigência de prazos exíguos para desenvolvimento dos projetos;
- Critérios de contratação unicamente por menor preço;
- Baixa qualificação técnica dos profissionais;
- Carência ou mal uso de recursos tecnológicos;
- Falta de coordenação e integração entre especialidades de projetos;
- Ausência de conceitos de gestão para a qualidade no processo de projeto;
- Fragmentação do processo de projeto;
- Separação entre atividades de projeto e execução de obras.

A sobreposição de critérios financeiros em relação a fatores que definem a qualidade demonstra que, para muitas empresas, os sistemas de gestão da qualidade, quando existentes, não vão além de formalismo para atender as exigências de clientes ou funcionam como instrumento de promoção mercadológica (marketing). Este tipo de problema é ainda mais comum quando o cliente ou contratante não possui recursos de avaliação dos projetos e são aceitas soluções inadequadas sob vários aspectos.

Vanni (1999) observa que o setor da construção convive com problemas relacionados à falhas de projeto que, muitas vezes, são descobertas apenas na fase de construção, agravando a situação em termos de aumento de custos não previstos. A conclusão da autora sobre este aspecto é que o tratamento dissociado entre projeto e execução consiste em um dos principais fatores para ocorrências desse tipo. De fato, esta divisão bem definida entre atividades de projeto e atividades de execução de obras é uma situação crítica do setor, quando na verdade estes são processos complementares dentro de um processo maior, cujo produto é a obra concluída. Os problemas advindos dessa prática não decorrem apenas da deficiência de projetos, mas também porque a parte responsável pela execução não produz efetivamente o que determinam os projetos e o que foi planejado (LANA; ANDERY, 2001).

Para comprovar a importância do projeto para o produto final e para a fase de execução, são apresentados, na seqüência, dois exemplos para o setor de OAE. No primeiro deles, a FIGURA 8 mostra como um viaduto recém-concluído em Belo Horizonte-MG (2007) onde os critérios de qualidade no que se refere à estética, conforto e segurança do usuário foram menosprezados, provavelmente, em favor do baixo custo. O que se vê neste caso, são segmentos angulosos nas rampas de acesso ao viaduto, formando poligonais onde deveria haver uma curva parabólica. Essas discontinuidades no pavimento fazem os veículos “decolarem” e deixam absolutamente claro que o modelo estrutural adotado é incompatível com a geometria definida pela declividade das rampas. O projeto aceito e executado dessa forma demonstra que, na prática, o setor da construção, tanto do lado do projetista e construtor, quanto do lado do contratante, ainda ressoante de uma mudança de postura de compromisso com a qualidade, ao mesmo tempo em que expõe possíveis deficiências técnicas e gerenciais.



FIGURA 8 – Projeto inadequado: o custo se sobrepõe à funcionalidade e à estética
(Fonte: arquivo do autor)

No segundo exemplo (FIGURA 9), registram-se dois problemas a serem discutidos. O primeiro problema, muito comum em obras públicas, refere-se à falta de continuidade na execução do empreendimento. O segundo problema reflete a ausência de compatibilidade do projeto com o método executivo.

Nesse caso, uma ponte iniciada há seis anos atrás teve sua execução interrompida até ser retomada em 2007. Embora seja a mesma empresa (o que nem sempre acontece), uma nova equipe está encarregada de concluir a obra e precisou levantar minuciosamente tudo que estava pronto para que fosse planejado e contratado o serviço de lançamento das vigas pré-moldadas. O projeto da obra, quando elaborado, não pôde contar com as informações necessárias para que o equipamento de lançamento das vigas fosse considerado na definição de algumas dimensões. Assim, o que se vê são situações onde o pouco espaço para o posicionamento da “treliça lançadeira” gera soluções pouco convencionais de projeto de execução, aumento do risco na operação de lançamento, necessidade de demolições, aumento considerável no tempo de lançamento e custos não previstos.

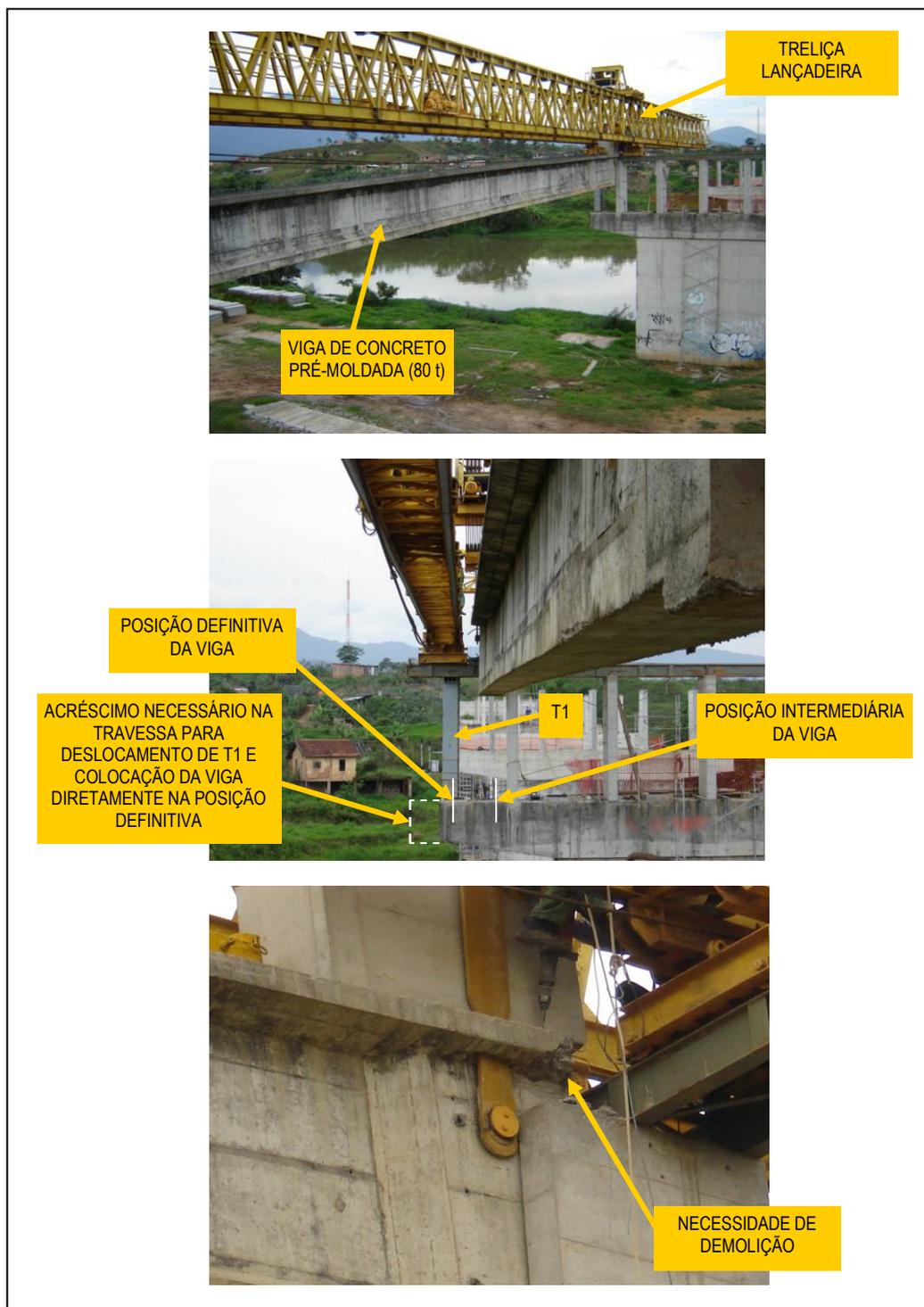


FIGURA 9 – Incompatibilidade entre o projeto e o processo executivo
(Fonte: arquivo do autor)

2.3.3 Projeto para produção

O projeto para produção é conceituado por Melhado e Fabrício (1998) como o detalhamento dos métodos, seqüências executivas e demais informações necessários para a execução do empreendimento, levando-se em conta também as estratégias e recursos tecnológicos disponíveis. Na avaliação dos autores, o projeto para produção tem importância fundamental na definição do grau de construtibilidade, uma vez que possibilita uma antecipação da produção, permite propor soluções alternativas e evita erros na execução.

Quando se analisa o processo do projeto no contexto do setor da construção, a primeira constatação que pode ser feita é que existe uma lacuna no que se refere ao projeto para produção, embora esses conceitos venham se consolidando no subsetor de edificações nos últimos anos. Nesse segmento, Corrêa (2006) enfatiza a importância dos projetos para produção para melhoria da qualidade, redução de custos e prazos através da aplicação de mecanismos de racionalização dos processos construtivos. Focando os projetos para produção de alvenaria de vedação em edificações, a autora destaca ainda a necessidade de contratação e desenvolvimento dos projetos para a produção nas fases iniciais da etapa de projeto, a consideração da tecnologia construtiva, a compatibilização com outros projetos e o acompanhamento do projeto ao longo do ciclo de vida do empreendimento.

Branco (2004) vê o projeto para produção como uma ferramenta que deve “traduzir” para a linguagem dos operários da construção, as informações técnicas contidas no projeto. Segundo o autor, ao transmitir as diretrizes para a realização das atividades que compõem o empreendimento, o projeto para produção atua como agente de ligação entre o projeto e a execução.

Em síntese, a ausência de projetos para produção pode ser considerada como uma descontinuidade do processo de projeto e abre espaço para falhas e improvisações durante a construção. A questão é agravada pela não definição sobre a responsabilidade de sua elaboração, deixando que as decisões a este respeito sejam tomadas no ato da execução e por pessoas nem sempre capacitadas para tal. No estudo de caso a ser apresentado neste trabalho, o projeto para produção é assumido pelo construtor baseado no seu *know how* e no compromisso de participação desde a concepção do projeto.

2.3.4 Coordenação de projetos

Frente à grande quantidade de projetos necessários para a execução de um empreendimento de construção, tem sido bastante discutido o papel do coordenador de projetos. Esse profissional começou a se despontar não somente pelo crescente número de especialidades de projetos, mas também pelo surgimento de complexas questões financeiras e contratuais, inter-relações pessoais e fluxo de informação, dentre outros fatores, que devem convergir para os objetivos gerais do empreendimento.

Diante da crescente complexidade dos empreendimentos, Fabrício (2002) afirma que o desafio contemporâneo do processo de projetos está na concepção integrada dos múltiplos aspectos do ciclo de vida do produto (bastante longo no caso do setor da construção), considerando o seu desempenho e impactos em todas as suas fases, desde a concepção, uso, até a reciclagem ou descarte no meio ambiente. Concluiu-se, portanto, que, diante de um ambiente complexo e multidisciplinar, torna-se inviável que um profissional isoladamente detenha qualificações e conhecimentos suficientes que o credenciem a exercer um controle absoluto sobre todo o processo.

O coordenador deve, pois, exercer a função de aglutinador entre os interesses de cada parte integrante do processo da construção: contratante ou empreendedor, os diversos projetistas, construtor e usuário. Portanto, é indispensável que o coordenador de projetos possua conhecimento e compreensão global do processo produtivo, ou seja, ter domínio das etapas que compõem a seqüência lógica de projetar e construir (ADESSE, 2006). É ressaltado ainda que o coordenador não deva se limitar a serviços burocráticos e administrativos, mas sim usar de sua experiência para antever problemas, perceber as necessidades dos usuários e integrar de maneira isenta e imparcial os aspectos técnicos, legais e humanos envolvidos.

A importância da função de coordenação é destacada por Manzione e Melhado (2007) quando um estudo realizado pelos autores identifica a origem de problemas relacionados à ineficácia do planejamento e o descumprimento sistemático dos prazos. Tais problemas estão no centro da má gestão dos projetos explicada em parte, pelo uso de técnicas inadequadas de planejamento e controle, na baixa utilização de recursos de tecnologia da informação e no desvio de função dos coordenadores, quando estes deixam de atuar como gestores para se limitarem às funções de compatibilização dos projetos e controle da qualidade.

Embora este tópico seja relevante para o contexto do setor de projetos na construção em geral, no segmento de OAE, por não envolver uma grande variedade de especialidades, pode-se questionar a necessidade de um coordenador de projetos nos moldes apresentados para a construção de edifícios. Ainda assim, parece ser conveniente que a função deva ser exercida dentro do processo para que, além da compatibilização entre projeto e execução, sejam contempladas outras dimensões importantes para a qualidade do projeto, conforme já mencionado.

2.3.5 Construtibilidade

A desvinculação entre o processo de projeto e o processo de produção, mais do que em outros setores, é uma realidade da indústria da construção que deve ser mudada. Prova disso são experiências em outros setores que demonstram que, no desenvolvimento do projeto, decisões sobre o projeto do produto podem impactar o processo de produção e, analogamente, restrições contidas no processo de produção podem definir características do projeto do produto (SLACK; CHAMBERS; JHONSTON, 2002).

O termo construtibilidade refere-se ao atributo associado à qualidade do projeto de um empreendimento que enfatiza o uso eficiente e econômico dos recursos para melhorar a facilidade e segurança do processo construtivo. Dentre as ações para melhoria da construtibilidade de um empreendimento, podem ser citados o emprego do conhecimento e experiência da parte dos agentes da produção no desenvolvimento do projeto e o trabalho de coordenação visando otimizar os requisitos dos vários projetos para alcançar os objetivos da qualidade e facilitar a execução (WONG *et al.*, 2007).

Tradicionalmente, questões relativas à construtibilidade não recebem a devida atenção na medida em que se percebe a existência de barreiras culturais contrárias aos esforços para a implementação de seus princípios, além da segmentação das diversas etapas e do trabalho descoordenado dos agentes intervenientes no processo de produção de uma construção. Além disso, Lam, Wong e Chan (2006) ressaltam as dificuldades encontradas quando os projetistas não possuem conhecimento e experiência suficiente para reconhecer tais questões como um aspecto fundamental do projeto.

Segundo Franco e Agopyan (1993), a grande parte das medidas de racionalização do processo construtivo é fundamentada pela construtibilidade. Isso porque as soluções de projeto, bem como as medidas para a racionalização devem ser analisadas diante das questões inerentes à construtibilidade e desempenho, pois “um projeto só é bom e bem concebido se as soluções que contiver apresentarem-se adequadas à execução.”

Em suma, verifica-se que a construtibilidade é fortemente impactada pelo descompasso que pode existir entre os subsetores de projeto e execução. Com a ampliação dos esforços para a construtibilidade, haverá conseqüentemente, melhoria da qualidade e produtividade, o que pode ser conseguido através de práticas colaborativas de desenvolvimento de produtos preconizadas também pela Engenharia Simultânea (FABRÍCIO, 2002).

2.3.6 Construção Enxuta e sustentabilidade

Em quase todas as suas atividades produtivas o homem utiliza-se de recursos naturais como insumos ou modifica o equilíbrio ambiental nas etapas do ciclo de desenvolvimento de produtos, ou seja, transformação, utilização ou descarte. Segundo Huovila e Koskela (1998), o setor da construção era responsável por 40% do consumo total de energia na União Européia, ao mesmo tempo em que gerava, aproximadamente, outros 40% de todo o entulho produzido pelo homem. Esta é uma contribuição considerável para agressões ao meio ambiente que podem ser a causa de alterações climáticas, esgotamento de recursos naturais não-renováveis (ou aumento do custo para sua obtenção), contaminações da água, solo e atmosfera. São problemas que modificam a vida das pessoas como um todo e induzem à necessidade de se repensar a produção.

Ainda que possa parecer tardio, a tomada de consciência com relação a esta realidade tem trazido para a discussão conceitos como *Lean Production* (Produção Enxuta) e sustentabilidade como formas de minimizar tais impactos.

A Produção Enxuta encontra suas origens no *Lean Thinking* (Pensamento Enxuto) do modelo japonês de produção, segundo o qual o desperdício e perdas devem ser eliminados. Com isso, torna-se possível se aproximar da excelência na produção

buscando sempre “fazer certo na primeira vez” evitando-se, assim, perda de tempo e retrabalho.

Picchi (2003) destaca que o *Lean Thinking* é uma combinação complexa entre filosofia, sistema e ferramentas que, quando não compreendida totalmente, sua implementação feita de maneira parcial pode levar a resultados limitados. Mesmo assim, analisando as possibilidades de aplicação do *Lean Thinking* na construção, o autor reconhece a necessidade de adaptações frente as diferenças existentes entre o setor da construção e o ambiente de manufatura, para o qual suas ferramentas foram desenvolvidas. Fazendo uma análise a partir do cruzamento dos principais fluxos dos empreendimentos de construção com os princípios fundamentais do *Lean Thinking*, o autor conclui que há diversas oportunidades de aplicação ainda não exploradas, sendo que deve ser dada uma ênfase ao fluxo de valor para que seja possível a necessária visão sistêmica do amplo e diversificado setor da construção.

O Pensamento Enxuto procura a forma mais eficaz de criar valor para o cliente. Isso significa aumentar o desempenho da produção, fazendo cada vez mais com menos esforço humano, menos equipamentos, menos tempo e menos espaço. Criar valor para o cliente deve ser entendido como o conjunto de ações específicas que engloba a solução de problemas, o gerenciamento da informação e a transformação física de insumos em produto acabado, tarefas essas consideradas críticas no gerenciamento da produção (WOMACK; JONES, 2004).

Womack e Jones *op. cit.* afirmam também que a aplicação do Pensamento Enxuto aos meios de produção permite reorganizar e gerenciar não somente as operações de produção, mas todo o relacionamento com clientes, fornecedores e desenvolvimento de produtos, o que vem a ser a filosofia da “Produção Enxuta” criada pela Toyota após a Segunda Guerra Mundial.

Contudo, Rozenfeld (2006) adverte para o fato de que para serem sentidos os benefícios da abordagem da Produção Enxuta, é necessário que técnicas e práticas de manufatura específicas (embasadas em conceitos e filosofias do TQM⁴) sejam consideradas em conjunto e, antes disso, devem estar contempladas desde a

⁴ TQM (*Total Quality Management*): a Gestão da Qualidade Total consiste em uma estratégia administrativa que visa inserir os objetivos da qualidade em todos os processos organizacionais. Tem como base as idéias implementadas por William Edwards Deming na indústria automotiva do Japão a partir da década de 1950 (CRAINER, 2000).

concepção, aumentando-se significativamente a oportunidade de melhoria da qualidade.

O setor da construção utiliza-se da abordagem da Produção Enxuta através da interpretação de conceitos adaptados para a realidade do setor da construção, o que vem sendo considerado na literatura pelo termo *Lean Construction*, ou Construção Enxuta. Seus objetivos são coerentes com as bases da Produção Enxuta, visando a redução de desperdícios, principalmente diminuindo a geração de entulho, eliminação de atividades que não agregam valor e manutenção do fluxo de produção. Branco (2004) também vê possibilidades na Construção Enxuta para ações gerenciais que permitam a inserção da qualidade ao longo do processo produtivo através da racionalização das atividades e integração entre projeto e produção. Estrategicamente, esses objetivos criam expectativas favoráveis para a aplicação de princípios de Engenharia Simultânea, proporcionando uma visão integral do empreendimento e facilitando o processo decisório.

Com base em planejamento, Sacomano *et al.* (2004) acrescenta que a Construção Enxuta pode ser aplicada na melhoria dos projetos (*Lean Design*), na gestão de suprimentos baseando-se na filosofia *Just in Time*⁵ (*Lean Supply*) e para melhorar as funções de planejamento, programação e acompanhamento de obras.

No entanto, atribui-se a Koskela (1992) a responsabilidade pela definição das atividades que constituem os princípios da Construção Enxuta:

- Reduzir o desperdício e agregar valor ao produto considerando as necessidades dos clientes internos e externos e diminuir atividades que não geram valor (esta informação deve ser considerada no projeto do produto e na gestão da produção);
- Reduzir a variabilidade (dos insumos, do processo, da demanda);
- Reduzir o tempo de ciclo (transporte, espera, processamento e inspeção), identificando os tempos improdutivos para sua eliminação;

⁵ *Just in Time* é um dos fundamentos do sistema de produção criado pela Toyota Motor Company na década de 1970, cuja filosofia baseia-se em “puxar” a produção a partir da demanda, eliminando estoques e produzindo as quantidades necessárias para cada momento (CORRÊA; GIANESI, 1993)

- Simplificar através da redução do número de passos ou partes (sistemas construtivos racionalizados e padronização);
- Aumentar a flexibilidade de saída, possibilitando alterar as características finais dos produtos conforme as necessidades dos clientes;
- Aumentar a transparência do processo, identificando possíveis distorções no processo e facilitando sua correção (propicia o envolvimento da mão-de-obra);
- Controle dos processos de forma completa, otimizando os intervalos e dando seqüência ao fluxo de materiais;
- Implementar melhoramentos contínuos aos processos.

Visando neutralizar os impactos da atividade humana sobre o meio ambiente, surgem também as questões referentes à sustentabilidade ou desenvolvimento sustentável que, em algumas abordagens até se confundem com a filosofia enxuta. Huovila e Koskela (1998), por exemplo, afirmam que a base conceitual da construção enxuta pode contribuir para novos métodos e ferramentas voltados para a construção sustentável, promover desenvolvimento e a melhoria da qualidade de vida através da sustentabilidade.

Em outro trabalho no qual é feita uma relação similar, Bae e Kim (2007) concluem que o uso de métodos da Construção Enxuta com propósitos de alcançar o desenvolvimento sustentável, para serem bem sucedidos, é necessário que o cliente valorize a sustentabilidade e que devem ser consideradas as perspectivas econômica, social e ambiental.

O setor da construção, ao notabilizar-se pelo alto índice de perdas, baixa produtividade e grande consumo de recursos materiais e energia, surge como campo propício para implementação dos preceitos da construção enxuta em busca do desenvolvimento sustentável para o setor.

2.4 Integração projeto-produção: uma proposta de melhoria da qualidade

O conceito de qualidade, perante as atuais regras de mercado e competitividade, deve assumir uma proposta flexível e dinâmica, haja vista que as exigências do mercado são cada vez maiores, fazendo com que atributos antes tidos como diferenciais se tornem obrigatórios em pouco tempo. Sendo real, esta constatação evidencia a necessidade de que os sistemas de gestão da qualidade de um determinado setor ou organização sejam compatibilizados e dimensionados de acordo com as demandas do mercado e aspectos particulares que levem em conta a atividade-fim, estrutura organizacional, objetivos estratégicos ou, resumindo, toda a conjuntura interna e externa.

Esta pode ser uma dificuldade encontrada por algumas empresas do ramo da construção ao implantar sistemas de gestão da qualidade com base nas normas ISO, conforme já discutido neste capítulo. Vale a pena lembrar que a variabilidade dos processos produtivos na construção pouco tem a ver com o ambiente da indústria seriada que serviu de parâmetro para a elaboração destes sistemas e onde existe uma maior estabilidade no fluxo da produção.

Mas se os problemas ligados à qualidade são muitos e diversificados, assim também são as possibilidades de soluções e os caminhos que podem ser percorridos na busca pela melhoria de desempenho. Muitas soluções, porém, dependem de altos investimentos, reestruturação administrativa profunda ou provocam efeitos indiretos que afetam a própria identidade do setor ou organização. Um cenário de ruptura com a prática corrente não costuma ser bem aceito pelo setor da construção, além do que a perseguição de um alvo móvel como se apresenta a qualidade (JURAN, 1992), sugerem que os avanços sejam escalonados e mantidas áreas de manobras que preservem a flexibilidade no campo do gerenciamento.

Analisando-se o contexto do setor da construção de OAE, a dinâmica na qual se desenvolve o processo de projetos e estudos realizados na área, podem ser estabelecidos dois pontos importantes. O primeiro está na constatação de que o processo de projeto apresenta-se como uma fonte de problemas relativos à qualidade (e, conseqüentemente, como uma potencial oportunidade de melhoria), devido a práticas consolidadas como falta de integração entre os requisitos de projeto e deste com a execução. O segundo ponto importante está nas inúmeras alternativas que se apresentam como caminho para a qualidade, mas que nem sempre são viáveis por se

fixarem apenas no plano teórico, resultando no distanciamento das soluções que possam responder com a eficácia e rapidez exigidos.

Assim sendo, mostra-se adequado o estabelecimento de procedimentos básicos com o objetivo de atacar um problema identificado através de medidas factíveis e eficazes. O passo em direção à melhoria da qualidade no processo de projetos de OAE pretendido com esse trabalho baseia-se nesse pensamento, tendo como alvo principal promover a integração entre projeto e produção. Para isso, são eleitas algumas das dimensões da qualidade relevantes para o setor em estudo e utilizam-se métodos e ferramentas compatíveis com suas especificidades, tanto no plano operacional, quanto gerencial.

Conforme discutido em tópicos anteriores, a proposta de integração entre os subsetores de projeto e produção está prevista em muitas dessas ferramentas ou filosofias para a qualidade e melhoria do desempenho. O estudo desses conceitos, os fatores condicionantes para a sua aplicação e, finalmente, as evidências colhidas no estudo de caso, devem ser analisados para que sejam definidos e estruturados procedimentos básicos para validação do que se apresenta.

2.4.1 Sistema de referência para o processo de projeto de OAE

CARRION e MORENO (2004) concluem que a gestão do projeto de construção deve integrar as etapas de planejamento, concepção e execução, além do que a qualidade do projeto tem impacto direto sobre o produto final e seus custos. Portanto, há que se dedicar atenção especial ao processo de projeto para que este venha atender aos seus objetivos diretos, que compreende eficiência da produção para atendimento dos requisitos de qualidade e custo, buscando sempre uma relação próxima com perspectiva do cliente.

Como alternativa ao sistema tradicional onde projeto e execução são vistos como processos independentes, pretende-se estabelecer procedimentos para a estruturação de um sistema de referência voltado para o processo de desenvolvimento de projetos no setor da construção de OAE, no qual seja incentivada a integração entre essas duas etapas, consideradas as mais importantes desse setor produtivo. O sistema integrado deve reunir as ferramentas consideradas compatíveis com os objetivos da

qualidade, assim como as questões que interferem diretamente com a interface projeto e produção no setor da construção de OAE, conforme esquematizado na FIGURA 10.

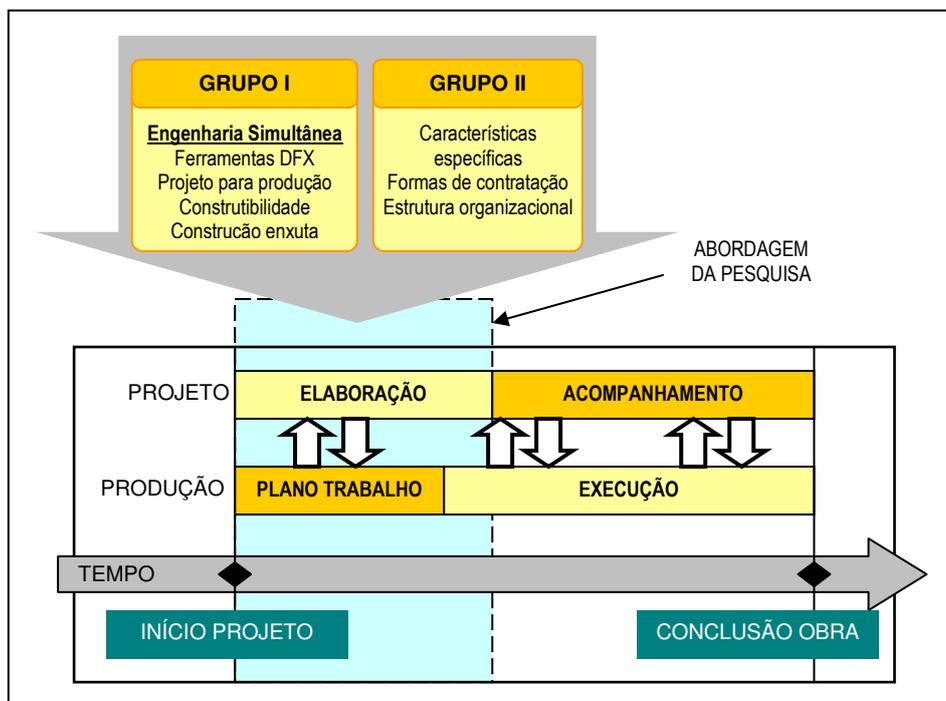


FIGURA 10 – Integração projeto-produção no setor de OAE

Nesse diagrama são destacados em dois grupos, os elementos críticos que devem ser inseridos na proposta de processo integrado que, nesse caso, está restrito à fase de elaboração do projeto:

- Grupo I: métodos e ferramentas universais para gestão de produtos e projetos que, em conjunto com o avanço tecnológico podem ser aplicados em diversas áreas, inclusive no setor da construção. Enfatizam a importância da integração entre projeto e produção, da abordagem sistêmica, da racionalização dos recursos e da gestão da qualidade, dentre outros aspectos. A Engenharia Simultânea, englobando os conceitos e as ferramentas DFX, projeto para produção, construtibilidade e construção enxuta, são os principais elementos que se integram e se adaptam ao

ambiente da construção para implementar questões essenciais à melhoria da qualidade de produtos e processos;

- Grupo II: reúne questões mais específicas ao contexto dos projetos para OAE, as quais interferem de maneira decisiva na dinâmica desse processo. Aborda, essencialmente, as características que dão contorno ao ambiente do processo de projeto de OAE e suas interfaces, as formas de contratação e a estrutura organizacional que prevalecem neste segmento.

