

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE ENGENHARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**DIRETRIZES E PADRÕES PARA PRODUÇÃO DE DESENHOS E GESTÃO DO FLUXO DE
INFORMAÇÕES NO PROCESSO DE PROJETO UTILIZANDO RECURSOS COMPUTACIONAIS**

ALESSANDRA MIGLIORI DO AMARAL BRITO

Orientador: Prof. Carlos Torres Formoso

**Porto Alegre
2001**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE ENGENHARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**DIRETRIZES E PADRÕES PARA PRODUÇÃO DE DESENHOS E GESTÃO DO FLUXO DE
INFORMAÇÕES NO PROCESSO DE PROJETO UTILIZANDO RECURSOS COMPUTACIONAIS**

ALESSANDRA MIGLIORI DO AMARAL BRITO

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Orientador: Prof. Carlos Torres Formoso

**Porto Alegre
2001**

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA e aprovada em sua forma final pelo orientador e pelo programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Carlos Torres Formoso

Ph.D. pela Universidade de Salford, Inglaterra
Orientador

Prof. Francisco de Paula Simões Lopes Gastal

Coordenador do curso de Pós-Graduação em
Engenharia Civil

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Maria Angélica Covelo Silva

Dr^a. pela Universidade de São Paulo - USP

Prof. Leonardo Rocha de Oliveira

Ph.D. pela Universidade de Salford

Prof. Luis Carlos Pinto da Silva Filho

Ph.D. pela Universidade de Leeds

Dedico este trabalho primeiramente a **Deus**, amigo fiel de todas as horas.

Aos meus pais Darlan e Míriam e aos meus irmãos Juliano e Augustus que me apoiaram em todos os momentos da vida.

Ao meu futuro esposo, Beto Mury, que me acompanhou e incentivou nesta caminhada do mestrado.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Formoso, pelos conhecimentos transmitidos no decorrer do mestrado e pelo incentivo dado durante a realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e a CAPES.

Ao Prof. Dr. Sérgio Lund Azevedo e Prof^a. Dr^a. Nirce Saffer Medvedovski pelo incentivo à iniciação científica.

Às empresas construtoras e incorporadoras e seus projetistas que muito contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos colegas de turma e de momentos inesquecíveis: Martha Alves, Jocelise Jacques, Thaís da Costa Lago Alves, Mônica Batista Leite, Fábio Peixoto, Keller Oliveira, Antônio Eduardo Cabral, Barros Neto, Andréa Barros, Andréa Kern, Maurício Bernardes, Roberto dos Santos e Márcio Santana de Carvalho.

À Renata Liedtke e Patrícia Tzortzopoulos pela amizade e conhecimentos transmitidos.

À sabedoria, companheirismo e amizade de Ercília Hirota e Washington Moura. O NORIE não será o mesmo sem vocês!

À Lúcia pela sua presteza, amizade e "cafezinho".

Enfim, a todos aqueles que fizeram do NORIE um lugar maravilhoso para se conviver e estudar!

RESUMO

O projeto de edificações é um dos processos mais importantes em empreendimentos de construção pelo seu impacto em termos de custo e qualidade do produto final. Entretanto, observam-se muitos problemas relacionados ao gerenciamento inadequado do mesmo, tais como ineficiente comunicação entre os intervenientes, indefinição de responsabilidades e ocorrência de erros em projetos. Muitos destes problemas dizem respeito à sub utilização dos sistemas CAD e tecnologias da informação.

O presente trabalho tem como objetivo propor diretrizes e padrões para gestão do fluxo de informações e para produção de desenhos no processo de projeto utilizando recursos computacionais. Busca-se, assim, o aumento da eficiência do uso dos sistemas CAD e tecnologias da informação e também uma maior eficiência nas trocas de informações entre os intervenientes. Para tal, foram realizados dois estudos de caso em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte situadas na Região Metropolitana de Porto Alegre - RS.

A partir dos estudos de caso, foram desenvolvidos os seguintes padrões: estrutura de diretórios, *back up* de arquivos de desenho, nomenclatura de arquivos de desenho, protocolos de envio e recebimento de arquivos ou plantas, controle de versões de plantas ou memoriais descritivos enviados à obra, nomenclatura de *layers*, *layers* para integração, diretrizes para produção de desenhos no computador e diretrizes para apresentação de plantas.

Além disso, foram identificadas e discutidas novas tendências em termos de aplicação das tecnologias da informação no processo de projeto. No entanto, salienta-se que este trabalho não tem a intenção de quebrar o paradigma atual do processo de projeto, mas sim, contribuir para preparar as empresas construtoras incorporadoras e escritórios de projeto para as tendências futuras de informatização.

ABSTRACT

The main objective of this research work is to propose guidelines and procedures for managing the information flow and for producing drawings in the design process using computer systems. The aim is to increase the efficiency on the use of CAD systems and information technology in general and also the effectiveness on the exchange of information between different agents.

The study was based on case studies carried out in two small sized construction companies involved in the development and construction of house building projects in the Metropolitan Region of Porto Alegre (RS). Based on these case studies, the following procedures were proposed: directories structure, drawing files back up, drawing files names, files sending/receiving protocols, control of the version of drawings and specifications sent to building sites, layers names, project standard layers, and guidelines for producing CAD drawings.

Besides that, future trends concerning the use of information technology in the design process were identified and discussed. However, this study has not dealt with any paradigm change on the use of information technology in design, but intends to contribute to prepare building companies and design offices for such trends.

SUMÁRIO

RESUMO	VI
ABSTRACT.....	VII
SUMÁRIO	VIII
LISTA DE SIGLAS	XII
LISTA DE QUADROS	XIV
LISTA DE FIGURAS	XV
CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificativa.....	2
1.2 A questão de pesquisa.....	4
1.3 Objetivos	4
1.4 Estrutura da dissertação.....	5
CAPÍTULO 2: ENGENHARIA CONCORRENTE	6
2.1 Modelos de Desenvolvimento do Produto	8
2.2 Definições de EC	6
2.3 Conceitos básicos da <i>Lean Construction</i>	10
2.3.1 O processo de projeto	10
2.3.2 Projeto como conversão.....	11
2.3.3 Projeto como fluxo.....	12
2.3.4 Projeto como gerador de valor	13
2.4 Objetivos e Princípios da EC.....	15
2.5 Suportes à Engenharia Concorrente	17
2.5.1 Iniciativas relacionadas ao processo	18
2.5.2 Técnicas Formais	19
2.5.3 Métodos de comunicação e Transferência de informação	21
2.5.4 Sistemas Computacionais	22
2.6 Considerações finais.....	23
CAPÍTULO 3: PRÁTICAS CORRENTES DO PROCESSO DE PROJETO E TENDÊNCIAS DE APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO	24

3.1	O processo de projeto tradicional (ou manual)	24
3.1.1	Origem e métodos de produção de desenhos.....	24
3.2	Processo de projeto informatizado	26
3.2.1	Origem.....	26
3.2.2	Sistemas CAD e suas expectativas históricas.....	26
3.2.3	Produção de desenhos no computador.....	28
3.2.4	Características dos sistemas CAD	28
3.2.4.1	<i>Templates</i>	29
3.2.4.2	<i>Layers</i>	29
3.2.4.3	Arquivos de referência externa	30
3.2.4.4	<i>Model Space e Paper Space</i>	31
3.2.5	Os métodos de produção de desenhos no computador	31
3.2.6	A sub utilização dos sistemas CAD	36
3.3	As tendências do uso das TIs no processo de projeto	38
3.3.1	Estimativa de implementação das TIs a curto prazo.	39
3.3.1.1	AutoCAD 2000i:	39
3.3.1.2	<i>Extranets</i> :.....	40
3.3.1.3	Realidade virtual (RV).....	42
3.3.2	Estimativa de implementação das TIs a longo prazo	43
3.3.2.1	Padrões de modelagem do produto.....	43
3.3.2.2	Integração - Aplicação prática das TIs no processo de projeto	46
3.4	Considerações finais	47
 CAPÍTULO 4: MÉTODO DE PESQUISA		49
4.1	A estratégia de pesquisa adotada	49
4.2	Coleta de dados	50
4.3	A inserção desta pesquisa no Sub Projeto Gestão da Qualidade no Processo de Projeto de Edificações (SGQPPE) NORIE/FINEP	50
4.4	O método de trabalho adotado do SGQPPE	52
4.4.1	O Manual da Qualidade do Processo de Projeto do SGQPPE	52
4.4.2	Formato de apresentação dos padrões.....	53
4.5	Caracterização das empresas construtoras incorporadoras do estudo de caso	53
4.6	Delineamento da pesquisa	55
4.6.1	Fase 1: Pesquisa exploratória	55
4.6.2	Fase 2: Estudo de Caso	58

4.6.3	Produtos gerados em cada fase de pesquisa	62
4.6.4	Implementação dos padrões nas empresas do estudo de caso.....	63
4.6.4.1	Avaliação da implementação nas empresas do estudo de caso.....	63
4.6.5	Fase 3: Avaliação externa	65
CAPÍTULO 5: ANÁLISE DOS RESULTADOS		67
5.1	Resultados obtidos na FASE 1 - Pesquisa Exploratória	67
5.1.1	Diagnóstico sobre o patamar de utilização dos sistemas CAD	67
5.1.2	Trabalho de assessoria do escritório de projetos DWG	75
5.1.3	Conclusões da fase de Pesquisa Exploratória	76
5.2	Resultados obtidos na FASE 2 - Estudo de Caso	77
5.2.1	Trabalho nas empresas	77
5.2.2	Desenvolvimento do primeiro lote de padrões	78
5.2.3	Benchmarking.....	79
5.2.4	Desenvolvimento do segundo lote de padrões.....	80
5.2.5	Grupo de Trabalho (GT1)	80
5.2.6	Entrevistas de apoio	81
5.2.6.1	Entrevistas com coordenadores de projeto.....	81
5.2.7	Conclusões Preliminares do Estudo de caso	83
5.3	Os padrões desenvolvidos	84
5.3.1	Padrões relacionados à Organização, Classificação e Armazenamento das informações	85
5.3.1.1	Estrutura de Diretórios e organização das estações de trabalho.....	85
5.3.1.2	Nomenclatura de arquivos de desenho	89
5.3.1.3	Back up de arquivos de desenho.....	93
5.3.2	Padrões relacionados aos controles das trocas de informações.....	95
5.3.2.1	Protocolos de envio e recebimento de arquivos de desenho e plantas.....	95
5.3.2.2	Controle de plantas e memoriais descritivos enviados à obra	98
5.3.3	Padrões relacionados à produção de arquivos de desenho e apresentação de plantas.....	100
5.3.3.1	Diretrizes para produção de desenhos no computador	100
5.3.3.2	Nomenclatura de <i>Layers</i>	105
5.3.3.3	Diretrizes para apresentação de plantas.....	108
5.4	Avaliação da implementação nas empresas do estudo de caso	111
5.4.1	Avaliação da implementação na empresa B	111
5.4.2	Avaliação da implementação na empresa C	112
5.5	Resultados obtidos Fase 3 - Avaliação Externa	114

5.5.1	Diagnóstico nas sete empresas.....	114
5.5.2	Grupo de trabalho (GT2)	115
CAPÍTULO 6: CONSIDERAÇÕES FINAIS.....		118
6.1	Resultados alcançados.....	118
6.2	Principais conclusões quanto ao uso dos sistemas CAD e TIs.....	119
6.3	Recomendações para futuros trabalhos	121
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		122
ANEXOS		127

LISTA DE SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIA	- American Institute of Architects
ASBEA	- Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
BDI	- Banco de Dados Integrados
BS	- British Standard
CAD	- Computer Aided Design
CAE	- Computer Aided Engineering
CAM	- Computer Aided Manufacturing
CD	- Compact Disk
CP	- Coordenador de projeto
CPM	- Critical Path Method
DARPA	- Defense Advanced Research Projects Agency
DFA	- Design for Assembly
DFM	- Design for Manufacture
DSM	- Design Structure Matrix
EC	- Engenharia Concorrente
EDI	- Eletronic Data Interchange
FCI	- Industry Foundation Classes
FINEP	- Financiadora de Estudos e Pesquisas
GP	- Gerente de projetos
HD	- Hard Disk
HOQ	- House of Quality
IAI	- Industry Alliance for Interoperability
IDA	- Institute of Defense Analysis
IGES	- Initial Graphics Exchange Specification
ISO	- International Standard Organization
NBR	- Norma Técnica Brasileira
PA	- Protocolo de Aplicação
PDES	- Product Data Specification
PDP	- Processo de Desenvolvimento do Produto
PI	- Protocol Internet

- QFD** - Quality Function Deployment
- RV** - Realidade Virtual
- SGQPPE** - Sub-projeto Gestão da Qualidade no Processo de Projeto de Edificações
- STEP** - Standard for Exchange of Product Data
- WWW** - World Wide Web

LISTA DE QUADROS

QUADRO 2.1 - Definições de Engenharia Concorrente.....	9
QUADRO 2.2 - Os princípios da Engenharia Concorrente	16
QUADRO 2.3 - As técnicas formais mais utilizadas na EC.....	20
QUADRO 2.4 - Quadro adaptado: as fases de projeto e as TI de suporte (AOUAD et al., 1998).....	23
QUADRO 3.1 - Comparação entre os métodos de produção de desenho (SHIH, 1996)	32
QUADRO 3.2 - Aplicação prática das TIs na indústria da construção na década de noventa	47
QUADRO 4.1 - Cronologia de pesquisas desenvolvidas no NORIE/UFRGS na área de Gestão da Qualidade no Processo de Projeto	52
QUADRO 4.2 - Relação dos projetistas entrevistados no diagnóstico "Utilização dos sistemas CAD em escritórios de projeto de edificações"	55
QUADRO 4.3 - Padrões desenvolvidos na pesquisa exploratória e no estudo de caso	62
QUADRO 4.4 - Clientes dos padrões desenvolvidos - empresa B	64
QUADRO 4.5 - Clientes dos padrões desenvolvidos - empresa C	64
QUADRO 5.1 - Relação dos profissionais atuantes nos escritórios de projeto.....	68
QUADRO 5.2 - Quadro comparativo entre a média do tempo de experiência profissional e a média do tempo de experiência em CAD.....	68
QUADRO 5.3 - <i>Softwares</i> mais utilizados pelos entrevistados	68
QUADRO 5.4 - Métodos de produção de desenho utilizados na etapa de estudo preliminar	70
QUADRO 5.5 - Quadro comparativo entre o tempo de experiência em CAD e os métodos de produção de desenho na etapa de estudo preliminar	71
QUADRO 5.6 - Principais obstáculos quanto ao uso dos sistemas CAD, na percepção dos entrevistados..	72
QUADRO 5.7 - Principais benefícios quanto ao uso dos sistemas CAD, na percepção dos entrevistados..	72
QUADRO 5.8 - Comparação entre o método tradicional de projeto em sistemas CAD com o método proposto pelo SGQPPE	76
QUADRO 5.9 - Simbologias para o campo CLASSE	91
QUADRO 5.10 - Simbologias para Informação Principal (pavimento)	92
QUADRO 5.11 - Simbologias para fases de projeto	92
QUADRO 5.12 - Planilha contendo relação de arquivos e/ou plantas enviados.....	96
QUADRO 5.13 - Planilha controle de plantas e/ou memoriais enviados à obra	99
QUADRO 5.14 - Planilha Pedido de plantas e/ou memoriais - obra	99

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - Modelo do processo de projeto (MARKUS E ARCH, 1973)	11
FIGURA 2.2 - Projeto como conversão (KOSKELA E HUOVILA, 1997).....	11
FIGURA 2.3 - Projeto como fluxo (KOSKELA E HUOVILA, 1997)	13
FIGURA 2.4 - Projeto como gerador de valor (KOSKELA E HUOVILA, 1997)	14
FIGURA 3.1 - Representação da edificação através de uma única fonte (SHIH, 1996)	33
FIGURA 3.2 - Representação da edificação através de múltiplas fontes (SHIH, 1996)	33
FIGURA 3.3 - Banco de dados e suas interfaces de entrada e saída (SHIH, 1996).....	33
FIGURA 3.4 - Representação da edificação através de arquivos isolados (SHIH, 1996).....	34
FIGURA 3.5 - Representação da edificação através do modelo 3D (SHIH, 1996)	35
FIGURA 4.1 - Delineamento da pesquisa	56
FIGURA 5.1 - Lançamento do estudo preliminar de arquitetura	74
FIGURA 5.2 - Exemplos da estrutura do diretório ESTUDOS	87
FIGURA 5.3 - Exemplos da estrutura do diretório EMPREENDIMENTOS	88
FIGURA 5.4 - Estrutura do diretório EMPREENDIMENTOS detalhada.....	88
FIGURA 5.5 - Máscara (formato longo) para nomenclatura de arquivos não compactados	90
FIGURA 5.6 - Máscara para nomenclatura de arquivos não compactados	93
FIGURA 5.7 - Máscara (formato longo) para nomenclatura de <i>layers</i> (19 caracteres/8 campos)	107

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas duas décadas, empresas de diferentes setores têm enfrentado desafios semelhantes: maior demanda dos consumidores, rápida inovação tecnológica, pressão competitiva quanto a custos, redução no tempo de lançamento de produtos e, principalmente, busca da melhoria da qualidade destes (SYAN, 1994).

Entende-se como processo de desenvolvimento do produto (PDP), uma seqüência de passos ou atividades que uma organização realiza para conceber, projetar e comercializar um produto¹ (ULRICH E EPPINGER, 2000). Este conjunto de atividades tem início no setor de marketing e é concluído com a produção, venda e entrega do produto. Segundo ULRICH E EPPINGER (2000), através de um PDP bem definido pode-se obter os seguintes ganhos: garantia da qualidade do produto, melhor coordenação entre os membros da equipe, planejamento adequado, melhor gerenciamento das interfaces e oportunidade de identificação de aspectos de melhoria.

Especificamente na indústria da construção civil, a eficiência global do PDP é bastante influenciada pela eficiência do processo de projeto. Entretanto, percebe-se que o mesmo ainda não é devidamente desenvolvido e gerenciado de forma a atender a estas expectativas. O processo de projeto vem sendo apontado por diversos autores (HELENE E SOUZA, 1988; PICCHI, 1993; NOVAES, 1996) como o principal responsável pelos problemas nas edificações e, conseqüentemente, pelos custos adicionais que estes provocam.

A dificuldade de melhoria na qualidade do projeto de edificações pode ser atribuída à natureza do seu processo e produto.

Quanto ao produto, caracterizam-se por serem geralmente únicos e não seriados (PICCHI, 1993), sendo difícil a sua prototipação, como ocorre na indústria de manufatura. Também se caracterizam por estarem fixados à extensão de terra onde foram construídos e, em geral, possuem um ciclo de vida longo, não sendo facilmente descartados quando a edificação torna-se obsoleta (NUTT, 1988).

¹ Considera-se produto qualquer coisa vendida por uma empresa a seus clientes (ULRICH E EPPINGER, 2000).

Quanto ao processo, percebe-se que o mesmo envolve muitos intervenientes (PICCHI, 1993) com conhecimentos, pontos de vista e expectativas diferenciadas (MOKHTAR E BEDARD, 1995; OLIVEIRA, 1999). Além disso, o processo de projeto requer uma troca de informações intensa e confiável em todas as suas etapas (MOKHTAR e BEDARD, 1995). Também, verifica-se que o perfil dos futuros clientes e suas necessidades nem sempre são claramente conhecidos no início do processo (FORMOSO E FRUET, 1993).

A reunião destes fatores torna o processo de projeto uma atividade propícia à falhas e omissões, gerando conseqüentemente, retrabalhos, atrasos e custos adicionais indesejáveis (COLEMAN, 1992). Portanto, existe a necessidade de investigar formas de gestão para este processo, de forma a melhorar seu desempenho e, conseqüentemente, do produto final a ser entregue ao cliente.

No presente trabalho, a abordagem da Engenharia Concorrente e a utilização da Tecnologia da Informação, foram estudadas como meios para obtenção da melhoria do processo de desenvolvimento do produto. A Engenharia Concorrente foi escolhida como referencial teórico visto que esta abordagem envolve a identificação das necessidades de novos produtos e a sobreposição de fases no seu desenvolvimento, buscando redução de prazos e custos. Além disso, esta redução de tempo no lançamento dos produtos, pode ser alcançada através de intensiva comunicação (WILLAERT et al., 1998), auxiliada pelos recursos das tecnologias da informação.

1.1 Justificativa

Como na indústria da construção civil o processo de projeto é considerado uma das etapas mais importantes no PDP, busca-se com este trabalho, propor algumas melhorias visando aumentar a eficiência deste, principalmente no que diz respeito ao controle das trocas de informações e quanto à produção de desenhos utilizando recursos computacionais².

A importância deste assunto tende a aumentar à medida que importantes mudanças vêm ocorrendo no setor. A globalização está intensificando os fluxos de comunicação (TENÓRIO, 1998). Para VARGAS (1994), a crescente evolução da tecnologia, principalmente no que diz respeito à eletrônica, computação e telecomunicações, tem possibilitado o acesso e a troca de informações de forma mais segura, ágil e flexível.

² No presente trabalho, o termo "processo de projeto informatizado" é utilizado para descrever o processo de projeto realizado através de recursos computacionais, isto é, com auxílio de sistemas CAD, *internet*, entre outros.

Segundo MORAN (1998), esta evolução nas formas de comunicação é fruto da tecnologia das redes eletrônicas, que modificaram profundamente os conceitos de tempo e espaço. Muitas atividades que tomavam tempo e implicavam em deslocamentos, agora podem ser realizadas vias internet.

Como em outros setores, o processo de projeto de edificações também acompanhou esta evolução, a partir do surgimento dos sistemas CAD (Computer Aided Design) no início da década de 70 (KLEIN, 1992) e da comercialização do primeiro computador pessoal em 1974 (MANZANO, 1998).

Entretanto, após quase vinte anos de existência dos sistemas CAD no mercado, seus usuários ainda não usufruem toda a potencialidade que tais sistemas oferecem. A bibliografia indica que os sistemas CAD, em geral, estão sendo utilizados como prancheta eletrônica (CHOI E IBBS, 1990; FERREIRA, 1996, LAWSON, 1998), isto é, para simples automatização das atividades de desenho (NUNES, 1997), não atingindo, portanto, o aumento de produtividade esperado (BHAVNANI et al., 1996).

Além disso, os aplicativos para os softwares na indústria da construção têm sido desenvolvidos separadamente, utilizando diferentes métodos para atender às necessidades de diferentes profissionais, resultando assim em incompatibilidades (BARTZ, 1995). Verifica-se também, que as informações gráficas e não gráficas dos projetos de edificação são, em geral, processadas em softwares ou aplicativos diferentes, havendo assim a necessidade de manipulação e transferência manual dos dados (ALMEIDA et al., 1998).

Assim, a ineficiência do processo de projeto, pode ser associada à reunião de dois importantes fatores:

- O primeiro fator está associado a problemas gerenciais, tais como comunicação deficiente entre os intervenientes, indefinição de responsabilidades, entre outros;
- O segundo fator está associado a subutilização dos sistemas CAD e tecnologias da informação existentes.

Estudos internacionais em sistemas e tecnologia da informação buscam preencher estas lacunas. Tal salto de qualidade poderá ser obtido através da aplicação de diversas tecnologias, tais como, modelagem do produto - product modelling (LUITEN E TOLMAN, 1997; DEBRAS et al., 1998; TOLMAN, 1999), modelagem do processo - process modelling (AOUAD et al., 1994), banco de dados integrados - integrated databases (AOUAD, 1996) e padronização das trocas de informação - standardising data exchange (DECELLE et al., 1997). Muitas melhorias poderão ser alcançadas através do desenvolvimento de sistemas de gerenciamento de bancos de dados mais flexíveis, eliminando a necessidade de interface manual entre banco de dados gráficos e não gráficos. Estes sistemas integrados poderão criar condições para gerar uma documentação completa do projeto e facilitar também o desempenho gerencial (AOUAD, 1996).

Os benefícios apontados por AOUAD (1996) na utilização de banco de dados integrados, por exemplo, indicam que a comunicação entre os vários integrantes do projeto será mais eficiente. Isto significa que melhores produtos poderão ser produzidos a menores custos.

Como se pode perceber, existem inúmeros benefícios a serem alcançados, tanto em termos de melhoria no processo de projeto, quanto em termos de incrementos na utilização das tecnologias da informação.

Porém, este salto de qualidade, ou esta quebra de paradigma, isto é, a utilização das TIs aplicadas ao projeto como, por exemplo 3D, Web, banco de dados e sistemas integrados, deverá ser para os profissionais da indústria da construção um novo e grande desafio.

Para dar tamanho passo, é necessário vencer algumas etapas intermediárias. Neste sentido, o presente trabalho procura propor, a médio e curto prazo, um conjunto de diretrizes e padrões para melhorar a eficiência das trocas de informações, utilização dos sistemas CAD e tecnologias da informação disponíveis.

Portanto, este estudo não tem a intenção de quebrar o paradigma atual, mas sim, contribuir para preparar as empresas construtoras incorporadoras e escritórios de projeto para as tendências futuras de gerenciamento e informatização do processo de projeto.

1.2 A questão de pesquisa

Segundo ROESCH (1999), a questão de pesquisa deve ser formulada a partir de uma lacuna de conhecimento e delimitar os contornos da pesquisa. Neste trabalho, foram estabelecidas duas questões: (a) Quais são os gargalos existentes no processo de projeto informatizado que impedem que este seja desenvolvido com maior eficiência, no que diz respeito ao uso e gestão das informações produzidas nos sistemas CAD e tecnologias da informação?; (b) Como estas deficiências podem ser amenizadas?

1.3 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo principal a proposição de diretrizes e padrões que aumentem a eficiência do processo de projeto informatizado no que diz respeito à utilização dos sistemas auxiliados por computador e tecnologias da informação e a melhor gerência das informações produzidas por estes.

Como objetivos secundários têm-se:

- Analisar as dificuldades de utilização dos sistemas CAD e tecnologias da informação nos escritórios de projeto de edificações e empresas construtoras incorporadoras;
- Identificar as principais tendências referentes à evolução do uso de tecnologias da informação no processo de projeto.

1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação apresenta-se organizada da seguinte forma:

O Capítulo II apresenta a Engenharia Concorrente como referencial teórico, abordando seus principais conceitos, objetivos, princípios e suportes. Também descreve as características de alguns modelos de desenvolvimento de produtos encontrados na indústria.

O Capítulo III discute as práticas correntes no processo de projeto e tendências futuras das tecnologias da informação no processo de desenvolvimento do produto.

No Capítulo IV é apresentado o método de pesquisa utilizado na realização desta dissertação. Também contextualiza o trabalho na linha de pesquisa Gestão da Qualidade no Processo de Projeto, em desenvolvimento no NORIE/UFRGS.

O Capítulo V apresenta os resultados obtidos, a discussão e avaliação das diretrizes e padrões propostos.

Finalmente, o Capítulo VI apresenta as conclusões finais e recomendações para futuras pesquisas.

CAPÍTULO 2

2. ENGENHARIA CONCORRENTE

Para a melhor compreensão da Engenharia Concorrente (EC), este capítulo foi estruturado em quatro tópicos principais. Em primeiro lugar, são apresentados alguns modelos de desenvolvimento do produto, entre eles o modelo concorrente. Logo após, é apresentada a abordagem da EC utilizada neste trabalho. Em terceiro lugar, é apresentado o que se entende por processo de projeto e os conceitos básicos da Lean Construction aplicado à EC. Por último, são apresentados os objetivos, princípios e suportes da EC.

2.1. Modelos de Desenvolvimento do Produto

Os modelos de desenvolvimento de produto concorrente e seqüencial são os mais citados na bibliografia por serem os mais utilizados nas indústrias de manufatura no mundo ocidental (SYAN, 1994; PRASAD et al., 1998; YAZDANI e HOLMES, 1999).

A característica principal do modelo seqüencial é que este ocorre em progressão, isto é, cada estágio de desenvolvimento do produto apenas tem início quando o estágio anterior foi completado (SYAN, 1994). Além disso, os projetistas recebem especificações geralmente vagas, desenvolvendo suas atividades de uma forma relativamente isolada. Em função disto, aspectos relacionados à fabricação são considerados no projeto quando este está em fase final de desenvolvimento. Isto faz com que o projeto com frequência chegue ao setor de manufatura com muitos problemas. Esta situação é comumente chamada de *over the wall engineering* (SYAN, 1994) - ou seja, existe pouca comunicação entre a equipe que projeta e a que produz. As deficiências apontadas por este mesmo autor com relação ao processo seqüencial são: (1) insuficiente especificação do produto, acarretando uma excessiva quantidade de modificações; (2) pouca atenção às questões de fabricação do produto na fase de projeto; (3) estimativas de custos geralmente não confiáveis devido aos custos de alteração de projeto tardios.

No contexto atual de negócios, este modelo tem apresentado resultados insatisfatórios, visto que requisitos de desempenho como custos, qualidade e tempo são demandas cada vez mais crescentes (YAZDANI e HOLMES, 1999).

Já o modelo concorrente caracteriza-se principalmente pelo esforço na redução do tempo de atravessamento³ (YAZDANI e HOLMES,1999). Esta redução pode ser obtida através da redução no tempo de desenvolvimento do produto e, principalmente, sobrepondo as fases de desenvolvimento e manufatura. O modelo concorrente apenas introduz o conceito de simultaneidade, que é um dos elementos fundamentais da Engenharia Concorrente, que é abordada com maior profundidade no item 2.2.

Entretanto, estes não são os únicos modelos de desenvolvimento do produto. YAZDANI e HOLMES (1999), baseados em estudos em empresas automotiva e aeroespacial, apresentam outros dois modelos: o Centrado no projeto (*Design centered model*) e Dinâmico (*Dynamic model*).

O modelo centrado no projeto é caracterizado por uma intensa análise do projeto no início do processo de desenvolvimento do produto (YAZDANI e HOLMES, 1999). Esta análise inicial não envolve necessariamente os membros de todos os departamentos da empresa, mas seus requisitos são considerados. Geralmente, nestes casos existe a figura do coordenador de projetos que age como mediador entre os departamentos. Com isto, espera-se como resultado uma redução no número de alterações do projeto. O processo ainda é predominantemente seqüencial, mas existe maior confiabilidade nas informações. As tecnologias e ferramentas utilizadas neste método são ferramentas de análise (por exemplo, análise de elementos finitos), projeto para manufatura (*Design for Manufacture - DFM*), projeto para montagem (*Design for Assembly - DFA*), entre outros. Este modelo vem sendo utilizado em indústrias do mundo ocidental, particularmente nas aeroespaciais e automotivas (YAZDANI e HOLMES, 1999).

A característica principal do modelo dinâmico é que todas as fases do desenvolvimento do produto iniciam ao mesmo tempo, fazendo com que exista grande simultaneidade entre as diversas etapas (YAZDANI e HOLMES, 1999). Segundo os mesmos autores, a troca de informação torna-se mais intensa e informal neste modelo. Embora as tecnologias da informação facilitem a troca e o gerenciamento das informações, estas não são pré-requisitos para a adoção deste modelo. Os times, em geral, têm o poder de decisão tanto nos níveis de definição do produto quanto de definição dos processos. Conseqüentemente, estas equipes necessitam ter não somente habilidades técnicas, mas também habilidades gerenciais que permitirão tomar decisões balanceadas em relação ao tempo de desenvolvimento, qualidade e custos do produto.

Por último, verifica-se que os modelos concorrente e dinâmico caracterizam-se por apresentar processos concorrentes, enquanto que os modelos seqüencial e centrado no projeto apresentam processos seqüências (YAZDANI E HOLMES, 1999). Embora a bibliografia aborde com freqüência os modelos

³ Neste trabalho, entende-se por tempo de atravessamento (*lead time*) o tempo entre o pedido do produto e a entrega deste ao cliente.

seqüencial e concorrente, é importante indicar que existe um leque de abordagens, de modo que se reconheça que não existem apenas dois modelos dicotômicos de desenvolvimento de produtos.

2.2 Definições de EC

A Engenharia Concorrente é uma abordagem relacionada ao desenvolvimento do produto bastante utilizada na indústria de manufatura (SYAN, 1994), sendo também conhecida como Engenharia Simultânea (*Simultaneous Engineering*), Projeto Concorrente (*Concurrent Design*), Desenvolvimento Integrado de Produtos (*Integrated Product Development*) e Projeto em Equipe (*Team Design*).

Embora esta abordagem esteja sendo amplamente aplicada na prática (TRYGG, 1993 apud KOSKELA, 2000), estudos demonstram que existe pouco consenso quanto à sua definição, características e métodos (KOSKELA, 2000). Esta situação pode ser atribuída à forma como a EC vem se desenvolvendo: surgiu na indústria, sendo difundida pelos círculos profissionais e propagada pela competição (KOSKELA e HUOVILA, 1997). Somente nos últimos anos a EC passou a ser estudada nos meios acadêmicos (KOSKELA, 2000).

Entretanto, Engenharia Concorrente não é um termo novo. Um evento significativo na sua história aconteceu em 1982 nos Estados Unidos, quando uma agência de pesquisa - DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) começou a estudar a simultaneidade no processo de projeto. Em 1986, o IDA (*Institute for Defense Analysis*) escolheu o termo "engenharia concorrente" para explicar o método sistemático de desenvolvimento de um produto, bem como outros processos de apoio e serviços (SYAN, 1994). Segundo o IDA (citado por SYAN, 1994), "engenharia concorrente é uma abordagem sistemática para o projeto integrado e simultâneo de produtos e seus processos relacionados, incluindo manufatura e suporte. Esta abordagem permite o desenvolvimento de produtos, considerando todos os elementos do seu ciclo de vida, da concepção até a utilização, incluindo qualidade, custo, planejamento e requisitos dos usuários". O quadro 2.1 apresenta outras definições de EC.

LEPPIT (1993) e KAMARA et al. (1997) abordaram no conceito de EC a importância das técnicas, ferramentas e métodos para facilitar a integração e o desenvolvimento dos produtos, sendo que KAMARA et al. (1997) as explicitam mais claramente. KUSIAK (1993) acrescenta dois aspectos diferentes na definição de EC: a incorporação de valor ao produto e a noção de ciclo de vida do mesmo. SYAN (1994) enfoca a integração de pessoas, métodos e informação. ELLIS e CURTIS (1992), por sua vez, acrescenta uma tendência importante na EC: o uso da tecnologia da informação.

QUADRO 2.1 Definições de Engenharia Concorrente

Fonte	Definições
ELLIS E CURTIS (1992) apud WILLAERT et al. (1998)	" <i>EC é uma estratégia de negócio que requer a integração de pessoas, métodos de trabalho e tecnologia da informação</i> ".
LEPPIT (1993) apud WILLAERT et al. (1998)	" <i>EC é geralmente entendida como um conjunto de abordagens, técnicas, ferramentas e métodos que tem por objetivo aumentar o valor no desenvolvimento de um produto</i> ".
KUSIAK (1993) apud KOSKELA (1997)	" <i>EC se refere à prática de incorporar vários valores de um produto dentro das fases iniciais do desenvolvimento do projeto. Estes valores se referem a todo o ciclo de vida do produto e inclui não apenas funcionalidade, como também produtividade, testabilidade, montagem e reciclagem</i> ".
SYAN (1994)	" <i>EC é a integração de todos os recursos da companhia necessários ao desenvolvimento do produto, incluindo pessoas, ferramentas, recursos e informação</i> ".
KAMARA et al. (1997)	" <i>EC é um conceito que reúne muitos outros métodos como times multidisciplinares, planejamento paralelo das atividades e processo de resolução de problemas através de equipes multidisciplinares. É uma rede estruturada que facilita a integração dos diversos aspectos do processo de desenvolvimento de produtos</i> ".

Do ponto de vista conceitual, a EC vem sendo referenciada por diferentes autores de diferentes formas: como uma estratégia, filosofia, metodologia, abordagem ou um conjunto de métodos e ferramentas (KOSKELA, 2000).

No entanto, no presente trabalho, a EC não é considerada uma abordagem específica do desenvolvimento de produtos, mas sim, como uma área de conhecimento no qual os conceitos e princípios da *Lean Production* podem ser aplicados.

A *Lean Production* surgiu no final da década de 70, num período no qual as indústrias passaram por profundas mudanças na forma de organização das atividades de produção. Estas mudanças estavam relacionadas não só com avanços tecnológicos como também com uma série de inovações no âmbito organizacional e gerencial (FORMOSO, 2000). Este processo de mudanças foi tão significativo a ponto de fazer emergir uma nova forma de produção (WINCH, 1995 apud FORMOSO 2000).

Segundo KOSKELA (1992), a filosofia de produção tradicional é baseada no modelo de conversão, segundo o qual os insumos são transformados em um produto através de um processo de conversão. Entretanto, na *Lean Production* considera-se o processo de produção como um conjunto de atividades de conversão, que agregam valor ao produto final, e de fluxo (transporte, espera e inspeção) que não agregam valor. Além disso, este novo paradigma aborda uma série de novos princípios como, por exemplo, redução do tempo de ciclo, aumento da flexibilidade de saída, trabalho colaborativo, foco na satisfação dos clientes, entre outros.

Embora a *Lean Production* tenha surgido na indústria de manufatura, seus conceitos estão sendo abstraídos e aplicados à indústria da construção, sendo, por esta razão, chamada de *Lean Construction* ou Construção Enxuta.

Finalmente, salienta-se que, embora a *Lean Construction* e a EC tenham sido desenvolvidas independentemente, seus princípios e conceitos são bastante semelhantes (KOSKELA, 2000). A seguir são abordados os conceitos básicos da *Lean Construction*. Estes conceitos são apresentados para melhor compreensão da Engenharia Concorrente.

2.3 Conceitos básicos da *Lean Construction*

Os conceitos apresentados a seguir referem-se a um dos processos mais importantes no PDP na indústria da construção: o processo de projeto. Entretanto, faz-se necessário explicitar rapidamente o que entende-se por este processo antes de apresentar os conceitos propriamente ditos.

2.3.1 O processo de projeto

O processo de projeto é um processo bastante complexo (LAWSON, 1998) e pessoal, no qual cada projetista aborda o problema de projeto e desenvolve seu trabalho de uma forma particular (FORMOSO et al., 1998). Entretanto, vários estudos foram desenvolvidos na tentativa de criar um modelo, buscando, de uma maneira geral, representar a maneira através da qual os projetistas realizam seus trabalhos. Dentre estes vários modelos desenvolvidos (MARKUS e ARCH, 1973; RIBA, 1980; GRAY et al., 1994; CROSS, 1994), destaca-se o MARKUS e ARCH (1973) como sendo o mais citado na bibliografia (Fig. 2.1).

MARKUS e ARCH (1973) representam o processo de projeto através de duas dimensões: vertical e horizontal. A primeira dimensão refere-se à sucessão de fases através das quais o projeto evolui. Nas fases iniciais, o produto é geral e abstrato. À medida que o processo avança, o produto assume um caráter concreto e particular. Esta dimensão não considera as incertezas e variabilidades inerentes ao processo de projeto. A dimensão horizontal representa o trabalho individual de cada projetista, sendo identificado três tipos básicos de atividades: análise, síntese e avaliação.

Segundo MARKUS e ARCH (1973), a análise é a fase de compreensão do problema. Contempla a coleta de informações referentes às necessidades e restrições dos clientes, objetivos do projeto e critérios para posterior desenvolvimento das soluções. A síntese é a fase de geração de soluções e na avaliação o

desempenho da solução é analisado. É um ato retrospectivo no qual o projetista estabelece a qualidade da solução proposta baseado nas informações coletadas na fase de análise.

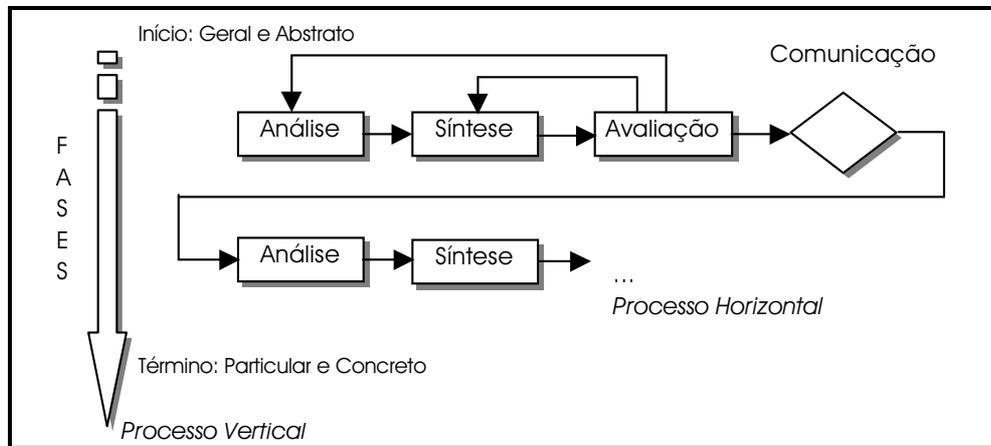


FIGURA 2.1 - Modelo do processo de projeto (MARKUS e ARCH, 1973)

Conhecido o modelo genérico do processo de projeto, pode-se apresentar os conceitos de Conversão, Fluxo e Geração e valor, derivados da *Lean Production*.

2.3.2 Projeto como conversão

O projeto como conversão compreende o ato de projetar como uma atividade de transformar requisitos e necessidades dos clientes em soluções de projeto, atendendo aos mesmos (KOSKELA e HUOVILA, 1997). Nesta abordagem, a atividade é decomposta em sub atividades e tarefas as quais são designadas a diferentes especialistas. Para esses autores, a essência do modelo de conversão é caracterizada por dois aspectos: (a) entender o projeto como conversão (ou transformação) de insumos (inputs) em produtos (out- puts); (b) decompor a atividade de conversão em atividades menores, mais gerenciáveis. A Fig. 2.2 ilustra este modelo.

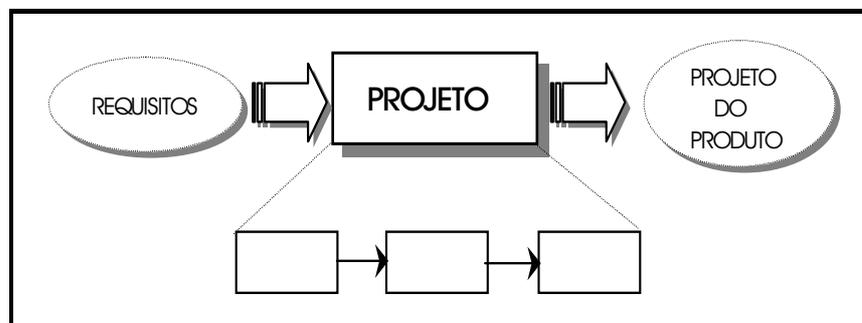


FIGURA 2.2 - Projeto como conversão (KOSKELA e HUOVILA, 1997)

Neste modelo as melhorias quanto à gestão e projeto estão relacionadas a (HUOVILA et al., 1994):

- ferramentas para gerenciar todos os projetos: (Critical Path Method - CPM, entre outros);
- meios para melhorar a eficiência de tarefas individuais (Computer Aided Design - CAD, modelos de simulação, ferramentas de apoio a decisão, entre outros).

Segundo KOSKELA e HUOVILA (1997), este modelo não é suficiente para compreender e melhorar o processo de projeto, pois apresenta algumas deficiências conceituais. A primeira delas, é que existem atividades no projeto que não contribuem para agregar valor ao produto, como, por exemplo, espera por informações, inspeção e comunicação. Além do mais, os clientes específicos de cada etapa de projeto têm requisitos diferenciados que, em geral, não são explicitamente identificados. Em consequência da aplicação deste modelo, esta visão tem contribuído direta ou indiretamente em muitos problemas no processo de projeto como (HUOVILA et al., 1994):

- muitos requisitos não são captados no início do processo;
- os erros de projeto são detectados em fases avançadas do processo, acarretando retrabalhos;
- não existem interações suficientes para melhoria do projeto;
- espera por aprovações, instruções e informações tomam a maior parte do tempo dos projetistas;
- enfim, longa duração, altos custos e baixa qualidade dos empreendimentos.

O modelo de conversão é uma abordagem eficaz para estabelecer quais tarefas são necessárias no entendimento do projeto, sendo, por esta razão, viável a sua utilização. Entretanto, não é eficaz na avaliação dos recursos necessários e na averiguação de quais os requisitos dos clientes foram atendidos da melhor forma.

2.3.3 Projeto como fluxo

Esta abordagem, originária da engenharia industrial, tem como foco o fluxo da informação no processo de projeto. Se o projeto é visto como um fluxo de informação, em princípio, podem ser identificados quatro tipos de atividades: movimentação (ou transferência), espera, conversão e inspeção (KOSKELA e HUOVILA, 1997). A Fig. 2.3 representa o projeto como fluxo.

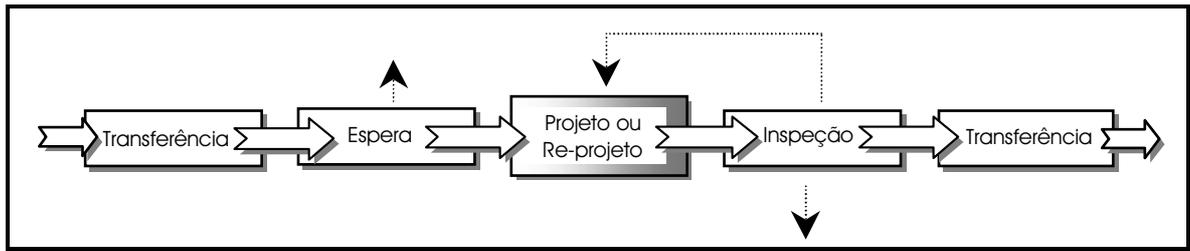


FIGURA 2.3 - Projeto como fluxo (KOSKELA e HUOVILA, 1997)

Como foi comentado anteriormente, apenas a conversão pode ser considerada uma atividade que agrega valor. As demais são consideradas perdas e devem ser eliminadas, ou pelo menos minimizadas. Entretanto, existe uma parcela da conversão, chamada retrabalho que também é considerada perda. Segundo KOSKELA e HUOVILA (1997), as perdas ainda podem ser classificadas em: retrabalhos devido a erros, falta de informações, mudança de escopo, transferência de informação, espera por informação, preparação (set up) entre outros.

KOSKELA e HUOVILA (1997) comentam que, quando o fluxo de informação é analisado em detalhe, percebe-se que a parcela de conversão é muito pequena se comparada ao fluxo total, configurando-se assim um grande potencial de melhoria para a eliminação ou redução das perdas.

Outros fatores causadores de perdas são as incompatibilidades geradas entre diversos aplicativos e softwares utilizados no processo de projeto pelos diversos projetistas. Entretanto, pode-se reduzir estas perdas através da padronização de desenhos em CAD, introdução de procedimentos de trabalho e da utilização das novas tecnologias da informação, tais como banco de dados integrado, sistemas de colaboração, entre outros.

2.3.4 Projeto como gerador de valor

Esta abordagem, originária da gestão da qualidade, considera a geração de valor de um produto como o preenchimento dos requisitos e necessidades dos clientes (KOSKELA e HUOVILA, 1997). Segundo HUOVILA et al. (1994), o valor consiste no adequado desempenho do produto e na inexistência de defeitos, devendo também ser avaliado do ponto de vista dos clientes internos e externos⁴.

⁴ Salienta-se que a indústria da construção civil envolve um grande número de clientes: usuário, empreendedor, construtor, obra, projetista, agente imobiliário, ..., cada um com necessidades específicas e diferenciadas.

A satisfação dos clientes é alcançada através de um ou mais ciclos, nos quais os requisitos destes são identificados e convertidos. A Fig. 2.4 ilustra o projeto como gerador de valor.

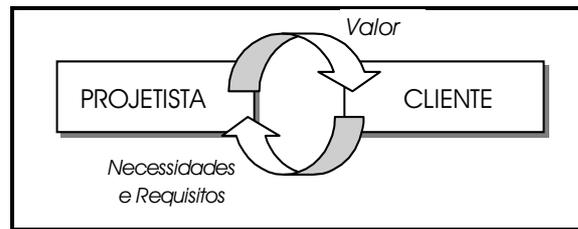


FIGURA 2.4 - Projeto como gerador de valor (KOSKELA e HUOVILA, 1997)

Neste ciclo, pelo menos três problemas podem ser detectados (KOSKELA e HUOVILA, 1997): (a) a identificação dos requisitos dos clientes não é realizada da forma mais eficaz; (b) a conversão não é otimizada; (c) alguns requisitos se perdem no processo ou não são utilizados (*value loss*).

Em geral, a inadequada identificação dos requisitos dos clientes deve-se à análise ineficaz. Segundo KOSKELA e HUOVILA (1997), o atendimento da satisfação dos usuários inclui a identificação das necessidades de um grande número de pessoas, tornando-se difícil consolidar requisitos individuais em um conjunto coerente de requisitos. A solução para este problema pode ser obtida através de uma rigorosa análise das necessidades e requisitos junto aos clientes e a utilização de ferramentas e métodos, como Projeto para Manufatura (*Design for Manufacture - DFM*), Projeto para Montagem (*Design for Assembly - DFA*), entre outros. Um outro aspecto importante é apresentado por NUTT (1988), que relaciona o ciclo de vida do produto com a avaliação da satisfação do cliente. Segundo esse autor, na fase de concepção do projeto apenas os requisitos da primeira geração de usuários são verificados. Como o ciclo de vida da edificação em geral é longo, os requisitos da maioria dos futuros usuários é desconhecida e, portanto, desconsiderada.

A perda dos requisitos dos clientes ao longo do processo, pode ser minimizada através de métodos específicos como Desdobramento da Função Qualidade (*Quality Function Deployed - QFD*) que permite estabelecer uma relação formal entre os requisitos dos clientes e as correspondentes soluções ao longo do processo de projeto.