O grupo I teve seus aspectos teóricos discutidos no atual capítulo, enquanto que os elementos do grupo II serão destacados quando da apresentação do estudo de caso, no capítulo 4.

Considerando as especificidades do setor da construção de Obras de Arte Especiais e os limites desse estudo, existem dois objetivos principais nesse esforço de sistematização dos processos envolvidos. O primeiro é obter projetos mais completos e abrangentes, com menor índice de erros e compatíveis com o método executivo. O segundo objetivo está na preocupação da aplicabilidade da proposta que não deve se limitar ao plano teórico, e por isso precisa considerar os entraves de ordem prática através do entendimento dos mecanismos que regem o funcionamento operacional e gerencial desse segmento.

Justifica-se tal preocupação porque o setor é, conforme exposto, resistente a mudanças estruturais profundas, além do que, existe uma maior dificuldade em assimilar as dimensões qualitativas em relação às quantitativas. Ou seja, modelos teóricos cujas variáveis não possam ser mensuradas com facilidade, correm o risco de serem percebidos como rotinas burocráticas desnecessárias ou que não agregam valor.

Nota-se, finalmente, que no sistema proposto, o projeto deve se estender através do acompanhamento da execução, e que a execução deve começar ainda na fase de elaboração do projeto para que este possa incorporar os requisitos do processo executivo. Sugere-se ainda que, embora não tenha sido possível nesse trabalho, as conseqüências do processo de projeto integrado sobre a construção sejam estudadas através da ampliação da unidade de pesquisa para a conclusão da obra e, posteriormente, para a etapa de utilização do empreendimento com o objetivo de retroalimentar o sistema.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA DE PESQUISA

3.1 Considerações iniciais

Este capítulo objetiva fazer uma breve reflexão sobre a prática da pesquisa científica, a qual se desenvolve sob a orientação de um método que deve ser compatível com o problema em estudo, considerando seus pressupostos e variáveis. O rigor na condução da pesquisa científica tem a ver com o seu compromisso na geração do conhecimento, compreensão dos fenômenos da natureza e generalização de soluções para os problemas identificados.

Inicialmente, são descritos os conceitos e elementos essenciais que devem estar presentes no desenvolvimento da pesquisa científica (ver também QUADRO 1). A partir da compreensão desses aspectos básicos, uma avaliação dos métodos disponíveis confrontados com as características específicas do objeto desse trabalho, é definida a metodologia a ser empregada na condução da pesquisa.

O passo seguinte à definição da metodologia de pesquisa é o planejamento das ações e procedimentos que devem conduzir o processo de coletar, analisar e interpretar os dados através de um modelo lógico de evidências, o qual possibilita inferir sobre relações causais entre as variáveis investigadas (NACHMIAS; NACHMIAS, 1992 *apud* YIN, 2005)

A formalização do plano de pesquisa é coerente com o apelo do rigor metodológico para o trabalho científico, mas não deve ser entendido como rigidez ou falta de flexibilidade. Isso porque, durante o processo de pesquisa, podem surgir imprevistos ou fatos que contrariem pressupostos e idealizações, levando necessariamente a correções de rumo ou mesmo a uma reavaliação completa do plano (YIN, 2005). Há situações, conforme adverte Mintzberg (2004), em que o planejamento formal para a implementação de uma estratégia age como elemento inibidor da criatividade e do aprendizado. Nesses casos, a ausência de uma visão sistêmica e de uma postura menos flexível diante de fatores não previstos, pode levar à perda de foco dos objetivos.

QUADRO 1 – Elementos que compõem a pesquisa científica

ELEMENTO	FUNÇÕES	FORMAS DE ELABORAÇÃO / FONTES
Problema	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dirigir a pesquisa ▪ Delimitar a unidade de pesquisa ▪ Desafiar soluções 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Baseado em referencial teórico ▪ Pesquisa exploratória ▪ Intuição, observação, experiência prática
Referencial teórico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Definir o estado da arte ▪ Fundamentar conceitos ▪ Situar a pesquisa no campo do conhecimento ▪ Dar indicativos sobre o problema ▪ Dar indicativos sobre a metodologia e estratégias de pesquisa ▪ Referenciar análise de dados e conclusões 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Levantamento bibliográfico ▪ Apoio de outras pessoas / Orientador da pesquisa ▪ Leitura atenciosa e reflexiva ▪ Anotação de referências
Hipóteses	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prestar-se como solução preliminar do problema ▪ Guiar a pesquisa ▪ Mostrar relações factuais e/ou de causa e efeito 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Baseada no problema e referencial teórico ▪ Experiência prática, senso comum, intuição, criatividade ▪ Pesquisas ou estudos exploratórios anteriores
Metodologia	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Indicar caminhos para responder as hipóteses / Solucionar o problema ▪ Dar consistência e credibilidade ao estudo ▪ Assegurar replicação 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Problema / Hipóteses ▪ Pesquisa / Experiências anteriores ▪ Referencial teórico
Análise de dados / Resultados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Explicitar e comunicar a solução do problema ▪ Confirmar ou rejeitar as hipóteses ▪ Explicitar o conhecimento gerado ▪ Avaliar os resultados pela aplicação da metodologia ▪ Identificar restrições ou falhas metodológicas ▪ Explorar novos caminhos e descobertas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Seguir orientações metodológicas ▪ Confrontação dos dados obtidos com o problema e as hipóteses ▪ Sistematização e tratamento dos dados ▪ Esforço intelectual e reflexivo ▪ Criatividade e intuição
Conclusões / Considerações finais	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Explicitar a solução do problema e os resultados mais relevantes ▪ Apresentar uma síntese dos resultados ▪ Sugerir novas pesquisas ▪ Relacionar fatos observados e teorias 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Síntese da análise dos dados ▪ Experiência e orientação de outras pessoas ▪ Todos os elementos anteriores da pesquisa
Bibliografia	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Referenciar as fontes utilizadas ▪ Facilitar o acesso dos leitores às fontes ▪ Subsidiar mapeamento da área de conhecimento 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Normas técnicas ▪ Base de dados ▪ Trabalho de pesquisa

(Fonte: GRESSLER, 2003; FORTE, 2003; CRUZ; RIBEIRO, 2004)

3.2 A metodologia e o trabalho científico

A validade científica de um trabalho está condicionada à sua contribuição para a geração de conhecimento frente aos princípios da ciência, o que requer a utilização de um método científico. A metodologia de pesquisa pode ser considerada como a estratégia de engajamento para o trabalho científico, ponto de partida para a elaboração do plano que deve abranger desde a forma de abordagem e delimitação do problema, as técnicas de coleta dos dados, indo até a análise dos resultados e a elaboração do relatório. É uma forma de selecionar processos, técnicas e recursos para se analisar um fenômeno e chegar a resultados de valor científico.

Considerando genericamente um trabalho científico, um método pode ser definido como o procedimento utilizado para se alcançar um resultado desejado, o qual é definido pela concepção metodológica adotada em função dos objetivos da pesquisa e que conduz todo o processo de tomada de decisão em todas as fases da investigação. A metodologia, indo além do levantamento de dados, deve também fazer uma avaliação crítica dos métodos de pesquisa disponíveis e o seu enquadramento em relação ao problema a ser estudado (THIOLLENT, 1987).

A metodologia é vista também, na perspectiva de Yin (2005), como a estratégia mais adequada para a condução do trabalho científico, levando-se em conta condições específicas do problema a ser investigado e que deverá orientar a coleta de dados e os experimentos para garantir uma articulação apropriada com as bases teóricas que dão suporte ao processo de investigação.

Demo (1987) destaca que a metodologia cuida dos procedimentos, das ferramentas e caminhos para se fazer ciência. Para o autor, a metodologia não deve se constituir em um fim, ao menos para o pesquisador em geral. Isto não significa colocar a metodologia em um plano secundário. Ao contrário, sua importância é considerada primordial na formação da personalidade científica, aprimoramento do espírito crítico e delimitação do processo de pesquisa.

Para Thiollent *op. cit.*, o desenvolvimento do trabalho de pesquisa deve atentar para os aspectos limitantes dos métodos que podem levar a distorções dos resultados pela não consideração de fatores sociais que restringem a racionalidade, assim como pela ausência do embasamento teórico necessário para se garantir a cientificidade da pesquisa. Em pesquisas direcionadas para a gestão da produção, ressalta-se ainda

que, ao abordar o problema técnico-organizacional, podem ser introduzidos pressupostos que estão comprometidos com os objetivos gerais pré-determinados e associados a critérios ideológicos e normativos, afastando-se dos critérios puramente técnicos que supostamente deveriam orientar as questões de base científicas. Estas considerações demonstram a complexidade das organizações, assim como a necessária interatividade entre o conhecimento científico, o saber empírico e as questões normativas a serem articuladas na metodologia de pesquisa.

Pode-se concluir a respeito do papel da metodologia para o trabalho científico, que é necessário encontrar um equilíbrio entre o rigor metodológico e a visão holística do processo para que não se percam, em um extremo, a avaliação crítica proporcionada pelos critérios metodológicos, e em outro extremo, a inclusão de fatores relevantes emergentes ao processo por excesso de rigidez e limitação de escopo.

3.3 Métodos e tipos de pesquisa

Os métodos científicos clássicos podem ser indutivos, dedutivos ou hipotético-dedutivos. O método indutivo é aquele onde, partindo-se de conhecimentos particulares, estabelecem-se os princípios gerais sobre um determinado tema. Ao contrário deste, o método dedutivo aplica os princípios gerais a casos particulares. No método hipotético-dedutivo, busca-se a solução de um problema a partir da comprovação de hipóteses previamente formuladas (SILVA, C. R. O., 2004).

Existem duas grandes abordagens a serem consideradas em função dos métodos de pesquisa. A primeira é a abordagem quantitativa, cujos critérios de cientificidade estão baseados na lógica matemática, na quantificação e tratamento estatístico dos dados e estudos experimentais. A segunda abordagem, ou abordagem qualitativa, enfatiza uma visão holística, considerando todos os elementos e interações para descrever a realidade, sem a preocupação de estabelecer relações quantitativas na formulação do problema ou na análise dos resultados e prevalecendo as análises dissertativas (GRESSLER, 2003).

Dentre as diversas maneiras de se realizar uma pesquisa, é fundamental determinar aquela que se apresente coerente com a natureza do problema, os objetivos da investigação, os recursos disponíveis e até mesmo com o perfil do pesquisador.

Baseando-se em Gressler (2003) e Cruz; Ribeiro (2004), são apresentados brevemente alguns tipos de pesquisa que podem ser classificadas quanto ao objetivo como:

- Pesquisa exploratória: realizada quando se tem pouco conhecimento do assunto e suas conclusões geralmente produzem hipóteses significativas para posteriores pesquisas, contribuindo, assim, com a aquisição de embasamento para realizá-las;
- Pesquisa descritiva: usada para analisar fenômenos existentes, situações e eventos do presente, identificar problemas e justificar algo através da descrição de fatos e características presentes em uma determinada população ou área de interesse. Busca o entendimento de um assunto para balisar planos e decisões futuras e não, necessariamente, explicar relações ou testar hipóteses;
- Pesquisa explicativa ou causal: busca explicar a ocorrência de um determinado fenômeno, determinando-se variáveis dependentes e independentes, identificando e analisando suas inter-relações e utilizando métodos estatísticos avançados.

Quanto aos procedimentos as pesquisas podem ser:

- Pesquisa histórica: aquela que busca reconstituir o passado através da análise de documentos escritos e depoimentos a respeito de acontecimentos e fatos ocorridos. Seu objetivo é solucionar ou entender problemas atuais com base nas evidências do passado;
- Pesquisa experimental: procura testar a eficiência de um método através da comparação de um ou mais grupos quando submetidos a tratamentos distintos para identificar uma possível relação de causa e efeito;
- Pesquisa-ação: sua principal característica é a intervenção feita na unidade pesquisada visando uma condição de melhoria ou a compreensão de um fato. O pesquisador interage com processos e pessoas envolvidas com o problema, as quais participam da investigação e devem ser responsáveis pela identificação e implantação da solução;

- Observação: utilizada basicamente em pesquisa social, pode ser quando o pesquisador é um espectador sem que haja um planejamento dirigido (observação simples); ou quando o pesquisador se integra ao grupo pesquisado para aprofundar-se na investigação, ficando, inclusive, sujeito a provocar alterações de comportamento (observação participativa); ou ainda quando são colocados em teste hipóteses formuladas em cima de conhecimento prévio sobre o que se deseja investigar (observação sistemática);
- Pesquisa estudo de caso: é um tipo de pesquisa que abrange de forma profunda uma unidade determinada, a qual é investigada em toda a sua extensão ao longo do tempo e suas interações ambientais, buscando pontos de vista diferentes para problemas contemporâneos.

Finalmente, quanto à natureza, existem duas classificações:

- Pesquisa básica: gera conhecimento sem finalidade imediata para utilização em pesquisas aplicadas;
- Pesquisa aplicada: gera produtos ou processos através da utilização de resultados de pesquisas básicas e tecnologia.

Face aos conceitos apresentados, a presente pesquisa emprega a metodologia de estudo de caso, pode ser classificada como essencialmente qualitativa e descritiva, propõe a busca de soluções a partir da comprovação de pressupostos, constituindo-se, assim, em um estudo baseado no método hipotético-dedutivo. A FIGURA 11 sintetiza a caracterização desta pesquisa.

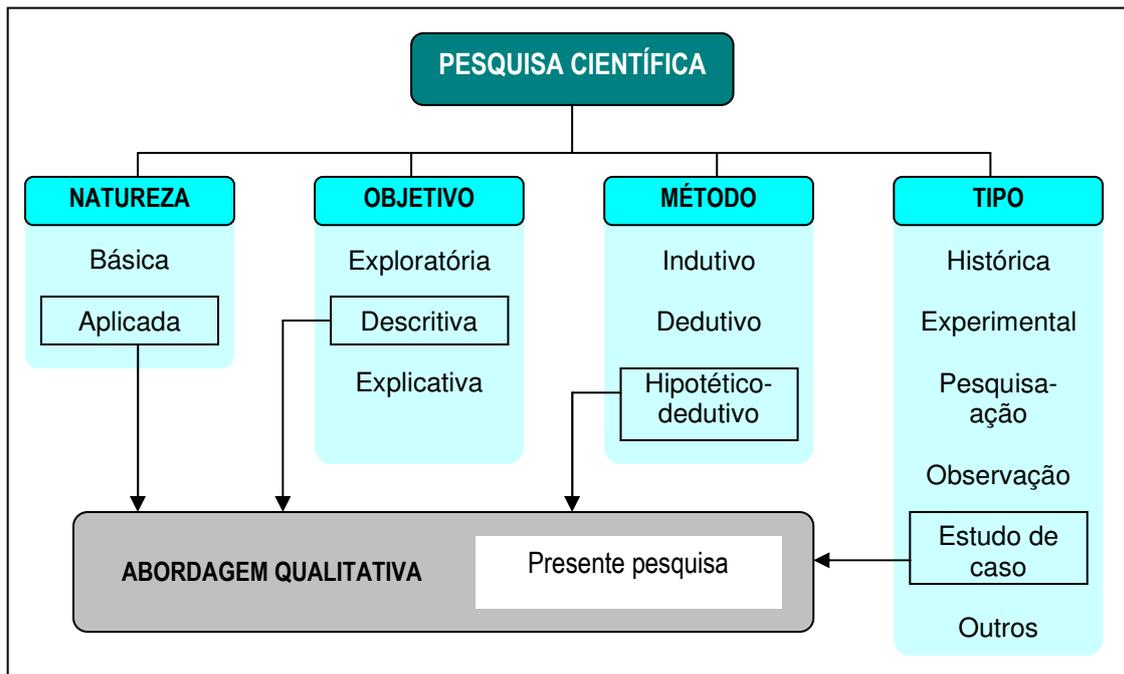


FIGURA 11 – Caracterização da pesquisa (GRESSLER, 2003; CRUZ; RIBEIRO, 2004)

3.4 Estudo de caso: conceitos, justificativa e aplicação

O estudo de caso, dedica-se ao estudo aprofundado de um ou de um número limitado de casos reais, podendo apresentar como unidade de estudo um indivíduo, grupo, comunidade ou organização. Pode ainda, em se tratando de gestão da produção, se concentrar em um problema específico de um sistema produtivo cuja investigação procura identificar as relações de causa-efeito que possam conduzir a uma solução ou a um melhor entendimento do problema, tanto numa abordagem social quanto tecnológica (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002).

Eisenhardt (1989) afirma que o estudo de caso pode ser empregado para diferentes propósitos tais como descrever um problema, testar ou refinar uma teoria existente, generalizar ou construir uma nova teoria, fazer um estudo exploratório. As pesquisas científicas baseadas em estudo de caso podem utilizar evidências quantitativas, qualitativas ou ambas, enquanto que a coleta de dados utiliza métodos que combinam pesquisa de arquivos, entrevistas, questionários e observações. Ainda segundo a autora, é essencialmente importante que os conceitos e proposições sejam cobertos por extensa pesquisa sobre a literatura existente, uma vez que os resultados são,

geralmente, obtidos de um número limitado de casos ou mesmo de um único caso.

3.4.1 Estratégia e projeto de pesquisa

A motivação para a definição do projeto de pesquisa partiu de duas constatações. A primeira delas está na realidade dos problemas crônicos do setor da construção associados aos projetos e à interface entre o segmento de projetos com o segmento de execução. A segunda constatação partiu da observação de que é possível formalizar procedimentos com vistas a contribuir para a melhoria desse quadro, através do estudo das circunstâncias e das experiências praticadas no desenvolvimento do projeto de um viaduto.

A definição da estratégia e a organização do projeto de pesquisa estão fundamentadas em Yin (2005). Como um dos elementos essenciais para o projeto de pesquisa, deve-se formular a questão do problema, a qual deverá se constituir em aspecto importante para a definição da estratégia de pesquisa a ser utilizada: **como melhorar a qualidade dos projetos no setor da construção de Obras de Arte Especiais?**

A resposta para essa questão começa com a proposição feita a partir da segunda constatação identificada no início deste tópico: **a participação efetiva dos agentes responsáveis pela produção no processo de projeto do setor da construção de Obras de Arte Especiais, pode melhorar a qualidade do projeto, reduzindo falhas e problemas de incompatibilidade com o processo construtivo.** Considerado também um componente básico do projeto de pesquisa de estudo de caso, este enunciado visa identificar o alvo dos estudos que devem ser conduzidos em busca de respostas e soluções para o problema proposto.

A definição da unidade de análise desponta como fator essencial para o projeto de pesquisa ao manter os esforços focados na direção dos objetivos da investigação, impedindo que haja uma extrapolação de escopo ou que se perca tempo pesquisando fatores irrelevantes. No trabalho em questão, a unidade de pesquisa está definida ao processo de desenvolvimento de projeto de um viaduto, cujos impactos devem ser observados na qualidade do projeto e, em parte, nas condições de execução definidas no projeto.

Ao se considerar os fatores propostos por Yin (2005) como definidores na escolha da estratégia de pesquisa (tipo de questão, controle do pesquisador sobre os eventos e enfoque em acontecimentos contemporâneos ou históricos), justifica-se, pois, a opção pelo estudo de caso para a condução deste trabalho, conforme mostrado no QUADRO 2.

QUADRO 2 – Escolha da estratégia de pesquisa

ESTRATÉGIA DE PESQUISA	FORMA DE QUESTÃO	CONTROLE SOBRE EVENTOS COMPORTAMENTAIS	FOCALIZA ACONTECIMENTOS CONTEMPORÂNEOS
Experimento	Como, por que	Sim	Sim
Levantamento	Quem, o que, onde, quantos, quanto	Não	Sim
Análise de arquivos	Quem, o que, onde, quantos, quanto	Não	Sim / não
Pesquisa histórica	Como, por que	Não	Não
Estudo de caso	Como, por que	Não	Sim
	Como melhorar a qualidade dos projetos no setor da construção de OAE?	Não	Sim

(Fonte: YIN, 2005)

O estudo de caso único, como ocorre aqui, justifica-se na medida em que este se apresenta como representativo para a questão, além de não estar baseado em generalização estatística. O ineditismo que caracteriza os eventos de um projeto de construção faz com que as variáveis de um caso para outro sejam totalmente distintas, dificultando uma eventual pesquisa com diversos casos desde que não se consiga reproduzir minimamente aspectos determinantes do projeto. Além do que, a profundidade requerida na abordagem que se deseja produzir, pode suplantar os

resultados possivelmente incongruentes ou pouco confiáveis ao desconsiderar as influências externas em cada situação.

A caracterização dos projetos para OAE aponta para esta dificuldade, uma vez que condições técnicas, contratuais e ambientais, são alguns dos fatores determinantes que se combinam para compor cenários raramente semelhantes.

O que se propõem, enfim, é a generalização analítica onde um conjunto particular de resultados pode ser estendido de forma genérica como prática a ser replicada em situações distintas (YIN, 2005).

3.4.2 Coleta de dados

O acompanhamento sistemático do desenvolvimento do projeto de um viaduto de grande porte se coloca como elemento central para a identificação dos fatores que se associam à baixa qualidade dos processos e produtos do setor da construção de OAE. Serve também como referência para a determinação de um conjunto de procedimentos que possa ser apresentado como proposta de solução para tais problemas, partindo da observação de um processo que se desenvolve de forma alternativa ao modelo mais comumente praticado. A base desse estudo está na participação ativa e simultânea dos agentes de projeto e de produção para o desenvolvimento do projeto, que desta forma passa a agregar detalhes relacionados diretamente ao processo construtivo.

Nesse contexto, a coleta de dados da pesquisa pode ser subdividida em três frentes distintas, cada uma contribuindo com uma base de dados que se complementam no processo de investigação. Essas fontes de dados são identificadas como o acompanhamento das atividades que cercam a elaboração do projeto, a investigação junto aos profissionais de projetos de OAE e o acompanhamento das primeiras fases da execução.

Acompanhamento do processo de desenvolvimento do projeto

A primeira e mais importante fonte de dados consiste no acompanhamento de todo o processo de desenvolvimento do projeto do objeto em estudo: um viaduto com 510

metros de extensão, localizado em uma importante rodovia federal, cuja construção visa melhorar as condições de segurança de um trecho em curva, com altos índices de acidentes e sujeito a deslizamentos. Todas as características e informações sobre o empreendimento são apresentadas mais detalhadamente no capítulo 4, que descreve o estudo de caso.

Conforme já adiantado, o projeto é desenvolvido através do trabalho conjunto de projetista e construtor, sendo que o pesquisador integra a equipe do construtor. O construtor detém a liderança e a coordenação do empreendimento, sendo o agente responsável pelo projeto e execução junto ao cliente. O pesquisador, além de exercer funções diretamente relacionadas ao gerenciamento, possui acesso total e irrestrito ao processo e à coordenação geral do empreendimento. Assim, o desenvolvimento do projeto pôde ser acompanhado integralmente, através da participação nas reuniões presenciais, monitoramento do fluxo de informações e controle da emissão de desenhos.

Nas reuniões realizadas entre construtor e projetista, foram ajustados os detalhes do processo construtivo que devem ser incorporados pelo projeto, foi feito o planejamento e controle do desenvolvimento do projeto, além de serem tratadas outras questões técnicas e econômicas que interferem no projeto. A periodicidade das reuniões não foi estabelecido previamente, ficando sua realização vinculada à necessidade de uma ou outra parte, sendo que a sua ocorrência dentro do período de desenvolvimento do projeto é mostrada no capítulo 4. As decisões tomadas, o repasse de documentos e os assuntos abordados nas reuniões foram registrados em ata, revisada no início da reunião subsequente para verificação das metas estabelecidas e reprogramação de pendências. As reuniões presenciais também se constituem na melhor oportunidade para ajustar o projeto ao andamento da obra, após o início da execução. Sabe-se que, nesse caso, o projeto e a execução correram simultaneamente com o objetivo de economia de prazo, o que somente se apresenta viável com um perfeito canal de comunicação entre projetista e construtor.

Nesse sentido houve uma constante troca de informações entre construtor e projetista, dando prosseguimento ou antecipando temas das reuniões presenciais através dos canais de comunicação disponíveis tais como: telefone, mensagens de fax, correio eletrônico. O registro dessas informações foi feito através do direcionamento das mensagens eletrônicas e escritas, bem como dos documentos anexados a estas. As

conversas por telefone foram, normalmente, reservadas aos aspectos menos importantes, sendo que, sempre que o assunto era considerado relevante, recomendava-se o registro por escrito para confirmação e arquivamento.

O produto mais tangível do processo de projeto de uma obra de construção são os desenhos que trazem o detalhamento e as especificações para a execução. Na medida em que são realizadas as emissões dos desenhos, surgem também as correções inerentes à própria análise estrutural e ao detalhamento, bem como as adaptações que são impostas pela elaboração em paralelo do projeto para produção, este a cargo do construtor. As revisões de desenhos, não só devem ser controladas para se manterem atualizadas no campo do gerenciamento do projeto, mas, principalmente, na ponta responsável pela execução. Isso engloba também, no caso dos desenhos de armação, o agente terceirizado para fazer o corte e a dobra do aço. Esse controle de revisões, pela responsabilidade que demanda, foi realizado tanto pelo projetista (na emissão) quanto pelo construtor (no recebimento), fazendo-se confrontações periódicas para eventuais ajuste.

Pesquisa aos profissionais especialistas em projetos para OAE

Um questionário semi-estruturado foi o instrumento utilizado para a coleta de dados junto aos projetistas de OAE. O alvo desse questionário foram aqueles profissionais especialistas em projetos de pontes e viadutos.

O seu objetivo é fortalecer as evidências e pressupostos acerca do universo pesquisado, ou seja, o ambiente no qual se desenvolve o processo de projeto de OAE. Fica, portanto, caracterizado o seu caráter complementar no estudo de caso, não se constituindo no foco principal do trabalho, e por isso, devendo ser computado mais valor à qualidade das respostas do que ao rigor estatístico.

Os questionários, elaborados em formato de formulário, foram enviados aos profissionais da área por correio eletrônico, sempre que possível precedido de contato telefônico. As questões deveriam ser respondidas, preferencialmente, na tela do computador, de onde poderiam ser devolvidas ao pesquisador, também por correio eletrônico.

O capítulo 4, ao descrever o estudo de caso, apresenta mais detalhes sobre o envio

dos questionários, bem como a análise das respostas para traçar uma perspectiva da dinâmica da gestão de projetos para OAE tendo como base a ótica dos profissionais que mais se destacam no setor.

Acompanhamento da execução do projeto.

A terceira fonte para a composição da base de dados do estudo de caso está no acompanhamento da execução do projeto. Sabe-se, de antemão, que tais informações terão uma contribuição limitada no trabalho.

Em primeiro lugar, porque o estudo se propõe a abordar o processo de projeto, interessando apenas as implicações para a execução diretamente associadas às intervenções no projeto que tenham por objetivo facilitar ou melhorar o processo construtivo. A maioria dessas intervenções de projeto independem de confirmação durante a execução porque determinam a forma geométrica, a ferramenta ou a técnica de execução.

Em segundo lugar, porque a obra não terá sido concluída antes desse trabalho de pesquisa, sendo que o grande diferencial do projeto, originado da integração projeto-produção para a solução alternativa que viabilizou o empreendimento, está justamente na fase final da construção. É na superestrutura do viaduto que se prevê o emprego das técnicas de produção mais importantes, antecipadas na fase de projeto.

Mesmo assim, a descrição do desenvolvimento do projeto deverá conter, sempre que possível, o registro fotográfico para ilustrar os detalhes construtivos incorporados pelo projeto. As visitas à obra em construção e o contato permanente com a equipe de produção criam o canal de comunicação e completam o rol de informações originadas no acompanhamento da execução.

3.4.3 Análise e interpretação

Dentre os métodos de análise citados por Yin (2005), o intitulado pelo autor “adequação ao padrão” é o que apresenta-se como o mais recomendado para o tipo de estudo de caso em questão. O procedimento consiste em confrontar padrões com base empírica aos padrões teóricos ou previstos, sendo que a coincidência entre eles

consiste em contribuição para a validade interna do estudo de caso. Em suma, deve-se estabelecer as relações entre as evidências obtidas e as proposições do projeto de pesquisa, fundamentadas pela revisão da literatura, e que fornecerão os critérios para análise dos dados e inferência dos resultados.