Cabe salientar que os procedimentos desenvolvidos nesta pesquisa buscaram aplicar os conceitos de Conversão, (visto que o processo de projeto informatizado foi decomposto em atividades menores e mais gerenciáveis), Fluxo (na criação de alguns padrões que agilizassem a transferência da informação digital, diminuindo assim a espera e a inspeção) e na Geração de Valor (obtida através da rigorosa análise e requisitos dos clientes - projetistas).

2.4 Objetivos e Princípios da EC

O principal propósito da engenharia concorrente, segundo YASDANI e HOLMES (1999), é a redução do tempo de desenvolvimento do produto. Segundo estes autores, em geral, isto pode ser obtido através da sobreposição das fases do PDP.

SYAN (1994) acrescenta que o objetivo da EC é assegurar que as decisões tomadas durante o PDP resultem na redução dos custos do produto durante o seu ciclo de vida. Conforme o mesmo autor, quanto mais cedo forem introduzidas melhorias, maiores tendem a ser as reduções nos custos.

A bibliografia aponta ainda outros objetivos atribuídos a EC, como:

- aumento da qualidade do produto (SYAN, 1994; KAMARA et al., 1997; WILLAERT et al., 1998);
- aumento na competitividade, promoção de um espírito de equipe e aumento na integração entre setores da empresa (SYAN, 1994);
- elaboração do "projeto certo na primeira vez" (design-it-right-first-time) e aumento da satisfação dos clientes (KAMARA et al., 1997).

Através da revisão bibliográfica, constatou-se que, embora os princípios da EC se diferenciem quanto ao número e nomenclatura, a essência de conteúdo é muito semelhante. O quadro 2.2 apresenta os princípios da EC segundo a visão de LAUFER (1997), PRASAD (1997) e KAMARA et al. (1997).

Salienta-se que o termo Engenharia Simultânea (*Simultaneous Management*) utilizada por LAUFER (1997) não pode ser considerado sinônimo de Engenharia Concorrente. Este autor explora o conceito de simultaneidade num contexto mais amplo. O mesmo define Engenharia Simultânea como uma forma de gerenciar empreendimentos complexos, num ambiente dinâmico e com alto nível de incerteza. Neste contexto, os gerentes devem estar aptos a lidar com situações extremas (planejamento de curto e longo prazo, questões amplas e pequenos detalhes) de modo a poderem atender às constantes mudanças de demanda (LAUFER, 1997).

Mesmo sendo uma abordagem diferenciada dos demais autores citados no quadro 2.2, achou-se importante discutir os princípios propostos por LAUFER (1997).

QUADRO 2.2 - Os princípios da Engenharia Concorrente

LAUFER (1997)	PRASAD (1997)	KAMARA et al. (1997)
<p>1. Planejamento Integrado/Sistemático: consiste em: (a) determinar objetivos do empreendimento; (b) empregar planejamento para todas as fases do mesmo; (c) iniciar o planejamento o mais cedo possível; (d) adotar um planejamento divergente/convergente; (e) preparar planos integrados.</p> <p>2. Tomada de decisão ajustada à incerteza: consiste em: (a) adiar o planejamento e detalhamento de tarefas incertas; (b) acelerar a implementação para obter rápido <i>feedback</i>; (c) preparar planos para múltiplos horizontes.</p> <p>3. Isolamento e Absorção: consiste em: (a) isolar tarefas incertas; (b) tornar independentes as conexões entre tarefas; (c) dividir o empreendimento de acordo com as incertezas.</p> <p>4. Liderança Interna e Externa: consiste em: (a) examinar e influenciar o meio externo; (b) gerenciar a tomada de decisão; (c) intervir e agir quando necessário.</p> <p>5. Times: consiste em: (a) desenvolver times multifuncionais e organizacionais; (b) manter a equipe unida.</p> <p>6. Sobreposição de fases: consiste em: (a) envolver a equipe operacional o mais cedo possível; (b) executar as fases em paralelo.</p> <p>7. Procedimentos Simples: consiste em: (a) desenvolver procedimentos padrão; (b) documentar e partilhar experiências.</p> <p>8. Intensiva Comunicação: consiste em: (a) promover comunicação face a face; (b) empregar múltiplos meios de comunicação.</p> <p>9. Monitoramento Sistemático: consiste em: (a) monitorar pontos críticos do planejamento; (b) promover <i>feedback</i> p/ planejamento contínuo.</p>	<p>1. Trabalho de grupo paralelo: o trabalho paralelo permite a sobreposição de fases, atividades ou tarefas.</p> <p>2. Decomposição do produto: é fundamental quando existe complexidade no projeto. Esta permite que as atividades sejam programadas e desenvolvidas paralelamente.</p> <p>3. Programação de recursos concorrente: envolve a programação de recursos (tempo, times e tarefas) de modo que as atividades sejam desenvolvidas em paralelo.</p> <p>4. Processamento concorrente: definição do seqüenciamento ótimo das atividades tanto do ponto de vista do grupo de trabalho quanto da acumulação da informação.</p> <p>5. Minimizar interfaces: (a) do produto; (b) do processo; (c) dos sistemas computacionais.</p> <p>6. Comunicação transparente</p> <p>7. Processamento rápido: pode ser alcançado através: (a) tecnologia da informação; (b) flexibilidade no processo.</p>	<p>1. Suporte organizacional para facilitar a implementação das mudanças no processo e que irão auxiliar o desenvolvimento do trabalho concorrente.</p> <p>2. Times multidisciplinares: envolver estes times em todas as fases do processo de desenvolvimento do produto.</p> <p>3. Considerar todas as questões relativas ao ciclo de vida do produto o mais cedo possível.</p> <p>4. Gerenciamento adequado da Informação: aumentar a precisão e facilitar o fluxo de informação entre as equipes de trabalho em todas as fases do empreendimento.</p> <p>5. Processamento Paralelo, sempre que possível, resultante da reestruturação do trabalho.</p> <p>6. Integração de tecnologias e ferramentas: facilitar integração de modo que o produto e o processo sejam desenvolvidos simultaneamente.</p> <p>7. Melhoria contínua: processo contínuo de melhoria através da incorporação de lições aprendidas.</p> <p>8. Satisfação dos clientes: contínuo foco nos requisitos dos clientes.</p>

LAUFER (1997), enuncia nove princípios da Engenharia Simultânea, subdividindo-os em três grupos:

a) **Planejamento:** planejamento integrado e sistemático, tomada de decisão ajustada à incerteza, isolamento e absorção;

b) **Liderança e Integração:** liderança externa e interna, times, sobreposição de fases;

c) **Sistemas:** procedimentos simples, intensiva comunicação e monitoramento sistemático.

LAUFER (1997) considera que estes princípios não são independentes, mas complementares e que, para obter maior eficiência, devem ser utilizados em conjunto. Embora estes princípios venham sendo implementados com sucesso em projetos de investimento, esse autor salienta que são adaptáveis a diferentes contextos.

PRASAD (1997) propõe sete princípios, enfatizando que estes auxiliam a equipe de desenvolvimento do produto primeiramente na decomposição de tarefas e depois na sua organização de modo a obter uma melhor concorrência e simultaneidade. O mesmo autor salienta um aspecto importante que LAUFER (1997) não aborda diretamente: a minimização das interfaces, principalmente as computacionais, visto que estas estão sendo cada vez mais utilizadas no suporte à EC. Segundo PRASAD (1997), a existência de uma grande variedade de sistemas tende a gerar problemas e tornar o fluxo de informações lento.

KAMARA et al. (1997) apresenta oito princípios, abordando dois aspectos não discutidos pelos autores citados anteriormente: a satisfação dos clientes e o suporte organizacional.

Através da análise dos princípios da EC apresentados, verifica-se que existe um consenso quanto aos seguintes aspectos: sobreposição de fases, trabalho em times, intensiva comunicação e consideração de todos os aspectos do ciclo de vida do produto o mais cedo possível.

2.5 Suportes à Engenharia Concorrente

A EC pode ser praticada, segundo SYAN (1994), sem o auxílio de suporte computacional ou de técnicas formais em empresas pequenas que possuem profissionais especialistas e experientes. Entretanto, seria necessário prover uma grande quantidade de especialistas para as várias tarefas do desenvolvimento do produto de forma a obter melhoria no desempenho. Além do mais, existe uma grande quantidade de informação a ser comunicada em diferentes formatos como desenhos, dados e textos. A dificuldade de comunicação tende a aumentar quando as empresas possuem filiais em outros lugares ou quando o

número de empregados aumenta. Portanto, técnicas formais e suportes computacionais devem ser integrados à abordagem da Engenharia Concorrente de modo a trazer maiores benefícios às empresas.

Quatro classes de suporte a Engenharia Concorrente são definidas por SYAN (1994): iniciativas relacionadas ao processo, técnicas formais, métodos de comunicação e transferência de informação e sistemas computacionais. A seguir estas classes são apresentadas.

2.5.1 Iniciativas relacionadas ao processo

Existem dois aspectos a serem considerados nas iniciativas relacionadas ao processo. O primeiro está relacionado à mudança organizacional e comportamental da empresa e o segundo está relacionado à formação de times.

A mudança organizacional é uma prática muito comum na implementação da EC. Segundo LAUFER (1997), a estrutura organizacional é muito mais do que um simples agrupamento de pessoas e tarefas. É a maneira de distribuir e descentralizar o poder dentro da organização. Para PAWAR (1994), existem várias estruturas organizacionais que apresentam características diferenciadas dependendo do grau de integração dos times na estrutura e do nível de autoridade dado a estes. Elas podem ser: estruturas funcionais, orientadas ao produto, estrutura matriz, estrutura de time, entre outras. O mesmo autor salienta que as estruturas devem ser utilizadas de acordo com os problemas que estas foram designadas a resolver e que nenhuma delas é apropriada para todos os tipos de produtos ou todos os tipos de empresas.

A segunda iniciativa relacionada ao processo, diz respeito ao gerenciamento do trabalho em times. Apenas o agrupamento de especialistas não garante a formação de um time (SHARPLES, 1993 apud WILLAERT et al., 1998). A simples adoção de times não necessariamente constitui Engenharia Concorrente (PAWAR, 1994). Segundo o mesmo autor, o espírito de time é obtido através da integração de quatro elementos: responsabilidade, comprometimento, multi-funcionalidade e experiência.

Primeiramente, ao time deve ser dada responsabilidade e autonomia para desenvolvimento e introdução de novos produtos no mercado. Além disso, o time deve ter responsabilidade para gerenciar, controlar e coordenar as atividades, e isto é melhor realizado através de encontros regulares dos membros do time. Em segundo lugar, o líder, os membros do time e a alta gerência devem estar comprometidos com o espírito de equipe. Em terceiro lugar, o time deve ser multifuncional, composto pelas principais funções da organização. Além disso, o time deve ser formado o mais cedo possível no processo de desenvolvimento do produto (ANDERSON, 1993 apud WILLAERT et al., 1998). Por último, os membros do time devem ter ampla experiência no processo de projeto, manufatura do produto, entre outros (BECKERT, 1993 apud

WILLAERT et al., 1998). PAWAR (1994) acrescenta que se houver carência de conhecimento no time, a empresa deve viabilizar treinamentos.

Um outro aspecto importante a ser salientado é o tamanho dos times. Segundo LAUFER (1997), se o time é muito pequeno, pode ser inviável a participação de todas as especialidades no grupo. Além disso, durante as fases de freqüentes mudanças devido a incertezas, estes times podem enfrentar dificuldades visto que se exige rapidez na tomada de decisões e ações. Por outro lado, quando os times são muito grandes, torna-se difícil chegar a um consenso nas decisões a serem tomadas. O autor recomenda times que tenham entre quatro e nove membros. WILLAERT et al. (1998) aconselha seis membros e PAWAR (1994) sugere que não exceda a doze o número de membros no time.

2.5.2 Técnicas Formais

Existem várias técnicas formais que podem ser empregadas na EC como, por exemplo:

- Desdobramento da função qualidade (*Quality Function Deployment - QFD*);
- Projeto para produção (*Design for Manufacture - DFM*);
- Projeto para montagem (*Design for Assembly - DFA*);
- Matriz de estrutura de projeto (*Design Structure Matrix - DSM*);
- Método de Taguchi;
- Técnicas de melhoria da produtividade, entre outros.

Para SYAN (1994), na maioria das vezes, o uso de técnicas formais assegura que existe uma consistente abordagem dos problemas, assegurando um nível de qualidade mínima, mesmo quando os membros do time são menos experientes. O autor salienta que a flexibilidade é essencial na EC e que nenhuma técnica ou método oferece solução universal. A escolha das ferramentas corretas no momento adequado do ciclo de desenvolvimento do produto também deve se constituir uma habilidade entre os membros do time.

O quadro 2.3, a seguir, aponta sucintamente as técnicas formais mais utilizadas na EC e suas principais características.

QUADRO 2.3 - As técnicas formais mais utilizadas na EC

	QFD - Desdobramento Função Qualidade MENON et al. (1994)	DFM - Projeto para Produção SYAN e SWIFT (1994)	DFA - Projeto para Montagem SYAN e SWIFT (1994)	DSM - Matriz Estrutural de Projeto HUOVILA e SÉREN (1998)
Conceito	Técnica que captura e traduz sistematicamente as necessidades dos clientes em ações e recursos necessários para atender estas expectativas.	Técnica que reúne diretrizes que auxiliam a manter a comunicação entre todos os componentes do sistema de manufatura, permitindo flexibilidade adaptação e modificação do projeto durante todas as fases da realização do produto.	Técnica que busca quantificar a facilidade ou dificuldade de montagem dos produtos na fase de desenvolvimento do projeto, buscando facilitar/reduzir os custos de montagem bem como aumentara produtividade. DFA é técnica complementar ao DFM.	Técnica que fornece um algoritmo que permite a reordenação das tarefas planejadas numa ordem ótima. Auxilia também na identificação de blocos de tarefas que possuem forte interdependência e que são consideradas críticas no processo.
Objetivos	(1) Diminuir o tempo de desenvolvimento do produto; (2) Aumentar a satisfação dos clientes; (3) Aumentar a competitividade.	(1) Satisfazer requisitos estéticos /funcionais; (2) Identificar e produzir produtos de fácil manufatura; (3) Minimizar custos de produção; (4) Reduzir variabilidade.	(1) Reduzir o custo e o nº de partes na montagem; (2) Otimizar a montagem destas partes; (3)Aumentar a qualidade e eficiência.	(1) Analisar e melhorar o planejamento do processo de projeto; (2) Agrupar tarefas que possuem forte interdependência; (3) Identificar pontos críticos no processo.
Diretrizes	Obtenção dos requisitos e necessidades dos clientes através de: pesquisa de marketing, reclamações de clientes, avaliação dos produtos oferecidos pelos concorrentes.	(1) Minimizar o nº de variantes; (2) Buscar desenvolvimento do projeto modular; (3) Desenvolver partes multifuncionais ou multi uso e de fácil fabricação.	(1) Minimizar o nº de partes, variantes de projeto e superfícies de montagem; (2) Buscar o alinhamento e simetria das partes, simples manuseio, padronização e facilidade de montagem.	-
Uso de sistemas computacionais	Atualmente, está sendo melhor aplicada manualmente. Sistemas como QFD/CAPTURE, QFD <i>Designer</i> , ainda não se mostraram eficientes na captura da estrutura lógica desta técnica.	O uso de sistemas computacionais desenvolvidos para aplicação desta técnica já apresenta benefícios sobre a aplicação manual.	O desenvolvimento de sistemas computacionais (<i>Design Support Systems - DSS, DFA CAD Integration</i>) para aplicação desta técnica ainda se encontra em estágios iniciais.	O uso de sistemas computacionais desenvolvidos para aplicação desta técnica está em fase de desenvolvimento.
Ferramentas utilizadas	Matriz "Casa da qualidade" (<i>House of Quality - HOQ</i>).	Análise de valor, <i>Poka Yoke, Design for Assembly</i> .	Método DBI, Método de avaliação de montagem (AEM).	Planilha Excel e algoritmos.
Indústrias que aplicam	Vestuário, utensílios domésticos, indústrias de <i>software</i> e da construção.	Automotiva e eletrônica.	Eletrônica e mecânica.	Construção e manufatura.

2.5.3 Métodos de Comunicação e Transferência de Informação

Segundo DECELLE et al. (1997), a sociedade está se tornando cada vez mais dependente do rápido e fácil acesso à informação tanto em termos locais quanto globais. Novos conceitos e paradigmas estão emergindo e modificando as práticas comerciais, empresariais e pessoais. O acesso à informação pode ser obtido atualmente através de diversos meios de comunicação:

- **Telefone:** facilita a comunicação e cooperação à distância;
- **Fax:** embora o *e-mail* esteja sendo amplamente utilizado nas trocas de informação, o fax apresenta a vantagem das informações serem trocadas/enviadas sem a necessidade do uso do computador;
- **E-mail:** tecnologia rápida, eficiente e de baixo custo, utilizada tanto nas trocas de informações quanto envio de arquivos a nível local e/ou global. Além de ser um meio rápido para disseminação de informações, reduz a quantidade de papel utilizada em memorandos, minutas, atas, etc. (O'BRIEN E AL-SOUFI, 1994);
- **Protocolos de Internet (PI) e WWW (World wide web):** tecnologias que, na indústria da construção, estão sendo utilizadas principalmente em três áreas (SALWEN, 1996): (1) utilização de *sites* (endereços) da *web* para publicar e comercializar serviços e produtos; (2) explorar novos negócios e oportunidades, *benchmarking*, contratação de profissionais e busca de novos caminhos para cooperar e competir com outras empresas; (3) melhorar a eficiência da comunicação interna nas empresas através das *intranets*;
- **Intranets:** são redes privadas que servem como comunicação interna entre a gerência e funcionários de uma empresa. Estas utilizam as mesmas características da *Web* e são utilizadas para compartilhar qualquer tipo de informação como documentos, desenhos, minutas de reuniões, pesquisa de marketing, etc. (SALWEN, 1996);
- **Multimídia:** interação audio-vídeo-gráfica, isto é, o usuário recebe e interage com a informação através de sons, imagens e textos;
- **Sistemas de Videoconferência:** permite que pessoas que trabalham juntas à distância, possam realizar discussões face-a-face em tempo real. A produtividade da equipe de projeto pode ser mantida, já que não existe a necessidade de freqüentes deslocamentos ao canteiro. Além disso, fornece meios de mostrar filmagens em vídeo aos vários times de projeto. Por exemplo, o engenheiro de obras tem a possibilidade de filmar e mostrar o problema de projeto no canteiro para os demais membros da equipe

que estão à distância. Em conjunto, podem rapidamente chegar à conclusão da melhor solução a ser adotada (THORPE et al., 1995);

- **EDI (*eletronic data interchange*):** "é a transferência de dados estruturados, de computador para computador utilizando um padrão comum de comunicação" (ALMEIDA et al., 1998). Isto é, a informação transmitida pode ser acessada pelo sistema computacional receptor sem o auxílio de processamento humano. Atualmente, percebe-se que, com freqüência, após o processamento de dados, as informações são impressas e enviadas em forma de carta ou fax para os demais intervenientes do processo e estes repassam a informação manualmente para os seus respectivos aplicativos (ALMEIDA et al., 1998). O EDI passa a ser uma eficiente alternativa de transferência de dados, visto que elimina a necessidade de processamento humano, reduzindo conseqüentemente a quantidade de papel e de erros inerentes no processamento manual de dados (THORPE et al., 1994).

2.5.4 Sistemas Computacionais

Segundo AOUAD et al. (1998), as tecnologias da informação podem ser classificadas em: Simulação (por exemplo, avaliação econômica, análise do tipo *What-if*), Comunicação (*Internet*, EDI), Sistemas de desenho auxiliado por computador (CAD/CAE/CAM, controle de custos); Integração (banco de dados integrados), Visualização (3D, realidade virtual) e Inteligência (inteligência artificial).

Os sistemas CAD são os mais utilizados na representação e apresentação de projetos, principalmente em projetos arquitetônicos. Alguns aplicativos deste sistema fornecem rotinas computacionais, que permitem a extração de quantitativos de materiais, análises estruturais, entre outros (DOBSON et al., 1996). Além disso, os sistemas CAD/CAE/CAM permitem a modelagem em três dimensões, facilitando assim a integração entre sistemas, componentes e elementos e a rápida produção de protótipos virtuais (SYAN, 1994).

No entanto, HINKS et al. (1998) salientam que a simples implementação destas tecnologias não resulta no total benefício que estas poderão trazer se não houver um equilíbrio entre a maturidade do processo de desenvolvimento do produto e as tecnologias da informação utilizadas.

O quadro 2.4 aponta as TI que podem ser utilizadas durante as várias fases do processo de desenvolvimento do produto. A aplicação das tecnologias da informação ao processo de desenvolvimento do produto é abordada com maior profundidade no Capítulo 3.

QUADRO 2.4 - Quadro adaptado: as fases de projeto e as TI de suporte (AOUAD et al., 1998)

FASES	TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO
CONCEPÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação econômica • Análise de risco • Análise <i>What -if</i> ("O quê - se") • Simulação
VIABILIDADE	<ul style="list-style-type: none"> • Pesquisa de casos baseada em informações sobre os produtos (<i>Product based case retrieval</i>) • Inteligência artificial • Raciocínio baseado em casos (<i>Case based reasoning</i>) • Multimídia
ESTUDO PRELIMINAR	<ul style="list-style-type: none"> • Raciocínio baseado em casos • CAD 2D • Modelagem em 3D
PROJETO EXECUTIVO E COORDENAÇÃO DE PROJETOS	<ul style="list-style-type: none"> • CAD 2D • Planejamento de custo • Planejamento do empreendimento • Realidade virtual • Modelagem em 3D
PRODUÇÃO INFORMAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Modelagem em 3D • Realidade virtual • Controle de custos • Planejamento empreendimento
CONSTRUÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Robótica • Gerência de recursos • Raciocínio baseado em casos

2.6 Considerações finais

Em geral, as indústrias de manufatura e da construção desenvolvem seus produtos através do paradigma do modelo seqüencial e sob a abordagem da engenharia "*over the wall*". As conseqüências desta prática resultam em baixa produtividade e qualidade, tempo demasiado de desenvolvimento e altos custos dos produtos. Novas formas de desenvolvimento do produto - centrado, dinâmico e principalmente o concorrente, estão sendo aplicados em várias indústrias na tentativa de melhorar a eficiência deste. Também o desenvolvimento e utilização de sistemas computacionais que integram e transferem os dados nos vários estágios de projeto começam a ser gradualmente desenvolvidos e disseminados.

Embora internacionalmente os benefícios da EC já venham sendo reconhecidos, experiências na indústria da construção brasileira ainda não se efetivaram. Faz-se necessário o melhor estudo e divulgação da EC para que esta abordagem comece a ser implantada no setor.

CAPÍTULO 3

3. PRÁTICAS CORRENTES DO PROCESSO DE PROJETO E TENDÊNCIAS DE APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

O referencial teórico da Engenharia Concorrente, apresentado no capítulo anterior, abordou a gestão do processo de desenvolvimento do produto. Neste capítulo serão tratados mais a fundo o processo de projeto e seus métodos de produção de desenhos.

3.1 O processo de projeto tradicional (ou manual)

3.1.1 Origem e métodos de produção de desenhos

O homem possui longa história na habilidade de projetar (CROSS, 1999) e, conseqüentemente, na forma de representá-lo. O processo de projeto tradicional herdou muito das práticas de representação utilizadas no período pré-renascentista⁵.

Segundo OLIVEIRA (1976), os primeiros desenhos de arquitetura foram encontrados na **Mesopotâmia** no ano 2450 a.C. Nesta época, os tabletes de barro, eram utilizados como suporte da escrita e desenho, e o sistema de representação era através das projeções ortogonais. Os desenhos das edificações eram predominantemente representados através de plantas baixas sem a utilização de cortes. As fachadas e elevações eram pouco utilizadas. Além disso, as plantas, em geral, eram cotadas na parte interna dos cômodos. As paredes eram representadas, como atualmente, em traços duplos e as portas eram representadas sem a indicação da folha de madeira.

Quando era necessário alterar o desenho, sendo o suporte a argila, a solução adotada era bastante simples: obstruíam-se as ranhuras com o dedo e corrigia-se a cota do desenho.

O mesmo autor relata que, no tablete de *Umma*, um dos mais significativos e bem conservados exemplares do desenho de arquitetura da Mesopotâmia, datado do ano 2000 a.C.; "os espaços posteriores que deveriam ser diferentes pela marcação do desenho são iguais pelas cotas, ou melhor, foram igualados pela correção das cotas, sem preocupação de corrigir o desenho, mostrando que a indicação cotada

⁵ Para OLIVEIRA (1976), o período pré-renascentista tem início aproximadamente no ano 2450 a.C. e término no século XIII e inclui os períodos mesopotâmico, egípcio, greco-romano e medieval.

prevalece sobre a medição direta do desenho, como se admite atualmente" (OLIVEIRA, 1976). Surpreendentemente, este é um vício de projeto que perdura por quase quarenta séculos!

O desenho de arquitetura do **período egípcio** sofreu poucas inovações em relação à prática realizada na Mesopotâmia. Segundo OLIVEIRA (1976), até o advento da civilização egípcia, toda a representação era realizada sobre suportes resistentes. Mas, foi no Egito que se deu a invenção dos suportes flexíveis para escrita e desenho: o papiro. As correções eram realizadas através de uma técnica conhecida até hoje: a raspagem. Além disso, os egípcios utilizavam cores para convenção de desenhos: "o traçado em geral era feito em preto e as linhas orientadoras e reticulados de modulação em vermelho" (OLIVEIRA, 1976). Os processos de representação também eram baseados na utilização das projeções ortogonais. Segundo OLIVEIRA (1976), o repertório de maquetes de arquitetura no Egito é vastíssimo. "Esta riqueza deveu-se ao fato de que, em quase todos os túmulos, era praxe a colocação de uma pequena maquete da habitação, ..." (OLIVEIRA, 1976).

Segundo OLIVEIRA (1976), existem poucos exemplares da representação de projetos do **período greco-romano**, devido, provavelmente, à deterioração causada pelo tempo. Entretanto, neste período, surgiram alguns novos conceitos de representação como a *Ichnographia*, que é o desenho da planta baixa em escala reduzida (possivelmente cumprindo a mesma função dos esboços e croquis utilizados atualmente), a *Ortographia*, que corresponde a elevação da fachada discretamente colorida e com as medidas correspondentes à execução, e a *Scenografia*, que é a perspectiva. Entretanto, segundo OLIVEIRA (1976), mesmo conhecendo esta última técnica de representação, os greco-romanos raramente a utilizavam. Além disso, os suportes utilizados na escrita e no desenho não acrescentaram em quase nada o repertório utilizado desde a Antigüidade pelos mesopotâmicos e egípcios. Destaca-se apenas o surgimento do pergaminho em substituição ao papiro.

O **período medieval**, que encerra o período pré-renascentista, também não trouxe muitas inovações na representação do projeto. Segundo OLIVEIRA (1976), os desenhos medievais eram praticamente concebidos dentro das concepções contemporâneas dos desenhos de arquitetura. A utilização de maquetes também caiu em desuso no período medieval.

Diante deste breve histórico, que descreve como os desenhos de arquitetura eram representados, pode-se concluir que estes sofreram poucas transformações durante os vários milênios da história. A resistência à mudança, principalmente as relacionadas à utilização das tecnologias da informação emergentes e representação em três dimensões, podem ser melhor compreendidas quando se conhece o contexto no qual a produção de desenhos no processo de projeto tem evoluído.

3.2 Processo de projeto informatizado

3.2.1 Origem

Embora o surgimento dos computadores tenha ocorrido por volta do ano de 1939, até a década de 70 a utilização destes em projetos de edificações era praticamente inexistente. A origem dos desenhos auxiliados por computador, mais conhecidos como CAD, ocorreu no início da década de 60. O pioneiro neste campo foi Ivan Sutherland, do Massachusetts Institute of Technology que, em 1962, publicou uma tese intitulada *A Man-machine Graphical Communications System*, provando a viabilidade de computação gráfica interativa. Em meados dos anos 60, vários projetos de pesquisa foram iniciados em diversas universidades e corporações, como por exemplo, MIT, General Motors, entre outros. Tais pesquisas resultaram nos primeiros sistemas auxiliados por computador (KLEIN, 1992).

No início dos anos 70, este sistema encontrava-se disponível no mercado e já era comercializado como CAD, sendo direcionado principalmente às ferramentas de desenho. Entretanto, o custo elevado não permitiu a rápida difusão do sistema. Em 1982, surgiu a primeira versão do AutoCAD 1.0, mas a sua utilização ainda era muito pequena. Segundo RADOFF (1989), em 1989 apenas 5% das empresas americanas utilizavam sistemas CAD. A partir anos 90, o desenvolvimento acelerado da tecnologia e a acessibilidade à aquisição de equipamentos facilitaram a expansão deste sistema. Atualmente, o uso dos sistemas CAD na área de projetos de edificações, é considerado pelos profissionais "um caminho sem volta" (NUNES, 1997). Este fato pode ser confirmado pelo crescente número de profissionais que utilizam estes sistemas.

3.2.2 Sistemas CAD e suas expectativas históricas

A habilidade do computador em armazenar, organizar e coordenar a informação tem levado muitos profissionais a acreditar que este tem o potencial de resolver alguns dos problemas mais críticos e persistentes no processo de projeto. Segundo (LAWSON, 1998), ao longo dos anos o computador foi visto como "projetista", "desenhista", "modelador", "avaliador" e "assistente". Entretanto, o mesmo autor afirma que nenhuma destas funções foi satisfatoriamente desenvolvida se comparada ao potencial que o computador parece oferecer.

Por volta dos anos 60, achava-se que o computador tinha a capacidade de projetar. Isto ocorreu em conseqüência do desenvolvimento de alguns *softwares* específicos como, por exemplo, dimensionamento de circulação, consumo de energia, etc. No entanto, o processo de projeto tem uma

natureza muito mais complexa do que era inicialmente imaginado. Existe a necessidade de considerar muitos outros fatores, caindo por terra a expectativa de projeto totalmente automatizado.

Após, o computador foi considerado uma ferramenta de desenho infalível, necessitando com isso conter informações precisas e não ambíguas. Entretanto, alguns estudos demonstram que a maioria dos problemas encontrados nas construções seja por atrasos, ou custos adicionais, são resultado da inconsistência dos desenhos (LAWSON, 1998).

Além disso, sabe-se que cada projetista tem uma maneira de conceber a edificação. Alguns representam a edificação como um conjunto de componentes como paredes, portas, janelas, etc. Outros podem conceber a edificação como um conjunto de espaços. Segundo LAWSON (1998), estas diferentes maneiras de conceber a edificação ainda não são possíveis de serem realizadas através dos recursos computacionais oferecidos atualmente.

Através do relato de algumas das expectativas criadas em relação à utilização do computador no processo de projeto, conclui-se que algumas destas foram errôneas, como por exemplo, a de que o computador pode substituir o homem no ato de projetar. Segundo CROSS (1999), a conversão da capacidade de projetar, isto é, da inteligência natural, em formas de inteligência artificial, é muito difícil. Além disso, CROSS (1999) afirma que os desenhos à mão livre são uma atividade importante e natural do processo de projeto, pois permitem aos projetistas lidar com diferentes níveis de abstração simultaneamente, já que num mesmo esboço o projetista pode desenvolver plantas, seções e representações em três dimensões. Esse autor também acrescenta que os esboços feitos à mão livre auxiliam a organizar as informações: "sem o auxílio do desenho, é difícil para o projetista explorar e desenvolver seus pensamentos" (CROSS, 1999).

Por outro lado, outras expectativas, como, por exemplo, a modelagem em três dimensões, embora não tenham atingindo o desempenho desejado aponta o caminho para a produção de projetos mais eficientes.

Em relação às expectativas de desenvolvimento dos sistemas CAD, verifica-se que alguns passos ainda precisam ser percorridos no sentido de desenvolver sistemas que considerem a necessidade de integrar o processo de projeto, evitando adotar um conjunto de sistemas que buscam isoladamente resolver problemas específicos. Entretanto, os sistemas não devem ser desenvolvidos com o objetivo de substituir o homem no ato de projetar. Pelo contrário devem ser desenvolvidos de modo a dar suporte e auxiliar a desenvolver a criatividade do homem neste ato. "Ao invés de máquinas que fazem o que os homens estão habilitados a fazer e são bons no que fazem, queremos máquinas capazes de realizar tarefas que são árduas e difíceis de serem feitas por este ..." (CROSS, 1999).

3.2.3 Produção de desenhos no computador

O primeiro aspecto a ser abordado no processo de projeto informatizado é a organização da informação, visto que a introdução da informatização no projeto de edificações mudou não só o veículo de representação, mas também a forma de organizá-las.

A diferença entre o processo de projeto tradicional e o processo de projeto informatizado, no que diz respeito à organização da informação, podem ser comparada à analogia que LEVY (1993) fez em relação às informações contidas num jornal e na tela do computador: "... o jornal encontra-se todo em *open field*, já quase inteiramente desdobrado. A interface informática, por outro lado, nos coloca diante de um pacote terrivelmente dobrado, com pouquíssima superfície que seja diretamente acessível em um mesmo instante".

A mesma analogia pode ser feita em relação às plantas produzidas no processo de projeto tradicional, em que o produto deste era representado em grandes superfícies de papel. Entretanto, ao contrário do processo tradicional, a organização da informação digital, feita através do computador, oferece a vantagem de uma enorme capacidade de armazenamento em um volume físico muito menor. Além disso, segundo LEVY (1993), os inconvenientes da consulta através da tela são parcialmente compensados por um certo número de características de interfaces que se disseminaram em informática durante os anos 80 e que podem ser chamados de princípios básicos da interação amigável, que são: (a) a representação figurada, diagramática ou icônica das estruturas da informação e dos comandos; (b) os *menus* que mostram constantemente ao usuário as operações que podem ser realizadas; (c) a tela gráfica de alta resolução; e (d) uso do *mouse* que permite ao usuário agir sobre o que ocorre na tela de forma intuitiva, sensoriomotora, e não através do envio de uma seqüência de caracteres alfanuméricos.

3.2.4 Características dos sistemas CAD

Os sistemas CAD são geralmente providos dos seguintes tipos de comandos (BALDAM, 1998): de visualização (zooms), de criação de objetos (linhas, círculos, arcos, retângulos, poligonais, hachuras, textos, etc.), de modificação de objetos (deletar, copiar, espelhar, rotacionar, movimentar, cortar, estender, chanfrar, etc.), dimensionamentos (lineares, horizontais, verticais, angulares, etc.), informações do desenho (área, perímetro, distâncias, etc.), plotagem (impressão), de criação e utilização de blocos e símbolos e, finalmente, de criação e modificação de propriedades de objetos (linhas, *layers*, cores, etc.).

No entanto, faz-se necessário fazer algumas considerações complementares a respeito de quatro comandos acima citados que influenciam diretamente na qualidade e produtividade do desenho produzido nos sistemas CAD: *templates*, *layers*, arquivos de referência externa e *model/paper space*.

3.2.4.1 *Templates*

O *template* é um arquivo gabarito (BURCHARD et al., 1998) com extensão *dwt* que pode ser customizável conforme a preferência do usuário. O mesmo permite que sejam configurados alguns parâmetros como unidade de medida, tamanho de fontes, espessuras de linhas, formato das cotas, hachuras, *layers*, entre outros, formando assim um padrão para produção de desenhos no computador. Deste modo, não se perde tempo ao iniciar o desenho, pois todos os parâmetros já estão previamente definidos.

A utilização de *templates* facilita a padronização dos desenhos em escritórios, visto que todos os profissionais utilizam os mesmos parâmetros. Assim, pode-se criar *templates* específicos de acordo com o tipo de desenho que se quer produzir. No caso de um escritório que desenvolve o projeto elétrico, hidrossanitário e prevenção contra incêndio, podem-se desenvolver *templates* específicos para cada uma das especialidades. Desse modo, ao escolher o *template* do projeto elétrico, por exemplo, este carrega somente os parâmetros de desenho e *layers* específicos deste projeto. Num escritório de arquitetura, por exemplo, podem ser criados *templates* para projetos de arquitetura de interior, paisagismo, planta para execução, entre outros.

3.2.4.2 *Layers*

O termo *layer* é definido pelo *American Institute of Architects* (AIA, 1997) como sendo uma característica do desenho de CAD freqüentemente utilizada para classificação, controle de visibilidade e manipulação das informações.

Os *layers* podem ser comparados a um conjunto de folhas transparentes, no qual cada folha representa uma classificação da informação. Por exemplo, uma folha pode conter um *layer* que representa as paredes, outra folha pode conter um *layer* que representa as aberturas e, assim por diante. A sobreposição de todas as folhas, após a devida classificação destas informações, gera como resultado o desenho completo da edificação.

Ainda, selecionando os *layers* em "ligados" ou "desligados" pode-se obter uma variedade de plantas plotadas em diferentes níveis de detalhes. Segundo o AIA (1997), o uso adequado dos *layers* pode reduzir o tempo despendido no desenho de plantas, bem como melhorar a integração gráfica de projetos. Assim, a padronização de *layers* é essencial quando se deseja organizar o compartilhamento das informações.

Cada desenho pode ter a sua própria estrutura e configuração de camadas, mas o ideal é estabelecer uma configuração padrão, a fim de garantir uma coerência entre todos os desenhos. Se as camadas não forem coerentes, o receptor do arquivo pode considerar o desenho como de baixa qualidade, baseado simplesmente na condição do critério classificação das camadas (BURCHARD et al., 1998).

Segundo BJORK et al. (1997), em contraste com os *layouts* e símbolos de desenhos que, na maioria dos países, estão mais ou menos padronizados, as técnicas de gerenciamento das informações digitais de CAD ainda estão na sua infância. Com relação ao gerenciamento das informações digitais, o mesmo autor comenta o relato irônico de profissionais de uma companhia sueca. A companhia chegou a conclusão que, na maioria dos empreendimentos, as especificações de informação para a coordenação de projetos pareciam ser mais volumosas do que a própria documentação técnica de projeto. Os autores concluem que isto é um sintoma claro dos problemas causados pela falta de padronização de dados para o gerenciamento das informações em desenhos em CAD.

Embora seja reconhecida a importância da padronização dos *layers*, não existe um consenso quanto à sua normalização. Algumas instituições internacionais⁶ americanas (AIA) e inglesas (ISO e BS 1192) desenvolveram padrões de nomenclatura de *layers*. No entanto, verifica-se que as normas americanas diferem bastante das inglesas.

No Brasil ainda não existe uma normalização para *layers*. A ASBEA (Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura) está desenvolvendo estudos buscando uma futura normalização e padronização, não só para *layers*, como também para nomenclatura de arquivos, diretórios, espessura de penas, entre outros (ASBEA, 2000). Este estudo está sendo baseado nas normas americanas e canadenses (AIA, EXSI, NBSI) e européias (ISO) e tem como objetivo final à criação de uma norma brasileira da ABNT. As únicas normas de representação gráfica que existem atualmente são relativas ao desenho manual (NBR 6.492/1994, NBR 8.196/1992, NBR 8.403/1984, NBR 10.068/1987, NBR 10.126/1987, NBR 10.582/1988, entre outras).

3.2.4.3 Arquivos de referência externa

Os arquivos de referência externa, também chamados *Xrefs* ou referências cruzadas, consistem na habilidade que o AutoCAD possui de inserir um desenho inteiro (ou parte deste) no desenho corrente, de forma a usá-lo como referência em um determinado trabalho, sendo que, em paralelo, um outro projetista

⁶ A norma americana (AIA) e inglesas (ISO e BS 1192) serviram de referência para a proposição da nomenclatura de *layers* apresentada no Capítulo 5.

pode alterá-lo (BALDAM, 1998). Por exemplo, num projeto desenvolvido em equipes multidisciplinares, inicialmente o projeto de arquitetura pode ser utilizado pelos demais projetistas como arquivo de referência externa para lançamento dos seus respectivos projetos. Se os demais projetistas utilizarem o projeto de arquitetura como referência externa e este sofrer alterações, ao atualizar o *Xref*, atualizam-se todos os arquivos dele dependentes. Isto é, todos os demais projetistas não terão retrabalhos ao serem feitas modificações no arquivo de referência externa, já que as alterações são realizadas automaticamente. Esta ferramenta além de eliminar o retrabalho e possibilidade de erros, pode aumentar significativamente a produtividade na produção de desenhos em equipes multidisciplinares. Além disso, não há limite quanto ao número de arquivos de referência que podem ser inseridos num desenho e o usuário pode controlar a visibilidade de cor, tipos de linha e *layers*.

3.2.4.4 *Model Space e Paper Space*

Model space é a maneira convencional de produção de desenhos em sistemas CAD (BALDAM, 1998) e pode ser utilizado para o desenvolvimento do modelo da edificação seja esta em duas ou três dimensões.

Já o *paper space* oferece um ambiente especial somente para plotagens. Antes do *paper space*, o *model space* ficava sobrecarregado com objetos que eram utilizados especificamente para folhas plotadas, como margens, selos, legendas e tabela de revisões, nada tendo a ver com o modelo propriamente dito, sendo necessários somente para as folhas plotadas (BURCHARD et al., 1998).

Além disso, através do *paper space*, pode-se compor a prancha utilizando várias janelas, também chamadas *viewports*. Isto é, pode-se ter o desenho de uma planta baixa na escala 1/50 e, nesta mesma planta, mostrar várias *viewports* de detalhes em escala maior, como, por exemplo, o detalhe de uma lareira ou escada. Dessa maneira, pode-se compor plantas que são muito ricas em conteúdo e ilustração para equipe de produção. Ressalta-se que, enquanto no modelo *model space* os desenhos são criados na escala 1/1, no *paper space* pode-se atribuir escala aos desenhos.

3.2.5 Os métodos de produção de desenhos no computador

Segundo SHIH (1996), os métodos de produção de desenhos em sistemas auxiliados por computador podem ser classificados em três tipos: (a) arquivos de desenho isolados; (b) arquivos de referência externa; (c) modelo virtual da edificação.

Os dois primeiros métodos são desenvolvidos em duas dimensões, e o último, em três dimensões. O quadro 3.1 apresenta a comparação entre os métodos.

QUADRO 3.1 - Comparação entre os métodos de produção de desenho (SHIH, 1996)

	Arquivos Isolados	Arquivos de referência aplicados	Modelo da construção com aplicação de arquivos de referência
Preparação prévia do desenho	Nenhuma	Estabelecer os arquivos de referência	Construir o modelo da construção e os arquivos de referência
Método de produção de plantas, cortes e elevações	Individual	Desenho e aplicação dos arquivos de referência	Construir modelo 3D e aplicar arquivos de referência
Consistência das plantas	Pouco consistente	Pouco consistente	Altamente consistente
Correções	Corrigir todos os desenhos alterados individualmente	Corrigir todos os desenhos alterados individualmente	Corrigir o modelo
Gerenciamento de arquivos	Gerenciamento de arquivos individuais	Gerenciamento de arquivos individuais e arquivos de referência	Gerenciamento de arquivos individuais e arquivos de referência
Avaliações e análises	Pouca possibilidade	Pouca possibilidade	Alta possibilidade
Eficiência na produtividade de desenhos	Baixa	Média	Alta
Proporção de dados repetidos	Alta	Média	Baixa
Tamanho dos arquivos (arquivos de referência não incluídos)	Grande	Pequeno	Grande
Principal trabalho envolvido	Desenho	Desenho e gerenciamento	Construção do modelo e gerenciamento

Além disso, a edificação pode ser representada através de uma única fonte, ou de múltiplas fontes (SHIH, 1996). A representação da edificação através de uma única fonte significa que os dados registrados nos desenhos são originados de um único banco de dados digital, conforme a Fig. 3.1.

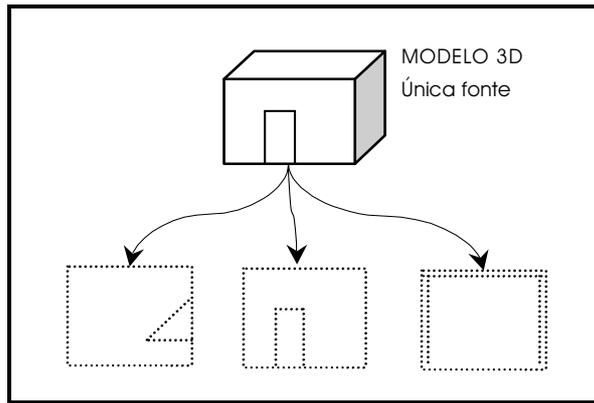


FIGURA 3.1 - Representação da edificação através de uma única fonte (SHIH, 1996)

Já a representação realizada através de múltiplas fontes (Fig. 3.2) significa que não existe um modelo da edificação, e que esta geralmente está registrada e armazenada em arquivos separados, como se armazenassem os desenhos em folhas diferentes. Segundo SHIH (1996), a adoção de múltiplas fontes é uma prática corriqueira na maioria dos escritórios de arquitetura.

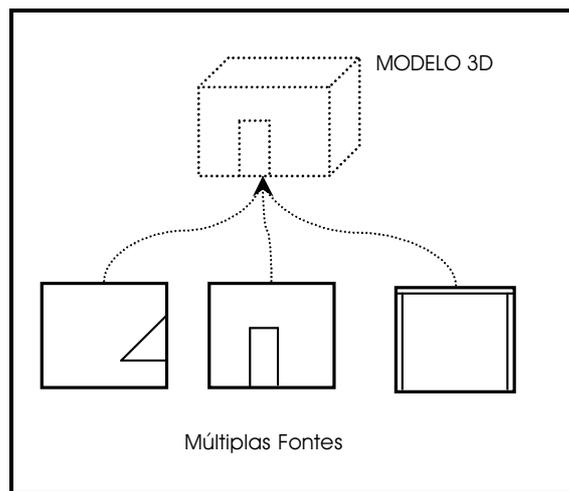


FIGURA 3.2 - Representação da edificação através de múltiplas fontes (SHIH, 1996)

O mesmo autor afirma que o modelo de produção de desenhos pode ser representado através de um banco de dados e uma interface de entrada (*input*) e outra de saída (*output*), conforme é mostrado na Fig. 3.3.

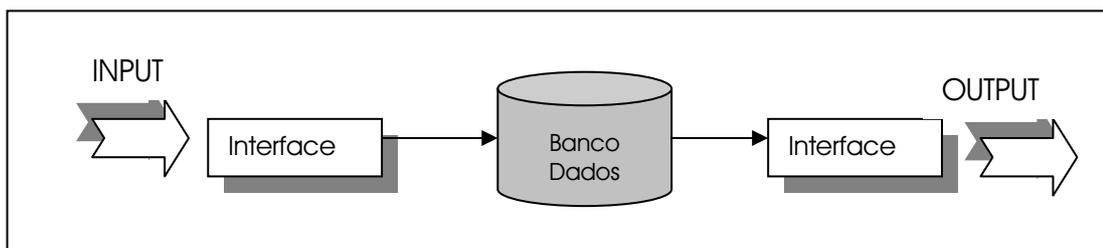


FIGURA 3.3 - Banco de dados e suas interfaces de entrada e saída (SHIH, 1996)

O autor considera a interface de entrada como o método de produção de desenhos utilizado para inserir ou atualizar os dados entre os usuários e os sistemas. Já a interface de saída, produz desenhos como plantas, cortes, elevações e detalhes.

Podem ocorrer duas situações com relação às interfaces. A primeira situação ocorre quando a interface de entrada é igual à interface de saída. Isto significa que os desenhos produzidos no computador são considerados produto final (as plantas), sem a necessidade de reconfiguração, conforme é mostrado na Fig. 3.4.

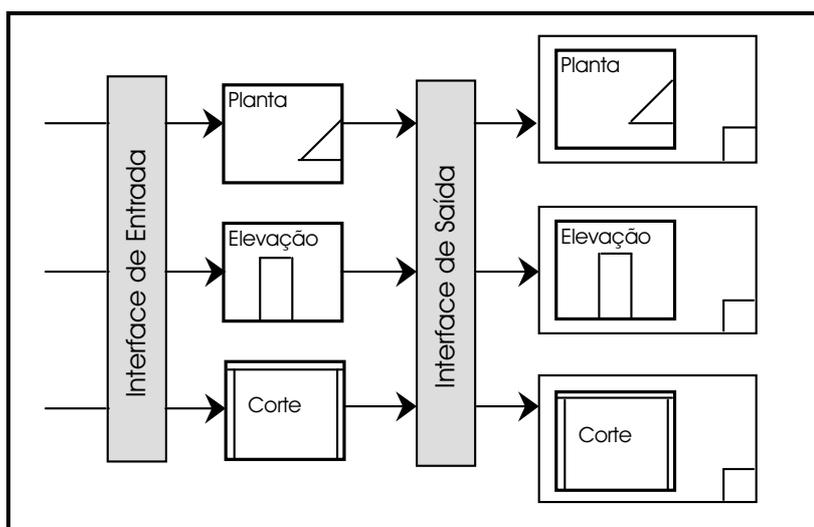


FIGURA 3.4 - Representação da edificação através de arquivos isolados (SHIH, 1996)

Esta situação é característica dos métodos de produção de desenho em duas dimensões (arquivos isolados e arquivos de referência), sendo comumente chamado de desenho (*drafting*). Nesta abordagem, a edificação é decomposta em vários arquivos diferentes (plantas, cortes, elevações, detalhes) e a inter-relação e referenciamento destes desenhos são feitos, em geral, manualmente. Com isso, para obter a informação de toda a edificação, é necessário recompor todos os desenhos. Segundo SHIH (1996), como os desenhos encontram-se em arquivos separados, quando existe a necessidade de alteração, esta atividade tem que ser feita individualmente em vários arquivos. Conseqüentemente, enganos e omissões podem ocorrer, gerando assim, inconsistências entre as plantas. O mesmo autor relata que é muito comum ocorrer a não correspondência entre plantas e elevações modificadas. De modo a obter maior consistência entre os desenhos, é necessária a criação de controles gerenciais para identificação de erros. Além disso, este método não oferece muitas possibilidades de análise, sendo que as mais utilizadas são a quantificação da área quadrada e extração de quantitativos. Nenhum dado volumétrico pode ser obtido neste método.