Existem, na verdade, dois aspectos a serem avaliados. O primeiro refere-se ao universo pesquisado, o qual deve ser confirmado através da sondagem realizada junto aos profissionais especialistas que atuam no segmento alvo do estudo de caso. O método utilizado, conforme já descrito, é o envio de um questionário aos colaboradores selecionados. As questões colocadas no questionário devem trazer informações sobre aspectos operacionais e opiniões sobre as propostas contidas no trabalho de pesquisa para melhoria dos processos no setor. Pretende-se, desta maneira, minimizar as oportunidades para que sejam tomadas considerações tendenciosas, já que a pesquisa é realizada pela perspectiva do construtor, uma das pontas que integra todo o processo abordado.

A segunda, e principal verificação, deverá analisar as evidências identificadas durante o processo de desenvolvimento do projeto sob aspectos como qualidade, integração e reflexos diretos e indiretos sobre o processo construtivo, perante as expectativas teorizadas através da enunciação dos pressupostos e de modelos estudados na revisão de literatura.

CAPÍTULO 4 – ESTUDO DE CASO: PROCESSO DE PROJETO INTEGRADO AO PROCESSO PRODUTIVO

4.1 Considerações iniciais

Este capítulo está dividido em duas partes e segue os procedimentos definidos pela metodologia de estudo de caso. Pretende-se estabelecer uma conexão entre os elementos levantados na revisão de literatura e o estudo de caso, visando identificar os pontos que efetivamente contribuem para a melhoria de qualidade no processo de projeto de uma OAE, levando em conta as limitações da presente pesquisa.

Na primeira parte, busca-se complementar a caracterização do setor da construção de OAE em seus aspectos mais específicos e segundo uma visão interna do próprio segmento de projetos. Para tal, foi realizado um diagnóstico do ambiente pesquisado através de um questionário semi-estruturado dirigido aos profissionais especialistas em projetos de OAE. As questões apresentadas abrangem a dinâmica do processo de projeto, qualidade e valorização dos projetos e aspectos sobre a integração entre projetistas e construtores na fase de projeto.

Na segunda parte, descreve-se o processo de desenvolvimento de projeto de um viaduto no qual o agente responsável pela construção tem papel destacado. São analisados os aspectos condicionantes do caso, os conceitos teóricos aplicados e as implicações diretas ou presumidas⁶, tanto para o projeto em si, quanto para o processo de execução.

A expectativa é que ao final, se reúnam os elementos necessários para a validação da proposta de um processo integrado para desenvolvimento de projetos para OAE, que se evidencie superior ao modelo tradicional (projeto e produção desenvolvidos independentemente), do ponto de vista dos parâmetros de qualidade e eficiência, e que seja também coerente com a realidade do setor.

⁶ As “implicações diretas” devem ser entendidas como as conseqüências certas de uma ação ou decisão de projeto, ainda que venham se realizar no tempo futuro. As “implicações presumidas” são aquelas prováveis, mas que dependem de confirmação por ocasião da execução do projeto, ficando fora do alcance deste estudo, que está restrito ao processo de projeto.

Algumas características gerais do setor da construção foram abordadas no Capítulo 2. Contudo, a literatura fornece poucos estudos e dados específicos relacionados à construção de OAE, principalmente quando se busca uma abordagem mais qualitativa e relacionada à gestão da produção no ambiente de projetos. Face à importância de alguns fatores particulares que são determinantes na formação e funcionalidade dos sistemas que englobam as atividades do setor, torna-se interessante uma breve reflexão sobre alguns deles, como a seguir:

- Existem menos disciplinas envolvidas no mesmo empreendimento, comparando-se ao subsetor da construção de edifícios, o que significa uma maior facilidade de coordenação entre estas, no processo de projeto;
- Como consequência do item anterior, pode-se admitir que as decisões de projeto carregam um peso maior quanto ao fator de risco associado, uma vez que os valores financeiros são diluídos em poucos itens;
- Problemas relacionados à construtibilidade e incompatibilidade do projeto com o método construtivo são fatores críticos;
- Os principais insumos que representam maior impacto sobre o custo, como cimento e aço, são produzidos por poucos fornecedores, deixando o setor mais vulnerável à formação de cartéis;
- As soluções são únicas para cada caso, verificando-se uma maior dificuldade para racionalização através da padronização de algumas etapas da construção. Este fator impõe grande responsabilidade sobre as atividades de orçamento e elaboração de projeto para produção, pois os índices de produtividade de uma mesma atividade e as soluções de execução podem variar muito de um empreendimento para outro;
- Forte dependência de fatores ambientais que influenciam no desempenho do empreendimento: enchentes de rios, disponibilidade de recursos materiais e humanos locais;
- Interferências definitivas ou de remoção dispendiosa (rede elétrica de alta tensão, tráfego rodoviário e ferroviário, adutora);

- Necessidade de canteiros especiais, com grandes áreas planas, como no caso da fabricação de vigas ou aduelas pré-fabricadas;
- Dificuldade de abastecimento de energia elétrica e água para a construção, em casos de obras situadas em locais muito remotos;
- Grande impacto para o meio ambiente, principalmente no caso de pontes que necessitem de apoios nos leitos dos rios e mares, bem como necessidade de acessos para a construção e ligação definitiva com as vias existentes;
- Necessidade de equipamentos especiais e que, em muitos casos, são concebidos e fabricados para utilização em um único empreendimento;
- Grau de risco máximo, na escala de 1 a 4 da NR-4, norma regulamentadora de serviços especializados em engenharia de segurança e em medicina do trabalho, e que classifica cada atividade em função dos riscos e condições ambientais.

Uma peculiaridade dos projetos para OAE é que existem diversos fatores intervenientes que não só determinam algumas características do projeto, mas também alteram o contorno e a interpretação do conceito qualidade. Isso porque, embora prevaleça o custo, há situações em que outro fator como a tecnologia, o método construtivo, o fator ambiental, o valor estético ou o prazo de execução, pode se sobrepor aos demais.

Mesmo assim, os projetos para OAE devem ser abrangentes a ponto de contemplar todos esses fatores, indo além de seu objetivo de estabelecer as informações de funcionalidade de uma estrutura a ser construída para transpor um obstáculo. TAHER (2003), por exemplo, considera importante o compromisso do projeto com a estética e sua harmonia com o ambiente.

O conhecimento de características específicas do segmento de projetos de OAE é parte importante para a compreensão da origem dos problemas e para orientar a seleção das alternativas de solução mais adequadas à realidade. Para complementar algumas das considerações feitas a respeito desse ambiente, buscou-se a **percepção dos projetistas** quanto à gestão do processo de projeto através da aplicação do

questionário, cujas respostas ajudam a delinear o contorno da unidade de pesquisa, realçando os seus limites, interfaces, interferências e métodos de trabalho.

No estudo de caso, são destacadas a **estrutura organizacional** das empresas do setor e as **formas de contratação** de projetos e serviços de engenharia. Esses fatores são considerados de alta relevância para esse estudo devido à influência que exercem nas relações entre os agentes envolvidos, na configuração dos cenários nos quais se realizam os eventos e nas limitações impostas sobre a discussão da valorização dos projetos, condição esta, primordial para os objetivos de melhoria da qualidade.

A questão da valorização dos projetos no setor da construção é bastante complexa não só por envolver interesses distintos (muitas vezes antagônicos) de clientes, projetistas e construtores, mas também por demandar ações coordenadas nos diversos níveis percorridos na realização de um empreendimento de construção.

Uma visão sistêmica do processo de projeto é vista por Grilo e Melhado (2003a) como um desafio para se alcançar o nível de desempenho superior e modernização da indústria da construção. Focados no segmento da construção de edifícios, os autores oferecem várias alternativas para o fortalecimento do setor de projetos, dentre as quais a cooperação e integração dos agentes responsáveis pelo desenvolvimento de projetos e pela construção.

Seguindo o pensamento exposto acima, nota-se que, para o setor de OAE, a melhoria do desempenho dos projetos depende do alcance de novas maneiras de interpretar os problemas e implementar soluções que não se restringem às atividades do processo de projeto. Conforme abordado nos itens anteriores, fatores específicos do ambiente, sistemas regulatórios e legais que determinam formas de contratação e influências ditadas pela estrutura organizacional, são exemplos de alguns dos principais componentes que devem ser considerados.

O estudo de caso que se apresenta aborda o processo de desenvolvimento de projeto de OAE sob a influência de forças que nem sempre atuam na direção da melhoria da qualidade e enfatiza a interface entre projeto de produto e projeto de processo, representados na pesquisa atual, respectivamente, pela ação do projetista estrutural e do construtor.

O processo de desenvolvimento de projetos de OAE mostrado na FIGURA 12 identifica seus principais itens de entrada e saída, além da interface entre projeto de produto e projeto de processo. Vale ressaltar, porém, que na maioria das vezes, o projeto para construção (ou projeto de processo) não existe no tempo necessário para que seja possível essa interface. Isso porque, normalmente, o construtor não participa do desenvolvimento do projeto e o projetista nem sempre possui ao seu alcance todas as informações sobre o método executivo, contribuindo ainda para esta situação, questões financeiras, culturais ou técnicas.

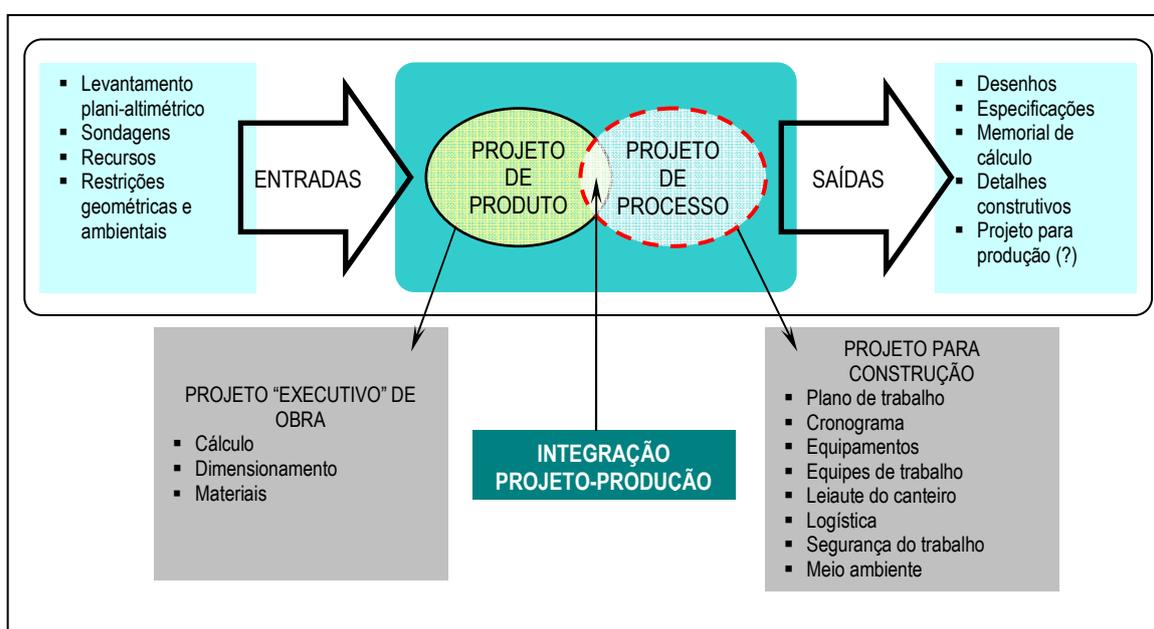


FIGURA 12 – O processo de projeto no setor da construção
(Adaptado de SLACK; CHAMBERS; JHONSTON, 2002)

O foco do trabalho se justifica por admitir-se que é principalmente na interface entre o projeto de produto e o conhecimento da técnica construtiva, onde emergem soluções voltadas para a construtibilidade e outras melhorias no projeto que podem se estender à fase de execução e, conseqüentemente, se transformando em benefícios gerais para o empreendimento.

4.2 A percepção dos projetistas quanto à gestão de projetos de OAE

O segmento de projetos de OAE no Brasil é composto de um número relativamente pequeno de profissionais que podem ser considerados especialistas. Tal fato se confirma ao verificar-se que os empreendimentos de maior envergadura são de responsabilidade de um número restrito de projetistas, denotando-se assim, um segmento altamente especializado do ponto de vista técnico.

Uma parcela significativa desse grupo de profissionais foi identificada para a aplicação de um questionário, visando diagnosticar ou confirmar aspectos inerentes às práticas correntes do setor, com base na perspectiva do projetista. Essa investigação se mostrou pertinente ao buscar as considerações e interpretações na perspectiva do projetista, contrapondo a visão do construtor, representada pelo autor da presente dissertação.

O questionário teve como alvo os projetistas de OAE cuja atividade fosse unicamente ou principalmente dedicada a projetos dessa natureza. Os nomes dos potenciais respondentes foram definidos segundo critérios de notoriedade e de facilidade de contato através de uma rede de relacionamento com ramificações nos empreendimentos com a participação direta deste autor ou de terceiros.

A Associação Brasileira de Ponte e Estruturas (ABPE), que congrega os principais expoentes do setor de construção e projetos para OAE, foi contatada para intermediar o contato com alguns dos seus membros. Esta entidade possui pouco mais de uma centena de associados (113 membros, considerando projetistas e construtores, segundo informação contida em sua página na Internet⁷). Embora não haja um critério objetivo para definir aqueles projetistas altamente especializados em OAE, a estimativa informal e espontânea de um dos respondentes da pesquisa é de que este número fica em torno de cinco profissionais, não passando de sete. Esta avaliação pessoal leva em conta os projetistas em atividade, responsáveis pelos grandes projetos de pontes e viadutos nos últimos tempos no Brasil, credenciados para apresentar soluções viáveis e econômicas para qualquer tipo de empreendimento, utilizando-se das mais avançadas técnicas disponíveis nesta área.

Elaborado como um formulário para ser respondido diretamente na tela do computador, o questionário foi enviado por correio eletrônico entre os meses de

⁷ Informação disponível no endereço eletrônico www.abpe.org.br

agosto e outubro de 2007 (ANEXO A). Este modelo de abordagem, juntamente com as questões semi-estruturadas, teve como objetivo facilitar o processo de respostas, além de ser coerente com os propósitos de ratificação de questões sobre as quais existem, se não evidências, ao menos indícios e suposições bem fundamentadas.

Uma carta explicando a finalidade e dando mais informações sobre a pesquisa, foi incorporada ao questionário e, sempre que possível, foi feito um contato telefônico prévio solicitando permissão para o envio.

As 27 questões do questionário foram divididas em 4 seções: Parte 1: busca informações gerais sobre o pesquisado, suas atividades e posicionamento no mercado; Parte 2: traz questionamentos sobre a percepção dos respondentes sobre a qualidade no processo de projeto de OAE, ferramentas tecnológicas e os fatores determinantes na elaboração dos projetos; Parte 3: trata sucintamente da questão da valorização dos projetos no setor; Parte 4: aborda o tema principal da pesquisa que é a integração entre projetistas e construtores na fase de projeto dos empreendimentos.

A taxa de retorno das respostas dos questionários foi de 25,8% de um universo de 31 profissionais pesquisados, apesar de poder ser considerada percentualmente satisfatória em comparação a outros estudos similares, revela-se abaixo do esperado diante da expectativa criada pelo nível de proximidade e relacionamento entre alguns pesquisados e o pesquisador. Mesmo assim, considera-se que as respostas obtidas podem atender aos objetivos do questionário tanto pelas características do público atingido, quanto pela uniformidade de algumas respostas (caracterizando idéias bem consolidadas), ou ainda pela falta de sintonia em outras questões, o que pode ser entendido que, para alguns dos problemas levantados, não existe consenso.

Os respondentes são todos altamente experientes com mais de 20 anos de atuação no setor de projetos de OAE, sendo que 75% destes têm neste segmento sua principal atividade.

Um indicativo de que os projetistas pesquisados são realmente consolidados no mercado, está no fato de que novos contratos são obtidos, na maioria dos casos, através do contato direto dos clientes antigos ou indicados, além do que, na sua própria avaliação, existem poucos profissionais especialistas no setor, confirmando as proposições iniciais.

Dois terços deles afirmaram que trabalham atualmente para clientes da iniciativa privada. Sabe-se, porém, que as obras de pontes e viadutos são, em sua absoluta maioria, contratadas pelo poder público. Neste caso, deduz-se que os projetistas podem estar a serviço de empresas detentoras de contratos maiores, onde trechos de rodovia englobam as OAE. Esta é uma situação indesejável ao considerar-se que empreendimentos de OAE são muito distintos dos serviços de terraplenagem e pavimentação, exigindo competências e especialidades igualmente diferentes para sua realização. Perguntados sobre a conveniência de se ter empreendimentos de OAE separados dos lotes de terraplenagem, os projetistas pesquisados, em sua maioria (75%), responderam a favor desta condição.

Quanto à qualidade dos projetos de maneira geral, os questionários revelaram que os projetistas os consideram razoáveis, ou seja, nenhuma resposta apontou o quesito qualidade geral como totalmente ruim ou ótimo.

Por outro lado, o emprego de *softwares* e recursos de informática no processo de desenvolvimento dos projetos é bem avaliado quanto à sua freqüência de utilização, indicando que os benefícios do uso da informática são reconhecidos (somente 28% das respostas apontam um baixo nível de utilização) tanto na análise estrutural quanto no detalhamento dos desenhos. Mesmo assim, na visão dos projetistas respondentes, as vantagens percebidas a partir da utilização dessas ferramentas estão mais relacionadas ao aumento da produtividade, padronização do detalhamento, melhoria no fluxo de informações, não tendo proporcionado melhoria clara da qualidade em termos de informação adicional ou redução de erros.

Ao serem solicitados a citar livremente três características que conferem qualidade a um projeto de OAE, os projetistas responderam com maior freqüência: a concepção do projeto, o método executivo, o detalhamento e a observância das técnicas e normas de projeto. Vale observar que o custo foi associado à qualidade do projeto em apenas uma resposta. Porém, esse fator é o mais considerado quando são oferecidas as alternativas que devem ser observadas na fase de concepção do projeto (FIGURA 13). Uma interpretação possível é que o grupo de respondentes faz uma distinção importante entre a qualidade do projeto (características técnicas adotadas, apresentação dos desenhos e ausência de erros) e o que deve ser enfatizado na fase da concepção do projeto objetivando atender as expectativas do mercado, uma vez que o custo passa a ser fator crítico balizador da viabilidade desses empreendimentos.

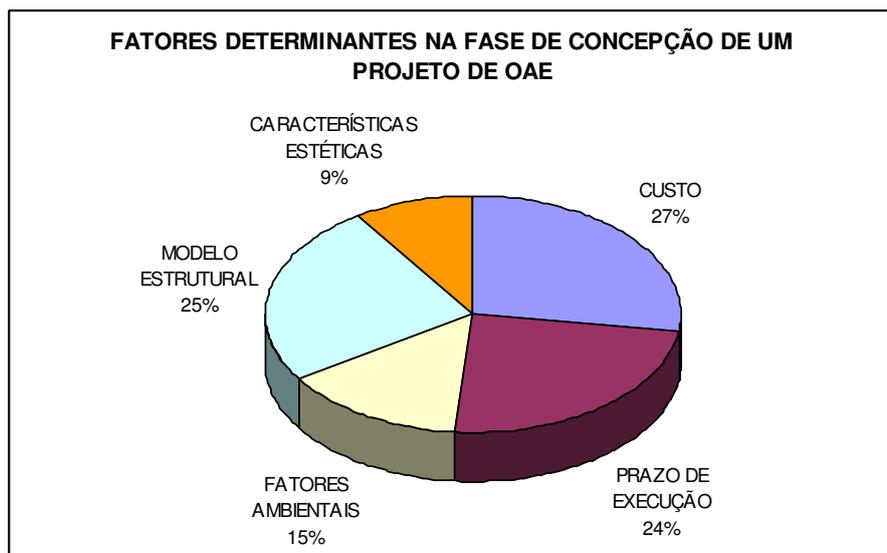


FIGURA 13 – Gráfico dos fatores determinantes para projeto de OAE
(Fonte: Pesquisa com projetistas de OAE)

Destaca-se ainda que, ao elaborar o projeto, embora o custo ocupe o primeiro lugar em preocupação, outros fatores aparecem não muito distantes. Esta constatação se confirma quando 75% responderam não estar de acordo com a afirmativa de que o custo é o mais importante em qualquer situação, e sim que cada projeto ou situação pode determinar o peso de cada fator nas definições adotadas.

Segundo o entendimento dos profissionais de projeto de OAE, a valorização dos projetos é uma questão que deve realmente transcender o nível da atividade projetual. Indagados no questionário de avaliação sobre quais seriam as três opções mais importantes (entre as sete apresentadas) para uma maior valorização do setor de projetos de OAE, verificou-se uma dispersão das respostas, dando a entender a necessidade de expandir as ações para os vários níveis e campos relacionados. O TABELA 1 mostra a distribuição das respostas.

Merece destaque o fato de que, ao serem questionados sobre a adequabilidade da remuneração dos projetos, 75% dos projetistas se colocaram na faixa entre o termo médio e a remuneração considerada inadequada. Mesmo assim os projetistas se mostraram na questão da valorização do setor, estarem mais preocupados em ter o prazo apropriado para a realização do seu trabalho e entregar um produto com mais qualidade e diferenciado pela incorporação de novos atributos. Este pode ser um

indício revelador de que a origem do problema da desvalorização dos projetos está na pressão exercida pelo mercado para reduzir prazos e custos dos projetos.

TABELA 1 – Questões mais importantes para valorização dos projetos

ASSINALAR 3 OPÇÕES CONSIDERADAS MAIS IMPORTANTES PARA VALORIZAÇÃO DO SETOR DE PROJETOS DE OAE	
Opção proposta	Índice de respostas (número de marcações em relação ao total)
Revisão dos critérios de contratação (Lei das Licitações)	12%
Criação de mecanismos para melhorar a remuneração dos projetos	16%
Exigência de prazos compatíveis para que o processo se desenvolva plenamente	24%
Investimento na formação de profissionais	12%
Promover interação entre os agentes participantes do empreendimento	12%
Emprego de recursos tecnológicos para aumentar a produtividade dos escritórios e empresas	-
Agregar valor, oferecendo projetos mais completos e abrangentes. (Ex.: incorporar a metodologia executiva, plano de manutenção, especificações, etc.)	24%

(Fonte: Pesquisa com projetistas de OAE)

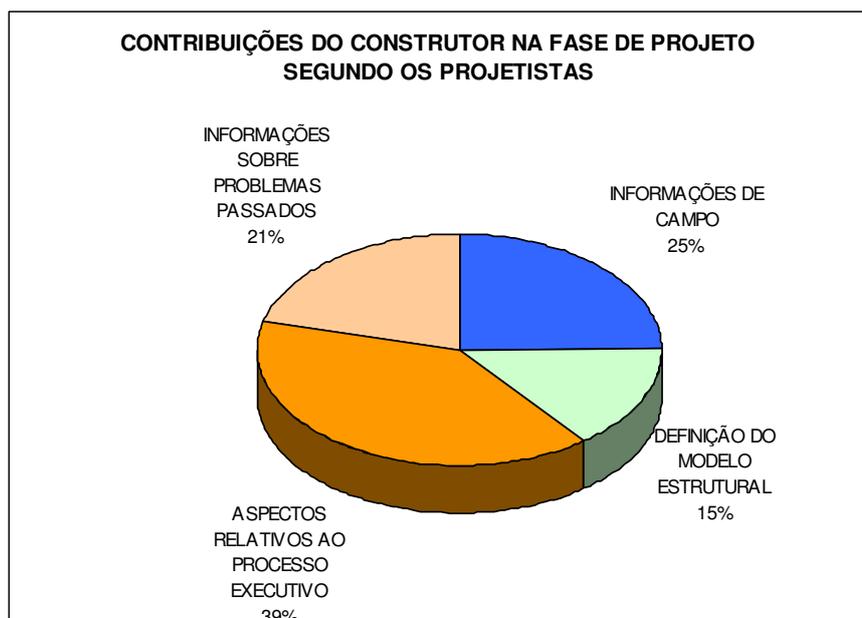
O que pode parecer à primeira vista uma isenção de responsabilidade dos projetistas para com o problema, numa outra perspectiva, revela que há uma reconhecida deterioração da qualidade do projeto ou uma lacuna a ser preenchida com ações de melhoria, causada pela rendição às exigências incompatíveis ao desenvolvimento adequado do processo projetual. Se admitir-se que o mercado atua legitimamente em busca de melhores condições de preço e prazo, uma parcela da responsabilidade pela desvalorização dos projetos deve ser atribuída também aos projetistas.

Sabe-se, porém, que tudo não pode ser resumido a uma questão comercial. Quando são introduzidas as dimensões humanas, políticas e sociais, o problema tende para um impasse. Os projetos não são valorizados porque apresentam qualidade e

desempenho insatisfatórios? Ou acontece o oposto? Essa situação vem se perpetuando no setor de projetos de OAE sem que soluções definitivas sejam implementadas.

Uma contribuição efetiva, ainda que de alcance localizado, está no direcionamento das ações para objetivos comuns dos diversos agentes do empreendimento, através do trabalho cooperativo. Um passo nessa direção é a proposta de trabalho conjunto entre os segmentos de projeto e execução, tema também apresentado aos projetistas através do questionário de pesquisa.

Seguindo nessa linha, o método construtivo aparece como um importante atributo da qualidade do projeto, e os projetistas consideram que a participação dos construtores na fase de desenvolvimento do projeto pode melhorar a qualidade do projeto como um todo (100% se posicionaram entre o nível intermediário e a concordância total). Resultado semelhante é obtido quando o termo qualidade é substituído pela incidência de erros e problemas durante a construção, com apenas um respondente saindo desta faixa de respostas. As principais contribuições do construtor na fase de projeto são apresentadas na FIGURA 14, conforme o peso atribuído pelos projetistas a cada opção.



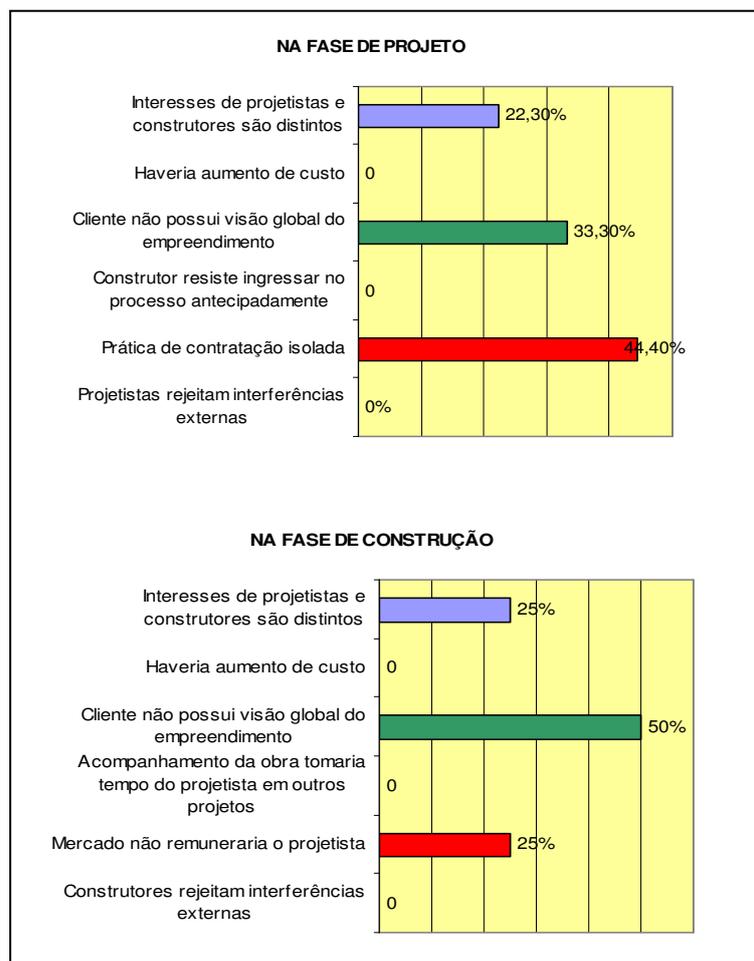
**FIGURA 14 – Gráfico das contribuições do construtor na fase de projeto
(Fonte: Pesquisa com projetistas de OAE)**

Quanto ao projeto para produção, existe junto aos projetistas pesquisados, uma tendência para a opinião de que a responsabilidade de sua elaboração deva ser compartilhada com o construtor, o que não se confirma com o estudo de caso, conforme se verá mais adiante. No entanto, as opiniões se dividem simetricamente quanto à sua forma de apresentação, ou seja, metade prefere o projeto para produção independente do projeto estrutural e a outra metade revela estar de acordo que o primeiro seja incorporado ao segundo.