A segunda situação (interface de entrada diferente da interface de saída) é característica do método de produção de desenhos em três dimensões, que oferece uma descrição mais completa da edificação. Quando existe a necessidade de produção de desenhos em duas dimensões, o modelo é seccionado ou projetado (SHIH, 1996), conforme mostra a Fig. 3.5. Isto é, o modelo tem que ser manipulado para produzir as plantas desejadas. Além disso, a interação entre o modelo e os desenhos pode ser feita através de *links*. Assim, as alterações realizadas no modelo podem ser mostradas nas elevações, cortes e perspectivas.

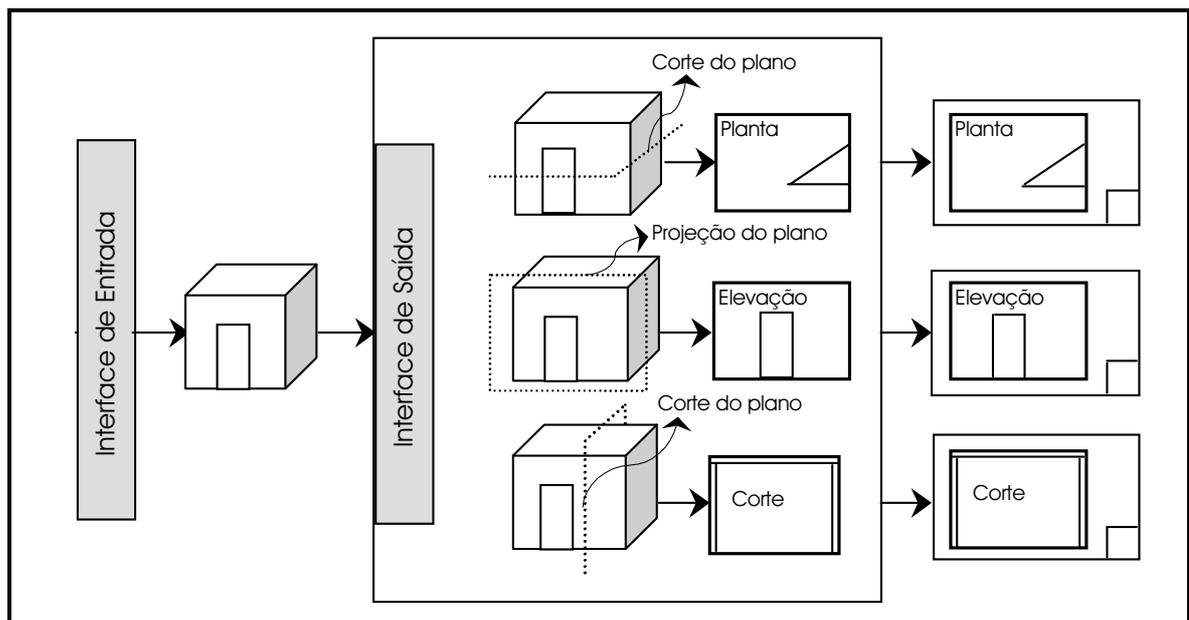


FIGURA 3.5 - Representação da edificação através do modelo 3D (SHIH, 1996)

Entretanto, a adoção deste modelo apresenta algumas desvantagens. Uma delas é o tamanho dos arquivos que, em geral, são muito pesados. Além disso, qualquer alteração realizada envolve o recálculo de todo o conjunto de plantas, cortes e elevações, levando, geralmente, um longo tempo. Segundo SHIH (1996), para se conseguir um aumento de produtividade existe a necessidade de grande investimento quanto à capacidade dos computadores. Além disso, segundo o mesmo autor, estas desvantagens podem ser minimizadas através da simplificação da complexidade dos detalhes do objeto no banco de dados, através da escala ou arquivos de referência. Isto é, pode-se desenhar somente os contornos do componente da construção, em escala simplificada, e indexá-lo em outro lugar da planta com os detalhes em escala maior. Os detalhes podem ser buscados a partir do banco de dados.

LAWSON (1998) também argumenta que existem inúmeros casos que exemplificam a dificuldade de obtenção de modelos em três dimensões. Um deles é a representação das portas, que em planta baixa é desenhada aberta e com a indicação de abertura. Entretanto, nas elevações e detalhes, estas são, invariavelmente, representadas fechadas. Para o autor, esta e muitas outras convenções determinam o que

o projetista irá demonstrar, dependendo do elemento a ser representado e da sua forma de representação (planta, corte, elevação ou três dimensões). LAWSON (1998) sugere que, de modo a desenhar os elementos da edificação apropriadamente, o computador deve ser capaz de distinguir a diferença entre elementos. Paredes, portas, janelas, escadas, entre outros, devem possuir um conjunto de regras especiais de representação e inter-relação. Isto é, o computador deve entender, por exemplo, que a porta está vinculada à parede, e quando esta for movida, a porta sofrerá o mesmo movimento. Entretanto, isto ainda não é possível nos sistemas auxiliados por computador existentes no mercado. Além disso, o autor salienta que não foi possível, ainda, o desenvolvimento de padrões de elementos da construção necessários para o desenvolvimento deste sistema.

Segundo ZABELLE et al. (1999), a utilização desta tecnologia requer um "re-pensar" nas práticas de projeto correntes. Para esse autor, tais mudanças consistem: (a) na organização baseada em grupos de tecnologia (fundações, alvenaria, instalações, etc) em que cada um destes times possui o conhecimento adequado do projeto, engenharia, fabricação, logística e montagem de cada um dos seus sistemas; (b) no compartilhamento da geometria pelos especialistas para integrar e testar componentes, bem como verificar incompatibilidades entre os vários sistemas.

Muito mais do que uma sofisticada forma de representação do projeto, a modelagem em 3D passa a ser uma ferramenta de simulação do produto, auxiliando à tomada de decisão.

Embora os métodos em duas dimensões apresentem ineficiências e inconsistências de dados, ainda são utilizados pela maioria dos usuários (SHIH, 1996). Verifica-se que o método do modelo da edificação enfoca uma abordagem diferente em relação aos métodos tradicionais por apresentar uma alta credibilidade, embora baixa velocidade computacional. Para SHIH (1996), o tempo requerido para alterações nos modelos tri-dimensionais ainda pode ser menor que o tempo gasto nas alterações de arquivos separados. Segundo o mesmo autor "os usuários estão mais preocupados em acessar diretamente os arquivos individuais e corrigi-los manualmente do que esperar que as correções sejam feitas automaticamente pelo computador".

3.2.6 A sub-utilização dos sistemas CAD

Conforme foi discutido no Capítulo 1, os sistemas CAD, em geral, são subutilizados na indústria da construção (BHAVNANI et al., 1996) devido a diversos fatores tais como: treinamento ineficiente, resistência ao uso de três dimensões, falta de padronização das informações e falta de interoperabilidade entre aplicativos. A reunião destes fatores indica que o processo de projeto não foi substancialmente alterado, fazendo com que os ganhos de qualidade e produtividade com a informatização sejam relativamente modestos.

- **Treinamento ineficiente**

Segundo CHOI E IBBS (1990), a falta de motivação dos usuários para o aprendizado e a contínua melhoria das habilidades referentes à informatização são os maiores desafios da gerência. Isto se deve ao fato de que as pessoas, em geral, sentem-se satisfeitas com aquilo que lhes é familiar e são relutantes em investir tempo no aprendizado, mesmo quando a nova tecnologia é mais rápida, mais amigável e mais produtiva. Segundo BHAVNANI et al. (1996), muitos usuários não se sentem motivados a explorar sistemas computacionais. Pelo contrário, estão mais interessados em ver o trabalho pronto utilizando rotinas familiares, mesmo que ineficientes.

Um outro fator importante relacionado ao treinamento é que este acontece, em geral, apenas uma vez, no início do aprendizado (BHAVNANI et al., 1996). Entretanto, o treinamento periódico é essencial à medida que a evolução dos sistemas CAD torna-se cada vez mais rápida. Segundo BHAVNANI et al. (1996), apesar dos sistemas CAD oferecerem um grande número de comandos, os usuários limitam-se a usar um número restrito destes. Numa pesquisa desenvolvida por esses mesmos autores, constatou-se também que a maioria dos novos comandos aprendidos após o treinamento deu-se através de conversas informais e observação de outros usuários.

Além disso, o ineficiente treinamento resulta em baixa produtividade de trabalho. Para BHAVNANI et al. (1996), as razões para o baixo desempenho são: os usuários não costumam ler os manuais, não utilizam o comando de ajuda (*help*) e não modificam suas rotinas de trabalho adequadamente. Segundo esses autores, no primeiro ano de implementação dos sistemas CAD, a produtividade aumenta cerca de 5%. Ganhos mais significativos de produtividade, na ordem de 25%, só ocorrem, via de regra, após cinco anos de trabalho.

- **Resistência do uso de 3D**

Segundo COLES (1994), embora o processo de projeto em duas dimensões seja mais fácil, este aumenta a possibilidade de ocorrência de enganos. Por isso, projetar em três dimensões (3D) é mais difícil, pois diversas partes do projeto devem ser consideradas simultaneamente. O uso de 3D tende a reduzir os enganos e também as barreiras de representação entre projeto e construção.

ZABELLE E FISCHER (1999) acrescentam que a modelagem em três dimensões auxilia a equipe de projeto a identificar problemas de construtibilidade, melhora a comunicação entre os fornecedores, reduz a parcela de retrabalhos e, finalmente, elimina atividades que não agregam valor ao produto. Segundo os mesmos autores, embora a modelagem em 3D seja comumente utilizada em outros setores industriais, esta ainda é pouco utilizada no setor da construção civil.

- **Falta de padrões e interoperabilidade entre os aplicativos dos sistemas CAD**

A falta de padrões foi apontada por CHOI E IBBS (1990) como sendo um dos maiores impedimentos para a maior e mais rápida adaptação do avanço da tecnologia. Segundo esses autores, a indústria reconhece a necessidade de estabelecer padrões na transferência de dados, padrões de desenho em CAD (como nomenclatura de arquivos e *layers*), padrões de mídia e código de produtos. Entretanto, os esforços da indústria para padronização (com exceção da transferência de dados) são relativamente difíceis de serem implementados, devido ao conflito de interesses, variado nível de detalhes requeridos para diferentes tipos de projetos, em diferentes etapas do processo, e outros interesses legais. Além disso, a alta possibilidade de customização que os sistemas CAD oferecem também incentiva a criação de padrões diversos, o que tende a gerar muitos retrabalhos.

A falta de interoperabilidade é um outro fator responsável pela baixa produtividade e sub utilização dos sistemas CAD. Segundo BARTZ (1995), os aplicativos têm sido desenvolvidos separadamente utilizando diferentes métodos para atender às necessidades de diferentes profissionais, resultando assim em incompatibilidades. O mesmo autor relata que é estimado que mais de 20% do custo de um projeto de edificações é perdido nas ineficiências causadas pela inabilidade de compartilhar informações.

A reunião e inter-relação dos fatores acima citados são evidências que demonstram que os sistemas CAD, em geral, estão sendo utilizados como prancheta eletrônica (CHOI E IBBS, 1990; FERREIRA, 1996; CROSS, 1999), isto é, para a simples automatização das atividades de desenho isoladas (NUNES, 1997; AOUAD et al., 1998).

3.3 As tendências do uso das TIs no processo de projeto

O final do século XX tem sido marcado pela crescente evolução da tecnologia, principalmente no que se refere à eletrônica, computação e telecomunicações. Algumas destas tecnologias já estão sendo amplamente utilizadas, enquanto outras estão em fase de desenvolvimento. A rapidez com que novas tecnologias emergem não é muitas vezes acompanhada pela rapidez da sua assimilação pelos usuários. Particularmente, na indústria da construção, existe uma dificuldade adicional de introdução de inovação, em função do caráter conservador do setor.

A estimativa de prazos para implementação destas novas tecnologias é difícil de ser prevista. Entretanto, existe a necessidade de analisar constantemente as prováveis mudanças que vão ocorrer na tecnologia da informação de forma a criar condições para que as empresas se adaptem às inovações. Nos

itens seguintes são discutidas algumas tendências de mudança classificadas em duas categorias: curto e longo prazo.

3.3.1 Estimativa de implementação das TIs em curto prazo.

As inovações que serão implementadas em curto prazo tendem a ser aquelas que já estão sendo disponibilizadas no mercado por empresas líderes na utilização da tecnologia da informação. Como exemplos tem-se o *software* AutoCAD 2000i da empresa Autodesk, as *extranets* e a realidade virtual.

3.3.1.1 AutoCAD 2000i

O AutoCAD 2000i é um *software* voltado para *internet*. Este integra ferramentas de desenho, características dos sistemas CAD, com a tecnologia da *internet*. Através do conceito IDESIGN, esta empresa começa a oferecer novos produtos configurados para permitir melhor competitividade, otimizar o processo de projeto através da tecnologia da *internet* e simplificar a colaboração entre diversas empresas e profissionais participantes de um projeto (CADs BULLETIN, 2000).

O AutoCAD r14 já possuía diversas funcionalidades *internet*, como acesso direto ao *browse*, *hyperlinks* em objetos e melhorias no formato DWF, que é um formato específico para *internet*. Entretanto, a nova versão permite gravar e abrir projetos diretamente na *internet*, publicá-los em um *site* pessoal, da empresa ou escritório, enviá-los por *e-mail*, entre outros (GRAPHO NEW, 2000).

Verifica-se que esta nova tecnologia da informação deve dar início a implementação do gerenciamento de projetos através da tecnologia da *internet*. As empresas construtoras, por exemplo, através desta tecnologia, podem disponibilizar uma página na *internet* para que os projetistas envolvidos armazenem e visualizem os vários projetos em andamento. O gerenciamento do processo de projeto fica facilitado, já que as informações trocadas via *e-mail* e versões de arquivos, passam a ser documentados. Assim, a informação começa a ser armazenada em um único local, onde todos os envolvidos podem ter acesso as informações.

Embora o AutoCAD 2000i signifique um avanço no gerenciamento do processo de projeto, ressalta-se que esta tecnologia não vem resolver todos os problemas do processo de projeto informatizado, como por exemplo falta de interoperabilidade, falta de padronização dos desenhos em CAD. Entretanto, encaminha os usuários para que a mudança de paradigma seja iniciada.

3.3.1.2 Extranets

As *extranets* (*project extranets* ou *project specific web sites*) são empresas que prestam serviço de apoio ao gerenciamento de empreendimentos desenvolvidos através da tecnologia da *internet*. Estas começaram a ser desenvolvidas nos Estados Unidos em meados da década de 90. O intuito das *extranets* é promover uma contínua colaboração entre os times de projeto através da integração de *softwares* e melhor acesso e compartilhamento das informações, de modo a melhorar a eficiência do processo de desenvolvimento do produto.

Existem três tipos de *extranets* (SOILBEMAN E CALDAS, 1999): (a) contratação de serviço de um provedor especializado, (b) aquisição de software específico, (c) criação de um sistema próprio, sendo que a maioria das empresas norte-americanas está optando no momento pela contratação de provedor especializado.

Cada *extranet* pode oferecer uma gama de serviços, de acordo com o perfil e grau de complexidade do processo desenvolvido pelo cliente. Empresas cujos processos sejam menos complexos podem utilizar o serviço de *extranet* simplesmente para armazenar e disponibilizar os documentos produzidos durante todo o ciclo de desenvolvimento do produto (como o caso do AutoCAD 2000i). Empresas cujos processos sejam mais complexos podem exigir serviços como o fornecimento uma visão global e integrada do planejamento, estimativas de custos, análises, entre outros. As ferramentas mais comuns encontradas nas *extranets* são (BIDCOM, 2000; BRICSNET, 2000):

- Visualização da obra: pode-se acompanhar a evolução da construção através de fotos disponibilizadas na *Web*;
- Disponibilização de pendências: a falta de informações em documentos, ou falta de análise destes são disponibilizados ao responsável, de modo que este realize as devidas ações corretivas a tempo;
- Status dos empreendimentos: fornece uma listagem completa do estágio de construção de cada obra;
- Rastreabilidade da documentação: uma planilha informa os responsáveis pela realização das tarefas e o momento em que estas devem ser realizadas. Nesta planilha também são documentados os motivos da não realização das tarefas. Assim, é registrado o contexto no qual as decisões foram tomadas.
- Alterações de informações: os projetos e documentos disponibilizados nas *extranets* não podem ser modificados, apenas visualizados. Entretanto, existe o recurso das '*redlines*' que permite que

outros intervenientes do processo incluam comentários, anotações e circunferências para indicar possíveis incompatibilidades, erros ou omissão de informações.

- Arquivamento de e-mails: as mensagens enviadas aos membros dos times são automaticamente registradas como documentos do empreendimento.
- Integração de softwares: permite a integração de sistemas CAD (AutoCAD, IntelliCAD, MiniCAD), Microsoft Office, Microstation e Corel Draw.

Como se percebe, o objetivo principal das *extranets* é fornecer um meio que possa ser utilizado para transmitir e armazenar informações de forma centralizada segura e de fácil acesso (O'BRIEN, 2000). Assim, as *extranets*, devem prover aos membros da equipe de trabalho a mesma informação de uma maneira simples e confiável. Em princípio, esta tecnologia deve melhorar a comunicação entre os intervenientes e, conseqüentemente, melhorar a qualidade dos projetos.

Verifica-se, no entanto, que o desenvolvimento e implementação da primeira geração das *extranets* ainda não trouxe os resultados esperados. Para O'BRIEN (2000), um dos principais motivos foi que as *extranets* não foram desenvolvidas visando a atender tarefas específicas dos indivíduos e, por isso, a dificuldade destes em incorporar o uso desta ferramenta no dia-a-dia.

O'BRIEN (2000) ainda relata uma série de fatores que fizeram com que a implementação da primeira geração de *extranets* não fosse satisfatória. Entre elas pode-se citar:

- Senhas de acesso: o principal problema enfrentado com este recurso é: "*Quais as pessoas que devem ter acesso e quais as que não devem ter acesso a determinadas informações?*" O autor salienta a importância de saber delimitar as fronteiras de "acesso" e "não acesso" das informações de modo que não se tenha uma super ou sub utilização do sistema;
- Pouca possibilidade de customização: as *extranets* ainda não foram desenvolvidas para atender necessidades específicas de cada interveniente. Existe muita variação na forma como as equipes de desenvolvimento do produto desempenham as suas tarefas e nas suas necessidades para comunicação e compartilhamento da informação.
- Existência de inúmeros meios de comunicação: atualmente, são inúmeros os meios de comunicação no PDP: telefone convencional, telefone celular, fax e *e-mail*. As *extranets* são mais um meio. A existência de outros meios de comunicação, mais fáceis de serem utilizados, pode ser um fator de resistência ao uso dessa tecnologia. Além disso, devido ao fato das *extranets* possuírem fronteiras de acesso, nem todas as informações trocadas podem ser capturadas por estas.

Verifica-se, portanto, que embora a lógica da *extranet* seja a de tornar a comunicação mais eficiente entre os intervenientes do PDP, muitos passos ainda precisam ser percorridos no sentido de obter a sua eficiente utilização.

3.3.1.3 Realidade virtual (RV)

Realidade Virtual⁷ é considerada uma interface computacional em três dimensões que permite aos usuários interagirem em ambientes simulados (RHEINGOLD, 1992 apud OLIVEIRA, 1998). Embora a realidade virtual também seja baseada em três dimensões, ela requer ainda três componentes básicos: deve ser inclusiva, interativa e acontecer em tempo real. Em outras palavras, o usuário da RV torna-se parte do mundo virtual, interagindo e modificando-o em tempo real (AOUAD, 1998).

Esta interação pode ocorrer através de várias formas e com o uso de diversos dispositivos de *hardwares*. Segundo OLIVEIRA (1998), de acordo com o dispositivo utilizado, pode-se ter diferentes níveis de interação no ambiente virtual. Alguns tipos de interações em RV são apresentados:

- RV Interativa: o usuário visualiza o mundo virtual na tela do computador e interage com este através de dispositivos convencionais como *mouse* e teclados. A RV interativa é a mais popularmente conhecida e aplicada nos setores industriais, comerciais e também acadêmicos.
- RV Imersiva: os usuários são inseridos no mundo virtual e interagem com este através dos seus próprios movimentos captados através de alguns dispositivos de *hardware* aplicados em luvas ou coletes. Esta interação é mais sensível na medida que os usuários utilizam a visualização, tato e audição.
- RV em rede (Networked RV): dois ou mais usuários podem observar e interagir no mesmo mundo virtual. Existem duas formas de interação neste tipo de RV: (a) os usuários interagem com o mundo virtual a partir de diferentes computadores conectados por uma rede; (b) o mundo virtual é representado em apenas um computador e é compartilhado por todos os usuários.

As áreas mais comuns de aplicação da RV são: indústria automobilística, indústria aeroespacial (em simulação de vôos), no exército (em treinamentos militares), medicina e também na indústria da construção (AOUAD, 1998).

No caso específico da indústria da construção, verifica-se que a simples aplicação de sistemas de RV, sem a integração com outros aplicativos, beneficia apenas um dos inúmeros aspectos que a RV pode

⁷ Os primeiros estudos realizados em RV datam do início dos anos 60. Entretanto, até o final da década de 80 as agências secretas militares e governamentais não divulgavam suas descobertas nesta área (LARIJANI, 1994, apud OLIVEIRA, 1998).

proporcionar: a visualização do projeto. Entretanto, esta tecnologia pode se tornar uma ferramenta poderosa se for integrada com outros aplicativos da construção. Interagindo RV com um banco de dados central, por exemplo, possibilita o acesso e manipulação de todas as informações do projeto (FARAJ, 1996). Isto é, a maquete eletrônica passa a ser "inteligente" e não apenas um desenho gerado para atender as necessidades dos setores de marketing e vendas. Por exemplo, em alguns modelos de RV, é possível clicar num determinado elemento e também obter automaticamente dados sobre materiais, custos, quantitativos, planejamento de execução entre outros.

Outra vantagem desta ferramenta é que esta pode ser utilizada em quase todas as fases de desenvolvimento do projeto (FARAJ, 1996). Por exemplo, na fase de viabilidade, RV pode ser usada para avaliar o impacto da edificação no seu entorno. Um vôo panorâmico permite uma análise mais detalhada em relação a ocupação do solo, orientação solar, entre outros elementos. Nas fases de projeto, podem ser realizadas simulações quanto a iluminação natural e força dos ventos. Na fase de construção, permite que projetistas e especialistas em execução e planejamento visualizem a construção em 3D, analisando a exequibilidade das soluções adotadas, a eficiência do planejamento das atividades, a segurança e a simulação da movimentação de operários e materiais no canteiro de obras (FARAJ, 1996). Enfim, RV é uma ferramenta que auxilia na validação do produto.

3.3.2 Estimativa de implementação das TIs em longo prazo

As expectativas de implementação das TIs em curto prazo estão relacionadas à utilização de *softwares* ou serviços de provedor destinados ao gerenciamento do processo de desenvolvimento do produto. Entretanto, verifica-se que mudanças de paradigma, relativas à maneira de projetar devem acontecer em longo prazo, como é discutido a seguir.

3.3.2.1 Padrões de modelagem do produto

Os padrões de modelagem do produto vêm de certa forma, tentar resolver os problemas levantados por LAWSON (1998) quanto à representação e inter-relação dos elementos da construção.

Após a introdução dos aplicativos para dar suporte aos processos de projeto, produção e manutenção, constatou-se que a troca de informações entre diferentes aplicativos geralmente não tem sido eficaz (THORPE et al., 1994). Na maioria das indústrias, incluindo o setor da construção, vários *softwares* têm sido desenvolvidos de forma relativamente isolada para atender as diferentes necessidades dos profissionais envolvidos (BARTZ, 1995). Consequentemente, as linguagens e sistemas vêm se tornando cada vez mais heterogêneas, fazendo com que exista a necessidade de desenvolver padrões de comunicação de modo a possibilitar o compartilhamento de informações entre diferentes sistemas

(DECELLE et al., 1997). Segundo THORPE et al. (1994), a perda de eficiência decorrente desta situação gerou a necessidade de desenvolvimento de uma descrição do modelo do produto que permita o compartilhamento das informações entre diferentes aplicativos.

Na realidade, esta preocupação teve início nos anos 70, quando foram desenvolvidos modelos para compartilhamento de formas geométricas (IGES- *Initial Graphics Exchange Specification*). Entretanto, estes sistemas centrados na integração pela geometria não se apresentavam flexíveis e eficientes. Desde então, a modelagem geométrica evoluiu para a modelagem do produto (*product model*), na qual o modelo do produto é descrito de uma maneira semântica (LUITEN E TOLMAN, 1997).

TOLMAN (1999) define o modelo do produto como um "modelo de informação que implicitamente contém dados relativos à forma, função e comportamento do produto e é capaz de descrevê-lo ao longo do seu ciclo de vida". Isto é, o modelo do produto também contém informações não gráficas, como propriedades, topografia, materiais, comportamento, entre outros. A informação geométrica não é mais o aspecto principal, mas apenas uma das propriedades. Segundo o mesmo autor, existem duas possibilidades no desenvolvimento de padrões para modelagem do produto: (a) a continuidade do desenvolvimento da ISO 10.303 - STEP (*Standard for exchange of product data*); (b) o trabalho da Aliança Industrial para Interoperabilidade (*Industry Alliance for Interoperability*).

O desenvolvimento da ISO 10.303 (DECELLE et al., 1997) teve seu início em 1984 e foi construído sob as especificações do PDES (*Product Data Specification*). Segundo THORPE et al. (1994), o PDES visava aos seguintes objetivos: (a) estabelecer quais informações constituem uma completa definição do produto interpretável via computador; (b) obter aceitação da definição das informações num padrão de especificação; e (c) acelerar a implementação de tecnologias pertinentes ao envio e interpretação da definição do produto em ambientes computacionais heterogêneos (WILSON, 1987 apud THORPE et al., 1994). Como os projetos PDES e STEP possuíam objetivos semelhantes, o primeiro passou a dar suporte ao desenvolvimento e implementação do padrão STEP. O principal objetivo da ISO 10.303 é, portanto "o desenvolvimento e promoção de meios neutros (independente do sistema operacional utilizado ou plataforma de *hardware*) para troca de informações entre aplicativos de *software*" (DEBRAS et al., 1998).

O padrão STEP possui vários protocolos de aplicação (PA). Estes protocolos estão relacionados aos vários tipos de indústrias em que se podem aplicar estes padrões, como, por exemplo, indústria automotiva, aeroespacial, construção, entre outras (LUITEN et al., 1997). Alguns protocolos de aplicação relacionados à construção são: PA 225 (elementos estruturais), PA 228 (instalações), PA 231 (planejamento do processo de projeto).

Segundo DEBRAS et al. (1998), um dos principais resultados do projeto STEP foi a modelagem da linguagem EXPRESS (ISO 10.303-11), que permite a descrição não ambígua da informação através da

abordagem orientada a objetos. Esta abordagem significa que, ao invés de usar simplesmente linhas, arcos, círculos e textos no desenho, existem objetos representando vigas, portas, paredes, entre outros.

A expressão "baseado (ou orientado) a objetos", segundo (RAUMBART, 1997), significa que as informações são organizadas como uma coleção de objetos separados que incorporam tanto a estrutura quanto o comportamento dos dados. A estes objetos são atribuídas características como: encapsulamento, abstração, herança e polimorfismo (AOUAD, 1996). O **encapsulamento** permite que ao objeto sejam fixadas propriedades (dados) e ações (operações). A **abstração** permite ao profissional abstrair diferentes informações de acordo com as suas necessidades - por exemplo; a informação sobre uma viga pode ser abstraída em termos de propriedades, material e forma. A **herança** é o compartilhamento de atributos e operações entre classes com base num relacionamento hierárquico. Uma classe pode ser definida de uma forma mais abrangente e suas sub-classes de uma forma mais específica. Cada sub-classe herda todas as propriedades de sua superclasse e acrescenta suas próprias características. Por exemplo, vigas de concreto e vigas metálicas podem ser sub classes do objeto viga. **Polimorfismo** significa que a mesma operação pode ser realizada em diferentes classes, como por exemplo, o cálculo do volume de concreto pode ser realizado em diferentes classes de viga como, viga retangular, viga "T", etc.

Com a linguagem orientada a objeto, a descrição dos desenhos é feita de forma mais eficiente, visto que se podem gerar automaticamente quantitativos, legendas, relatórios ou recuperar informações no banco de dados (HEROLD, 1997). Isto traz grandes benefícios em termos de eficiência de processamento. No caso da indústria da construção, esta tecnologia tem o potencial de reduzir a perda de informações a cada transferência durante o processo de projeto.

Por outro lado, a Aliança Industrial para Interoperabilidade (*Industry Alliance for Interoperability - IAI*) foi criada em 1995 e é formada por empresas líderes no setor de manufatura, escritórios de projeto, construtoras, incorporadoras e indústrias de *softwares* para arquitetura, engenharia e construção, entre as quais a AutoDesk. O objetivo desta associação é o desenvolvimento de uma linguagem comum: Classes Fundamentais para a Indústria - FCI (*Industry Foundation Classes*), a fim de estabelecer objetos comuns para a construção melhorando o compartilhamento de informações durante todos os estágios do ciclo de desenvolvimento do produto (BARTZ, 1995). A FCI (FARAJ et al.; 1998; WIX E LIEBICH, 1998) também está sendo construída baseada na linguagem orientada a objeto.

Apesar dos padrões STEP e FCI serem os esforços mais significativos na busca de uma linguagem comum entre aplicativos, existem muitas críticas em relação a estes. TOLMAN (1999) aponta limitações técnicas em ambos padrões, insinuando que estes ainda não são o caminho para solução dos problemas da integração na indústria da construção. Além disso, esse autor aponta que a solução possa vir de duas outras alternativas: (a) a manutenção da idéia dos padrões, mas com o auxílio de organizações

mais poderosas (G7, por exemplo); (b) abandona-se a idéia de padrões e procura-se a resolução do problema através de serviços de provedores.

3.3.2.2 Integração - Aplicação prática das TIs no processo de projeto

O processo desenvolvimento do produto é caracterizado pela existência de inúmeros profissionais que trabalham simultaneamente em diferentes lugares, utilizando diferentes tecnologias. Segundo REZGUI et al. (1996), várias abordagens estão sendo utilizadas para integrar as informações no processo de projeto na indústria da construção, entre as quais destacam-se as seguintes:

- integração pela geometria (é o caso da maioria dos sistemas CAD);
- comunicação entre aplicativos (alcançado através de *softwares* específicos);
- banco de dados múltiplos e integração através de um banco de dados central de projeto, abrangendo todas as informações relativas ao projeto de acordo com um modelo comum.

A maioria dos estudos que buscam a integração de *softwares* como, por exemplo, OSCON (FARAJ et al., 1998), OSCONCAD (FARHI et al., 1998) e COMBINE (AUGENBROE et al., 1995), podem ser incluídos nesta última categoria. Estes estudos utilizam a abordagem dos padrões de modelagem do produto como ISO STEP ou FCI.

A integração é definida por AOUAD (1996), como sendo "a habilidade de compartilhar informações ou um sub conjunto de informações entre diferentes intervenientes ou disciplinas utilizando um modelo comum desenvolvido através de uma estrutura lógica e confiável". O mesmo autor afirma que um banco de dados integrado pode ser visto como um "*sistema central de armazenagem utilizado para depositar os dados e processos requeridos pelas várias disciplinas que interagem durante todo o ciclo de vida do empreendimento*". Isto indica que informações como requisitos dos clientes, especificações de projeto, estimativa de custos, planejamento da obra, entre outras, podem ser armazenados no banco de dados e ser acessado pelos demais intervenientes. AOUAD (1996) salienta que os bancos de dados integrados (BDI) devem ser utilizados como fonte de informações e não mais os desenhos, sendo que estes passam a ser apenas uma das formas possíveis de representação da informação.

A indústria da manufatura foi a primeira a desenvolver a integração de seus processos através de banco de dados integrados. Na indústria da construção, a integração começou a ser desenvolvida na década de 90, principalmente no meio acadêmico, sendo que várias universidades vêm desenvolvendo projetos utilizando esta tecnologia. Dois dos principais estudos OSCON e COMBINE, desenvolvidos na década de 90, são brevemente apresentados no quadro 3.2. Optou-se por apresentar estes projetos pois

eles representam estratégias de desenvolvimento bastante diferenciadas, de modo a demonstrar o potencial das tecnologias da informação aplicadas no desenvolvimento de produtos.

QUADRO 3.2 - Aplicação prática das TIs na indústria da construção na década de noventa

	OSCON - Open Systems for Construction	COMBINE - Computer Models for the Building Industry in Europe
Início do desenvolvimento e promotores	1995 - Universidade de Salford - Inglaterra.	1990 - Projeto internacional: possui 11 parceiros de 7 países. Foi fundado no projeto JOULE (Programa do Uso de Energia Racional na Europa).
Objetivos principais	Demonstrar ao setor da construção os benefícios obtidos com a utilização de banco de dados integrados. OSCON foi construído sobre os conhecimentos adquiridos no desenvolvimento do projeto ICON.	Desenvolvimento de um sistema de projeto de edificações integrado e inteligente através do qual a energia e outras características de desempenho de uma edificação podem ser analisadas. Isto irá permitir que o desenvolvimento de projeto seja mais eficiente principalmente do ponto de vista da conservação de energia, aquecimento e ventilação.
Aplicativos integrados	CAD 2D e 3D, Planejamento (<i>MS project</i>), Estimativa de custos (planilhas Excel).	Estimativa de custos, projeto de iluminação, simulação de conforto térmico, ventilação e de energia.

OSCON é um projeto desenvolvido no meio acadêmico e que enfoca os aspectos gerenciais do processo de desenvolvimento do produto. Busca-se integrar softwares de desenho (CAD), estimativa de custos e planejamento, possibilitando a análise e avaliação da empresa em relação aos projetos produzidos, principalmente quanto aos custos e planejamento da produção.

COMBINE, por sua vez, diferencia-se de outros projetos principalmente por ter o apoio e incentivo governamental e por possibilitar a integração de um número maior de aplicativos. Este projeto está voltado para o desenvolvimento de projetos mais eficientes em termos de conservação de energia, aquecimento e ventilação da edificação. Entretanto, os resultados estão voltados não só para a redução do consumo de energia, mas também para aspectos de desempenho de conforto térmico que afetam o cliente final.

3.4 Considerações finais

Inicialmente, este capítulo procurou mostrar como o processo de projeto tem evoluído ao longo da história. Como conclusão, constata-se que este não sofreu mudanças significativas até a introdução dos sistemas CAD.

Entretanto, o final do século XX trouxe grandes avanços na evolução das formas de representação do projeto, através da introdução das tecnologias da informação. Embora estas tecnologias já estejam difundidas, seus benefícios ainda estão aquém do potencial existente. É provável que a plena utilização destes sistemas ocorra naturalmente em longo prazo.

Por último, ressalta-se a importância da melhoria da eficiência dos sistemas auxiliados por computador e das tecnologias da informação no processo de projeto, de modo os profissionais se preparem para a quebra de paradigma.

CAPÍTULO 4

4. MÉTODO DE PESQUISA

4.1 A estratégia de pesquisa adotada

O presente trabalho pode ser caracterizado como um Estudo de Caso, pois busca responder questões contemporâneas do tipo "como" e "porquê", dentro de um contexto no qual o pesquisador tem pouco controle sobre o comportamento dos eventos (YIN, 1994).

Segundo FEAGIN et al. (1991), esta estratégia de pesquisa também se caracteriza por ser uma investigação multifacetada e em profundidade de um fenômeno social, sendo conduzida em detalhe e, com frequência, se baseia no uso de várias fontes de evidências. Neste caso, o fenômeno estudado é a gestão do processo de projeto informatizado. No entanto, quando se adota este tipo de estratégia, não existe uma preocupação com a generalização dos resultados, mas sim com a interpretação e compreensão mais ampla do assunto abordado.

Esta pesquisa ainda pode ser caracterizada como empírica e de caráter descritivo e exploratório. É considerada empírica, pois é desenvolvida em ambiente natural, levando-se em consideração muitas variáveis (FLYNN et al., 1990). É considerada de caráter descritivo porque procura compreender e mostrar como funciona determinado fenômeno, neste caso, o processo de projeto informatizado. Por último, é considerada de caráter exploratório, à medida que busca investigar por quê os sistemas CAD e tecnologias da informação não tiveram um impacto significativo na eficiência do processo de projeto informatizado.

No entanto, ressalta-se que esta pesquisa não corresponde a um estudo de caso tradicional, no qual apenas se observa e analisa o fenômeno estudado. Trata-se de um estudo de caso com intervenção⁸, no qual se tem por objetivo, intervir em relação a problemas e situações na vida social das pessoas. A intervenção está associada ao papel ativo da pesquisadora na proposição e discussão das diretrizes e padrões desenvolvidos junto às empresas construtoras incorporadoras estudadas.

⁸ O termo intervenção neste trabalho está associado à atividade do profissional na busca de solução de problemas.

4.2 Coleta de dados

A coleta de dados é uma etapa importante em estudos de caso. Segundo YIN (1994), existem seis principais fontes de evidência para a coleta de dados: análise documental, análise de arquivos, entrevistas, observação direta, observação participante e análise de artefatos físicos. O autor salienta que cada instrumento de coleta de dados tem as suas potencialidades e deficiências. Além disso, a utilização de apenas um instrumento torna difícil a captação de todas as evidências do estudo. Assim, YIN (1994) sugere a utilização de múltiplas fontes de evidência em estudos de caso.

Neste trabalho foram utilizados três tipos de coleta de dados: análise documental (de projetos e procedimentos para trocas de informações), entrevistas (geralmente com a utilização de um roteiro com perguntas abertas e semi-estruturadas) e observação participante. Quanto a este último tipo de coleta de dados, faz-se necessário tecer alguns comentários adicionais.

Segundo YIN (1994), a observação participante caracteriza-se por ser um modo especial de observação, no qual o pesquisador não age como um mero observador, como acontece na observação direta. Pelo contrário, este assume uma variedade de papéis dentro do estudo de caso e atua como participante nos eventos estudados. Isto é, além de observar criticamente o fenômeno, também participa do mesmo como elemento efetivo do grupo (discutindo, questionando, argumentando vantagens e desvantagens, entre outros).

Sendo assim, a observação participante passa a ser utilizada como um processo no qual a presença do pesquisador em uma situação social é mantida para fins de investigação científica (NETO, 1999). Portanto, o pesquisador passa a fazer parte do contexto que está sendo observado, no qual ele, ao mesmo tempo, modifica e é modificado por este contexto (CICOUREL apud HAGUETTE, 1997).

4.3 A inserção desta pesquisa no Sub Projeto Gestão da Qualidade no Processo de Projeto de Edificações (SGQPPE) NORIE/FINEP

A primeira pesquisa desenvolvida no NORIE na área de gestão do processo do projeto foi a dissertação de GUS (1996), que teve por objetivo desenvolver um método para a concepção de sistemas de gerenciamento de projetos. Esta pesquisa constituiu-se ponto de partida para estudos posteriores na área de gestão da qualidade no processo de projeto.

Em dezembro de 1996, foi iniciado o projeto intitulado "Gestão da Qualidade na Construção Civil: estratégias, recursos humanos e melhorias de processos", envolvendo um grupo de pesquisadores do NORIE/UFRGS, com financiamento do Programa de Tecnologia da Habitação (HABITARE) da FINEP (Financiadora de Estudos e Pesquisas). Dentro deste projeto, existe um sub-projeto denominado "Gestão

da Qualidade no Processo de Projeto". O objetivo geral deste sub-projeto consiste em desenvolver um modelo para a gestão do processo de projeto, assim como um método para sua implementação. Faz parte deste esforço o desenvolvimento de um conjunto de dissertações de mestrado:

(a) A dissertação de TZORTZOPOULOS (1999) foi a primeira a ser concluída, tendo sido desenvolvida no período de outubro de 1996 à setembro de 1998. Esta pesquisa teve por objetivo estabelecer as bases para o desenvolvimento de um modelo de gestão do processo de projeto de edificações, levando em consideração o referencial teórico da nova filosofia de produção.

(b) A segunda dissertação teve início em 1997 e está sendo desenvolvida por Renata Liedtke (TZORTZOPOULOS et al., 1998). Esta pesquisa busca explicitar as interfaces do processo de projeto com outros processos nas empresas construtoras incorporadoras, bem como propor diretrizes para contratação e avaliação de projetistas. A mesma ainda se encontra em fase de desenvolvimento.

(c) Em 1998, a presente pesquisa começou a ser desenvolvida dentro do mesmo projeto. Na mesma época, foi também iniciada a dissertação de Jocelise Jacques (JACQUES, 2000) cujo objetivo consiste em definir os momentos de comunicação entre os intervenientes e o conteúdo técnico de cada etapa de projeto.

O sub-projeto Gestão da Qualidade no Processo de Projeto contou com a participação de três empresas construtoras incorporadoras da Região Metropolitana de Porto Alegre. Na primeira delas (Empresa A) foi desenvolvido um estudo piloto. Nas empresas B e C, foram desenvolvidos os estudos de caso necessários à construção do modelo. O quadro 4.1, a seguir, mostra a cronologia das pesquisas em Gestão da Qualidade do Processo de Projeto realizada pela equipe de pesquisadores do NORIE/UFRGS.

QUADRO 4.1 - Cronologia de pesquisas desenvolvidas no NORIE/UFRGS na área de Gestão da Qualidade no Processo de Projeto

Empresas Participantes	Pesquisas Desenvolvidas	Pesquisador	Período
Empresa "x"	1ª Pesquisa - Dissertação: "Método para a Concepção de Sistemas de Gerenciamento da Etapa de Projetos da Construção Civil: um estudo de caso.	Márcio Gus	1995-1996
Empresa "A"	2ª Pesquisa - Estudo Piloto	Márcio Gus, Patrícia Tzortzopoulos e Elvira Lantelme	1996-1997
Empresas "B" e "C"	2ª Pesquisa - Dissertação: "Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras/incorporadoras de pequeno porte".	Patrícia Tzortzopoulos	1997-1999
Empresas "B" e "C"	3ª Pesquisa – Dissertação: Desenvolvimento e implementação de um Modelo de Gestão do Processo de Projeto em empresas construtoras/incorporadoras para empreendimentos de edifícios residenciais e comerciais.	Renata Liedtke	1997-2000
Empresas "B" e "C"	4ª Pesquisa – Diretrizes e padrões para a produção de desenhos e gestão do fluxo de informações no processo de projeto utilizando recursos computacionais.	Alessandra Brito	1998-2001
Empresas "B" e "C"	5ª Pesquisa – Contribuições para gestão da definição e transmissão de informações técnicas no processo de projeto	Jocelise Jacques	1998-2000

4.4 O método de trabalho adotado do SGQPPE

4.4.1 O Manual da Qualidade do Processo de Projeto do SGQPPE

Os estudos de caso de TZORTZOPOULOS (1999) nas empresas construtoras B e C, tiveram como produto final o desenvolvimento de um Manual da Qualidade do Processo de Projeto. Este manual é subdividido em quatro capítulos:

- Capítulo 1 - Gestão da Qualidade: apresenta a visão geral do manual contendo o sumário, uma apresentação do mesmo no qual são apresentadas as justificativas para sua elaboração, as estruturas dos capítulos do manual e um procedimento para elaboração de documentação. Este procedimento foi desenvolvido seguindo os requisitos da série de normas ISO 9000, com o objetivo de estabelecer diretrizes para padronização das etapas de elaboração, alteração, implementação e controle de documentos da empresa (TZORTZOPOULOS, 1999).

- Capítulo 2 - O processo de projeto: explicita a abordagem da empresa com relação ao processo de projeto e apresenta a descrição dos principais clientes das empresas e as sete etapas definidas para o processo de projeto.
- Capítulo 3 - Procedimentos: é o capítulo mais extenso do manual, tendo sido estruturado de acordo com as sete etapas do processo de projeto.
- Capítulo 4 - Padrões: apresenta alguns padrões de documentos utilizados ao longo de todo o processo, independentemente das etapas ou atividades. Todas as diretrizes e padrões desenvolvidos no presente trabalho encontram-se neste capítulo.

4.4.2 Formato de apresentação dos padrões

A elaboração dos padrões tem a seguinte formatação:

- cabeçalho da folha - contém campos para cada uma das seguintes informações: logotipo da empresa, identificação do assunto a ser tratado, data, código do documento, responsável pela elaboração do padrão, responsável pela modificação do padrão e versão do documento;
- objetivo e usuários do padrão;
- recursos necessários à sua execução e os responsáveis pela disponibilização de cada recurso;
- passos necessários para o desenvolvimento da atividade descrita no padrão. Se necessário, são apresentados fluxogramas;
- produtos gerados da atividade e seus clientes;
- rodapé da folha - o nome do arquivo e número da folha em relação ao número total de folhas.

4.5 Caracterização das empresas construtoras incorporadoras do estudo de caso

Para a realização do estudo de caso, foram escolhidas as empresas B e C e seus respectivos projetistas, visto que estes participaram do referido projeto por quase dois anos. As vantagens obtidas em trabalhar com estas empresas e projetistas podem ser atribuídas, principalmente, à possibilidade de continuidade e evolução dos trabalhos anteriormente realizados.

As empresas construtoras incorporadoras estudadas apresentam características bastante semelhantes. Ambas são de pequeno porte, com foco voltado à construção de prédios residenciais e comerciais. Geralmente desenvolvem incorporações a preço fechado e costumam terceirizar a contratação de projetistas e empreiteiros. Além disso, a atividade de coordenação de projetos é desenvolvida internamente na empresa por seus gerentes de projeto.

A **empresa B** é sediada em Porto Alegre/RS e foi fundada em 1991. Desde a sua fundação, a empresa já construiu e entregou 12 empreendimentos totalizando uma área de aproximadamente 30.500 metros quadrados de obras, sendo que a maioria dos empreendimentos é destinada à classe média alta. Na época da conclusão do presente trabalho (agosto/2000), a empresa possuía sete obras em andamento, sendo que apenas uma encontrava-se em fase final de execução.

A empresa possui três diretores: um do setor diretor jurídico/comercial, um do setor de planejamento e gerenciamento (que também exerce a função de engenheiro de obra) e o último que, além de exercer a função de engenheiro de obras, acumula também a função de gerente de projetos, anteriormente desenvolvida por um arquiteto contratado. A empresa contava no período da avaliação da implementação com um quadro de oito funcionários, sendo duas secretárias, um engenheiro de obra, dois funcionários do setor financeiro-administrativo, um funcionário para serviços gerais e dois estagiários, um para o setor de projetos e outro para o setor financeiro.

A sede da construtora conta atualmente com oito computadores sendo cinco deles Pentium II. Até o mês de março de 2000, estes equipamentos não estavam ligados em rede. A partir desta data foram feitas algumas melhorias e implementado o sistema *Windows NT*.

A **empresa C** foi fundada no ano de 1980 em Canoas/RS, Região Metropolitana de Porto Alegre. A empresa, desde a sua fundação até o final do presente ano, terá concluído 22 empreendimentos, totalizando uma área de aproximadamente 69.750 metros quadrados de obras, destinados principalmente às classes média e baixa.

A empresa contava, na época da avaliação da conclusão do trabalho (julho/2000), com um quadro de 23 funcionários, sendo um diretor, um gerente, uma arquiteta que exerce a função de gerente de projetos, dois engenheiros de obra, um auxiliar de contabilidade, um auxiliar financeiro, uma secretária, três estagiários, um motorista, um funcionário de serviços gerais, um office boy, dois mestres de obras, quatro pedreiros e três serventes. Nesta mesma época havia apenas uma obra em andamento.

4.6 Delineamento da pesquisa

A presente pesquisa foi dividida em duas grandes fases. A primeira fase constituiu-se em uma pesquisa exploratória, realizada entre os meses de julho e novembro de 1998. Na segunda fase foram realizados os estudos de caso propriamente ditos, entre os meses de dezembro de 1998 e julho de 2000. O delineamento da pesquisa está esquematicamente apresentado na Fig. 4.1.

4.6.1 Fase 1: Pesquisa exploratória

A primeira fase da dissertação teve um caráter exploratório, buscando responder questões do tipo "Qual" (Quais são os gargalos existentes no processo de projeto informatizado que impedem que este seja desenvolvido com maior eficiência?) Esta investigação foi realizada através de um diagnóstico referente à utilização dos sistemas CAD em escritórios de projeto de edificações. Esta fase teve dois objetivos principais: (a) investigar o patamar de utilização dos sistemas CAD em escritórios de projeto, (b) estudar e desenvolver ferramentas que introduzissem o uso de 3D no projeto, de modo a melhorar a eficiência do processo de projeto informatizado. A pesquisa exploratória foi composta de quatro etapas, apresentadas a seguir.

a. Revisão bibliográfica

Esta revisão bibliográfica preliminar esteve direcionada principalmente ao estudo da natureza do processo de projeto e sua gestão e a utilização dos sistemas CAD e tecnologias da informação no processo de projeto.

b. Diagnóstico sobre o patamar de utilização dos sistemas CAD

Esta investigação teve com objetivo principal avaliar o patamar de utilização dos sistemas CAD em 16 escritórios de projetos contratados pelas empresas construtoras incorporadoras estudadas. A relação dos profissionais entrevistados é apresentada a seguir no quadro 4.2.