Sobre a participação do construtor no desenvolvimento do projeto, a maioria dos projetistas (63%) respondeu que essa contribuição acontece apenas quando o contratante é o próprio construtor. Embora não se tenha aprofundado sobre a extensão dessa participação, o mais provável é que haja algumas trocas de informações secundárias e não um trabalho interativo de fato. Essa hipótese ganha força ao serem analisadas as dificuldades indicadas pelos próprios projetistas para o trabalho conjunto com os construtores, e que ainda necessitam de solução.

Além disso, verifica-se uma baixa participação dos projetistas no acompanhamento da execução do projeto (mais de 60% das respostas apontam para o não acompanhamento ou para o acompanhamento das obras apenas em alguns casos). Esse dado pode trazer várias implicações que serão retomadas posteriormente, mas indica também para um relacionamento ainda não consolidado entre projetista e construtor, prevalecendo ainda o modelo que desassocia as duas atividades. A FIGURA 15 apresenta como foram respondidas as questões sobre as barreiras para a interação entre projetista e construtor nas fases de projeto e execução.

As respostas para todas as perguntas do questionário, conforme enviadas pelos projetistas pesquisados, são apresentadas no ANEXO B.



**FIGURA 15 – Gráfico das barreiras para a integração entre projetistas e construtores
(Fonte: Pesquisa com projetistas de OAE)**

4.3 Estudo de caso

As implicações observadas diante da necessidade de se encontrar uma solução economicamente viável para a construção de um viaduto motivaram o presente estudo de caso. A obra, contratada pelo DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes), órgão ligado ao Ministério dos Transportes do Governo Federal, está inserida em um trecho de melhoria de uma rodovia federal.

À época do início da construção, os recursos financeiros destinados à construção do viaduto não se mostravam suficientes, pelo que determinava o projeto idealizado inicialmente. Como solução para o problema, a empresa detentora do contrato

(identificada aqui como empresa A) buscou a contratação de outra construtora (empresa B), esta especializada em OAE, sob a condição de que a obra fosse realizada dentro dos limites de recursos financeiros disponíveis ou de tal forma que se obtivesse o maior desconto possível, mantendo-se as características básicas do viaduto.

A empresa B, considerada nesse estudo de caso como o construtor especialista, atua primordialmente no segmento da construção pesada voltada para pontes e viadutos, mas também executa obras prediais, de contenção, além ser provedora de soluções de engenharia para serviços de engenharia pouco convencionais. Seus clientes são tanto da iniciativa privada quanto do poder público, entretanto, uma das estratégias adotadas nos últimos anos prioriza os contratos privados em detrimento aos contratos públicos, devido à escassez dos investimentos e às incertezas destes quanto ao cumprimento de prazos e pagamentos. O seu porte e estrutura organizacional permitem manter a empresa fiel aos compromissos de qualidade baseando-se em competências essenciais ao seu ramo de atividade e flexibilidade no atendimento às necessidades dos clientes, fatores que serão retratados mais adiante.

A associação entre esse construtor especializado e um projetista estrutural viabilizou uma nova solução através da concepção de um outro projeto, adotando-se uma técnica construtiva que privilegia a “industrialização” de algumas etapas e reduz o prazo de execução em relação ao método tradicional. Assim, o projeto, desenvolvido sob orientação do construtor, passou a incorporar soluções e detalhes combinados com o processo executivo.

O projetista foi convidado a participar do empreendimento do viaduto através do construtor que já vislumbrava um projeto alternativo que deveria ser pré-dimensionado e analisado quanto sua viabilidade técnico-econômica. Suas atividades principais estão voltadas para projetos industriais e OAE, sendo que o processo construtivo proposto como alternativa era inédito para a equipe do projetista, fator que reforçou a necessidade de cooperação entre as duas partes. Pelo lado do projetista a equipe foi formada por um engenheiro coordenador, um engenheiro calculista, dois desenhistas-projetistas de forma, dois desenhistas-projetistas de armação e um consultor da parte de concreto protendido.

O processo de projeto que integra os esforços de projetista e construtor tem sido bastante recomendado em estudos realizados sobre a indústria da construção, nos

quais são apresentados vários problemas que ocorrem devido à falta de sintonia dos projetos com processo de execução. Portanto, a alternativa que se apresentava era algo que não se enquadra no modelo tradicional de contratação, no qual projeto e execução são tratados isoladamente. Ao longo da exposição do estudo de caso, alguns conceitos teóricos e técnicas de produção são analisados para que sejam determinados os aspectos que possam representar uma possibilidade de ganhos reais para a qualidade do projeto, observada também a flexibilidade necessária em função do número de variáveis envolvidas e sua relevância em cada caso.

4.3.1 Características do projeto

Os estudos geométricos para a melhoria e segurança da rodovia indicaram a necessidade de alteração do traçado para a eliminação de um longo trecho em curva com declividade acentuada. Além do grande número de acidentes, a ameaça de deslizamento de um grande maciço sobre a pista, poderia interromper a rodovia por um longo período. O novo traçado em tangente, passando sobre um vale, somente poderia ser vencido com a construção do viaduto.

O projeto preliminar estava fundamentado apenas nos levantamentos topográficos que compunham o projeto geométrico de implantação e, partindo daí, eram definidas as dimensões básicas do viaduto a ser construído, ou seja, comprimento, largura, altura e declividade, e na planilha de serviços e preços. O custo da construção do viaduto foi embutido no projeto geral de melhoria do trecho de rodovia sem que houvesse qualquer estudo detalhado. Conforme já citado, estudos posteriores revelaram a insuficiência dos recursos financeiros destinados à construção do viaduto, o que desencadeou a reformulação total das premissas do empreendimento com a entrada de novos atores no processo. O novo projeto manteve suas dimensões básicas (QUADRO 3), ao passo que foram alterados o número de apoios e, conseqüentemente, o comprimento dos vãos.

Na comparação entre o projeto original e o projeto alternativo, não se verificam alterações significativas na infraestrutura e mesoestrutura, como são chamadas as etapas de fundação e pilares, respectivamente. Significa dizer que, o aumento do número de pilares e elementos de fundação no projeto alternativo, não provoca nenhum impacto profundo sobre o custo. Ocorre, na verdade, uma compensação

onde um número maior de apoios, a princípio uma mudança antieconômica, traduz-se em menos carga em cada um deles, permitindo elementos estruturais mais leves e com menor consumo de material. Talvez, o saldo negativo nesse caso seja um ligeiro aumento do prazo de execução, que certamente se converte em acréscimo no custo. Contudo, é necessário frisar que os vãos menores são condição necessária para a solução adotada para a superestrutura, o tabuleiro do viaduto, no projeto alternativo. Além disso, embora não se conheça as quantidades exatas de aço e concreto que seriam consumidos na superestrutura do projeto original, baseando-se na experiência de orçamentos similares, pode-se afirmar aquele modelo estrutural levaria a um gasto maior desses materiais.

QUADRO 3 – Comparativo entre projeto original e projeto alternativo

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS E TÉCNICAS DO PROJETO		
Critério	Projeto original (estimativa)	Projeto alternativo
Comprimento	510 m	510 m
Largura	13,1 m	13,1 m
Número de vãos	7 un	12 un
Altura máxima	92 m	92 m
Processo construtivo da superestrutura	Aduelas concretadas <i>in loco</i>	Aduelas pré-fabricadas
Volume de concreto	?	11.000 m ³
Aço CA-50	?	956.000 Kg
Prazo de execução previsto	18 meses ⁸	12 meses
Número de aduelas pré-fabricadas	-	209 un

Assim, a principal mudança proposta pelo projeto alternativo se concentra na técnica construtiva de aduelas pré-fabricadas para a superestrutura, permitindo a racionalização desta fase da construção e um ganho considerável no prazo de execução em relação ao projeto preliminar que previa o emprego de balanços

⁸ Estimativa feita em função do modelo estrutural definido pelos itens contidos na planilha do DNIT, e das dimensões conhecidas da obra.

sucessivos com concretagem *in loco*⁹. Esse aspecto, juntamente com o planejamento de uso de equipamentos especialmente projetados para a obra, foram os fatores essenciais para a viabilização econômica do empreendimento. A FIGURA16 ilustra os dois métodos construtivos e suas diferenças em termos de prazo de execução¹⁰.

Nota-se que o projeto original adota um método onde as atividades seguem um padrão mais seqüencial e qualquer redução de prazo somente se torna possível com a mobilização de mais equipamentos e pessoal, representando um custo adicional que, dependendo do porte da obra ou dos recursos financeiros disponíveis, não pode ser absorvido. Vale salientar que um conjunto de escoramento para aduelas configura-se como um equipamento especial, normalmente feito sob medida ou adaptado para cada empreendimento e representa forte impacto sobre o custo da atividade. Considerando que o ciclo de execução de um par de aduelas com concretagem *in loco* varia, necessariamente, entre de 8 dias e 12 dias, essa estratégia tem um alcance limitado em termos de redução de prazo.

A simultaneidade das principais fases da obra observada no projeto alternativo é a chave para a redução do prazo de execução, resultando em menor custo total do empreendimento. O que se verifica é que no processo de execução da superestrutura em aduelas pré-fabricadas, o tempo é otimizado quando a fabricação das peças é realizada concomitantemente com a execução dos pilares. Essa técnica, embora não seja nova, requer uma sintonia maior entre o projeto e o processo executivo. Os detalhes de fabricação devem ser previstos para que, literalmente, tudo se “encaixe” na etapa de montagem, além do que, o conhecimento técnico deve ser complementado com conceitos de gestão de projetos, produção manufatureira e logística. **Nesse estudo de caso, essa convergência ocorre nas articulações na fase de projeto entre o projetista, responsável pelo projeto do produto, e o construtor, responsável pelo projeto para a produção.**

Existe ainda, em obras contratadas pelo poder público, o aparecimento de outro componente que impacta sobre as soluções de projeto. O fator político assume uma dimensão importante na concepção e execução do empreendimento, devendo, sempre que possível, ser considerado. Isso porque, não é rara a ocorrência de

⁹ A técnica de construção de OAE em balanços sucessivos é explicada mais detalhadamente no trabalho de LEONHARDT (1979)

¹⁰ São considerados os prazos normais de execução previstos para o viaduto em questão, não refletindo os atrasos por motivos externos que alteram o andamento normal da obra, como por exemplo, a falta de recursos financeiros.

paralisações, a revisão de prazos de execução tanto pela falta de empenho de verbas, retardando o processo, quanto pelo encurtamento repentino dos prazos previstos em função de compromissos e interesses políticos.

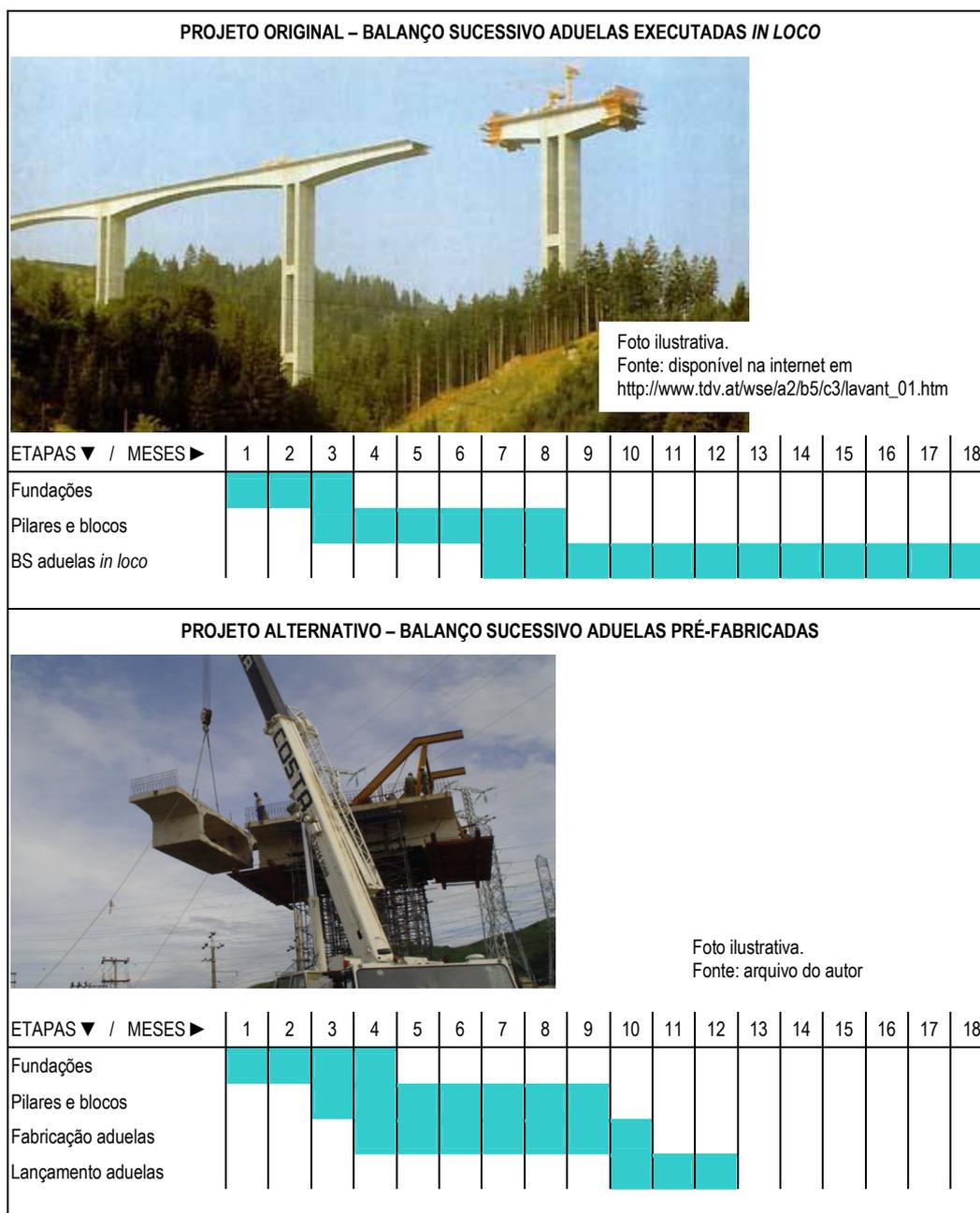


FIGURA 16 – Exemplos de execução de balanços sucessivos

O projeto alternativo para a construção do viaduto também apresenta vantagens quanto a esse aspecto. O processo de execução por aduelas com concretagem *in loco* previsto no projeto original, por ser muito longo, no caso de paralisação ou prolongamento do prazo de execução, representa custo imobilizado de equipamentos. O desmembramento da execução da superestrutura em fabricação e lançamento, no caso do projeto alternativo, permite uma maior flexibilidade quanto à conveniência de se fazer partes do serviço mediante avaliação do panorama político-econômico.

4.3.2 Formas de contratação

Uma das principais dificuldades enfrentadas pelo setor da construção de OAE para incrementar rotinas para a qualidade aos seus processos está na definição da forma de contratação de serviços de engenharia, incluídos projeto e execução. Significa que, o critério mais comum de contratação baseado no menor preço em detrimento à melhor solução, negligencia aspectos relevantes como capacitação técnica, criatividade da solução, impacto ambiental, harmonia e fatores estéticos, manutenção e vida útil, dentre outros.

Ressalta-se que, o considerado aqui como “melhor solução” não significa, necessariamente, uma opção de custo mais elevado. Ao contrário, esta quase sempre se transforma também na solução mais econômica quando o empreendimento é visto dentro de um sistema que abrange todo o seu ciclo de vida e outros fatores associados direta ou indiretamente à sua utilização. Um projeto poderá deixar de ser mais econômico se o seu prazo de execução for muito maior do que uma segunda alternativa mais cara, a princípio. Analogamente, uma ponte ou viaduto que, devido às suas características geométricas, cause muitos acidentes, não seja capaz de dar fluência ao trânsito, tenha sua vida útil abreviada ou exija manutenção freqüente devido ao dimensionamento incompatível com as cargas de trabalho, certamente cobrará um valor bem maior se comparado à “economia” obtida no curto prazo ou numa escala local.

As contratações de bens e serviços pelo poder público no Brasil são regidas pela Lei 8.666/93, que estabelece as modalidades de licitação em concorrência, tomada de preços, convite, concurso, leilão e pregão, conforme a natureza da operação e valores financeiros envolvidos. São previstos também os critérios de julgamento por preço,

preço e técnica, melhor técnica. Pelo que determina a lei, as modalidades de leilão e pregão são restritas à compra de “bens e serviços comuns”, categoria na qual não se enquadram os serviços de engenharia, apesar das controvérsias e confusões que cercam esse conceito.

No entanto, a forte concorrência verificada no setor da construção pelo grande número de empresas, aliada ao dismantelamento da estrutura técnica e organizacional dos órgãos públicos responsáveis pela contratação e fiscalização de obras, são as principais causas pela diminuição da capacidade de avaliação crítica dos projetos. Com isso, na prática, projetos e obras de engenharia são julgados com base apenas no menor preço, o que tem sido defendido por alguns, inclusive, como instrumento de combate à corrupção e abreviação dos prazos dos processos de licitação e contratação.

Além disso, encontra-se em análise pelo Poder Legislativo alterações na Lei 8.666/93 que, dentre outras, institui o pregão para serviços de engenharia e permite, ao contrário do que ocorre atualmente, a análise da proposta comercial antes da fase de habilitação, que inclui a verificação de toda a documentação legal e também os critérios técnicos propostos por cada concorrente. Assim, invertendo a ordem do processo atual, somente a proposta de menor preço teria sua documentação analisada, passando à segunda colocada em caso de não aceitação da primeira. Ou seja, qualquer proposta que não seja a vencedora pelo critério preço, por mais vantajosa que possa ser, ficará alijada do processo.

Considerando especificamente o setor de projetos, o efeito imediato do critério de menor preço para a contratação desse tipo serviço, tende a se tornar mais um obstáculo à sua valorização. A preocupação que a questão suscita, está no fato de ser esta a alternativa que se apresenta como ideal (a valorização dos projetos) para se buscar qualidade e produtividade sem grandes impactos no custo total. Como já se viu, é nesta fase dos empreendimentos de construção que os custos são reconhecidamente menores tanto para investimento na agregação de informação, quanto na implementação de modificações.

O critério de julgamento baseado apenas no menor preço age como barreira para o desenvolvimento do setor como um todo, uma vez que a competição nesses moldes coloca empresas e profissionais com diferentes níveis de qualificação e competência em um mesmo patamar.

Para Tisaka (2007a), o critério de contratação por menor preço para projetos e consultoria, pode levar a soluções simplistas ou tecnicamente inconsistentes, o que representaria custos substancialmente mais elevados no futuro. O autor defende a distinção de bens e serviços comuns em relação aos serviços técnicos de engenharia pelos motivos a seguir:

- Por ser uma atividade regulamentada, somente empresas e profissionais que atendam a atribuições específicas podem ser contratados;
- Os serviços são iniciados após a contratação e a mensuração do desempenho e qualidade não pode ser feita antecipadamente;
- Os serviços são altamente especializados, estando sujeitos a inúmeros fatores de variabilidade até a entrega do produto e diferenciando-se dos bens manufaturados produzidos em larga escala por não estarem disponíveis para avaliação por simples comparação;
- Cada contrato é um serviço técnico único e dependente da capacitação e experiência dos profissionais envolvidos, de valores subjetivos e das características próprias do empreendimento (TISAKA, 2007b).

A busca pelo menor preço em qualquer transação comercial é legítima e até salutar, quando funciona como um fator indutor do desenvolvimento tecnológico e da melhoria de produtividade. Há, contudo, a necessidade de distinguir se, ao contrário, este critério está levando à deterioração da qualidade e da técnica, resultando na realização de custos muito maiores no cômputo geral. Descartando totalmente qualquer argumento de natureza corporativista, essa deve ser uma análise a ser considerada no processo para melhoria da qualidade através da valorização dos projetos de OAE, onde os critérios de contratação desempenham papel de relevância por estarem atrelados a diversos fatores de desempenho.

Os serviços de engenharia são crescentemente exigidos com relação à qualidade, proteção ambiental e segurança no trabalho, fatores que têm elevado os custos em treinamento, equipamentos e planejamento da produção. O setor privado, embora utilize sistematicamente o critério de menor preço, demonstra uma maior flexibilidade e discernimento na consideração de outros parâmetros igualmente relevantes na contratação de serviços de engenharia. Isso se verifica em alguns casos, por

exemplo, através da manutenção de cadastros atualizados com medidas de desempenho das empresas contratadas, servindo de referência para novos processos de contratação.

O construtor envolvido nesse estudo de caso pode ser um exemplo para essa realidade quando são analisados os últimos contratos estabelecidos com clientes públicos e privados, conforme a TABELA 2. Sobre os dados apresentados, considere-se que os contratos da coluna “Emergencial” também levam em conta capacidade técnica e confiabilidade como critérios de contratação. Há que se ressaltar, contudo, que mesmo nos casos de consideração do fator competência, o preço não deixou de ser relevante e decisivo no processo de contratação.

TABELA 2 – Critérios de contratação

CRITÉRIOS DE CONTRATAÇÃO PARA OS ÚLTIMOS 40 SERVIÇOS (2004 – 2007)			
Contratante	Menor preço	Competência técnica	Emergencial
Órgão público	2	-	2
Cliente privado	30	3	3

Uma outra tendência atual é a contratação pelo regime de empreitada global, ou seja, o valor estipulado na proposta será aquele efetivamente pago ao final dos serviços, independente das quantidades executadas de cada serviço. Por um lado este sistema representa um risco maior para o construtor porque as informações do projeto preliminar geralmente são incompletas e não permitem uma quantificação exata. Por outro lado, quando o cliente permite soluções alternativas, existe a possibilidade de se obter melhores resultados que privilegiam a criatividade e um projeto afinado com o método executivo.

Essa tem sido uma das posições assumidas pela empresa que representa a parte do construtor nesse estudo ao procurar o caminho da especialização em atividades mais complexas ou criação de soluções não convencionais como um diferencial competitivo. Para que tal estratégia seja bem sucedida, tem sido almejada uma condição de referência no mercado através do domínio técnico, investimento em

planejamento e projeto que possam ser percebidos como excelência em qualidade e vantagens para o cliente.

O processo de contratação do empreendimento do viaduto objeto desse estudo de caso, reflete algumas das implicações relacionadas à contratação de serviços de engenharia por um órgão público e também aspectos do posicionamento estratégico do construtor responsável pela execução.

A empresa A, detentora do contrato com o DNIT e do problema da insuficiência de recursos financeiros para a construção do viaduto, esteve envolvida no processo comum de contratação com o órgão público. Ou seja, as OAE são licitadas sem um estudo mínimo por representarem uma pequena parte do serviço em contratação e os preços são aprovados pelo menor valor apresentado pelo proponente, com base na planilha do órgão.

Diante da inviabilidade econômica, a empresa B, construtora especialista em OAE, entrou no processo para apresentar uma solução alternativa. O seu reconhecimento como especialista mostra uma consolidação de sua estratégia competitiva e mostrou-se fundamental para sua participação nessa consulta preliminar. Desde o princípio, foi descartado o projeto original por entender-se que o modelo estrutural proposto não poderia levar à redução de custo desejada. Assim, buscou-se o projetista estrutural para a concepção de um novo projeto que deveria se concentrar na redução do prazo de execução e no detalhamento vinculado às particularidades do sistema construtivo.

Levando-se em consideração que, nesse estudo de caso, a associação de entre construtor e projetista redundava no aparecimento de um único agente responsável pelas atividades de projeto e construção, mostra-se oportuno fazer um paralelo com a aplicação do *Design-build* como alternativa aos problemas relacionados à contratação.

O modelo tradicional de contratação vigente no setor da construção, além da separação entre a atividade projetual e a execução, é caracterizada por uma relação conflitante onde “o projetista enfoca a qualidade do produto”, enquanto, “o construtor, selecionado por preço, focaliza a racionalização e a economia” (GRILO; MELHADO, 2003b). Acima disso, está o contratante que deve gerenciar o sistema contratual, geralmente lento e oneroso, e que exige um grande esforço de coordenação devido à complexidade crescente dos empreendimentos e à pressão por menores custos e prazos.

Para Grilo e Melhado *op. cit.*, o grande trunfo do *Design-build* está no apelo comercial, certamente o argumento mais poderoso em qualquer proposta de mudança de paradigma. Capaz de proporcionar custo global inferior, concepção e execução rápidas, a concentração das responsabilidades em uma única entidade também representa para o cliente comodidade e simplificação na gestão do empreendimento.

A aplicação do *Design-build* na contratação de projetos de OAE parece ser bastante conveniente, considerando o estudo de caso realizado frente a algumas barreiras levantadas pelos autores para a difusão desse sistema. A primeira necessidade é a definição do escopo e o levantamento de custo antes do término do projeto.

No caso do projeto do viaduto em análise, as informações básicas fornecidas no início do processo definem de maneira satisfatória o escopo do projeto (pouco sujeito a alterações profundas), possibilitando assim, uma estimativa de custo real para a nova condição. Porém, um fator imprescindível deve ser enfatizado na composição do custo desse e de outros projetos similares: a escolha do construtor especializado no segmento de OAE, traduzida em domínio da técnica construtiva e adequação aos requisitos do empreendimento.

Nas situações em que as informações preliminares forem insuficientes para a composição do custo real, podem ser previstos dispositivos que possam flexibilizar alguns critérios de contratação. Por exemplo, em um processo de contratação por preço global onde não tenham sido realizadas sondagens do terreno para a determinação do tipo de fundação (um fator essencial em projetos de OAE), pode-se incluir a execução das sondagens no escopo do serviço e permitir o critério de preço unitário apenas para a fundação.

Friedlander (1998) e o *Building Services* (1995) *apud* Grilo e Melhado (2003b), defendem o emprego do *Design-build*, respectivamente, em projetos onde não haja um grande apelo da estética e que não exijam inovações técnicas. Para o segmento de OAE, como se constata nesse estudo, não foram encontradas dificuldades nesse sentido e que pudessem desaconselhar a adoção do *Design-build*. A estética, embora seja um fator de grande importância para as OAE, na maioria dos projetos fica condicionada ao modelo estrutural mais adequado para cada situação, e não o contrário. A inovação técnica foi um fator determinante na concepção do projeto alternativo, e que deve ser vista de acordo com os efeitos e potencialidades sobre cada empreendimento.

Assim, outros aspectos do *Desing-build* podem ser revistos para os projetos de OAE, tendo sido sua principal característica, o fator essencial para o sucesso do empreendimento abordado no estudo de caso, ou seja, o processo de contratação composto pelo cliente e o construtor (associado ao projetista) como os dois agentes primários e as etapas de projeto e produção desenvolvidas simultaneamente.

4.3.3 Estrutura organizacional

As empresas do setor da construção pesada no Brasil, diante das incertezas inerentes à atividade, o decrescente volume de investimentos do poder público à partir da década de 1970, ao que se somam os fatores de instabilidade políticos e econômicos, optaram por se organizarem de forma a minimizar seus riscos. Isso pode explicar em parte, a manutenção de uma rígida estrutura organizacional, verticalizada, burocrática e resistente a mudanças profundas. Assim sendo, durante tempos se mantiveram à margem do desenvolvimento tecnológico e gerencial, evitando investimentos na modernização de equipamentos, na formação da força de trabalho, na introdução de novas práticas de gestão e na melhoria de produtos e serviços. Outros fatores, como a sedimentação de costumes de ordem cultural, exercem forte influência sobre os processos produtivos e atuam como inibidores de mudanças profundas tanto na estrutura organizacional quanto na composição do sistema social.

A estrutura organizacional estará sempre subdividida entre a estrutura formal e a estrutura informal. A primeira é planejada, podendo ser representada por um organograma que define hierarquia, divisão de responsabilidades e competências. A estrutura informal surge espontaneamente das relações sociais não constituídas formalmente, apresentando relações não previstas na estrutura formal (OLIVEIRA, 2005). Ainda segundo o autor, a estrutura organizacional está fundamentada nos seguintes condicionantes:

- Objetivos, estratégias e políticas estabelecidas pela empresa;
- Ambiente;
- Nível tecnológico
- Recursos humanos

A estrutura organizacional ao mesmo tempo em que se autoconstrói conforme condições particulares e ambientais, uma vez estabelecida, se converte em um dos fatores que influenciam nas interações comportamentais e no processo decisório da organização. As variáveis que determinam a sua configuração podem ser: estratégia do negócio, ambiente político, conjuntura econômica, porte da empresa, nível de competitividade, mercados-alvo e até mesmo os paradigmas e características pessoais do núcleo decisório.