QUADRO 4.2 - Relação dos projetistas entrevistados no diagnóstico "Utilização dos sistemas CAD em escritórios de projeto de edificações"

Projetistas	Empresa B	Empresa C	Total
Arquitetura	1	5	6
Modulação de alvenaria (arquiteto)	1	–	1
Estruturas	4	2	6
Sistemas Prediais (Elétrico e Telefônico)	–	1	1
Sistemas Prediais (Hidráulico, Elétrico e Telefônico)	1	1	2
Total	7	9	16

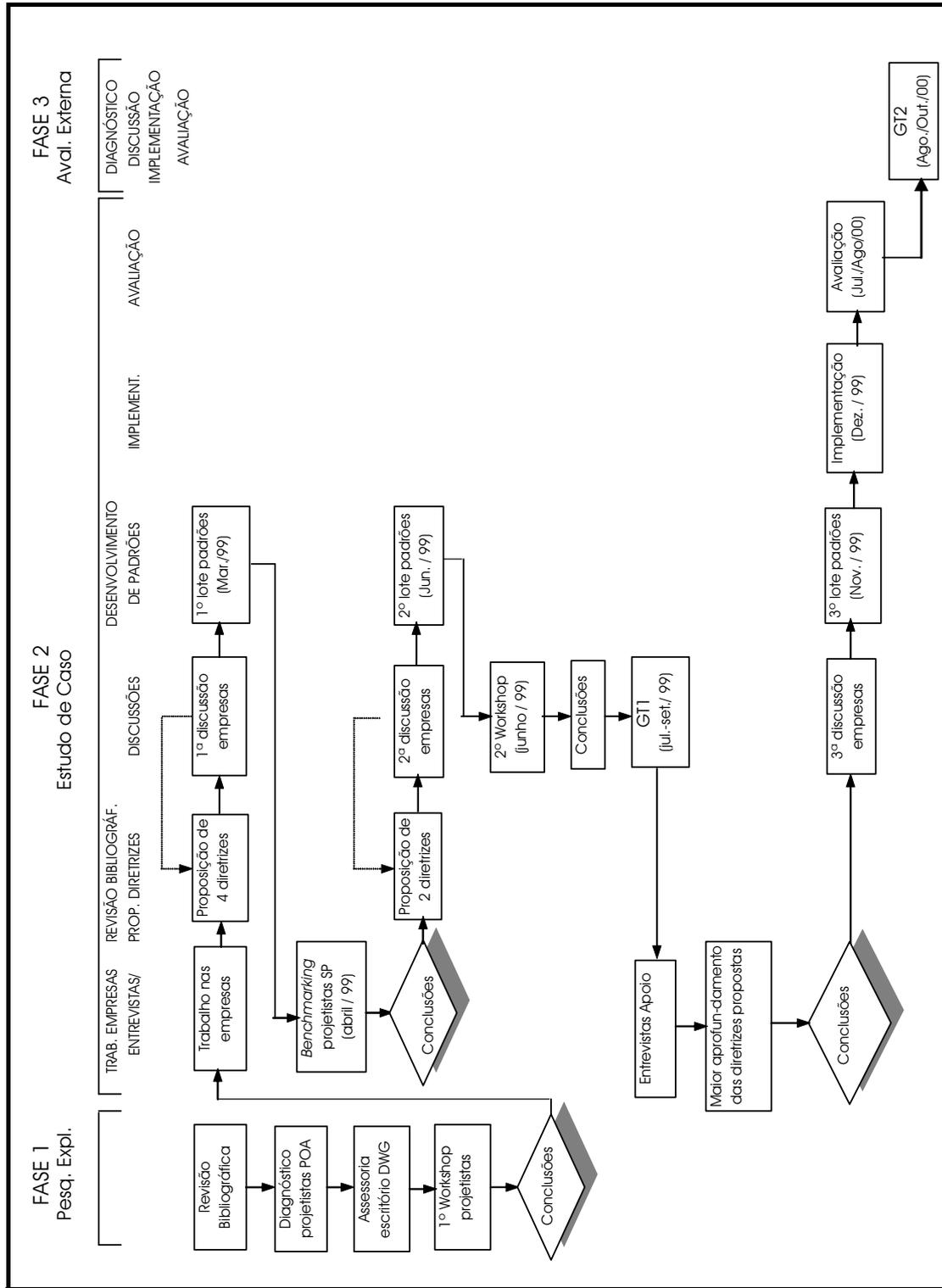


Figura 4.1 - Delimitação da pesquisa

O diagnóstico foi realizado nos meses de julho, agosto e início de setembro do ano de 1998. O roteiro de entrevistas foi estruturado principalmente a partir da revisão bibliográfica e baseado na experiência pessoal da pesquisadora em sistemas CAD. Também utilizou-se como ponto de partida para estruturação do roteiro, o trabalho de NUNES (1997), que avaliou o quadro de utilização de sistemas CAD no Rio de Janeiro em dez escritórios de arquitetura.

Assim, elaborou-se uma versão inicial do roteiro, com perguntas semi-estruturadas e abertas, que foi aplicado em três entrevistas piloto. Como surgiram novos dados, uma segunda versão foi feita e aplicada em mais duas entrevistas. Finalmente, foram acrescentadas novas informações ao roteiro, chegando-se à terceira versão, que foi considerada satisfatória, sendo a mesma aplicada ao restante do grupo. Este roteiro de entrevistas é mostrado no **anexo 1**. As entrevistas foram realizadas nos escritórios dos próprios projetistas e tiveram duração média de 45 minutos.

c. Trabalho de assessoria do escritório de projetos DWG

Verificado o patamar de utilização dos sistemas CAD, começou-se a estruturação do escopo de trabalho a ser desenvolvido. Para isso, através do projeto SGQPPE, decidiu-se contratar como consultor um profissional da área da construção que tivesse um processo avançado, tanto em termos de processo de projeto, quanto de informatização do mesmo, para o auxiliar na estruturação do trabalho. O escritório DWG, sediado na cidade de São Paulo, foi escolhido por se destacar dos demais, visto que adota uma postura de vanguarda no país, em termos de desenvolvimento e gerenciamento de projetos utilizando CAD em três dimensões.

Este escritório atua principalmente no desenvolvimento de projetos de modulação de alvenaria e coordenação de projetos. Assim, durante os meses de julho de 1998 à janeiro de 1999, o projeto SGQPPE contou com esta assessoria externa, realizada pela arquiteta Rita Ferreira. O escopo e prazo dos trabalhos desenvolvidos foram discutidos pela equipe de pesquisadores do NORIE/UFRGS e repassados para a arquiteta. O assunto de interesse de pesquisa estava voltado principalmente para novos métodos de produção de desenhos em sistemas CAD, gerência das informações produzidas por estes e introdução das novas tecnologias da informação. Diante do escopo pré-definido, a arquiteta propunha as diretrizes e as enviava por e-mail. Estas diretrizes eram estudadas e analisadas pela equipe, de maneira a testar a sua aplicabilidade nas empresas construtoras incorporadoras e nos escritórios de projeto envolvidos. O trabalho de assessoria resultou no desenvolvimento dos seguintes padrões: nomenclatura de arquivos, diretrizes para produção de desenhos no computador e diretrizes para apresentação de projetos. Durante o período de assessoria foram realizadas três visitas pela consultora à cidade de Porto Alegre.

d. *Workshop*

No final do mês de setembro de 1998, foi realizado um *workshop* que teve os seguintes objetivos: (a) apresentar aos projetistas e diretores das empresas o resultado do diagnóstico, (b) apresentar o quadro comparativo entre o método tradicional de produção de desenhos no computador e as mudanças que se pretendia implementar, (c) demonstração de procedimentos informatizados de controle de projetos desenvolvidos no escritório DWG, (d) introdução do conceito de linguagem orientada a objeto no projeto de edificações, (e) discussão sobre a continuidade do trabalho. Este *workshop* contou com a presença da arquiteta Rita Ferreira.

4.6.2 Fase 2: Estudo de Caso

Esta segunda fase da dissertação teve caráter descritivo e buscou responder questões do tipo "como", através da proposição de diretrizes e padrões. Esta fase foi composta de seis etapas sendo, descritas em ordem cronológica dos acontecimentos.

a. Trabalho desenvolvido nas empresas construtoras incorporadoras do estudo de caso

Este trabalho teve início em dezembro de 1998 e término no mês de julho de 2000, com a avaliação da implementação. O primeiro passo do trabalho foi a realização de um diagnóstico em ambas as empresas de forma a conhecer o nível de informatização em atividades relacionadas ao processo de projeto.

As reuniões nas empresas eram semanais e duravam aproximadamente duas horas e meia. Entretanto, o tempo destas reuniões era compartilhado entre as três pesquisadoras (BRITO, LIEDTKE e JACQUES). Participavam destas, as pesquisadoras, o gerente de projetos, a coordenadora da equipe do SGQPPE do NORIE/UFRGS (LIEDTKE) e, caso fosse necessário, algum outro representante da empresa. Nas primeiras reuniões, os gerentes de projeto expuseram a realidade e as tendências quanto ao uso da informatização no processo de projeto nas empresas. Outras necessidades além das verificadas no diagnóstico com os projetistas foram detectadas.

Após a identificação destas necessidades, a pesquisadora estruturou um roteiro preliminar de trabalho com a previsão de desenvolvimento de alguns padrões. Com o passar do tempo este roteiro foi sendo refinado. Para a realização dos mesmos, adotava-se o método desenvolvido e utilizado por todos os pesquisadores do SGQPPE. Em primeiro lugar, a pesquisadora, com base na revisão bibliográfica e as conclusões da pesquisa exploratória, preparava as minutas dos padrões. Estas eram discutidas

internamente no grupo de pesquisadores do NORIE/UFRGS, para após serem levadas às empresas construtoras incorporadoras. A discussão interna no grupo tinha por objetivo enriquecer e aprofundar as informações contidas nas minutas, de forma a tentar esgotar as dúvidas e questionamentos antes destas serem levadas às empresas. Após, as minutas de padrões eram discutidas com os gerentes de projeto das empresas construtoras incorporadoras em uma ou mais reuniões, dependendo da complexidade do assunto. Estas discussões, às vezes geravam acréscimos e/ou alterações, em função da experiência, práticas gerenciais ou das especificidades do processo de projeto das empresas estudadas.

Através das reuniões semanais, identificaram-se algumas carências específicas das empresas. Para preencher estas lacunas foram desenvolvidos dois padrões: estrutura de diretórios e controle de versões de plantas e memoriais descritivos enviados à obra.

b. *Benchmarking*

Após o desenvolvimento do primeiro lote de padrões, achou-se necessário identificar as "melhores práticas" no que diz respeito à informatização do processo de projeto. Para isto, fez-se contato com um grupo de seis projetistas sediados na cidade de São Paulo. Foram entrevistados projetistas de diferentes disciplinas: arquitetura (1), modulação de alvenaria (1), sistemas de instalações prediais (2) e estruturas (2). Estes foram escolhidos por se destacar dos demais por terem implementado programas de gestão da qualidade nos seus escritórios. As entrevistas foram realizadas na segunda quinzena de abril do ano de 1999 e tiveram a duração de aproximadamente uma hora.

O roteiro de entrevistas foi semi-estruturado e com perguntas abertas. No entanto, não possuía o mesmo conteúdo do roteiro de entrevistas realizado com os projetistas de Porto Alegre. As perguntas estavam voltadas para a descrição do processo de projeto como um todo e procurava identificar boas práticas no que diz respeito à informatização do mesmo. O conteúdo destas entrevistas deu suporte para o desenvolvimento de dois novos padrões: os protocolos de envio e recebimento de arquivos de desenho e plantas.

c. *Workshop*

Este segundo *workshop* teve duração de três horas e contou com a presença de 15 projetistas e dois diretores das empresas estudadas. O encontro teve como objetivo apresentar e discutir os seguintes padrões aos projetistas: estrutura de diretórios, nomenclatura de arquivos de desenho, diretrizes para produção de desenhos no computador, diretrizes para apresentação de plantas e protocolos de envio e recebimento de arquivos de desenho e plantas. Neste encontro foram colhidas sugestões e críticas à

respeito dos padrões desenvolvidos. Além disso, também foram discutidas a padronização de layers, a segurança na troca de arquivos e a realização de back up, de forma a orientar o desenvolvimento de novos padrões.

Ao final, ambas as partes (projetistas e pesquisadores) chegaram à conclusão de que seria benéfico dar prosseguimento a estas discussões. Sendo assim, foi formado um Grupo de Trabalho.

d. Discussões no Grupo de Trabalho (GT1)

Este grupo de trabalho teve início no mês de julho e término no mês de setembro do ano de 1999, sendo realizadas sete reuniões. Estas eram geralmente quinzenais e com duração aproximada de duas horas e meia.

Embora todos os 16 projetistas que participaram do diagnóstico da fase exploratória tenham sido convidados, apenas seis projetistas, em média participavam regularmente das reuniões, sendo que a grande maioria destes prestavam serviços à empresa construtora incorporadora B. Apenas um projetista (estruturas) da empresa C participou das reuniões. Além disso, dois projetistas não prestavam serviços às empresas estudadas. Como eram profissionais cujos escritórios eram reconhecidos por terem um bom nível quanto a informatização, estes foram convidados a participar do grupo. Ao todo, participaram do GT1 cinco arquitetos, cinco engenheiros estruturais, dois projetistas de modulação de alvenaria e um engenheiro de instalações prediais. O **anexo 2** apresenta os tópicos discutidos em cada reunião, bem como a relação dos projetistas participantes.

Embora o número de participantes tenha sido relativamente pequeno, as discussões foram ricas em termos de conteúdo, uma vez que os profissionais envolvidos estavam entre aqueles que empregavam práticas mais avançadas em termos de informatização ou que estavam realmente buscando investir na qualidade do processo de projeto informatizado.

Para o bom andamento das discussões, a pesquisadora realizou um planejamento das reuniões do GT1. Este planejamento consistiu em:

- metas a serem discutidas em cada reunião;
- pré-requisitos a serem cumpridos, isto é, tarefas a serem executadas previamente tanto pelos projetistas quanto pela pesquisadora;
- produto a ser gerado ao final de cada reunião.

A pesquisadora foi responsável por preparar as reuniões, bem como conduzir as discussões. Outros integrantes da equipe de pesquisadores do SGQPPE também participaram dos encontros.

Além disso, a cada reunião, a pesquisadora preparava uma pauta que tinha por objetivo direcionar as discussões. Do mesmo modo, a pesquisadora foi responsável por documentar em forma de ata as discussões, argumentações e decisões tomadas pelo grupo. Posteriormente, a ata era enviada por *e-mail* para todos os integrantes do GT1.

O produto do grupo de trabalho foi o desenvolvimento de mais três padrões de processo: *Back up* de arquivos (com e sem o uso de servidor) e o padrão de nomenclatura de *layers*. Além disso, houve e um maior enriquecimento e amadurecimento das informações contidas nos padrões desenvolvidos anteriormente.

Ao término do grupo de trabalho (7ª reunião), organizou-se uma palestra, ministrada pelo técnico de uma empresa de comercialização de sistemas CAD, na qual foram apresentadas novas tendências no desenvolvimento deste *software*.

e. Entrevistas de Apoio

Ao longo do estudo de caso, foram realizadas algumas entrevistas de apoio. Estas tinham por objetivo a investigação de alguns assuntos específicos contidos nos padrões desenvolvidos. Para tal, foram contatados diversos profissionais, tais como, especialistas em sistemas CAD, coordenadores de projetos e mestres de obras.

Primeiramente foi realizada uma entrevista com um técnico que revende o *software* AutoCAD, com o intuito de obter informações adicionais com relação ao uso destes sistemas.

Logo após, foram realizadas entrevistas com coordenadores de projeto (CP). Como esta atividade envolve além de outras funções, a integração de arquivos de desenho, buscou-se saber através das entrevistas, se os CPs utilizam ferramentas computacionais e se desenvolveram algum método para este fim.

Encontrou-se dificuldade em identificar especialistas que atuam nesta atividade. Foram localizados apenas três coordenadores de projetos que prestam serviços para empresas de médio e grande porte na cidade de Porto Alegre. As entrevistas tiveram a duração de aproximadamente uma hora, envolvendo perguntas abertas.

Finalmente, o último tipo de entrevista de apoio foi realizado com os mestres de obras. Estas entrevistas buscaram investigar quais as deficiências apresentadas em projetos, do ponto de vista da apresentação destes, como, por exemplo, escalas de desenhos utilizados, tamanhos das fontes, entre outros. Para isto, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas e abertas. Quatro mestres de obras foram entrevistados, sendo dois pertencentes às empresas estudadas.

4.6.3 Produtos gerados em cada fase de pesquisa

O quadro 4.3 é uma matriz que relaciona os padrões desenvolvidos com a etapa de pesquisa em que as deficiências foram detectadas e discutidas.

QUADRO 4.3 - Padrões desenvolvidos na pesquisa exploratória e no estudo de caso

FASES	PESQUISA EXPLORATÓRIA				ESTUDO DE CASO						
	Revisão bibliográfica	Diagnóstico projetistas	Assessoria DWG	Workshop I	Revisão bibliográfica	Diagnóstico empresas	Benchmarking	Workshop II	Grupo de Trabalho	Entrevistas de Apoio	Implementação final
Estrutura de Diretórios		●				● X		X	X		X
Nomenclatura de Arquivos	●	●	X		●	X	● X	X	X	X	X
Produção de desenhos no computador	●	●	X		●	● X	● X	X	X	X	X
Apresentação de projetos		●	X			● X		X	X	X	X
Protocolo de envio de arquivos e plantas							●	X	X	X	X
Protocolo de recebimento de arquivos e plantas							●	X	X	X	X
Nomenclatura de Layers		●			●		●	●	X	X	X
Controle de versões de plantas e memoriais enviados à obra						● X					
Back up de arquivos de desenho							●	●	X	X	X

Legenda: (●) deficiências detectadas

(X) deficiências discutidas

Observa-se no quadro 4.3 que a fase de pesquisa exploratória teve um importante papel na detecção de necessidades e problemas no processo de projeto informatizado. Apenas três padrões foram desenvolvidos neste período. Constata-se também que as etapas iniciais do estudo de caso (revisão bibliográfica, diagnóstico nas empresas e benchmarking) tiveram papéis semelhantes, dando suporte ao desenvolvimento de novos padrões. Já as etapas finais do estudo de caso (*Workshop*, GT1 e entrevistas de apoio) serviram principalmente para aprofundar as discussões dos padrões já desenvolvidos.

4.6.4 Implementação dos padrões nas empresas do estudo de caso

Ao término do GT1 e das entrevistas de apoio, foi feita uma última discussão nas empresas construtoras incorporadoras para realização de ajustes finais nos padrões. No final do mês de novembro de 1999, o lote final de oito padrões teve sua implementação iniciada nas duas empresas construtoras incorporadoras que participaram do estudo de caso.

Embora os projetistas tenham participado ativamente das discussões das diretrizes propostas, a implementação destes padrões em seus escritórios é de caráter opcional quando estes prestam serviço a outros clientes. Portanto, a avaliação da implementação só poderia ser analisada quando as empresas estudadas contratarem estes profissionais para prestação de serviços.

4.6.4.1 Avaliação da implementação nas empresas do estudo de caso

No final do mês de julho e início do mês de agosto do presente ano, após decorridos 8 meses da implementação final dos padrões, foi realizada a avaliação da implementação nas empresas construtoras incorporadoras estudadas. Esta avaliação teve por objetivo:

- verificar se no período da implementação as empresas tiveram estudos ou processo de projeto em andamento;
- constatar se os padrões desenvolvidos estavam sendo utilizados. As principais variáveis a serem investigadas foram: o grau de utilização dos padrões e a facilidade de uso dos mesmos;
- verificar se a equipe de projetistas sofreu alterações e se esta se mostrou disposta a utilizar os padrões.
- A avaliação da implementação consistiu em um conjunto de entrevistas com os principais clientes dos padrões desenvolvidos. Os quadros 4.4 e 4.5 a seguir, relacionam os padrões desenvolvidos e seus principais clientes.

QUADRO 4.4 - Clientes dos padrões desenvolvidos - empresa B

EMPRESA "B"								
PADRÕES	Diretoria	Gerente de projetos (GP)	Engenheiro de obra	Mestres	Secretária	Estagiários	Setor Financeiro	Projetistas
Estrutura de diretórios	X	X	X		X		X	
Nomenclatura de arquivos de desenho		X	X					X
Back up de arquivos de desenho		X					X	X
Protocolo de envio de arquivos e/ou plantas		X						X
Protocolo de recebimento de arquivos e/ou plantas		X						X
Controle de versões de plantas e memoriais - obra		X	X	X				
Diretrizes para produção de desenhos no computador e apresentação de plantas		X	X					X
Nomenclatura de <i>layers</i> e <i>Layers</i> para Integração		X	X					X

QUADRO 4.5 - Clientes dos padrões desenvolvidos - empresa C

EMPRESA "C"								
PADRÕES	Diretoria	Gerente de projetos (GP)	Engenheiro de obra	Mestres	Secretária	Estagiários	Setor Financeiro	Projetistas
Estrutura de diretórios	X	X	X			X		
Nomenclatura de arquivos de desenho		X	X			X		X
Back up de arquivos de desenho	X	X	X			X	X	
Protocolo de envio de arquivos e/ou plantas		X						X
Protocolo de recebimento de arquivos e/ou plantas		X						X
Controle de versões de plantas e memoriais - obra		X	X	X				
Diretrizes para produção de desenhos no computador e apresentação de plantas		X	X			X		X
Nomenclatura de <i>layers</i> e <i>Layers</i> para Integração		X				X		X

Os principais clientes dos padrões na empresa B são o gerente de projetos e o engenheiro de obra e os da empresa C são o gerente de projetos, engenheiro de obra e estagiários.

Salienta-se que os estagiários na empresa B não se apresentaram como clientes dos padrões, uma vez que na época do seu desenvolvimento, não existiam estagiários no setor de projetos.

De posse dos principais clientes de cada empresa construtora incorporadora, preparou-se um roteiro de entrevistas abertas e semi-estruturadas para cada um dos clientes.

Na empresa "B" tinha-se a pretensão de realizar um conjunto de entrevistas com os principais usuários dos padrões. Entretanto, devido às circunstâncias nas quais ocorreu a implementação (explicitadas no capítulo 5), só foi realizada uma entrevista com um dos diretores, que também acumula a função de GP. Já na empresa C, foram realizadas três entrevistas com os principais usuários dos padrões: GP, engenheiro de obras e estagiária. A duração das entrevistas foi de aproximadamente uma hora.

4.6.5 Fase 3: Avaliação externa

Aproximadamente um ano após o término do GT1, foi formado um novo grupo de trabalho - o GT2. Este grupo foi formado a convite de representantes da diretoria do Sinduscon de Porto Alegre com o objetivo de disseminar aos seus associados algumas melhorias no processo de projeto. Entretanto, este novo grupo possuía um escopo de trabalho maior. Além dos conteúdos abordados na presente pesquisa, abordou-se também o trabalho desenvolvido por LIEDTKE. O GT2 foi desenvolvido em parceria com três entidades: NORIE-UFRGS, SINDUSCON - Porto Alegre e SEBRAE.

O GT2 foi composto de sete empresas construtoras incorporadoras e dois a três projetistas de cada empresa, totalizando um grupo de aproximadamente 18 profissionais⁹ de diversas disciplinas de projeto: arquitetura (7), modulação de alvenaria (1), estruturas (6), instalações elétricas e hidrossanitárias (4).

Inicialmente foi feito um diagnóstico nas sete empresas. O roteiro de entrevistas (**anexo 3**), foi estruturado com perguntas semi-abertas e visava conhecer aspectos relacionados ao processo de projeto destas. As entrevistas foram realizadas com os diretores ou gerentes das empresas construtoras incorporadoras e tiveram duração média de aproximadamente duas horas e meia.

⁹ Salienta-se que cinco projetistas que participaram do GT1 também participaram do GT2.

Para discussão dos assuntos relacionados a este trabalho foram realizadas cinco reuniões quinzenais de aproximadamente três horas de duração, sendo que o método utilizado era o mesmo desenvolvido para o primeiro grupo.

As minutas dos padrões tiveram que ser adaptadas para o GT2, já que a maioria das empresas que participavam deste grupo possuía características diferentes das empresas do GT1. As adaptações realizadas estavam relacionadas aos usuários dos padrões, bem como na generalização de alguns aspectos específicos das empresas do GT1. Assim, as minutas eram apresentadas ao grupo, que as discutiam e sugeriam acréscimos ou alterações. A pesquisadora era responsável por modificar os padrões e os enviar por *e-mail*. Além disso, em todas as reuniões era destinado um tempo de aproximadamente 20 minutos para que projetistas e diretores comentassem alguns aspectos referentes à implementação dos padrões, como, por exemplo, facilidade no uso, necessidade de modificações, aceitação dos mesmos pelos demais profissionais da empresa/escritório, entre outros.

Os padrões discutidos neste grupo foram: Estrutura de diretórios, *Back up* de arquivos de desenho, Nomenclatura de arquivos de desenho, Nomenclatura de *layers* e *Layers* de Integração, Protocolo de envio de arquivos e plantas, Protocolo de recebimento de arquivos e plantas, Diretrizes para produção de desenhos no computador, Diretrizes para apresentação de plantas e Controle de versões de plantas e memoriais descritivos enviados à obra.