A origem dessa estruturação está na própria evolução da atividade produtiva organizada que, a partir de determinado nível de desenvolvimento, requer uma divisão do trabalho em várias tarefas distintas para que sejam atendidas demandas de volume, variabilidade ou necessidade de especialização. Essas atividades devem, para que se atinjam os objetivos da produção, estar inter-relacionadas e coordenadas entre si. Mintzberg (2003) sintetiza a estrutura organizacional como a soma das maneiras pelas quais ocorrem a divisão do trabalho combinada com a coordenação das diversas tarefas envolvidas. O autor define as cinco partes básicas da organização (núcleo operacional, linha intermediária, cúpula estratégica, tecnoestrutura e acessoria de apoio), cujas respectivas forças moldam as diversas configurações estruturais, conforme a intensidade e importância de cada uma delas dentro do contexto geral da organização. Assim, o *design*, considerado por Robbins (1990) como a construção e modificação da estrutura organizacional para a realização das metas da organização, pode assumir formas diferentes de acordo com suas funções e fatores situacionais que influenciam também a divisão do trabalho e os mecanismos de coordenação.

As empresas de construção são essencialmente burocráticas, embora o nível de complexidade de uma organização sugere que seja impossível estabelecer classificações que possam reunir todos os seus traços culturais, sociais e políticos que, ao final, lhe conferem uma identidade única, tal qual uma impressão digital (ROBBINS, 1990). O termo burocrático, aqui, quer dizer que a eficiência é buscada através da formalização do comportamento, controle e redução da variabilidade.

A burocracia foi idealizada por Max Weber¹¹ como o tipo ideal de estrutura organizacional, cujas características principais são: divisão do trabalho, autoridade

¹¹ Max Weber (1864-1920) era alemão e considerado um dos fundadores da sociologia moderna, formalizou a teoria burocrática para identificar o tipo ideal de organização baseada no conceito "racional-legal" (CRAINER, 2000).

hierárquica, formalização de procedimentos, normas e regulamentos detalhados e relacionamento impessoal (ROBBINS, 1990).

A Administração Científica de Taylor parte de uma estrutura burocrática para garantir a funcionalidade e a eficiência do processo produtivo. Este movimento, no entanto, precede a Revolução Industrial e se ajustou com grandes vantagens desde a consolidação da Escola Clássica até se constituir na base do desenvolvimento do modelo japonês da Produção Enxuta (MOTTA; VASCONCELOS, 2002).

Motta e Bresser-Pereira (1991) afirmam que Max Weber, ao idealizar o conceito de burocracia, admitiu que na sua concepção “pura”, na prática, não se aplicaria a nenhuma organização. Isso porque qualquer tipo de sistema onde haja o componente social, este não será totalmente racional em função de aspectos emocionais e da imprevisibilidade próprios da natureza humana. Surgem, então, as disfunções da estrutura burocrática, responsáveis pela incorporação ao seu conceito original de um sentido de ineficiência e morosidade na condução dos processos.

Fazendo uma análise do setor da construção, Matos (2005) questiona o modelo “clássico-burocrático” para as empresas inseridas no cenário atual marcado por turbulência, concorrência acirrada e economia globalizada. O autor propõe uma reestruturação organizacional através da adoção de sistemas integrados de gestão, sendo indispensável para tal, uma visão sistêmica do negócio onde o resultado global deve estar acima da soma de resultados e interesses pontuais.

Assim sendo, remete-se novamente para dois aspectos importantes abordados no Capítulo 2 e que relacionam a estrutura organizacional ao contexto do desenvolvimento de projetos de OAE. O primeiro aspecto diz respeito à flexibilidade necessária para que as organizações se mantenham competitivas ajustando-se às demandas de mercado e aos fatores particulares em questão. O segundo aspecto, a gestão integrada, incorpora a proposta de integração entre os sub-setores de projeto e produção, visando a obtenção de resultados mais abrangentes, ao nível global do empreendimento.

A questão da gestão integrada é tratada ao longo de todo o trabalho na perspectiva da melhoria da qualidade do projeto e do produto (a obra executada) a partir da união entre projetista e construtor para o desenvolvimento do projeto de OAE. No que se refere à flexibilidade, admitindo-se que o construtor exerce papel de condutor do

processo e incorpora o projeto nesse estudo de caso, são feitas observações importantes sobre seu sistema organizacional e forma de atuação que são diretamente associadas à sua capacidade de se adequar às exigências de seu segmento de atuação.

Uma empresa flexível molda seu produto ou serviço ao gosto do cliente, oferecendo o que ele quer e também uma gama de produtos diferentes para o cliente escolher ou ainda produzindo a partir de especificações solicitadas pelo próprio cliente (produção sob encomenda) (SILVA, M. T., 2004).

A evolução natural dos sistemas competitivos indicam a necessidade de constante revisão dos modelos organizacionais para se adequarem às exigências dos mercados. Azuma *et al.* (2007), por exemplo, mostram que a inevitável incorporação de inovações tecnológicas pelo setor da construção nos últimos anos, acontece de tal forma que a própria estrutura organizacional é afetada. As técnicas e ferramentas tecnológicas aplicadas ao projeto de construção com o objetivo de facilitar o atendimento de requisitos essenciais como produtividade e qualidade, resultam em um novo paradigma no processo desenvolvimento dos projetos e na formação profissional.

Um rápido diagnóstico do modelo de gestão e produção da empresa B que assume o papel do construtor e a liderança na condução do empreendimento, revela sua face burocrática, mesmo que pautada pela flexibilidade no processo de tomada de decisões e ênfase no atendimento às necessidades do cliente. Nesse caso, o porte da empresa, pequeno para médio, pode ser um fator decisivo na manutenção dessa característica e também na sua condição de sustentar-se competitiva, oferecendo serviços personalizados e com qualidade. Essa empresa não possui certificação pelos sistemas conhecidos de gestão da qualidade, embora o seu crescimento nos últimos anos tenha levado a uma necessidade maior de controle e regulamentação de seus processos internos.

A estrutura burocrática, ainda que o ambiente imprevisível não a favoreça, em teoria, predomina na forma de organização do construtor. Algumas das características da organização burocrática indicadas por Motta e Bresser-Pereira (1991) e listadas a seguir, conferem com traços percebidos na estrutura da empresa analisada, podendo ser estendidas à maioria das empresas do setor que desempenham atividades similares:

- Poder exercido com base no conhecimento técnico;
- Formalismo: normas hierárquicas definem as relações entre superiores e subordinados;
- Fluxo de informações converge para a gerência de onde partem as decisões e prescrições normativas;
- Divisão racional do trabalho para realização de objetivos pré-definidos;
- Impessoalidade nas relações sociais e profissionalismo na administração.

A concentração na cúpula gerencial, neste caso, não determina o processo decisório lento e ineficiente, o que pode ser atribuído ao porte da empresa que admite uma estrutura com poucos níveis hierárquicos, conforme mostrado na FIGURA 17. A gerência tem papel multifuncional, acumulando as funções administrativas, técnicas e comerciais.

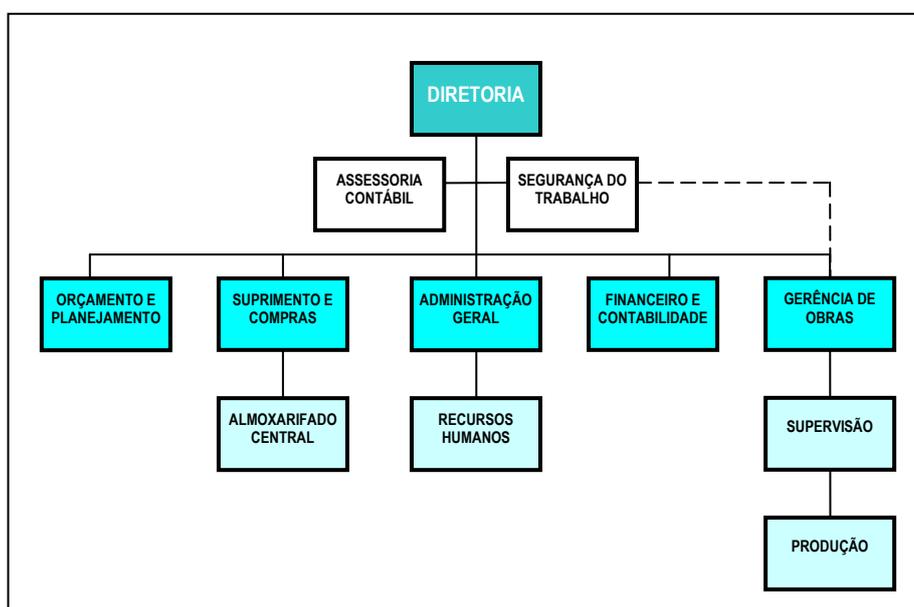


FIGURA 17 – Organograma geral simplificado

O bom desempenho e o crescimento da empresa nos últimos anos têm mostrado uma tendência atual à criação de novos cargos na estrutura gerencial. Esta, no entanto, não parece ser uma mudança capaz de alterar significativamente a forma de atuação da empresa a curto prazo, permanecendo os novos cargos e funções com baixa autonomia e limitados a dar apoio à cúpula gerencial.

A ausência de um sistema de gestão da qualidade formal tem sido suprida satisfatoriamente através da identificação e valorização de competências essenciais para seu nicho de negócio, suportada pelo envolvimento decisivo da diretoria. Assim, é constituída uma estratégia de competitividade baseada no gerenciamento do fluxo de informações e direcionamento das ações, convergindo para a composição das competências essenciais reconhecidas, visando a qualidade e tendo o cliente como foco (FIGURA 18).

Esse comprometimento, com base na experiência e no *know how* da empresa, é que estabelece os critérios para avaliar e eleger as competências que, simultaneamente, possam realizar as metas de qualidade para o cliente e ajustar-se à estrutura organizacional. Nesse caso, podem ser destacadas as seguintes:

- Competência administrativa;
- Competência comercial;
- Competência técnica.

A competência administrativa tem como funções principais o relacionamento com o cliente, fornecedores e colaboradores internos e externos. Estabelece os critérios de seleção e valorização de pessoas através do departamento de recursos humanos. Coordena as áreas contábil e financeira, além de outras questões periféricas que implicam no funcionamento da máquina administrativa e burocrática.

O contato com o cliente no que se refere à venda e negociação dos serviços, englobando a elaboração de propostas, orçamentos, planejamento e plano de produção, está inserido na abrangência da competência comercial da empresa. Este núcleo, no caso em estudo, está centrado diretamente na gerência da empresa, que mobiliza as funções de planejamento e controle, suprimentos, produção, contábil e gerencial, distribuídas nos seus respectivos departamentos.

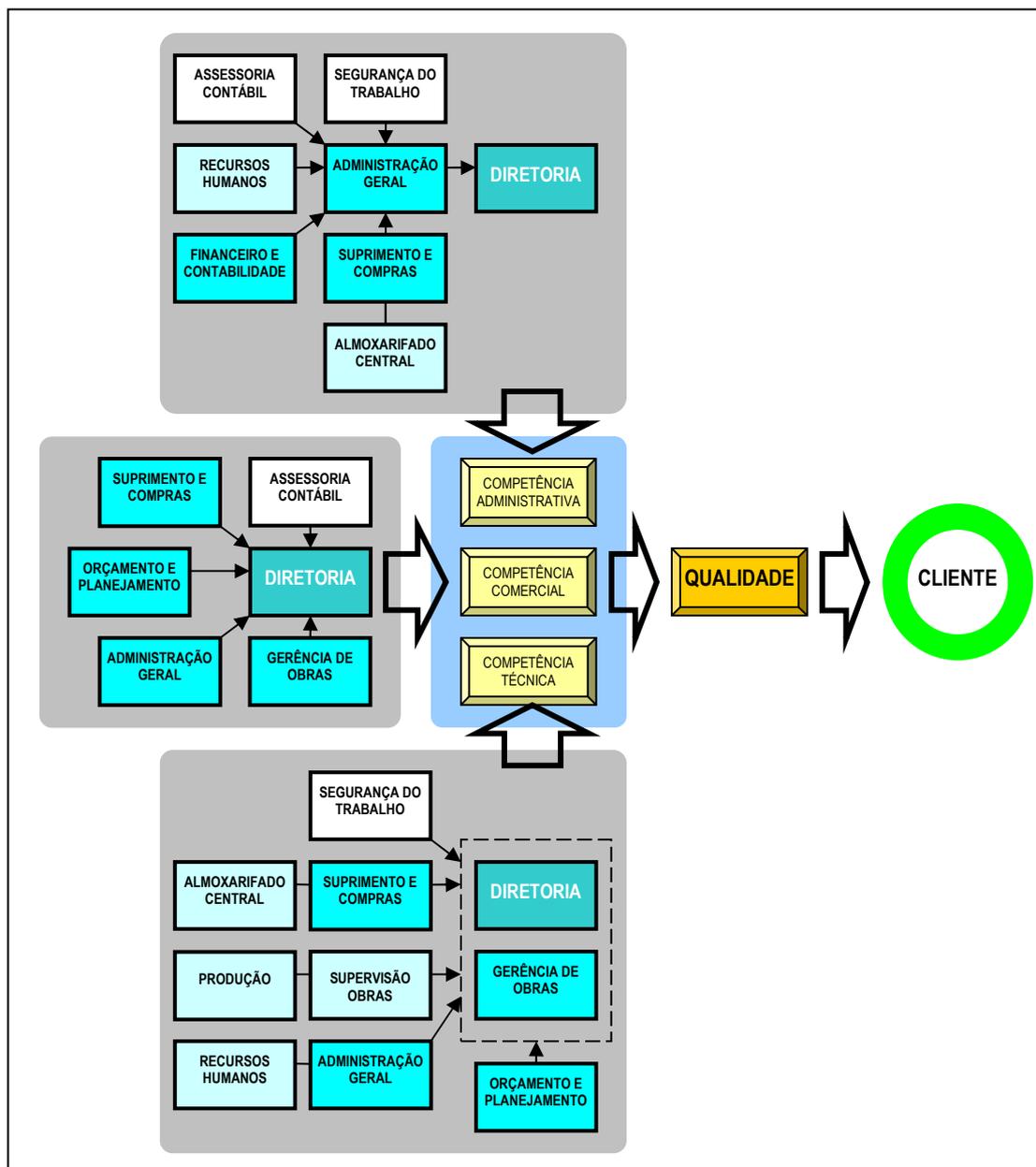


FIGURA 18 – A qualidade para o cliente pela aplicação das competências essenciais

Por último, a competência técnica está presente tanto na produção em si, quanto na fase de preparação de propostas. Na produção, são destacadas a qualidade da mão-de-obra e materiais empregados, as condições e tipos de equipamentos utilizados, bem como a conformidade com as normas de segurança e preservação do meio ambiente. No caso da preparação de propostas, a criatividade e a inovação das soluções são fatores preponderantes para a competitividade e resultantes da

competência técnica. O fluxo da força de trabalho converge para a gerência de produção e para a diretoria que mobilizam as funções de apoio, conforme as necessidades da produção ou da formulação das propostas técnicas.

Observa-se ainda que, sem haver um rompimento com a estrutura burocrática formal, a formatação das competências essenciais exige uma organização das funções que compõem cada uma delas de maneira flexível e convergente, com vistas à qualidade, traduzida nas necessidades dos clientes.

Tais arranjos não são definitivos, podendo apresentar variações localizadas, mas são sempre inter-relacionados e complementares. Os esquemas apresentados na FIGURA 18 representam as disposições básicas na construção de um sistema voltado para a qualidade, adaptado às condições específicas do setor e da própria empresa.

4.3.4 Desenvolvimento do projeto

A evolução do processo de projeto após o acerto contratual é descrito a seguir em seus principais eventos, marcos e períodos em que ocorreram, bem como são destacadas as participações do projetista e do construtor, as formas de interação e acompanhamento do processo.

O primeiro passo para a nova proposta foi a composição do custo. A partir das informações sobre o novo processo construtivo, elaborou-se o pré-dimensionamento da estrutura para determinação das quantidades de material. Paralelamente, foram estimados os prazos de execução, os equipamentos a serem utilizados e o custo de sua fabricação, quando necessária. Um planejamento sintético contendo um cronograma e um plano de trabalho inicial, juntamente com a apuração dos custos de materiais e equipamentos formou a base para o orçamento do novo projeto.

A FIGURA 19 mostra o primeiro estágio do desenvolvimento do estudo de caso, com as principais atividades apresentadas em leiaute de escala cronológica.

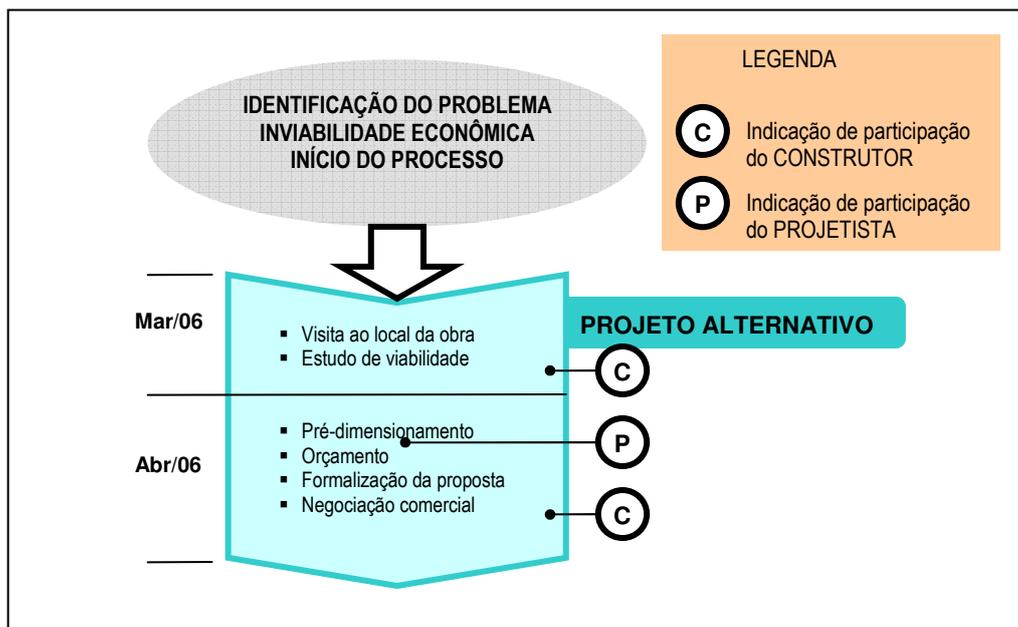


FIGURA 19 – Estudo de caso: primeiro estágio do processo de projeto

As negociações comerciais para a contratação do novo projeto e execução do viaduto ocorreram entre os meses de março e abril de 2006, sendo que a primeira reunião entre construtor e projetista para definições do projeto aconteceu em maio de 2006. A previsão inicial de três meses para a conclusão do projeto não se cumpriu devido ao atraso no aporte de recursos, um problema comum em obras públicas no Brasil e extremamente prejudicial ao planejamento global dos serviços.

O processo construtivo foi ditado pelo construtor que, repassou as informações necessárias para garantir a compatibilização com o projeto final, na medida em que o projetista realizava a análise estrutural e o detalhamento. Os principais marcos e eventos desde o início da elaboração do projeto são mostrados na FIGURA 20.

A execução da obra teve início logo após o detalhamento das fundações pelo projetista e o atraso na conclusão do projeto, cuja remuneração é vinculada ao andamento da obra, deveu-se ao ritmo inconstante na liberação dos recursos financeiros e à interrupção da construção nos primeiros cinco meses de 2007.

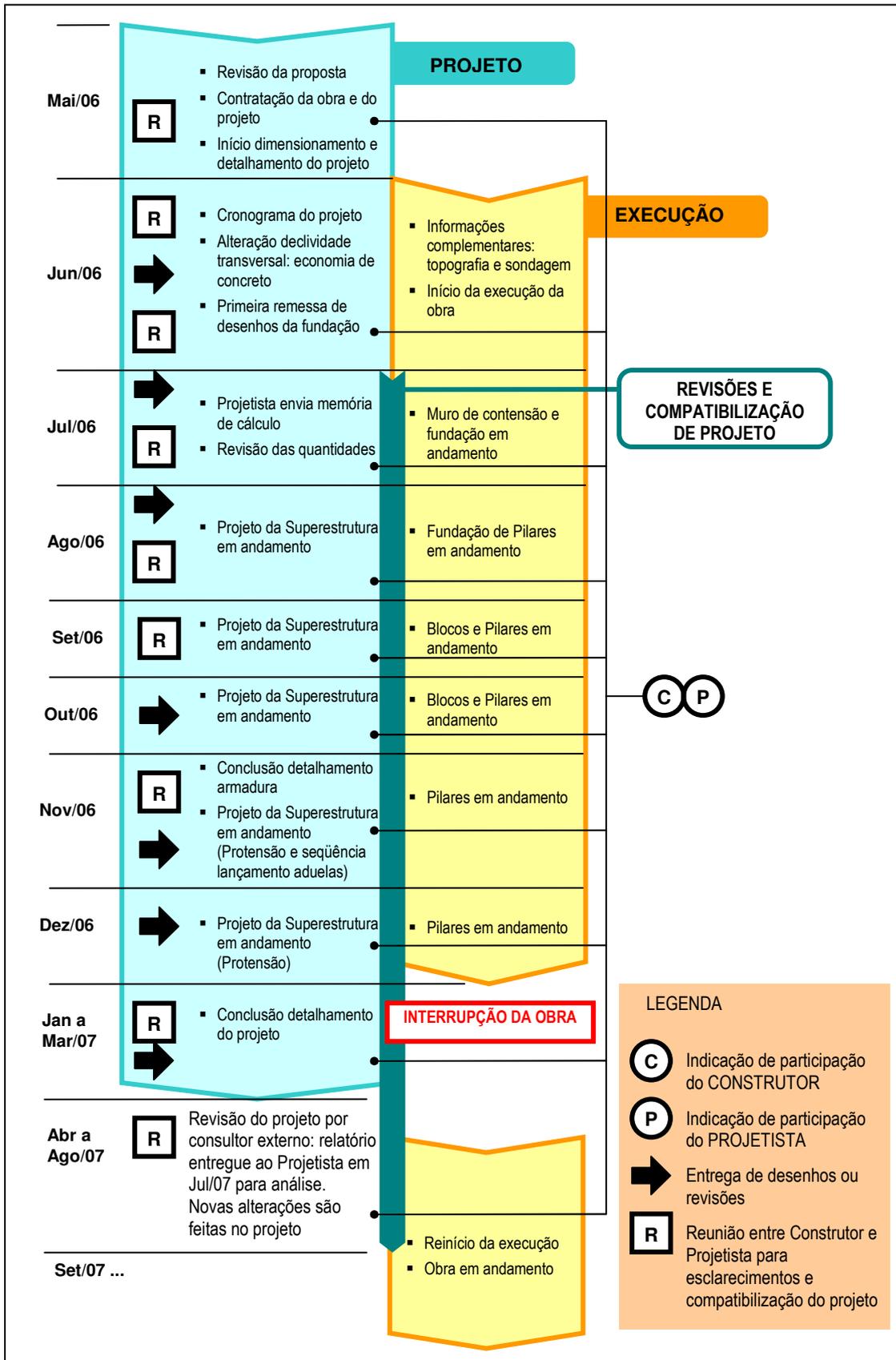


FIGURA 20 – Estudo de caso: segundo estágio do processo de projeto

É importante registrar que, o desenvolvimento simultâneo do projeto com a execução aconteceu em ambiente de intensa cooperação, onde construtor e projetista interagem todo o tempo e definem as prioridades do detalhamento. Esse processo difere dos casos em que as obras começam sem as informações de projeto e sem que haja uma integração entre esses agentes.

Todo o processo de desenvolvimento do projeto foi documentado para esse trabalho de pesquisa, sendo que o fluxo de informações entre projetista e construtor ocorreu nos dois sentidos utilizando-se os seguintes expedientes:

- Reuniões presenciais: esclarecimento de dúvidas, decisões para compatibilização do projeto com o sistema construtivo, planejamento e definições de prazos para as etapas de projeto, registros em ata;
- Correio eletrônico: registro de dúvidas e soluções descritivas, envio de arquivos de desenhos, formalização de soluções verbais;
- Mensagens por fax: envio de croquis ou manuscritos referentes ao empreendimento;
- Controle de emissão e revisões de desenhos é feito de forma independente e ajustado periodicamente.

Observando-se o esquema do desenvolvimento do processo de projeto, pode-se notar que o prazo para a conclusão do projeto é bem maior do que o previsto e, conforme já observado, esse prolongamento aconteceu devido à não disponibilidade dos recursos financeiros necessários para o andamento normal dos serviços. O aumento do prazo acarreta elevação de custos (devido ao custo fixo das despesas indiretas), diminuição da produtividade e exemplifica uma parte da ineficiência da gestão pública, trazendo prejuízo para contratante, contratado, contribuintes e usuários.

A interrupção da obra no início de 2007 não afetou o andamento do projeto que, no entanto, já vinha sendo trabalhado em ritmo lento e no momento da paralisação da execução estavam sendo feitos os últimos cálculos e ajustes no detalhamento.

Nesse estudo de caso verifica-se uma participação fundamental do construtor na fase de desenvolvimento do projeto. Porém, a participação do projetista na construção é considerada pequena ou quase inexistente, como acontece na quase totalidade de

empreendimentos similares. Com isso, o fluxo de informações para retroalimentação do projeto se restringe apenas aos eventuais pedidos de revisão devido a problemas encontrados durante a execução ou na análise dos desenhos entregues. Essa questão deve ser incluída também no debate sobre a valorização dos projetos, uma vez que o acompanhamento das obras significa uma complementação dos serviços prestados atualmente pelos projetistas e envolve remuneração e tempo de dedicação.

4.3.5 Reflexões sobre o estudo de caso

Desde o princípio, a presente pesquisa tem o declarado objetivo de investigar as melhorias na qualidade dos projetos de OAE quando a parte responsável pela execução também toma parte do processo projetual. O estudo de caso focado no projeto de um viaduto onde esta interação esteve presente, revelou a utilização de princípios de Engenharia Simultânea que, não só foram úteis nesse processo, mas, acredita-se, podem ser estendidos genericamente para outros casos.

Conforme observado por Fabrício (2002), existem diversas definições para Engenharia Simultânea que variam de acordo com os objetivos do formulador de cada conceituação, ou da finalidade da aplicação de seus princípios, ou ainda do ambiente produtivo no qual se insere. Essa abrangência faz com que sejam destacados os aspectos e as dimensões mais importantes da Engenharia Simultânea que mais se adaptem às condições específicas de cada setor.

Além disso, a sobreposição das fases de projeto e execução é uma característica mais próxima do conceito de *Fast-track Construction* que enfatiza a rapidez na execução do empreendimento pela execução de várias atividades em paralelo, sem o embasamento conceitual e metodológico da Engenharia Simultânea. Segundo Huovila, Koskela e Lautanala (1997), essa abordagem geralmente conduz ao aumento da incerteza, uma consequência totalmente oposta a um dos principais objetivos da Engenharia Simultânea (a redução dos níveis de incerteza) como forma de reduzir os custos totais e elevar o valor final do produto. Apesar dessa contradição, os autores reconhecem que métodos e técnicas originados na Engenharia Simultânea têm sido implementados em empreendimentos baseados em *Fast-tracking*, aproximando as duas abordagens.

O setor da construção, por apresentar uma dificuldade maior que outros setores industriais em automatizar seus processos, empregando métodos semi-artesanalais que necessitam de grande quantidade de mão-de-obra, além de outros fatores que oneram os custos indiretos da produção, tende valorizar bastante as técnicas que possam levar à redução de prazos de execução. O problema a ser evitado é quando esse ganho de velocidade se faz através do atropelamento de alguns princípios da qualidade ou do sacrifício de objetivos de melhoria de processos como pode acontecer em algumas aplicações de *Fast-track Construction*.

O presente estudo de caso não representa uma aplicação de Engenharia Simultânea plena, o que, em uma análise mais profunda dos pressupostos teóricos, revelaria um grande número de preceitos que não se aplicam ou se aplicam parcialmente ao processo investigado. No que se refere ao fato de a execução ter início antes da conclusão do projeto não significou aumento de custos ou perda de valor para o empreendimento. Seguramente, isso pode ser atribuído ao total domínio do construtor sobre o método executivo e sua participação na coordenação do processo de projeto. Assim, tornou-se possível priorizar etapas do detalhamento, prever eventuais incompatibilidades e solucionar problemas de acordo com a seqüência de execução. Em resumo, verifica-se que a concepção da solução, seguida do desenvolvimento de aspectos fundamentais do projeto para produção por parte do construtor, nesse caso, precede e orienta a análise estrutural e o detalhamento do projeto do produto, permitindo antecipar a execução sem prejuízo da qualidade e dos objetivos gerais do empreendimento.

A contribuição pretendida volta sua prioridade para a determinação dos aspectos mais importantes do processo de desenvolvimento de projeto, no caso de OAE, que possam ser incorporados em benefício da qualidade.

Portanto, esta seção busca estabelecer a relação entre os conceitos teóricos e os resultados práticos obtidos através do estudo de caso, com ênfase na integração projeto-produção e orientados por princípios da Engenharia Simultânea.

Gerenciamento do projeto

O projeto alternativo do viaduto foi inicialmente concebido pelo construtor e foi desenvolvido através da associação ao projetista que ficou responsável pela análise estrutural e detalhamento.

A equipe formada para o desenvolvimento do projeto passou a contar com os integrantes da parte do construtor e da parte do projetista conforme o esquema da FIGURA 21. A coordenação exercida pelo construtor estava inteiramente voltada para estabelecer uma ligação entre as necessidades do cliente (a viabilidade econômica do empreendimento) e a solução técnica que resultasse na melhoria da qualidade do processo executivo. O fluxo de informações ocorre em forma de rede e é gerenciado pelo coordenador para garantir a integração do processo de desenvolvimento do projeto, mediar eventuais conflitos e manter a equipe em sintonia com as expectativas do cliente (FABRÍCIO, 2002).

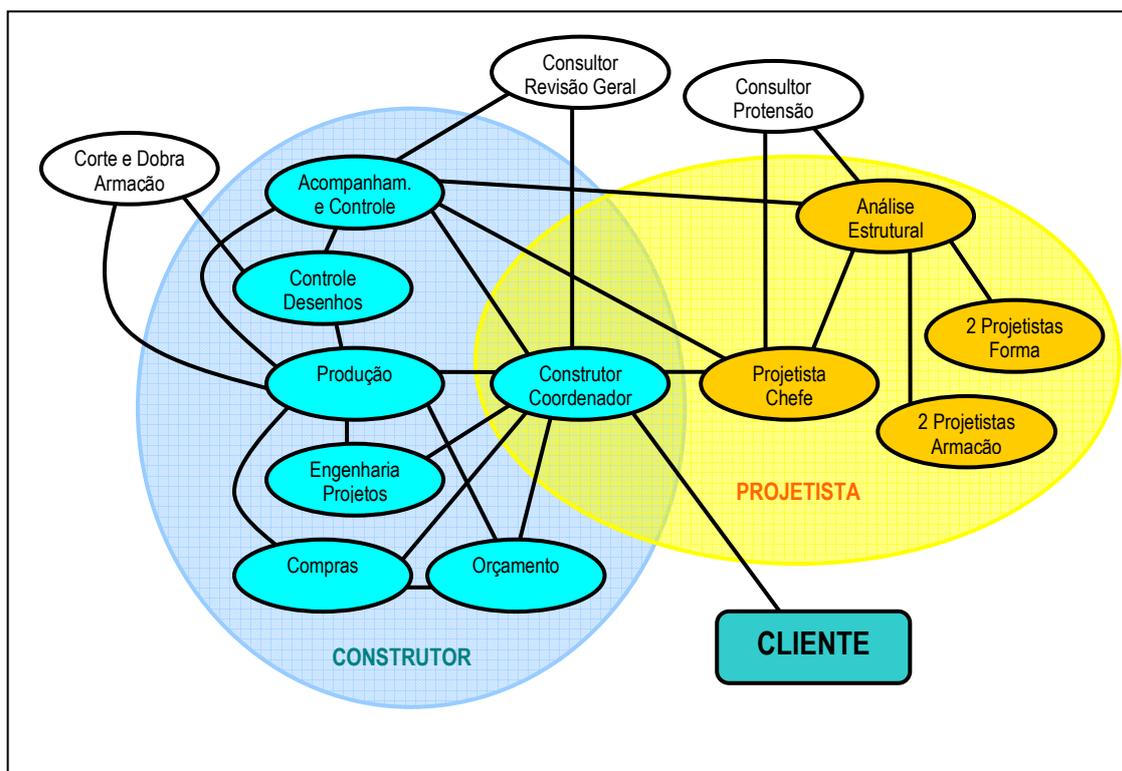


FIGURA 21 – Configuração da equipe de projeto

Nesse aspecto, Lindahl e Ryd (2007) destacam a necessidade de o projeto considerar as metas dos clientes em toda a sua dimensão, levando a uma abordagem integrada, onde são promovidos a inovação, o aumento das competências gerenciais e o incentivo a uma revisão do gerenciamento dos projetos de construção. Segundo os autores, os métodos que habilitam uma comunicação eficiente entre os clientes e os profissionais da construção devem fazer uma aproximação entre as expectativas dos clientes e o produto, utilizar-se da figura de um facilitador para intermediar o diálogo entre as duas partes, e aproveitar as experiências do trabalho cooperativo para criar novos métodos para o gerenciamento dos processos.

Conforme visto ao analisar as características dos projetos de OAE, não se verifica na equipe do projeto uma multiplicidade de disciplinas, à exemplo do que ocorre na construção de edifícios, mas existe a necessidade de que os canais de comunicação sejam robustos e eficazes para que sejam minimizadas as possibilidades de decisões equivocadas. Tal cenário representa um grau de risco elevado em relação às decisões de projeto e, ao mesmo tempo, evidencia um componente facilitador para a coordenação do projeto e um incentivo para sua aplicação em projetos dessa natureza.

Portanto, o termo “coordenação”, nesse caso, deve ser compreendido com o sentido mais próximo ao seu significado genérico de organização e orientação do que aquele utilizado no setor da construção de edifícios para definir uma atividade específica com atribuições e responsabilidades bem definidas. No processo de desenvolvimento deste projeto, o coordenador é o elo de ligação entre as equipe de projeto e produção e destas com o cliente, atuando como facilitador do processo e gestor do fluxo de informação.

Na configuração da equipe de desenvolvimento do projeto pode-se destacar ainda a presença de consultores externos que participam em momentos críticos do processo. O primeiro deles esteve diretamente ligado á fase do dimensionamento da protensão, assessorando na análise estrutural e uso dos *softwares* específicos, considerando os esforços durante a execução e após a conclusão da obra¹². O segundo consultor foi responsável pela revisão geral do projeto, refazendo todo o cálculo e sugerindo alterações que foram apresentadas ao projetista para sua validação e implementação

¹² Devido ao processo executivo, a análise estrutural deve ser feita para a etapa de execução (fase aberta dos balanços sucessivos) e para a obra concluída sob as cargas do tráfego (fase fechada e contínua da superestrutura)

ao projeto final. Esta verificação é comum no setor de OAE quando se trata de empreendimentos complexos de grande vulto e que utilizam técnicas avançadas de dimensionamento.

No contexto geral do processo de projeto em estudo, pode-se considerar a afirmação de Khalfan e Anumba (2000) como válida ao assegurar que, aspectos da Engenharia Simultânea adaptados adequadamente para a aplicação na construção, podem resultar em equipes de projeto menos fragmentadas, melhoria da qualidade do projeto, redução do tempo e do custo total do empreendimento.

A cooperação entre os agentes de projeto e produção, constituídos numa só equipe, mostrou-se uma condição essencial para a melhoria da qualidade do projeto e do desempenho geral do empreendimento de construção, em detrimento ao modelo tradicional de especialidades que se completam de maneira seqüencial e, não raramente, descoordenada (ALARCÓN; MARDORNES, 1998; FABRÍCIO; MELHADO, 2001; LANA; ANDERY, 2001).

A qualidade do projeto pode ser sentida através do acompanhamento da execução que não detectou até o momento erros que proporcionassem perda de tempo ou do trabalho já realizado.

A redução do custo total do empreendimento foi verificada antecipadamente como condição primeira na viabilidade do projeto alternativo, graças à visão holística que privilegiou um projeto com etapas de execução simultâneas, resultando em economia de prazo.

O gerenciamento do projeto, em síntese, representa a oportunidade de se evitar as improvisações no processo construtivo, acarretado pela falta de controle e planejamento associado a um projeto deficiente, problema considerado crônico por Koskela, Ballard e Tanhuanpää (1997) no setor da construção, e que não pode ser negligenciado na busca por melhores índices de desempenho.

Construção enxuta

Por extensão do conceito sistêmico e da integração projeto-produção, torna-se evidente que as decisões de projeto trazem impactos para tanto para o projeto em si,

quanto para a fase de execução e para as características do produto final. Apesar da abordagem deste trabalho estar restrita ao processo de projeto para OAE, é possível entender esse aspecto quando, por exemplo, é feita uma investida superficial sobre a técnica construtiva das aduelas pré-fabricadas (FIGURA 22), adotada no projeto alternativo.



FIGURA 22 – Movimentação de aduelas pré-fabricadas
(Fonte: arquivo do autor)

Esse método concentra uma grande afinidade com os princípios da *Lean Construction* definidos por Koskela (1992).

A redução do desperdício pode ser verificada em relação às atividades relacionadas à fabricação das aduelas. As fôrmas metálicas permitem a utilização em maior número de vezes em relação às fôrmas de madeira, além de evitar o vazamento do concreto durante as concretagens por se encaixarem com mais precisão e serem menos sujeitas a deformações com as freqüentes montagens e desmontagens.

Outra maneira de reduzir o desperdício foi encontrada com a eliminação de atividades que não agregam valor, como por exemplo, o deslocamento de equipamentos e pessoal até as frentes de serviço que, no processo construtivo previsto originalmente, estariam distribuídas pela extensão do viaduto e à grande altura do terreno natural por muito mais tempo.

O tempo de ciclo da concretagem de aduelas é, com o método adotado, completamente revisto. Ao invés de concretagens a cada 10 dias em média, estas passaram a ser diárias, sendo que cria-se a operação de lançamento para completar a fase da construção dos balanços sucessivos.

A operação de concretagem é radicalmente simplificada com a padronização das atividades de concretagem das aduelas. Elimina-se ainda a montagem do equipamento de escoramento para concretagem *in loco*, e o seu deslocamento, o que vem a ser uma atividade demorada, envolvendo toda a equipe ou deixando parte dela ociosa, como por exemplo, o pessoal da montagem das armaduras.

A pré-fabricação das aduelas permite o fluxo constante das atividades e o trabalho de suas respectivas equipes. O fluxo de materiais, assim como o regime de utilização dos equipamentos, também ajudam a aumentar a transparência e o controle do processo, o que pode ser considerado uma condição básica para a correção de erros e a implantação de melhorias.

Construtibilidade

Alguns dos benefícios apurados da integração projeto-produção no processo de projeto desse estudo de caso apresentam uma maior visibilidade para os efeitos sobre as condições de construtibilidade.

Todas essas medidas discutidas a seguir, apresentam em comum a participação conjunta entre projetista e construtor, bem como a manutenção ou aumento das dimensões da qualidade em todos os níveis do empreendimento: gerencial, técnico e econômico. Além disso, foram decisões antecipadas para a fase de projeto, sem o que, conforme Wong *et al.* (2007), os esforços para implementação da construtibilidade não produziram resultados efetivos, como tem sido comprovado em diversos estudos empíricos.

A concepção de um novo projeto foi a principal decisão tomada antecipadamente como forma de possibilitar a execução do viaduto, conseguindo uma expressiva redução do custo em relação ao projeto original que previa o sistema construtivo de balanços sucessivos com aduelas concretadas *in loco*. Para que se confirmasse a viabilidade da nova proposta, onde era destacado o projeto com a pré-fabricação das

aduelas, foi necessário que construtor e projetista fizessem um pré-dimensionamento e um orçamento para essa condição. Ao final desse pré-estudo, obteve-se um valor entre 30% e 35% menor do que o custo total do empreendimento pelo projeto original. Esse percentual não pode ser determinado precisamente porque não se conheceu o valor exato do projeto original, tendo sido feita apenas uma estimativa em função do modelo estrutural e das dimensões da obra. Esse passo fundamental, além de “inaugurar” a parceria entre construtor e projetista com o objetivo de se obter uma solução mais econômica com a manutenção das funcionalidades do projeto original, representou todo o direcionamento das decisões na continuidade do processo para compatibilização do projeto com um sistema construtivo mais ágil, fácil e seguro no que se refere à etapa de fabricação.

Após a aprovação do novo projeto junto ao contratante, foram discutidas entre o construtor e o projetista todas as principais etapas e particularidades do processo construtivo. Como extensão da solução proposta, esse procedimento apresenta impacto direto no custo do processo de projeto, uma vez que antecipa as decisões que devem ser consideradas para conciliar o detalhamento aos equipamentos e métodos de execução. Esse trabalho de integração foi responsável pela determinação da seqüência de fabricação e lançamento das aduelas que interferem na análise estrutural e na logística da construção. No cálculo estrutural, a seqüência de lançamento está relacionada ao dimensionamento dos cabos de protensão, no equilíbrio da estrutura na sua fase de descontinuidade, inclusive determinando a necessidade do uso de contrapeso e seu posicionamento. A logística da construção é afetada no dimensionamento dos berços de fabricação, praça de estocagem de aduelas e demais instalações do canteiro para montagem de equipamentos de transporte e central dosadora de concreto.

Além da concepção do projeto e as definições do processo construtivo, outra medida que evidenciou a compatibilização entre o projeto e o método executivo, foi a determinação da forma geométrica do topo dos pilares (FIGURA 23). Esse detalhe incorporado pelo projeto considerou a colocação de calços provisórios, o posicionamento definitivo dos aparelhos de apoio de neoprene fretado, bem como os espaços e alturas necessárias para a utilização de macacos hidráulicos. Além disso, foram estabelecidos os modelos, dimensões e capacidade de carga dos macacos a serem utilizados na manobra que deve ser realizada para a retirada de calços provisórios e assentamento da estrutura sobre os apoios definitivos. Observa-se que,

caso esses cuidados e procedimentos não fossem previstos no projeto, ficando para a ocasião da execução, poderia haver a necessidade de construção de estruturas auxiliares, o emprego de equipamentos extras, além de uma possível piora nas condições de segurança e aumento do prazo.



FIGURA 23 – Topo dos pilares projetados para o lançamento das aduelas
(Fonte: arquivo do autor)

Outras ações que intervieram no projeto que denotam melhoria em algum aspecto da construtibilidade podem ser agrupadas de acordo com o seu benefício mais evidente. Assim sendo, por exemplo, podem ser citadas as medidas que proporcionaram (ou proporcionarão) redução de custo:

- Estudo do traçado dos cabos para a padronização de sua posição nas testas das aduelas. Esta modificação implica em menos furações nas fôrmas metálicas e a utilização de um mesmo conjunto para todas as aduelas, bastando abrir ou tapar os orifícios de passagem dos cabos conforme a seção que esteja sendo fabricada;
- Alteração da declividade transversal para drenagem da pista. Reduzindo a declividade da laje de concreto e transferindo uma parcela para o pavimento, foi possível manter o caimento previsto e economia de um volume de concreto estimado em 80 m³.

Algumas das intervenções cujo principal benefício foi a facilidade na execução:

- Limitação do número de cordoalhas em cada cabo de protensão, considerando que o processo de pós-enfição é dificultado quando o espaço dentro da bainha é reduzido. Os cabos de protensão são constituídos de várias cordoalhas passadas por um tubo metálico (bainha) colocado junto com a armação, antes da concretagem. Mesmo que essa restrição, vista isoladamente, possa significar aumento do consumo de material, considera-se que uma eventual perda de tempo devido a dificuldades para se introduzir as cordoalhas deva ser minimizada;
- Colocação de dispositivos metálicos nas paredes dos pilares para fixação da torre do elevador. Os pilares do viaduto são muito altos (FIGURA 24), superando 90 metros em um deles, o que requer um elevador durante a sua execução. Para facilitar a fixação do elevador e a segurança de sua operação, foram previstos *inserts* metálicos, caso contrário, teria sido necessário a colocação de chumbadores que demandariam furação do concreto, utilização de resinas especiais, hastes metálicas e muito mais horas trabalhadas em um tipo de atividade que não agrega valor;
- O construtor propôs alterações nos diâmetros dos elementos de fundação (tubulões) em duas situações. Em uma delas foi reduzido o diâmetro dos tubulões de 120 para 100 centímetros, quando constatou-se que o terreno era suficientemente estável para dispensar o revestimento com camisa de concreto. Na outra situação, ao contrário, a solução foi aumentar o diâmetro de 80 para 100 centímetros para aumentar a produtividade da escavação manual, permitindo mais espaço e maior segurança para o trabalhador. Em ambas as situações o objetivo foi facilitar a execução, com a solução partindo da frente de serviço e referendada pelo projetista que avaliou as modificações e revisou o projeto;
- Aumento do espaço para a colocação dos macacos de protensão nas últimas aduelas. Os cabos de protensão são tensionados por pesados macacos cujo posicionamento requer esforço que será tanto maior se o espaço dedicado à operação for muito reduzido. Embora o espaço previsto inicialmente fosse suficiente, optou-se por aumentar os nichos nas aduelas adjacentes aos fechamentos centrais, facilitando as condições de trabalho.



FIGURA 24 – Execução dos pilares do viaduto
(Fonte: arquivo do autor)

Existem ainda revisões no projeto que foram necessárias com a identificação de erros de baixa gravidade ou incongruências com a metodologia executiva como, por exemplo, a interferência entre as fundações de um apoio de extremidade e o muro de arrimo para contenção do aterro de encabeçamento do viaduto. O que deve ser destacado é que, com a participação ativa do construtor na elaboração do projeto todas essas revisões foram realizadas antes do problema chegar à obra. Até a fase atual da construção não foram detectadas falhas de projeto que acarretassem retrabalho ou perda de tempo.

O QUADRO 4 apresenta uma síntese de algumas decisões implementadas na fase de projeto, seguidas de seus efeitos para a melhoria da construtibilidade, e que configuram, principalmente, uma perspectiva de projeto comprometida com o ciclo de vida do produto ao procurar antecipar suas etapas de execução, montagem e utilização.

QUADRO 4 – Relação de intervenções e melhoria da construtibilidade

ALTERAÇÕES NO PROJETO POR INTERVENÇÃO DO CONSTRUTOR		
Intervenção	Resultado conseguido / Finalidade	Impacto para a melhoria da construtibilidade
Alteração da concepção do projeto	Redução no custo total entre 30% e 35%	A / B / C / D / E / F
Determinação da geometria do topo dos pilares	Compatibilização com operação de macaqueamento (posicionamento, dimensões e capacidade dos equipamentos)	B / D / F
Estudo do traçado dos cabos de protensão	Padronização do número e posicionamento dos cabos para projeto e execução da forma metálica de aduelas	C / D / E / F
Alteração da declividade transversal	Economia no consumo de concreto da laje superior (aproximadamente 80 m ³)	D / E / F
Definição do processo executivo	Compatibilização do projeto com a fase de lançamento das aduelas (Seqüência de fabricação e lançamento)	A / B / D / E / F
Limitação do número de cordoalhas por cabo de protensão	Facilidade na execução (passagem das cordoalhas)	C / D / F
Previsão de "inserts" metálicos nos pilares	Fixação do elevador durante a execução do pilar	B / C / D / F
Diminuição do diâmetro de alguns tubulões da fundação (D = 120 cm para D = 100 cm)	Aumento da velocidade de execução (dispensa de revestimento do furo) compensa aumento no consumo de material (núcleo cheio)	C / D / E / F
Aumento do diâmetro de alguns tubulões da fundação (D = 80 cm para D = 100 cm)	Facilidade na execução e aumento da segurança durante a escavação (implica em aumento de custo)	C / D / F
Detectado interferência da fundação com muro no Encontro E1	Modificação do projeto para possibilitar a execução das fundações	A / D / F
Previsão de furos para fixação provisória da aduela de topo	Permitir a passagem dos cabos de protensão provisórios que dão equilíbrio à estrutura do Balanço Sucesso na fase de lançamento das aduelas	A / B / C / D / F
Aumento dos nichos para macacos de protensão nas últimas aduelas	Modificação do projeto para possibilitar a execução da protensão na região dos Fechamentos centrais	B / C / D / F
A) Avaliação antecipada / auxílio na tomada de decisões B) Compatibilização projeto-execução C) Facilidade na execução		D) Integração entre projetista e construtor E) Redução de custo F) Aumento / manutenção da qualidade global

Providências simples como a colocação de furos para a passagem tirantes ou de cabos de protensão para içamento nas aduelas ou fixação provisória no topo dos pilares, podem se transformar em grandes problemas se não fossem previstas. No caso das aduelas de topo, é necessário que estas sejam ligadas aos pilares através de cabos de protensão provisórios enquanto a superestrutura estiver descontinuada, ou não haveria equilíbrio para o lançamento das aduelas. A não colocação dos furos antes da concretagem exigiria que um equipamento capaz de executar furos em um maciço de concreto de 1,5 metros de espessura fosse erguido ao topo de cada um dos 11 pilares, que chegam a mais 90 metros de altura, conforme informado, além de água e energia elétrica para o seu funcionamento.

É indiscutível que várias das situações descritas acima não seriam implementadas se o projeto não fosse elaborado em conformidade com o sistema executivo, o que provocaria custos adicionais devido ao retrabalho, consumo de materiais e aumento de prazo de execução.

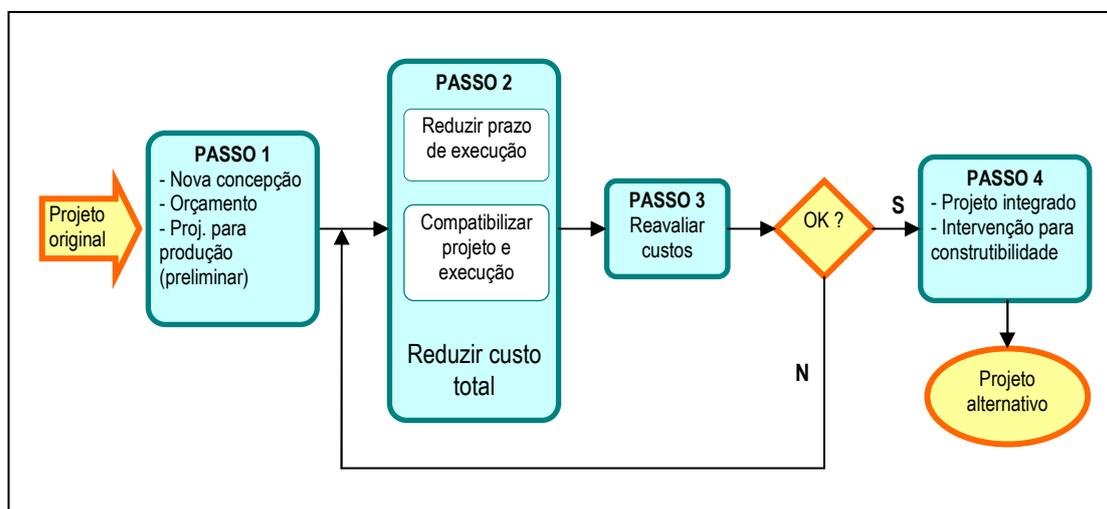
Projeto para produção e DFM

Complementando as informações de projeto voltadas para a construtibilidade, foram desenvolvidos à parte, um conjunto de desenhos, croquis e cálculos que descrevem e detalham os métodos, seqüências das principais atividades e outras informações do processo executivo (MELHADO; FABRÍCIO, 1998).

Os autores afirmam que o “conceito de projeto para produção na construção tem origem em conceitos análogos desenvolvidos na indústria de transformação” que atualmente são abordados pelo *Design for Manufacturing* (DFM) para promover o desenvolvimento simultâneo de produtos e processos.

Os passos percorridos no desenvolvimento do projeto para o estudo de caso descrito, partindo do projeto original e chegando ao projeto alternativo, estão representados na FIGURA 25, ficando evidenciada a possibilidade de aplicação dos conceitos e métodos baseados na metodologia DFM (ULRICH; EPPINGER, 2004) no setor da construção, uma vez consideradas suas peculiaridades. Todos os passos mostrados ali foram descritos ao longo desse capítulo, sendo que em todas as etapas estão contempladas sob a perspectiva sistêmica do empreendimento, levando em conta o

clico de vida do projeto, os objetivos da produção e as expectativas do cliente.



**FIGURA 25 – Adaptação do método DFM ao processo de projeto de OAE
(Adaptado de ULRICH; EPPINGER, 2004)**

Contudo, falta mostrar como o construtor vem detalhando o projeto para produção e como este é considerado no contexto do estudo de caso, além dos aspectos previstos em teoria, mas que não encontram lugar na prática.

Os aspectos analisados e considerados essenciais para a melhoria das condições de construtibilidade desse empreendimento, dependem de pelo menos duas funções essenciais que, nem sempre estão presentes nos diversos cenários nos quais se desenvolvem os projetos para construção. A primeira a ser destacada é a função técnica, fundamental para a formulação de soluções alternativas viáveis, que no caso estudado envolveu os parâmetros de projeto em direção à compatibilização com o sistema construtivo. Em segundo lugar, está a função gerencial, responsável por ações que visam romper com paradigmas e resistências encontradas tanto no subsetor de projetos quanto no de execução, favorecendo a implantação de uma cultura para a melhoria da qualidade e representada aqui pelo emprego de métodos consagrados em outros setores industriais que priorizam intervenções nos momentos iniciais do processo de projeto.

O projeto para produção no estudo caso vem complementar o projeto do produto

desenvolvido juntamente com o projetista estrutural, sem, no entanto, se integrar a ele. Isso porque o projeto para produção foi elaborado e mantido apenas ao nível do construtor.

Embora esse conjunto de informações complementares tenha sido gerado de forma aparentemente dispersa, verifica-se uma perfeita articulação entre as partes para o atendimento das necessidades do fluxo de produção da obra, aproveitando-se do completo domínio do construtor sobre o processo executivo. O projeto para produção não é compartilhado pelo construtor, sendo que alguns detalhes recebem o status de confidencial, por serem considerados propriedade intelectual e parte do *know how* da empresa. Ainda assim pode-se relacionar alguns dos principais itens que compõem o projeto para produção e que estabelecem o vínculo definitivo entre o projeto do produto e o método executivo:

- Memorial de cálculo e desenhos de adaptações do equipamento para o lançamento das aduelas, inclusive apoios provisórios e dispositivos de segurança;
- Projeto do canteiro de fabricação de aduelas, contando com o arranjo geral, especificação dos equipamentos de transporte, dimensionamento da área de estocagem e detalhamento dos berços de concretagem;
- Projeto de fabricação de fôrmas metálicas para aduelas. As fôrmas metálicas, apesar de apresentarem um custo muito superior às fôrmas convencionais de madeira e compensado, são indicadas para a pré-fabricação de aduelas por não permitirem variação nas dimensões das peças, possibilitarem aumento da produtividade, maior reaproveitamento e melhor acabamento da superfície do concreto;
- Projeto de fabricação de pórtico de apoio e pórtico de movimentação das aduelas. Os pórticos são estruturas com capacidade de erguer e movimentar cargas deslocando-se sobre trilhos, comandados por dispositivos eletromecânicos;
- Concepção e projeto de carro para transporte de aduelas desde a praça de estocagem até o “ponto de pega” para o lançamento;
- Planejamento do sistema de concretagem, envolvendo a montagem da

central dosadora de concreto, o transporte e o lançamento;

- Memorial de cálculo e detalhamento de escoramento para execução dos trechos extremos. As extremidades dos viadutos são ligadas aos balanços sucessivos em aduelas pré-fabricadas através de trechos escorados que utilizam treliças apoiadas em pilares provisórios;
- Detalhamento e fabricação de blocos metálicos especiais para cabos de protensão provisórios que fazem a ligação entre aduelas de topo e os pilares na fase de lançamento das aduelas pré-fabricadas.

Uma proposta de alteração quanto ao sistema de elaboração do projeto para produção descrito não parece factível para esse caso porque não encontraria respaldo do lado do projetista, nem tampouco do lado do construtor. Para o projetista se responsabilizar pelo projeto para produção haveria a necessidade de um envolvimento muito maior com o empreendimento, representando aumento de custo e a necessidade de domínio sobre áreas que vão além de suas atribuições normais. Pelo lado do construtor, não haveria interesse em assumir um custo maior do projeto e menos ainda em compartilhar certos procedimentos do processo executivo, conforme já mencionado.

4.3.6 Síntese e considerações finais

O foco pretendido por esta pesquisa direciona-se para o segmento de OAE, situado no importante setor da construção de infra-estrutura, que impacta fortemente na economia e nas questões sociais do país, mas que carece de estudos que levem em conta as suas características particulares, suas regulações e problemas específicos.

As modificações inseridas durante o processo de projeto de OAE representaram a antecipação de problemas que poderiam ser detectados durante a execução, transformando-se em atrasos ou custos adicionais. Ademais, avalia-se que a correlação entre as ações implementadas durante o processo de projeto e seus resultados é mais facilmente identificada por estarem menos sujeitas à influências de fatores circunstanciais ou momentâneos que podem distorcer sua análise. Isso quer dizer, por exemplo, que a análise de dados coletados durante a fase de execução de uma obra, deve levar em consideração fatores como a qualidade da mão-de-obra,

condições climáticas, gerenciamento da execução e outros que não podem ser previstos pelo projeto.

Considerando as análises feitas com base na revisão de literatura e no estudo de caso, pode-se afirmar que a integração projeto-produção, abordada através do trabalho conjunto dos agentes de projeto e construção no desenvolvimento do processo projetual, significa trazer para essa fase do empreendimento as ações planejadas da execução. Vários estudos já comprovaram a conveniência dessa estratégia por representar significativas reduções de custo e melhoria da qualidade no âmbito do projeto e do produto.

Ao analisar os resultados obtidos, confrontando os objetivos gerais da Engenharia Simultânea e considerando as limitações do estudo, pode-se propor como síntese para o desenvolvimento integrado do processo de projeto de OAE, o esquema representado na FIGURA 26, que aproveita a representação utilizada para o desenvolvimento do projeto adotada no item 4.3.4 deste capítulo.

Na base do estudo está o processo de desenvolvimento de projeto realizado de forma cooperativa e integrada pelos agentes do projeto e da execução. O desenvolvimento desse processo depende ainda de inúmeros outros fatores que influenciam na sua condução, moldam as interfaces e os relacionamentos entre os subprocessos, as entidades e pessoas envolvidas.

Esse ambiente abordado no estudo de caso sofre intervenção externa das formas de contratação e da política de investimentos, no caso de projetos financiados pelo poder público, como acontece na maioria dos empreendimentos de OAE.

Dentre os fatores internos ao processo, considerados essenciais para o estudo, foram enfatizados a estrutura organizacional, as características específicas do setor e a forma de gestão da qualidade. A estrutura organizacional influencia no processo de tomada de decisão, na estratégia competitiva, na flexibilidade de adaptação ao ambiente e aos requisitos exigidos pelos mercados. O conhecimento das características específicas do setor é fundamental para se determinar a origem dos problemas e conduzir soluções viáveis técnica e economicamente. A gestão da qualidade indica, independentemente do nível de formalização do sistema adotado, o quanto a organização está compromissada com os parâmetros da qualidade, já que na origem de todo esse esforço está a busca pela melhoria da qualidade no seu sentido

mais abrangente.

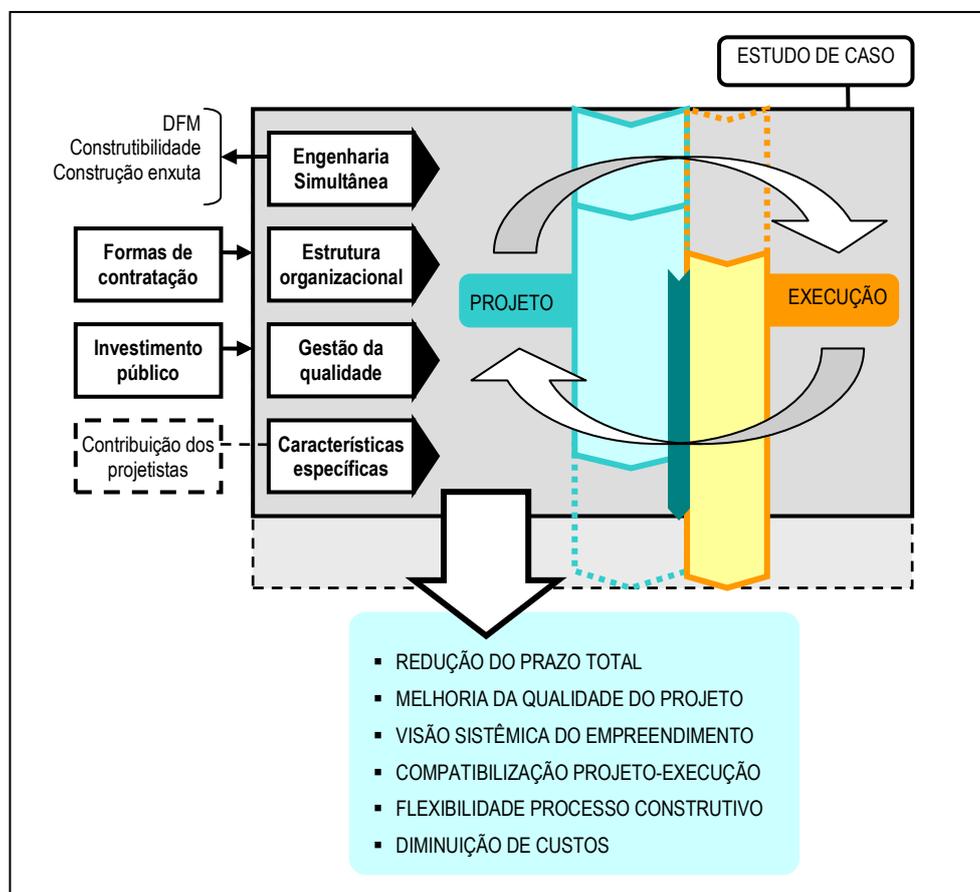


FIGURA 26 – Processo de projeto integrado para OAE: síntese do estudo de caso

A aplicação de conceitos da Engenharia Simultânea, bem como de outras ferramentas, sistemas e filosofias que complementam e ajudam na sua implementação, podem ser avaliados quanto à sua validade ao se verificar em qual escala seus objetivos são alcançados. Citando apenas aqueles objetivos primários da Engenharia Simultânea, tem-se o aumento da qualidade do produto, com foco no cliente; diminuição do ciclo de desenvolvimento; e diminuição de custos (ROZENFELD, 2006). Estes, comparados aos resultados considerados atingidos através do processo de desenvolvimento de projeto descrito para uma OAE, levam a concluir pela viabilidade do emprego da Engenharia Simultânea como referência para o desenvolvimento do processo projetual de OAE, ainda que de forma parcial.

Por fim, são listadas as principais lições sobre o estudo de caso que podem servir de parâmetro para um modelo alternativo de processo de desenvolvimento de projeto, levando-se em conta a realidade do setor da construção de Obras de Arte Especiais e as reconhecidas limitações da pesquisa:

- As ações de mudança devem ocorrer em vários níveis: jurisprudência, político e organizacional;
- Os empreendimentos de OAE devem ser tratados como uma categoria distinta, separada das obras de terraplenagem e pavimentação;
- Os serviços de engenharia (projeto e execução) devem ser contratados através de critérios objetivos e de relevância para cada empreendimento, e não apenas pelo menor preço;
- A valorização dos projetos é condição indispensável para a melhoria da qualidade de processos e produtos no setor da construção;
- Projetistas e construtores devem participar ativamente da fase de desenvolvimento do projeto para que o processo executivo seja contemplado no projeto de forma adequada;
- O acompanhamento da execução das obras pelos projetistas é importante para a criação da alça de retroalimentação capaz de levar soluções de ordem prática para projetos futuros;
- A redução de custos deve ser perseguida a partir de uma visão holística do empreendimento, compreendendo todo o seu ciclo de vida, mantendo-se ou aprimorando a qualidade dos processos;
- As organizações devem investir em tecnologia e em formação profissional para acompanhar o desenvolvimento tecnológico, buscar a competitividade pela inovação e incorporação de competências básicas com foco nas necessidades dos clientes.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusões gerais

O projeto visto como parte integrante do plano formalizado para a execução de uma construção, não deve ser considerado completo e definitivo diante das inúmeras variáveis inerentes ao processo. Isso faz com que as soluções de projeto sejam permeadas por considerações e previsões que são, em muitos casos, incompatíveis com a realidade e a linearidade do planejamento. As descontinuidades verificadas no caso de construções de Obras de Arte Especiais ampliam ainda mais essas diferenças pela dificuldade de padronização, dependência do fluxo de recursos financeiros, fatores naturais, inconsistência do projeto em relação ao método construtivo.

Esse último aspecto, tema principal abordado nessa dissertação, é tratado em outra esfera por Mintzberg (2004) como o desligamento entre o planejamento e o gerenciamento das operações. As considerações feitas pelo autor sobre a necessária participação conjunta da gerência operacional (os construtores) na formação do planejamento (o projeto) destacam sua importância para que o conhecimento emergente do processo ou o “conhecimento intangível” (gerado tacitamente) possam ser absorvidos e levados em consideração.

Observando-se as características e o contexto do setor da construção, pode-se admitir que uma parte importante da busca pela melhoria da qualidade de seus produtos e processos está intrinsecamente associada à capacidade de se antecipar para a fase de projeto as expectativas dos clientes e os possíveis cenários nos quais estes se desenvolvem (planejamento). Esse é um aspecto que se torna essencial na medida em que a opção pela verificação da conformidade do produto somente ao final do processo de construção significa elevação de custos com retrabalho e desperdício. Além disso, a garantia da qualidade feita durante o processo é pouco eficaz pela dificuldade de se definir parâmetros em um ambiente onde prevalece a variabilidade e imprevisibilidade.

A presente dissertação, através da metodologia de estudo de caso aplicada ao desenvolvimento do processo de projeto de um viaduto, baseou-se na integração projeto-produção para consolidar os efeitos práticos dessa abordagem, confrontando-

os a conceitos teóricos levantados na revisão de literatura e interpretando-os mediante o estudo dos fatores ambientais e estruturais que configuram todo o sistema. O conhecimento das práticas estabelecidas, das limitações legais e das influências culturais, sociais e políticas que vigoram na articulação dos interesses envolvidos, foram essenciais para que se mantivesse uma proximidade com realidade do setor, evitando que o trabalho pudesse se concentrar apenas no campo teórico.

A análise do ambiente do setor de projetos para a construção de OAE como um todo, ratificada pela opinião de um grupo de projetistas, identificou também a necessidade de ações que possam melhorar seus níveis de desempenho, e que para isso, é fundamental a valorização dos projetos. Contudo, existem fatores conjunturais e forças contrárias que impedem o avanço nas soluções já adotadas por outros setores industriais. Constatou-se que tais resistências estão localizadas tanto internamente quanto externamente ao processo de projeto e construção. Internamente, estão as questões culturais, a estrutura organizacional das empresas do setor que não é favorável a mudanças, a falta de visão de longo prazo, a ausência de conhecimento no que se refere à gestão dos empreendimentos, o trabalho artesanal frente aos avanços da tecnologia, a separação entre projeto e execução, dentre outras. Externamente, encontram-se, como fatores principais, a dependência do setor dos investimentos públicos, as formas de contratação ditadas pela lei das licitações e pela consideração das OAE como extensão das obras de terraplenagem e pavimentação, a formação dos profissionais técnicos e da mão-de-obra direta, o ambiente constituído por alto nível de imprevisibilidade.

O estudo de caso revelou também que o paralelismo entre as fases de projeto e produção produziu soluções de compatibilização do projeto com o sistema construtivo e direcionou a execução da superestrutura para o método das aduelas pré-fabricadas, o que permitiu a redução do prazo total do empreendimento, desconsiderando-se os atrasos devido à falta de recursos financeiros. O trabalho cooperativo entre projetista e construtor estabeleceu um canal eficiente para o fluxo de informações, fator imprescindível para a compatibilização do projeto com o processo executivo. A racionalização da produção com a eliminação de atividades que não agregavam valor e a redução da geração de entulho com a otimização do uso dos recursos materiais, são tópicos que remetem ao que prescreve a Construção Enxuta e às questões de sustentabilidade.

A utilização de conceitos de DFM pode ser observada através da abordagem sistêmica do empreendimento que norteia a tomada de decisões. Assim, o processo de construção pelo método das aduelas pré-fabricadas, representa um investimento maior em equipamentos e processos similares à indústria de manufatura de produção em série, mas que, em contrapartida, possibilita flexibilidade na seqüência de execução e economia de tempo.

Ao verificar-se o desenvolvimento do processo de projeto desse estudo de caso, a aplicação dos procedimentos e conceitos acima citados permite estabelecer um relacionamento definitivo com os objetivos da Engenharia Simultânea. Assim, mantendo-se no que dita essa filosofia, observa-se que a melhoria da qualidade do produto e dos processos envolvidos na produção pode ser alcançada com as ações implementadas nas fases iniciais de desenvolvimento do projeto para OAE, resultando em redução de custos e prazos, conforme os anseios do cliente.

5.2 Recomendações para trabalhos futuros

O setor da construção concentra um vasto campo de atuação onde são empregadas as mais diferentes técnicas e disciplinas, sendo constituído de vários segmentos que compartilham semelhanças e aspectos particulares. Portanto, são muitas as áreas a serem pesquisadas em busca de soluções e alternativas para problemas antigos ou atuais. Esse trabalho apresentou um estudo para a melhoria da qualidade do processo de projetos de OAE, que poderá ser complementado e aperfeiçoado com novos estudos direcionados para as seguintes áreas:

- Investigação mais aprofundada sobre o processo executivo das obras, procurando identificar os impactos das decisões de projeto sobre outros aspectos que não aqueles de consequência direta abordados nesse trabalho, através do estabelecimento de parâmetros comparativos para os principais índices de desempenho que interferem na produtividade e no custo;
- Busca de soluções para as limitações impostas pelos fatores externos ao processo integrado proposto, investigando alternativas para as formas de contratação, valorização do segmento dos empreendimentos de OAE e

identificação de outros obstáculos à melhoria dos processos e do produto final;

- Aplicação de outra metodologia de pesquisa com abordagem sobre o processo de desenvolvimento de projeto para OAE, na qual seja possível conduzir o processo pelo uso de ferramentas de gestão e conceitos teóricos compatíveis com as características do setor;
- Estudo das técnicas de racionalização e industrialização da construção, aplicadas às outras fases do empreendimento de OAE (além da superestrutura, etapa que foi tratada nesse estudo) que proporcionem redução do tempo de construção, tais como o conceito *Fast-track Construction*, confrontando-as com o que preconiza a Engenharia Simultânea;
- Identificação da influência do porte das organizações sobre a viabilidade da adoção dos procedimentos do processo de desenvolvimento de projeto de OAE, integrando projeto e produção conforme apresentado, bem como os resultados que podem ser alcançados;
- Estudo do processo de projeto de OAE sob orientação dos conceitos de construção sustentável, perante o crescente nível de exigência na redução de impactos ao meio ambiente e as necessidades de adequação em relação ao que tem sido desenvolvido em outros segmentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADESSE, Eliane. Por que contratar coordenador de projeto? **Revista Construção Mercado**. São Paulo: Pini, n. 65, p. 44-46, dez. 2006.

ALARCÓN, Luis F. e MARDONES, Daniel A. Improving the Design-Construction Interface. In: 6th ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION. **Proceedings...** Guarujá, Brasil: IGLC, 1998.

ANDERY, Paulo R. P.; VANNI, Cláudia M. K.; BORGES, Gisele. Failure analysis applied to design optimisation. In: 8th ANNUAL CONFERENCE OF INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION. **Proceedings...** Brighton: IGLC, 2000.

AZUMA, Fabíola *et al.* Inovação tecnológica: técnicas e ferramentas aplicadas ao projeto de edificações. **Revista Produção Online**, v.7, n.3, nov. 2007. Disponível em: <<http://www.producaoonline.ufsc.br>>. Acesso em: 8 fev. 2008.

BAE, Jin-Woo; KIM, Yon-Woo. Sustainable value on construction project and application of lean construction methods. In: 15th ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION. **Proceedings...**, Michigan, USA: IGLC, 2007.

BAXTER, Mike. **Projeto de produto**: guia prático para design de novos produtos. Trad. Itiro lida. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

BOOTHROYD, Geoffrey. Design for manufacture and assembly: the Boothroyd-Dewhurst experience. In: HUANG, George Q. **Design for X**: concurrent engineering and imperatives. London: Chapman & Hall, 1996.

BOUCLAGHEM, D.; KIMMANCE, A. G.; ANUMBA, C. F. Integration product and process information in the construction sector. **Industrial Management & Data systems**, v. 104, n. 3, 2004. p. 218-233.

BRANCO, Luiz A. **Uma análise dos impactos da certificação de qualidade em empresas de construção civil na perspectiva da construção enxuta**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2004.

BUILDING SERVICES. **Design-build**: happy marriage or unholy union? September, 1995, p. 29-31.

CBIC - CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Dimensão do macrossetor da construção 2002**. Disponível em: <<http://www.cbic.org.br/mostraPagina.asp?codServico=96>>. Acesso em: 16 dez. 2007.

CARPINETTI, Luiz C. R.; ROSSI, Lúcia H. Gerenciamento da qualidade na construção civil. In: ESCRIVÃO Filho, Edmundo (Org.). **Gerenciamento na construção civil**. São Carlos: Projeto REENGE, EESC-USP, 1998. p. 209-244.

CARRION, Carlos W.; MORENO, Maria C. Gestão integrada de empreendimentos de construção civil. In: XI SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Anais...**, Bauru: Unesp, 2004.

CASAROTTO Filho, Nelson; FÁVERO, José S.; CASTRO, João E. E. **Gerência de projetos / Engenharia simultânea**. São Paulo: Atlas, 1999.

CHENG, Lin Chih *et al.* **QFD**: planejamento da qualidade. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.

CORRÊA, Cássia Villani. **A aplicação da engenharia simultânea na dinâmica de elaboração e implantação de projetos para produção de alvenaria de vedação na construção civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2006.

CORRÊA, Henrique L.; GIANESI, Irineu G. N. **Just in time, MRP II e OPT**: um enfoque estratégico. 2ed. São Paulo: Atlas, 2003.

CRAINER, Stuart. **Grandes pensadores da administração**: as idéias que revolucionaram o mundo dos negócios. Trad. Priscilla Martins Celeste. 2 ed. São Paulo: Futura, 2000.

CROSS, Nigel. **Engineering design methods**: strategies for product design. 2 ed. Chichester: John Wiley & Sons, 1994.

CRUZ, Carla; RIBEIRO, Uirá. **Metodologia Científica**: teoria e prática. 2 ed. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2004.

DAVIS, Mark M.; AQUILANO, Nicholas J.; CHASE, Richard B. **Fundamentos da administração da produção**. Trad. Eduardo D'Agord Schaan, *et al.* Porto Alegre: Bookman Editora, 2001.

DEL ROSARIO, Rubén *et al.* Concurrent Engineering for the management of research and development. In: 13th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT OF TECHNOLOGY. **Proceedings...** Whashington, DC: IAMOT, 2004

DEMO, Pedro. **Introdução à metodologia da ciência**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1987.

DISSANAYAKA, S. M. *et al.* Evaluating outcomes from ISO-9000: Certified quality system of Hong Kong constructions. **Total Quality Management**, v. 12, n. 1, 2001. p. 29-40.

EISENHARDT, Kathleen. M. Building theories from case study research. **The Academy of Management Review**, v. 14, n. 4, 1989, p. 532-549.

FABRÍCIO, Márcio M. **O projeto simultâneo na construção de edifícios**. Tese (Doutorado em Engenharia). Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FABRÍCIO, Márcio M.; MELHADO, Sílvio B. Desafios para integração do processo de projeto na construção de edifícios. In: I WORKSHOP NACIONAL DA GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. **Anais....** São Carlos: EESC/USP, 2001.

_____. Qualidade no processo de projeto. In: OLIVEIRA, Otávio J. (Org.) **Gestão da qualidade: tópicos avançados**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006. p. 107-122.

FARIA, Renato. Construção integrada. **Revista Técnica**. São Paulo: Pini, n. 127, p. 44-49, out. 2007.

FERREIRA, Sérgio L. Da Engenharia Simultânea ao modelo de informações de construção (BIM): contribuição das ferramentas ao processo de projeto e produção e vice-versa. In: VII WORKSHOP BRASILEIRO DA GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2007.

FIGUEIREDO, Dalmo L. M. **Diagnóstico da implementação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras e seus reflexos na gerência de materiais de construção**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2006.

FRANCO, Luiz S.; AGOPYAN, Vahan. **Implantação da racionalização construtiva na fase de projeto.** (Boletim Técnico BT/PCC/94). São Paulo: Escola Politécnica USP, 1993.

FRIEDLANDER, Mark C. Design-build solutions. **Journal of Management in Engineering**, v. 14, n. 6, nov./dez. 1998. p. 59-64.

FRIEDMAN, Thomas L. **O mundo é plano:** uma breve história do século XXI. Trad. Cristina Serra e S. Duarte. Rio de Janeiro: Objetiva, 2005.

FORTE, Sérgio H. A. C. **Manual de elaboração de tese, dissertação e monografia.** 3 ed. Fortaleza: UNIFOR, 2003.

GREENSPAN, Alan. **A era da turbulência:** aventuras em um novo mundo. Trad. Afonso Celso da Cunha Serra. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

GRESSLER, Lori A. **Introdução à pesquisa:** projetos e relatos. São Paulo: Edições Loyola, 2003.

GRILO, Leonardo M.; MELHADO, Silvio B. Alternativas para a melhoria na gestão do processo de projeto na indústria da construção de edifícios. In: III WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2003a.

_____. A implementação do *design-build* na indústria da construção de edifícios brasileira. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2003b.

HARTLEY, John R. **Engenharia simultânea:** um método para reduzir prazos, melhorar a qualidade e reduzir custos. Trad. Francisco José Soares Horbe. Porto Alegre: Bookman, 1998.

HAUGEN, Tore I. An integrated process from design to facilities solutions. In: CIB W70 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FACILITIES AND ASSET MAINTENANCE. **Proceedings...**, Brisbane, Australia, 2000.

HELMAN, Horacio; ANDERY, Paulo R. P. **Análise de falhas:** aplicação dos métodos de FMEA e FTA. Belo Horizonte: FCO, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

HUANG, George Q. **Design for X:** concurrent engineering and imperatives. Londres: Chapman & Hall, 1996

HUOVILA, Pekka; KOSKELA, Lauri. Contribution of the Principles of Lean Construction to Meet the Challenges of Sustainable Development. In: 6th ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION. **Proceedings...**, Guarujá, Brazil: IGLC, 1998.

HUOVILA, Pekka; KOSKELA, Lauri; LAUTANALA, Mika. Fast or concurrent: the art of getting construction improved. In: ALARCÓN, Luis F. (Ed.). **Lean Construction**. Rotterdam: A. A. Balkema, 1997. p.143-159.

ISHIKAWA, Kaoru. **What is quality control?: the japanese way**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1985.

JURAN, Joseph M. **A qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços**. Trad. de Nivaldo Montingelli Jr. São Paulo: Pioneira Thomson, 1992.

JURAN, Joseph M.; GRZYNA, Frank. **Juran's quality control handbook**. 4 ed. New York: McGraw-Hill, 1998.

KEHL, Sérgio P. Produtividade na construção civil. In: CONTADOR, José C. (Org.). **Gestão de operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. p. 469-485.

KHALFAN, Malik M. A.; ANUMBA, Chimay J. Implementation of Concurrent Engineering in construction: readiness assessment. In: CONSTRUCTION INFORMATION TECHNOLOGY 2000 CONFERENCE. **Proceedings...** Reykjavik, Iceland, 28-30 jun. 2000, v.1, p. 544-555.

KOSKELA, Lauri. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Technical Report n.72. Center for Integrated Facility Engineering. Department of Civil Engineering. Stanford University, 75 p., 1992.

KOSKELA, Lauri; BALLARD, Glenn; TANHUANPÄÄ, Veli-Pekka. Towards Lean Design Management. In: 5th CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION. **Proceedings...** IGLC: Gold Coast, 1997.

LAM, Patrick T. I.; WONG, Franky W. H.; CHAN, Albert P. C. Contributions of designers to improving buildability and constructability. **Design Studies**, v.27, n.4, p.457-479, 2006.

LANA, Maria da Penha C. V.; ANDERY, Paulo R. P. Integração projeto-produção: um novo paradigma cultural. In: I WORKSHOP NACIONAL DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. **Anais...** São Carlos: EESC/USP, 2001.

LEONHARDT, Fritz. **Construções de concreto**: princípios básicos da construção de pontes de concreto, v. 6. Rio de Janeiro, Interciência, 1979.

LINDAHL, Goran; RYD, Nina. Client's goals and the construction project mangement process. **Construction Project Management**, v. 25, n. 3/4, 2007. p. 147-156.

MAHESWARI, J. Uma; VARGHESE, Koshy. A Structured Approach to Form Dependency Structure Matrix for Construction Projects. In: 22nd INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION. **Proceedings...** Ferrara, Italy, 2005.

MAINIERI, Augusto S. **Avaliação do grau de contribuição das normas de garantia da qualidade ISO-9000 no desempenho competitivo das empresas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia da UFRGS, Porto Alegre, 1998.

MANZIONE, Leonardo; MELHADO, Sílvio B. Porque os Projetos atrasam? Uma análise crítica da ineficácia do planejamento de projetos adotada no mercado imobiliário de São Paulo. In: III ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL (TIC). **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2007.

MATOS, Paulo. **Construção pesada**: estratégias de competitividade e resistência às crises. Belo Horizonte: Mazza Edições, 2005.

MELHADO, Sílvio B. O processo de projeto no contexto da busca de competitividade. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL: GESTÃO E TECNOLOGIA NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS. **Anais...** São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1997.

MELHADO, Sílvio B.; AGOPYAN, Vahan. **O conceito de projeto na construção de edifícios**: diretrizes para sua elaboração e controle. (Boletim Técnico BT/PCC/139). São Paulo: Escola Politécnica USP, 1995.

MELHADO, Sílvio B.; FABRÍCIO, Márcio M. Projetos da produção e projetos para produção na construção de edifícios: discussão e síntese de conceitos. In: VII ENCONTRO NACIONAL DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1998.

MELLES, Bert. What do we mean by lean production in construction? In: 2nd ANNUAL MEETING OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION. **Proceedings...** IGLC: Santiago, Chile, 1994.

MINTZBERG, Henry. **Criando organizações eficazes: estruturas em cinco configurações**. Trad. Ailton Bomfim Brandão. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

_____. **Ascensão e queda do planejamento estratégico**. Trad. Maria Adelaide Carpigiani. Porto Alegre: Bookman, 2004.

MOTTA, Fernando C. P.; BRESSER-PEREIRA, Luiz C. **Introdução à organização burocrática**. 7 ed. São Paulo: Brasiliense, 1991.

MOTTA, Fernando C. P.; VASCONCELOS, Isabella F. G. **Teoria Geral da Administração**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

NACHMIAS, David; NACHMIAS, Chava F. **Research methods in the social sciences**. New York: St. Martin's, 1992.

NASCIMENTO, Luiz A. do; SANTOS, Eduardo T. A indústria da construção na era da informação. **Ambiente Construído**. Porto Alegre: ANTAC, v. 3, n. 1, p. 69-81, jan./mar. 2003.

OGLIARI, André. **Gerenciamento do desenvolvimento de produtos**. Florianópolis: UFSC, 2000. Apostila.

OLIVEIRA, Djalma P. R. **Sistemas, organizações e métodos: uma abordagem gerencial**. 15 ed. São Paulo: Atlas, 2005.

PAHL, Gerhard *et al.* **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. 6 ed. Trad. Hans Andréas Werner. São Paulo. Edgard Blücher, 2005.

PALMISANO, Ângelo. Inovações tecnológicas e qualidade: considerações éticas. In: OLIVEIRA, Otávio J. (Org.) **Gestão da qualidade: tópicos avançados**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006. p. 169-178.

PERALTA, Antônio C.; TUBINO, Dálvio F. O uso da DSM no processo de projetos de edificações. In: XXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Anais...** Curitiba: PUC-PR, 2002.

PFEIL, Walter. **Pontes**: curso básico: projeto, construção e manutenção. Rio de Janeiro: Campus, 1983.

PICCHI, Flávio A. Oportunidades de aplicação do *lean thinking* na construção. **Ambiente Construído**. Porto Alegre: ANTAC, v. 3, n. 1, p. 7-23, jan./mar. 2003.

REZENDE, Paulo E. Inovações tecnológicas em projetos para construção civil: uma análise dos sistemas para cálculo estrutural. In: IV WORKSHOP BRASILEIRO DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. **Anais...** Rio de Janeiro: FAU - UFRJ, 2004.

REZENDE, Paulo E.; ANDERY, Paulo R. P. Estrutura organizacional flexível e foco no cliente: uma alternativa na busca pela qualidade no setor da construção. In: XXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Anais...** Foz do Iguaçu: PUC-PR, 2007.

ROBBINS, Stephen P. **Organization theory**: structure, design and applications. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1990.

ROMANO, P. ISO 9000: What is its impact on performance? **IEEE Engineering Management Review**, n. 4., p.. 54-68, 2000.

ROMEIRO Filho, Eduardo. **CAD na Indústria**: Implantação e gerenciamento. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 1997.

_____. A contribuição do CAD para implantação da Engenharia Simultânea. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 1999.

_____. **Projeto do produto**. Belo Horizonte: UFMG, 2004. Apostila.

ROOZENBURG, N. J. M.; EEKELS, J. **Product design**: fundamentals and methods. Chichester: John Wiley & Sons, 1995.

ROZENFELD, Henrique. *et al.* **Gestão de desenvolvimento de produtos**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SACOMANO, José B. *et al.* **Administração de produção na construção civil**: o gerenciamento de obras baseado em critérios competitivos. São Paulo: Arte & Ciência, 2004.

SCHEER, Sérgio *et al.* Impactos do uso do sistema CAD geométrico e do uso do sistema CAD-BIM no processo de projeto em escritórios de arquitetura. In: VII WORKSHOP BRASILEIRO DA GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2007.

SILVA, Cassandra R. O. Metodologia e organização do projeto **de pesquisa**: guia prático. Fortaleza, CEFET-CE, 2004. Apostila.

SILVA, Márcia T. A empresa moderna. In: CONTADOR, José C. (Org.). **Gestão de operações**: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. p. 15-30.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. Trad. Maria Teresa C. de Oliveira e Fábio Alher. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SOUZA, Roberto. Qualidade no setor da construção. In: OLIVEIRA, O. J. (Org.) **Gestão da qualidade**: tópicos avançados. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006. p. 199-210.

TAHER, Rima. **The art of structural bridge design**. American Society of Civil Engineers (ASCE), New Jersey, 2003. Disponível em: <<http://branches.asce.org/northjersey/techgroups/structural.html>>. Acesso em: 25 mai. 2007.

TAYLOR, Frederick W. **Princípios de administração científica**. Trad. Arlindo Vieira Ramos. 8 ed. São Paulo: Atlas, 1990.

THIOLLENT, Michel. Problemas de Metodologia. In: FLEURY, Afonso; VARGAS Nilton. **Organização do trabalho**. São Paulo: Atlas, 1987. p. 54-83.

THOMAS, R. *et. al.* The importance of project culture in achieving quality outcomes in construction. In: 10th ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION. **Anais...** Gramado, Brasil, 2002.

THOMAZ, Ercio. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção**. São Paulo: Pini, 2001.

TISAKA, Maçahico. Não culpem a engenharia. **Revista Construção Mercado**. São Paulo: Pini n. 68, p.24, mar. 2007a.

_____. Equívocos do pregão eletrônico. **Revista Construção Mercado**. São Paulo: Pini n. 72, p. 32-33, jul. 2007b.

ULRICH, Karl T.; EPPINGER, Steven D. **Product design and development**. 3 ed. New York: McGraw-Hill, 2004.

VALERIANO, Dalton L. **Gerência em projetos: pesquisa, desenvolvimento e engenharia**. São Paulo: Makron Books, 1998.

VANNI, Cláudia M. K. **Análise de falhas aplicada à compatibilidade de projetos na construção de edifícios**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 1999.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, 2002, p. 195-219.

WINNER R. I. *et al.* **The Role of Concurrent Engineering in Weapon Systems Acquisition**. Institute for Defense Analysis, IDA Report R-338, Alexandria, 1988.

WOMACK, Jones P.; JONES, Daniel T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Trad. Ana Beatriz Rodrigues e Priscilla Martins Celeste. 6 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WONG, Franky W. H. *et al.* A study of measures to improve constructability. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 24, n. 6, 2007. p. 586-601

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Trad. Daniel Grassi. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ANEXOS

ANEXO A – Questionário submetido aos projetistas especialistas em OAE

Belo Horizonte, setembro de 2007

Prezado(a) colaborador(a),

Vimos solicitar a sua participação no trabalho de pesquisa que estamos realizando no curso de Mestrado em Engenharia de Produção da UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais. Este trabalho está direcionado para o setor de projetos para construção civil, em particular o segmento de Obras de Arte Especiais (OAE).

Estamos convidando profissionais que atuam de forma destacada nesta área a responderem um questionário, cujo objetivo é fazer um levantamento analítico em torno do ambiente da pesquisa. Em suma, deseja-se obter dados para caracterizar fidedignamente o universo pesquisado e para corroborar as proposições e problemas considerados na estruturação da dissertação.

Consideramos extremamente valiosa sua colaboração ao responder todas as questões apresentadas, atendendo aos critérios metodológicos adotados e garantindo a consistência dos dados.

Fica, portanto, expresso o compromisso de que as informações são exclusivamente para fins de pesquisa acadêmica, não devendo ser divulgadas informações parciais, nomes de pessoas ou empresas.

Antecipamos nossos agradecimentos e colocamo-nos à disposição para informações adicionais. Caso seja de seu interesse, enviaremos uma cópia do trabalho final.

Cordialmente,

Paulo Emílio de Rezende

Engenheiro Civil, mestrando em Engenharia de Produção – UFMG

31 9997-8162

prez@uai.com.br

Paulo Roberto Pereira Andery

Orientador – Professor do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção da UFMG

31 3238-1856

paulo@demc.ufmg.br

INSTRUÇÕES

1. Responda as questões na própria tela do computador assinalando ou digitando nos espaços sombreados. Após concluir o questionário, por favor, envie-o para o e-mail prez@uai.com.br . Caso haja preferência em responder em papel impresso, este poderá ser enviado para o endereço: Rua Canoas, 970 – Bairro Betânia – CEP 30580-040 – Belo Horizonte - MG. (No caso de impressão, os campos de resposta podem não aparecer).
2. Para escolher uma opção dê um clique no quadrinho sombreado para marcar um X na resposta escolhida. Para desmarcar, basta dar outro clique sobre o mesmo quadrinho.
3. Para cada questão, pede-se marcar apenas UMA opção, exceto quando houver solicitação em contrário.
4. Para inserir um número ou texto, dê um clique sobre o espaço sombreado e digite normalmente. Utilize a tecla TAB para passar ao próximo campo.
5. Alguns temas podem ser abordados em mais de uma questão, o que tem como objetivo consolidar algumas idéias.
6. Estima-se entre 15 a 20 minutos o tempo necessário para responder a todas as questões.

Nome do respondente:

Nome da empresa:

E-mail :

Telefone:

Data:

PARTE I – INFORMAÇÕES GERAIS

**1- Quais os tipos de projetos são desenvolvidos na sua empresa/escritório?
(Para esta questão marque quantas opções forem necessárias)**

- Projetos de Obras de Arte Especiais (OAE)
- Projetos prediais
- Projetos de obras industriais
- Projetos de estradas
- Outros projetos

Cite o mais freqüente:

2- Há quanto tempo você atua na elaboração de projetos para OAE?

- Menos de 5 anos
- Entre 5 e 10 anos

Entre 10 e 20 anos

Mais de 20 anos

3- Como são obtidos novos contratos (considerando projetos de OAE) da sua empresa? (Numere 1 para o mais freqüente até 3 para o menos freqüente)

____ Os clientes solicitam estudos e propostas

____ Participação em concorrência pública através de editais

____ Abordagem de clientes potenciais

4- Como é composta a sua carteira de clientes atualmente?

____ % dos projetos são contratados por órgãos públicos federais

____ % dos projetos são contratados por órgãos públicos estaduais

____ % dos projetos são contratados por órgãos públicos municipais

____ % dos projetos são contratados por clientes privados

Total = 100%

5- Quais os critérios utilizados pelos seus clientes para a contratação dos projetos de OAE elaborados pela sua empresa? (Numere 1 para o mais freqüente até 4 para o menos freqüente)

a) No setor público

____ Pelo menor preço

____ Pelo melhor preço, considerando critérios técnicos

____ Leilão reverso

____ Outros. Especifique:

b) No setor privado

____ Pelo menor preço

____ Pelo melhor preço, considerando critérios técnicos

____ Leilão reverso

____ Outros. Especifique:

6- Tendo como referência apenas os projetos para OAE, como você avalia as seguintes questões? (Utilize a escala, marcando os quadrinhos mais próximos da resposta escolhida ou na posição intermediária mais adequada)

a) Quanto ao número de projetistas que atuam no mercado atualmente com capacidade técnica reconhecida para projetos de grande vulto

POUCOS MUITOS

b) Quanto à remuneração dos projetos

INADEQUADA ADEQUADA

c) Quanto demanda de novos projetos atualmente

BAIXA ALTA

PARTE II – PROCESSO DE PROJETO E QUALIDADE EM PROJETOS PARA OAE

7- Cite pelo menos 3 fatores que caracterizam um projeto de qualidade para o setor de OAE:

-
-
-
-
-

Faça um comentário, se desejar:

8- Em relação ao processo de projeto na sua empresa:

a) As informações preliminares são devidamente fornecidas pelo cliente?

Sim Não Às vezes

b) As informações preliminares são buscadas ou confirmadas no local da obra?

Sim Não Às vezes

c) O cálculo estrutural é feito através de programa de computador?

Sim Não

d) Os desenhos são gerados em *software* CAD?

Sim Não

e) Os desenhistas trabalham regularmente no escritório da empresa?

Todos A maioria Poucos Nenhum

f) Os desenhos depois de prontos são checados pelo responsável pelo cálculo?

Sempre Quase sempre Quase nunca Nunca

g) Quando um problema de projeto é detectado pela obra, existe algum sistema formal de armazenamento de informações para aproveitamento no desenvolvimento de novos projetos?

Sim. Cite:

- Não existe formalmente, mas as informações da obra são aproveitadas nos novos projetos
- Não, porque não há retorno da obra

9- No seu entendimento, considerando o setor como um todo, os projetos para OAE no Brasil são avaliados da seguinte maneira:

- a) Quanto à qualidade geral
RUIM ÓTIMA
- b) Quanto ao emprego de softwares e outros recursos para o desenvolvimento do projeto
POUCO MUITO
- c) Quanto ao detalhamento e apresentação dos desenhos
RUIM ÓTIMO
- d) Quanto à incidência de erros/correções
POUCO MUITO

10- Tratando-se de soluções tecnológicas, como estão os projetos de OAE no Brasil em comparação aos projetos de países do Primeiro Mundo?

- Extremamente defasados
- Um pouco defasados
- No mesmo nível, mas ficando para trás
- No mesmo nível, mas falta investimentos para projetos mais arrojados
- Em melhor situação

11- Classifique atribuindo 1 para o fator mais determinante na fase de concepção de um projeto para OAE até 5 para o fator menos determinante:

- ____ Custo
- ____ Prazo de execução
- ____ Fatores ambientais
- ____ Modelo estrutural
- ____ Características estéticas

12- Considerando os fatores mais importantes na definição de um projeto de OAE, o que ocorre mais frequentemente?

- O custo é o fator mais importante em qualquer situação
- Dependendo de cada projeto, um determinado fator se sobrepõe aos demais (além dos fatores descritos na questão anterior, considere também interferências naturais e urbanas)

13- Com relação ao uso de programas CAD na elaboração dos desenhos:

- a) Proporcionou aumento da produtividade?
 Sim Não
- b) Melhorou a qualidade do detalhamento?
 Sim Não
- c) Aumentou a quantidade de erros e correções?
 Sim Não
- d) Contribuiu para a padronização dos projetos?
 Sim Não
- e) Aumentou a carga de trabalho individual e, com isso, a possibilidade de erros passarem despercebidos?
 Sim Não
- f) Melhorou o fluxo de informações entre os outros envolvidos no empreendimento (cliente, construtor, projetistas de outras especialidades)?
 Sim Não
- g) Existem recursos que precisam ser aperfeiçoados?
 Sim Não

Se a resposta foi sim, cite alguns se desejar:

-
-
-

PARTE III – VALORIZAÇÃO DOS PROJETOS**14- Por favor, assinale as TRÊS opções que você considera mais importantes para uma maior valorização do setor de projetos de OAE.**

- Revisão dos critérios de contratação (Lei das licitações)
- Criação de mecanismos para melhorar a remuneração dos projetos
- Exigência de prazos compatíveis para que o processo se desenvolva plenamente
- Investimento na formação de profissionais
- Promover interação entre os agentes participantes do empreendimento
- Emprego de recursos tecnológicos para aumentar a produtividade dos escritórios e empresas

- Agregar valor, oferecendo projetos mais completos e abrangentes (Ex.: incorporando metodologia executiva, plano de manutenção, especificações, etc.)

15- Os projetos e obras de OAE devem ser contratados dentro de “pacotes”, nos quais pontes e viadutos estão inseridos nos trechos de terraplenagem e pavimentação?

- Sim Não

PARTE IV – INTEGRAÇÃO PROJETO-PRODUÇÃO

16- Durante o processo de desenvolvimento do projeto de OAE, existe a participação do construtor?

- Nunca ou raramente
 Às vezes, quando o construtor é o contratante do projeto
 Sim, exceto quando o construtor ainda não é determinado

17- Com que frequência o construtor já está definido na fase de elaboração de projetos de OAE?

- 0% 100%

18- Quando o construtor está definido desde a fase do projeto:

- a) O construtor solicita o emprego de um sistema construtivo específico?
 NUNCA SEMPRE
- b) O projetista busca informações a respeito do processo construtivo?
 NUNCA SEMPRE
- c) Entre os dados de entrada do processo de projeto está a relação de equipamentos do construtor?
 Sim Não
- d) O construtor solicita o acompanhamento do projetista durante a execução?
 NUNCA SEMPRE
- e) São feitos estudos alternativos em conjunto (projetista e construtor) para a melhoria do projeto?
 NUNCA SEMPRE

19- Quando há a participação do construtor na fase de projeto, quais são as suas contribuições mais relevantes para o desenvolvimento do projeto? (Classifique atribuindo 1 para a mais importante até 4 para a menos importante).

- _____ Passar informações de campo
- _____ Contribuir na definição do modelo estrutural
- _____ Definir aspectos do projeto em função do processo construtivo
- _____ Repassar a experiência de problemas ocorridos em obras passadas

20- Quando o construtor participa de forma efetiva do processo de projeto, percebe-se que:

- a) Ocorre melhoria da qualidade do projeto
NÃO CONCORDO CONCORDO TOTALMENTE
- b) Há menor incidência de erros e problemas de projeto durante a execução
NÃO CONCORDO CONCORDO TOTALMENTE

21- O projetista de OAE acompanha a execução da obra?

NUNCA SEMPRE

22- Para o setor de OAE, considerando o conceito de “projeto para produção” como sendo o projeto e o detalhamento do processo construtivo, a quem deve ser atribuída a responsabilidade de sua elaboração?

- Ao projetista da obra
- Ao construtor da obra
- Ao projetista e ao construtor, conjuntamente

23- Como o projeto para produção em OAE deveria ser apresentado?

- Incorporado ao projeto estrutural (ou projeto executivo)
- Independente do projeto estrutural (ou projeto executivo)

24- Além dos aspectos técnicos e outros fatores determinantes, como os projetos de OAE são concebidos, na maioria dos casos?

- Pela solução que representa o projeto mais econômico (menor consumo de material, modelo estrutural, etc.)
- Pela solução que representa o menor custo projeto-execução (quando uma solução de projeto pode ser mais cara, mas encurta o prazo de execução, por exemplo)

25- Qual é a principal barreira para um trabalho conjunto entre projetista e construtor na fase de elaboração do projeto de OAE?

- A resistência dos projetistas, que preferem trabalhar sem interferências externas
- A maneira de o mercado contratar isoladamente o projeto e a execução da obra
- A resistência do construtor em ingressar no processo mais cedo
- Dotar o cliente de um visão global do empreendimento, fator indispensável para apostar nesta idéia
- Porque assim haveria um aumento do custo final do empreendimento
- Conciliar os interesses distintos de projetistas e construtores

26- Qual é a principal barreira para um trabalho conjunto entre projetista e construtor na fase de execução de uma OAE?

- A resistência dos construtores, que preferem trabalhar sem interferências externas
- Por que o mercado não aceitaria remunerar o projetista nesta função
- A resistência do projetista em acompanhar a obra, tomando-lhe tempo de outros projetos em andamento
- Dotar o cliente de um visão global do empreendimento, fator indispensável para apostar nesta idéia
- Porque assim haveria um aumento do custo final do empreendimento
- Conciliar os interesses distintos de projetistas e construtores

27- Se desejar, faça qualquer comentário que julgar pertinente com relação aos assuntos abordados ou ao questionário como um todo:**CONTRIBUIÇÃO EXTRA:**

- Se desejar, descreva uma situação ou envie uma fotografia que seja ilustrativa para os temas abordados nas questões acima (ex.: quando existiu uma evidente incompatibilidade entre o projeto e o processo construtivo, problemas de projeto ou execução, etc.)

- Desejo receber informações sobre os resultados finais deste trabalho de pesquisa

ANEXO B – Respostas do questionário

QUESTÕES	PROJETISTA A	PROJETISTA B	PROJETISTA C	PROJETISTA D	PROJETISTA E	PROJETISTA F	PROJETISTA G	PROJETISTA H	COMENTÁRIOS
1- Quais os tipos de projetos são desenvolvidos na sua empresa/escritório? (Para esta questão marque quantas opções forem necessárias)									
A) Projetos de Obras de Arte Especiais (OAE)									
B) Projetos prediais									
C) Projetos de obras industriais									
D) Projetos de estradas									
E) Outros projetos									
Cite o mais freqüente:	A	C	A	B	A	A	A	AD	
2- Há quanto tempo você atua na elaboração de projetos para OAE?									
Menos de 5 anos									
Entre 5 e 10 anos									
Entre 10 e 20 anos									
Mais de 20 anos									
3- Como são obtidos novos contratos (considerando projetos de OAE) da sua empresa?									
Os clientes solicitam estudos e propostas	1	1	1	1	2	1	1	1	
Participação em concorrência pública através de editais	3	3	2	3	1	X	2	3	
Abordagem de clientes potenciais	2	2	X	2	3	X	3	2	Através de contratos guarda-chuva existentes ou contratos de obras, acordando os preços
4- Como é composta a sua carteira de clientes atualmente?									
% dos projetos são contratados por órgãos públicos federais	15	X	40	1	25	0	0	5	Negociação a partir de um preço entorno de 5% do valor da obra
% dos projetos são contratados por órgãos públicos estaduais	5	X	30	3	30	0	10	5	
% dos projetos são contratados por órgãos públicos municipais	5	X	30	1	20	0	5	10	Confiança
% dos projetos são contratados por clientes privados	75	X	0	95	25	100	85	80	
5- Quais os critérios utilizados pelos seus clientes de contratação dos projetos de OAE elaborados pela sua empresa?									Carta convite
a) No setor público									Por indicação de outros clientes
Pelo <u>menor preço</u>	X	2	X	3	3	X	3	4	
Pelo <u>melhor preço</u> , considerando critérios técnicos	1	1	1	2	1	X	1	1	
Leilão reverso	X	4	X	4	2	X	X	4	
Outros. Especifique:	X	3	X	1	4	X	2	3	
b) No setor privado									
Pelo <u>menor preço</u>	X	3	X	3	3	X	3	4	
Pelo <u>melhor preço</u> , considerando critérios técnicos	2	2	1	2	2	X	1	1	
Leilão reverso	X	4	X	4	4	X	X	4	
Outros. Especifique:	1	1	X	1	1	X	2	3	
									Confiança e satisfação com projetos anteriores
									Ajuste de preços após anteprojeto elaborado em contrato de risco parcial
									Negociação em 90% dos casos
									Confiança
									Não existe concorrência
									Por indicação de outros clientes

QUESTÕES		PROJETISTA A	PROJETISTA B	PROJETISTA C	PROJETISTA D	PROJETISTA E	PROJETISTA F	PROJETISTA G	PROJETISTA H	COMENTÁRIOS
6- Tendo como referência apenas os projetos para OAE, como você avalia as seguintes questões?										<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Concepção adequada <input type="checkbox"/> Método Construtivo eficiente e econômico <input type="checkbox"/> Detalhamento primoroso <input type="checkbox"/> Revisão completa de cálculos e desenhos <input type="checkbox"/> Análise através de modelos fidedignos <p>Faça um comentário, se desejar: Atendimento aos prazos e assistência a obra</p>
Quanto ao número de projetistas que atuam no mercado atualmente com capacidade técnica reconhecida para projetos de grande vulto										
POUCOS	- Adequação às exigências hidráulicas ou de gabarito - Adequação às exigências de qualidade normativas - Adequação à estética									
MUITOS										
Quanto à remuneração dos projetos										
INADEQUADA	Técnica Execução Custo									
ADEQUADA										
Quanto demanda de novos projetos atualmente										
BAIXA										
ALTA										
7- Cite 3 fatores que caracterizam um projeto de qualidade para o setor de OAE					X					<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE CONCEPÇÃO <input type="checkbox"/> MEMORIAL DE CÁLCULO COMPLETO, INTELIGÍVEL E EM CONFORMIDADE COM AS NORMAS E ESPECIFICAÇÕES PARTICULARES <input type="checkbox"/> DESENHO BEM FEITO E SEM NECESSIDADE DE CORREÇÕES
8- Em relação ao processo de projeto na sua empresa:										
As informações preliminares são devidamente fornecidas pelo cliente?		AV	S	S	AV	AV	AV	S	AV	
As informações preliminares são buscadas ou confirmadas no local da obra?		AV	AV	AV	AV	S	AV	S	AV	
O cálculo estrutural é feito através de programa de computador?		S	S	SN	S	S	S	SN	S	
Os desenhos são gerados em software CAD?		S	S	S	S	S	S	S	S	
Os desenhistas trabalham regularmente no escritório da empresa?										
Todos										
A maioria										
Poucos										
Nenhum										
Os desenhos depois de prontos são checados pelo responsável pelo cálculo?										
Sempre										
Quase sempre										
Quase nunca										
Nunca										
Quando um problema de projeto é detectado pela obra, existe algum sistema formal de armazenamento de informações para aproveitamento no desenvolvimento de novos projetos?										
Sim. Cite:										
Não existe formalmente, mas as informações são aproveitadas nos novos projetos										
Não, porque não há retorno da obra										
Embora não costumamos ter problemas devido a projeto, os de obra são arquivados na pasta correspondente do diretório da obra no computador.										

Concepção
 Detalhamento
 Apresentação

Concepções estrutural e construtiva boas e coerentes
 Implantação adequada e estética
 Modelos e critérios de projeto adequados e coerentes (normas respeitadas)
 Representação gráfica clara, concisa e sem repetição.
Faça um comentário, se desejar: Não entendo que qualidade de projeto exija uso de computador. O computador bem usado pode ajudar, mas também pode atrapalhar. Isso tem ocorrido com frequência. Costumo dizer que computador hoje é como carro, é perigoso, mas não podemos ficar sem ele.

PASTA FÍSICA E ELETRÔNICA COM DADOS E FOTOS DO PROJETO, OBRA E AS BUILT

As-built

Sistema de garantia da qualidade ISO 9000

QUESTÕES	PROJETISTA A	PROJETISTA B	PROJETISTA C	PROJETISTA D	PROJETISTA E	PROJETISTA F	PROJETISTA G	PROJETISTA H	COMENTÁRIOS
13- Com relação ao uso de programas CAD na elaboração dos desenhos									
Proporcionou aumento da produtividade?	S	S	S	S	S	S	S	S	□ Uso mais intensivo do recurso 3D
Melhorou a qualidade do detalhamento?	S	S	S	N	S	S	N	S	
Aumentou a quantidade de erros e correções?	N	S	N	N	S	N	S	S	□ 3D
Contribuiu para a padronização dos projetos?	S	S	S	S	N	S	S	S	
Aumentou a carga de trabalho individual e, com isso, a possibilidade de erros passarem despercebidos?	S	N	N	N	N	N	N	S	□ Parametrização dos desenhos de forma e de armações
Melhorou o fluxo de informações entre os outros envolvidos no empreendimento (cliente, construtor, projetistas de outras especialidades)?	S	S	S	S	S	S	S	S	□ MAIOR CUSTOMIZAÇÃO DOS SOFTWARES DE DESENHO
Existem recursos que precisam ser aperfeiçoados?	S	S	N	N	S	S	S	S	
Se a resposta foi sim, cite alguns se desejar:									
14- Por favor, assinale as 3 opções que você considera mais importantes para uma maior valorização do setor de projetos de OAE									
Revisão dos critérios de contratação (Lei das licitações)									□ 1- Os erros aumentaram porque o projetista trabalha com uma parte pequena do desenho à vista e os programas não são os mais lógicos e adequados. □ 2- Além da falta de lógica em relação ao produto, os programas t-em muitos defeitos em relação à interação com o projetista, além dos seus bugs. □ 3- As melhorias devem partir da forma como se trabalhava na prancheta, onde a interação projetista-desenho era bem maior.
Criação de mecanismos para melhorar a remuneração dos projetos									
Exigência de prazos compatíveis para que o processo se desenvolva plenamente									
Investimento na formação de profissionais									
Promover interação entre os agentes participantes do empreendimento									
Emprego de recursos tecnológicos para aumentar a produtividade dos escritórios e empresas									
Agregar valor, oferecendo projetos mais completos e abrangentes (Ex.: incorporando metodologia executiva, plano de manutenção, especificações, etc.)									
15- Os projetos e obras de OAE devem ser contratados dentro de "pacotes", nos quais pontes e viadutos estão inseridos nos trechos de terraplenagem e pavimentação?									
	N	N	N	N	S	S	N	N	□ Em relação à pergunta 14 abaixo, é preciso que o país cresça para que hajam investimentos e obras capazes de melhorar o setor como um todo - mais dinheiro para remuneração, investimento em formação e biblioteca, vida mais equilibrada e férias adequadas.
16- Durante o processo de desenvolvimento do projeto de OAE, existe a participação do construtor?									
Nunca ou raramente									
Às vezes, quando o construtor é o contratante do projeto									
Sim, exceto quando o construtor ainda não é determinado									
17- Com que frequência o construtor já está definido na fase de elaboração de projetos de OAE?									
	75%	75%	50%	50%	25%	50%	75%	25%	

QUESTÕES	PROJETISTA A	PROJETISTA B	PROJETISTA C	PROJETISTA D	PROJETISTA E	PROJETISTA F	PROJETISTA G	PROJETISTA H	COMENTÁRIOS
21- O projetista de OAE acompanha a execução da obra?									
NUNCA									
SEMPRE									
22- Para o setor de OAE, considerando o conceito de "projeto para produção" como sendo o projeto e o detalhamento do processo construtivo, a quem deve ser atribuída a responsabilidade de sua elaboração									<p>Em relação à pergunta 22, é preciso ser claro e dizer que não se pode fazer um projeto de obra de arte sem deixar claro o método construtivo escolhido e uma série de parâmetros adotados. Sem eles o projeto não é possível!</p>
Ao projetista da obra									
Ao construtor da obra									
Ao projetista e ao construtor, conjuntamente									
23- Como o projeto para produção em OAE deveria ser apresentado									
Incorporado ao projeto estrutural (ou projeto executivo)									
Independente do projeto estrutural (ou projeto executivo)									
24- Além dos aspectos técnicos e outros fatores determinantes, como os projetos de OAE são concebidos, na maioria dos casos?									
Pela solução que representa o projeto mais econômico (menor consumo de material, modelo estrutural, etc.)									
Pela solução que representa o menor custo projeto-execução (quando uma solução de projeto pode ser mais cara, mas encurta o prazo de execução, por exemplo)									
25- Qual é a principal barreira para um trabalho conjunto entre projeista e construtor na fase de elaboração do projeto de OAE									<p>O Construtor, assim como os órgãos públicos devem se convencer que o investimento em um bom projeto é a garantia de qualidade e economia em qualquer empreendimento. O melhor seguro de uma obra é o bom projeto. Assim é que o critério de menor preço de projeto é a pior forma de contratação. A economia gerada por um bom projeto(não só de materiais), é muitas vezes superior ao valor do projeto. A contratação de assistência técnica do projetista durante a obra é fator fundamental para o bom andamento dos serviços e a correção dos problemas de forma ágil e eficiente.</p>
A resistência dos projetistas, que preferem trabalhar sem interferências externas									
A maneira de o mercado contratar isoladamente o projeto e a execução da obra									
A resistência do construtor em ingressar no processo mais cedo									
Dotar o cliente de um visão global do empreendimento, fator indispensável para apostar nesta idéia									
Porque assim haveria um aumento do custo final do empreendimento									
Conciliar os interesses distintos de projetistas e construtores									
26- Qual é a principal barreira para um trabalho conjunto entre projetista e construtor na fase de execução de uma OAE									
A resistência dos construtores, que preferem trabalhar sem interferências externas									
Por que o mercado não aceitaria remunerar o projetista nesta função									
A resistência do projetista em acompanhar a obra, tomando-lhe tempo de outros projetos em andamento									
Dotar o cliente de um visão global do empreendimento, fator indispensável para apostar nesta idéia									
Porque assim haveria um aumento do custo final do empreendimento									
Conciliar os interesses distintos de projetistas e construtores									
27- Se desejar, faça qualquer comentário que julgar pertinente com relação aos assuntos abordados ou ao questionário como um todo.			X	X	X	X	X	X	
<p>A meu ver na questão 11 deveria constar a tipologia/características do local de implantação (se urbana ou estrada, se ponte ou viaduto) que vão influenciar totalmente na concepção do projeto pelos vãos a vencer, interferências, etc. Esta condição seria a 1, seguindo as demais na sequência.</p>									
Desejo receber informações sobre os resultados deste trabalho de pesquisa						X			

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)