CAPÍTULO 5

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos nas fases de pesquisa exploratória e de estudo de caso, bem como as diretrizes e padrões resultantes destas investigações. Além disso, são apresentadas as conclusões relativas à avaliação da implementação dos padrões nas empresas estudadas.

5.1 Resultados obtidos na FASE 1 - Pesquisa Exploratória

5.1.1 Diagnóstico sobre o patamar de utilização dos sistemas CAD

Neste diagnóstico foram entrevistados 16 projetistas de diferentes disciplinas: arquitetura, modulação de alvenaria, estruturas e sistemas de instalações prediais. Alguns dados foram apresentados separadamente, de acordo com a especialidade dos entrevistados, pois estes apresentaram características diferenciadas tanto no processo de projeto, quanto no processo de produção de desenhos no computador. O roteiro de entrevistas do diagnóstico, apresentado no **anexo 1**, foi dividido em cinco partes. A seguir, são apresentadas as conclusões referentes a cada uma destas partes.

a. Parte 1: Características gerais

No quadro 5.1 pode-se constatar que o número de profissionais atuantes em cada escritório é bastante variável. Isto acaba repercutindo na forma com estes são organizados. Verificou-se que os escritórios de médio e grande porte foram os que mais investiram na informatização do processo de projeto através do uso de servidor, rotinas de *back up*, entre outros.

Por outro lado, os escritórios menores não investiram tanto em tecnologia, pois o volume de trabalho ainda não é suficiente para cobrir os custos deste investimento.

QUADRO 5.1 - Relação dos profissionais atuantes nos escritórios de projeto

	Nº Escritórios	Projetistas		Nº Técnicos	Nº Estagiários
		Média	Mín./Máx.		
Arquitetura	7	3	1- 6	0 a 1	1 a 3
Estruturas	6	4	1 - 8	-	1 a 4
Instalações Prediais	3	2,3	2 - 3	0 a 8 ¹⁰	0 a 1

Também se procurou investigar se os projetistas mais experientes profissionalmente tinham maior resistência ao uso dos sistemas CAD. Entretanto, não se observou qualquer tendência neste sentido.

Das três especialidades estudadas, verificou-se que os projetistas de instalações prediais são os que utilizam os sistemas CAD há menos tempo (quadro 5.2). Embora os engenheiros estruturais tenham um tempo de experiência profissional maior do que os arquitetos, o tempo de experiência em CAD, entre estes é aproximadamente o mesmo.

QUADRO 5.2 - Quadro comparativo entre a média do tempo de experiência profissional e a média do tempo de experiência em CAD

Média do tempo de experiência	Arquitetos	Engenheiros Estruturais	Engenheiros de Instalações Prediais
Profissional	14 anos	21 anos	25 anos
Em sistemas CAD	6 anos	7 anos	1,5 anos

Os softwares mais utilizados para o desenvolvimento de projetos são o AutoCAD versão 14, para o projeto arquitetônico e de sistemas de instalações prediais e o TQS para o projeto estrutural, conforme mostra o quadro 5.3. O aplicativo mais utilizado pelos arquitetos é o Corel Draw, para desenho de plantas promocionais e o Archi 3D para estudo de perspectivas e detalhamento de esquadrias.

QUADRO 5.3 - *Softwares* mais utilizados pelos entrevistados

<i>Softwares</i>	Arquitetos	Engenheiros Estruturais	Engenheiros de Instalações Prediais
AutoCAD v.11	1	-	-
AutoCAD v.12	1	-	-
AutoCAD v.14	3	-	2
DataCAD v.7.5	2	-	-
TQS	-	5	-
CADbuild	-	1	-
UniCAD	-	-	1

¹⁰ Os oito técnicos pertencem ao mesmo escritório.

Constatou-se também que a configuração das máquinas não é empecilho para utilização dos sistemas CAD 2D, mas, na maioria dos escritórios, é empecilho para a utilização de CAD 3D, visto que a capacidade da maioria das máquinas em termos de memória e disco rígido não são suficientemente grandes.

A justificativa apresentada pelos projetistas que utilizam AutoCAD nas versões 11 e 12 foi o alto custo para atualização do *software*, visto que estes escritórios possuem, em média, quatro computadores com o programa.

Ainda, constatou-se que em 43% dos escritórios de arquitetura e 33% dos escritórios de sistemas de instalações prediais existe a figura do desenhista de prancheta. Estes desenvolvem principalmente projetos de arquitetura de interiores e graficação dos projetos de instalações prediais.

Em apenas um escritório de estruturas foi verificada a existência de cadista¹¹. Entretanto, a terceirização deste serviço é comum nos escritórios de sistemas de instalações prediais. Isto pode ser justificado devido a pouca experiência que estes profissionais possuem no uso dos sistemas CAD.

b. Parte 2: Processo de aprendizagem dos sistemas CAD

Constatou-se que a maioria dos projetistas entrevistados (62%), teve aprendizado formal em sistemas CAD 2D direcionado para o projeto de edificações. Entretanto, a maioria destes comentou que foi na prática que se deu o verdadeiro aprendizado.

31% dos entrevistados (três arquitetos, um engenheiro estrutural e um engenheiro de sistemas prediais) tiveram aprendizado formal em 3D. Outros três arquitetos afirmaram que aprenderam CAD 3D de forma auto didática, através do estudo de apostilas, livros, conversas informais com outros projetistas e da prática adquirida.

Apesar de ser significativo o número de profissionais que teve aprendizado em CAD 3D (50%), estes ainda não utilizam esta ferramenta para desenvolvimento e integração de projetos. A utilização de 3D é geralmente voltada ao estudo de perspectivas, aplicação de texturas e cores. Segundo NUNES (1997), o CAD 2D foi a maneira mais direta da transposição do uso da prancheta, enquanto que o CAD 3D, mesmo sendo uma ferramenta importante no auxílio da definição do projeto, ainda não está sendo devidamente explorado, em parte pelo custo relativamente alto dos equipamentos mas, principalmente, pelas habilidades requeridas para seu domínio.

¹¹ Cadista - profissional que realiza desenhos em sistemas CAD.

Ressalta-se ainda que, dos 16 profissionais entrevistados, apenas um arquiteto não projeta em sistemas CAD. Entretanto, a partir dos esboços e croquis desenvolvidos pelo mesmo, os demais integrantes da equipe (dois arquitetos e dois estagiários) desenvolvem o projeto utilizando os sistemas CAD.

Verificou-se que o suporte técnico é mais eficaz para *softwares* destinados ao projeto estrutural. Segundo os entrevistados, as empresas que desenvolvem estes *softwares* (ou seus representantes) estão sempre em contato com seus usuários, enviando versões novas para avaliação e esclarecendo dúvidas quanto à sua utilização. O mesmo não acontece com os usuários do AutoCAD, DataCAD e UniCAD. O suporte técnico, nestes casos, é obtido em revistas especializadas ou conversa informal com profissionais da área.

Também, constatou-se que o tempo de adaptação entre o processo de projeto tradicional e o informatizado apresentou-se bastante variável. Tanto para os arquitetos quanto para os engenheiros (estruturais e de sistemas prediais), o tempo variou entre três meses a quatro anos. Esta variação pode ser justificada pela pressão que alguns profissionais sofreram ao se deparar com a exigência do mercado. Os profissionais que não foram tão pressionados pelo mercado ou que não dispuseram de maior tempo livre para o aprendizado levaram mais tempo para se adaptar ao uso do computador. Alguns entrevistados comentaram que utilizavam as épocas de poucos trabalhos no escritório para se dedicar à aprendizagem do programa.

c. Parte 3: Utilização dos sistemas CAD

O processo de desenvolvimento do produto no roteiro de entrevistas foi apresentado em cinco etapas: Estudo Preliminar, Ante-projeto, Projeto Legal, Projeto Executivo e *As Built*.

O quadro 5.4 apresenta os resultados encontrados quanto ao método de produção de desenho na etapa de estudo preliminar.

QUADRO 5.4 - Métodos de produção de desenho utilizados na etapa de estudo preliminar

Método de produção de desenho	Arquitetos	Engenheiros Estruturais	Engenheiros de Sistemas Prediais
No computador	57%	75%	66,6%
À mão livre	43%	25%	33,3%

Os arquitetos mostraram-se divididos entre os métodos de produção de desenho apresentados. Entretanto, verificou-se que não houve correspondência entre o tempo de experiência em CAD com relação ao método de produção de desenho no lançamento do projeto, conforme mostra o quadro 5.5. Isto é,

esperava-se que os profissionais com maior experiência no uso do CAD lançariam seus projetos diretamente no computador. Entretanto, dois dos quatro dos profissionais que apresentaram considerável experiência em CAD (mais de 6 anos) lançam seus projetos à mão livre. A justificativa apontada para o lançamento do projeto à mão livre é a facilidade de expressão das idéias, reforçando a afirmação de CROSS (1999): "sem o auxílio do desenho, é difícil e explorar e desenvolver os pensamentos".

QUADRO 5.5 - Quadro comparativo entre o tempo de experiência em CAD e os métodos de produção de desenho na etapa de estudo preliminar

Arquitetos	Tempo experiência CAD	Método de produção de desenhos na etapa de estudo preliminar
1	9 anos	À mão livre
2	Não utiliza CAD	À mão livre
3	4 anos	No computador
4	6 anos	No computador
5	2 anos	À mão livre
6	12 anos	No computador
7	10 anos	À mão livre

Já a maioria dos engenheiros estruturais (75%) e engenheiros de sistemas prediais (66,6%) lançam as alternativas diretamente no computador. Pode-se afirmar que isto ocorre pelos seguintes motivos:

- estes projetos utilizam os arquivos de arquitetura como ponto de partida;
- os *softwares* destinados ao cálculo estrutural, fornecem vários indicadores de projeto, como por exemplo, consumo de concreto, quantidade de ferragem, entre outros, que auxiliam o projetista na escolha da melhor alternativa de projeto;
- o projeto de instalações prediais é caracterizado pela grande utilização de símbolos e legendas. O uso dos sistemas CAD neste tipo de projeto pode facilitar e aumentar a sua eficiência já que existe a possibilidade de padronizar os desenhos através do uso de blocos e também da criação de um banco de dados.

Constatou-se também que a utilização dos sistemas CAD aumenta conforme o decorrer do desenvolvimento do processo de projeto. Isto é, a partir do estudo preliminar a utilização dos sistemas CAD aumenta, chegando a 100% de utilização na representação dos projetos legal e executivo. Também foi constatado que o projeto *as built* raramente é realizado, pois os contratantes não o exigem.

Quanto aos obstáculos à utilização dos sistemas CAD as percepções apresentaram-se bastante variadas entre os entrevistados. Para aproximadamente 50% dos arquitetos, os obstáculos mais citados foram o custo do *software*, resistência dos profissionais ao aprendizado e falta de padronização das informações. No caso dos engenheiros, as respostas apresentaram-se bastante diversificadas, não havendo predominância de qualquer item em específico. Os obstáculos mais citados são mostrados no quadro 5.6.

QUADRO 5.6 - Principais obstáculos quanto ao uso dos sistemas CAD, na percepção dos entrevistados

Obstáculos	%entrevistados
Falta de padronização das informações	37,50
Custo do software	31,25
Resistência dos profissionais ao aprendizado	25,00
Falta de tempo para aprender o programa	12,50

A percentagem referente aos obstáculos à utilização dos sistemas CAD foi relativamente baixa. Dos nove itens descritos no roteiro, em média, apenas três foram apontados pelos entrevistados como obstáculos significativos.

O roteiro de entrevistas também buscou identificar quais os benefícios na utilização dos sistemas CAD. O quadro 5.7 abaixo apresenta os itens mais citados pelos entrevistados.

QUADRO 5.7 - Principais benefícios quanto ao uso dos sistemas CAD, na percepção dos entrevistados

Benefícios	Arquitetos	Engenheiros Estruturais	Engenheiros de Sistemas Prediais
Facilidade de promover alterações	85,7%	83%	100%
Simplificação através da padronização	-	-	100%
Integração de projetos	85,7%	66,6%	-
Rapidez de reprodução	85,7%	-	-
Maior produtividade	85,7%	-	66,6%
Maior confiabilidade do projeto	-	-	66,6%
Melhor qualidade gráfica do projeto	100%	66,6%	-

Através do quadro comparativo, verificou-se que a "facilidade de promover alterações" foi benefício mais apontado entre os entrevistados. Também constatou-se que existem divergências entre os pontos de vista das diferentes especialidades de projeto. 100% dos arquitetos afirmaram que a qualidade gráfica de apresentação dos projetos é o maior benefício no uso dos sistemas CAD. A simplificação pela padronização foi o segundo item mais citado pelos engenheiros de sistemas de instalações prediais. Isto pode ser justificado pelas características inerentes deste processo de projeto: a ampla utilização de blocos e simbologias.

d. Parte 4: Processo de Projeto

Quanto à alteração no processo de projeto após a introdução dos sistemas CAD, verificou-se que na percepção de 20% dos entrevistados o processo de projeto não mudou substancialmente, mas apenas foi introduzida uma nova ferramenta para produção de desenhos. Para os demais 80%, houve alterações no processo de projeto após a introdução dos sistemas CAD. As justificativas apontadas para estas alterações foram:

- *"O projeto, ainda nos primeiros estágios, pode ser estudado e manipulado em três dimensões. Além disso, podem-se aplicar cores ou texturas que, no processo de projeto tradicional, acontecia num estágio muito tardio, no qual as modificações eram difíceis de ser realizadas"* (depoimento de um arquiteto);
- *"Existe uma maior confiabilidade do projeto quanto à precisão. Os projetos tornaram-se mais técnicos e apresentam um número maior de informações devido a certas ferramentas de cálculo que os sistemas oferecem"* (depoimento de um engenheiro estrutural);
- *"Existe uma maior produtividade e flexibilidade com relação à facilidade de alterações, escalas de plotagem e unidade de medida. Além disso, o número de pessoas envolvidas no processo é menor, diminuindo assim a necessidade de constantes verificações"* (depoimento de um arquiteto e de um engenheiro estrutural).

Nesta etapa do roteiro de entrevistas também foi investigado como é realizada a produção de desenhos por arquitetos que lançam os estudos à mão livre. Este método é bastante similar às práticas descritas por FERREIRA (1996), conforme mostra a Fig. 5.1.

Quanto à forma de documentação das várias etapas do processo de desenvolvimento do produto, verificou-se que a maioria dos arquitetos (83%) e engenheiros estruturais (50%) possuem o hábito de salvar as modificações de projeto em versões. Isto é, cada alteração de projeto constitui-se uma nova versão de arquivo. Entretanto, constatou-se que 100% dos engenheiros de sistemas prediais não costumam salvar as modificações através de novas versões. As plantas atualizadas são identificadas apenas pela data no selo ou arquivo. A não utilização de versões de arquivos por estes especialistas pode ter duas principais causas:

- estes projetos, em geral, sofrem poucas alterações ao longo do processo;
- uso de práticas simplificadas no gerenciamento de arquivos de desenho, devido a pouca experiência no uso do CAD.

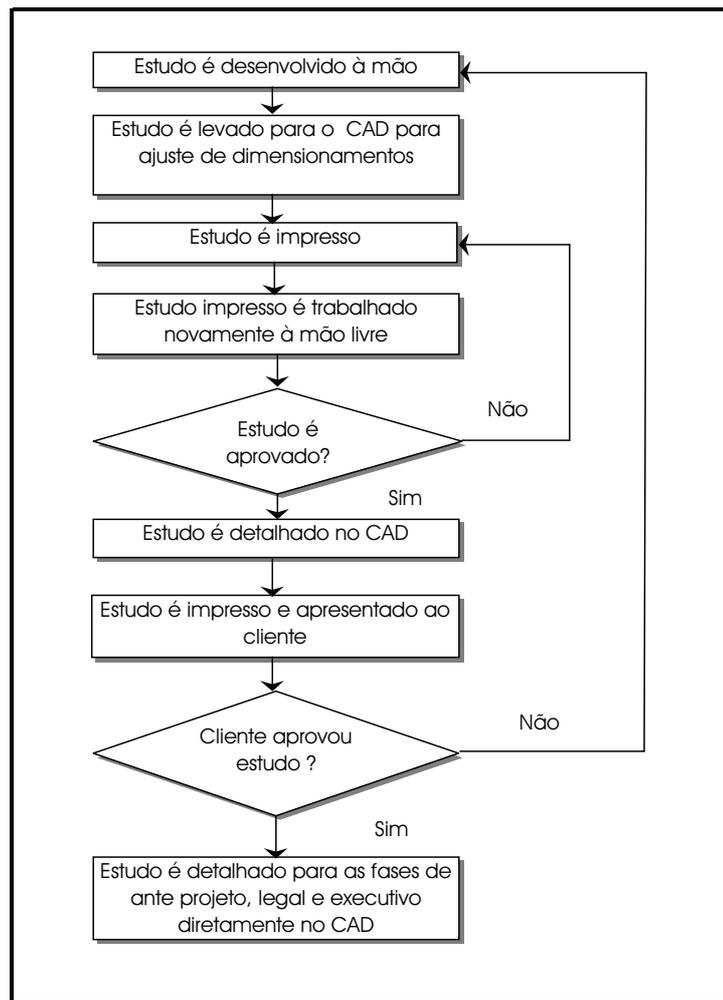


FIGURA 5.1 - Lançamento do estudo preliminar de arquitetura

Quanto às rotinas desenvolvidas nos sistemas CAD, constatou-se que os profissionais que mais desenvolveram rotinas de trabalho em CAD foram os arquitetos. Isto pode ser justificado pela complexidade de representação gráfica dos projetos de arquitetura e também pela flexibilidade de customização que os sistemas CAD oferecem. NUNES (1997) cita alguns exemplos de customização relacionados à produção de desenhos: padrões de fontes (estilo, tamanho, espessura das letras), listagem padrão de *layers*, padrões de hachuras, estilos de representação de cotas, entre outros.

Entretanto, identificou-se que as rotinas em CAD mais desenvolvidas nos escritórios de arquitetura foram: nomenclatura de arquivos, padrões de *layers* e apresentação de plantas. Ressalta-se que estas rotinas não foram desenvolvidas de forma sistemática, isto é sem documentação dos padrões e treinamento dos usuários.

O argumento utilizado pelos engenheiros estruturais para o não desenvolvimento de rotinas em CAD é que a representação dos projetos estruturais é relativamente simples, se comparada ao projeto de arquitetura, não havendo a necessidade de muitos *layers*. Quanto à nomenclatura de arquivos, alguns

destes *softwares* de estruturas já possuem uma estrutura própria de nomeação, ficando a critério do profissional a sua adoção.

Constatou-se também que apenas um escritório de sistemas de instalações prediais desenvolveu rotinas em CAD, sendo que estas estavam predominantemente voltadas a criação de uma biblioteca de blocos e nomenclatura de arquivos. Os outros dois escritórios, como costumam terceirizar o serviço de cadistas, utilizam as formas de representação utilizada por esses.

É importante ressaltar que nenhum escritório de projetos, na época do diagnóstico, possuía documentação de padrões de CAD. Os poucos padrões desenvolvidos nos escritórios eram repassados informalmente aos novos profissionais contratados.

e. Parte 5: Processo de troca de informações

Verificou-se que os meios de comunicação mais utilizados para troca de informações entre projetistas são, predominantemente, através de reuniões, contatos telefônicos ou fax. O *e-mail* estava começando a ser utilizado para envio de arquivos entre projetistas. Porém, as formas de comunicação mais utilizadas entre projetistas e empresas construtoras eram o contato telefônico, fax, disquete e envio de plantas plotadas.

5.1.2 Trabalho de assessoria do escritório de projetos DWG

Baseado na revisão bibliográfica relacionada às novas tendências das tecnologias da informação (apresentadas no capítulo 2) e nas discussões realizadas durante o período de assessoria do escritório DWG, o grupo de pesquisadores do SGQPPE tinha como pretensão iniciar a implementação de melhorias significativas no processo de projeto nos escritórios que haviam participado do diagnóstico. Estas melhorias estavam voltadas inicialmente a questões básicas como desenvolvimento de uma nomenclatura padrão para arquivos de desenho e diretrizes para produção de desenhos no computador e apresentação de projetos. Mas, buscava-se principalmente, introduzir uma sistemática de trabalho que permitisse o desenvolvimento do projeto em três dimensões e a introdução do conceito da linguagem orientada a objeto na produção de desenhos no computador, conhecimento este já adquirido e utilizado no escritório de projetos DWG.

Através das discussões da equipe de projeto SGQPPE com a consultora, foi proposto um cenário para o método de produção de desenhos, considerando o uso de CAD 3D e de linguagem orientada a objeto.

O quadro 5.8 apresenta a comparação entre o método tradicional de produção de desenhos no computador e este cenário, de forma a explicitar patamar no qual se pretendia alcançar no presente trabalho.

No entanto, os resultados do diagnóstico e das discussões do *workshop* da fase de pesquisa exploratória mostraram indícios de que os profissionais não estavam preparados para a introdução destas inovações. Os motivos identificados foram a falta de prática em 3D (embora existisse o aprendizado), o desconhecimento quase que total do conceito de linguagem orientada a objeto e a inadequada configuração dos computadores. Conforme é mostrado posteriormente, as etapas subseqüentes do estudo de caso (diagnóstico nas empresas e *benchmarking*) confirmaram esta percepção.

QUADRO 5.8 - Comparação entre o método tradicional de projeto em sistemas CAD com o método proposto pelo SGQPPE

Método tradicional de produção de desenhos em CAD	Cenário para o método de produção de desenhos proposto pelo SGQPPE
Usa objetos da geometria para projetar.	Usa objetos e classes de objetos da construção civil para projetar.
Representação da edificação em 2D.	Representação da edificação em 3D.
Espaço do modelo (edificação) e da folha (plantas) são o mesmo.	Espaço do modelo (edificação) e da folha (plantas) são dissociados.
Padronização dos arquivos é voltada a <i>layers</i> .	Existem vários padrões, tais como: unidade de medida, classes de objetos, e também <i>layers</i> .
O controle de qualidade do projeto ocorre predominantemente no papel.	O controle de qualidade do projeto é executado parte no computador, parte no papel.
O referencial geométrico é a folha de impressão.	O desenho está referenciado a eixos ortogonais (em 3 dimensões), cujo posicionamento é realizado de acordo com as necessidades dos objetos.
Exige pouco treinamento de projetistas e da gerência de projetos, pois a forma de trabalhar não é muito diferente do trabalho da prancheta.	Exige mais treinamento e conhecimento em CAD de projetistas e da gerência de projetos, principalmente com respeito a utilização de três dimensões e conceito de objeto.
Ocupa menos espaço de memória, pois modelos bi-dimensionais contêm menos informações.	Ocupa mais espaço de memória por conterem mais informações. Por outro lado, do ponto de vista do conteúdo, a informação disponível agrega mais valor ao projeto. Além disso, com a dissociação do espaço do modelo, do espaço da folha, muitas informações podem ser eliminadas dos arquivos.
Maior produtividade inicial, mas menor produtividade global.	Maior produtividade global, mas menor produtividade inicial.
Dificulta a interoperabilidade.	Facilita a interoperabilidade.

5.1.3 Conclusões da fase de Pesquisa Exploratória

As principais conclusões da fase exploratória foram as seguintes:

- o processo de projeto adotado pelos projetistas de arquitetura, estrutura e instalações é bastante diferenciado, refletindo-se também na maneira como são produzidos e manipulados os arquivos de desenhos;
- algumas práticas do método tradicional ainda são utilizadas no processo de projeto informatizado. Destaca-se o uso de edição de cotas e utilização da folha como referencial geométrico;
- 3D ainda é uma tecnologia pouco utilizada. Embora sejam reconhecidos seus benefícios, não existe uma tendência de mudança em curto prazo devido à necessidade de investimentos em equipamentos e treinamento;
- existe um grande potencial em melhorar o uso dos sistemas CAD no que diz respeito à produção de desenhos e gerência destes.

5.2 Resultados obtidos na FASE 2 - Estudo de Caso

5.2.1 Trabalho nas empresas

O diagnóstico inicial teve por objetivo conhecer o processo de desenvolvimento do produto, bem como o nível de informatização das empresas construtoras incorporadoras estudadas.

Percebeu-se que ambas as empresas possuíam um processo de desenvolvimento do produto bem definido, fruto do trabalho desenvolvido por TZORTZOPOULOS (1999). Entretanto, o nível de informatização destas, na época do diagnóstico, era relativamente baixo e não havia intenção por parte dos diretores de realizar grandes investimentos em tecnologia da informação e em treinamento em curto prazo.

A **empresa B** contava com oito computadores, sendo que cinco deles eram Pentium 100 com 32 mega bytes de memória, não estando os mesmos ligados em rede. O motivo citado pelo diretor da empresa, para não existência de rede recaía sobre os custos de investimento. Destes oito computadores, apenas o computador do gerente de projetos possuía AutoCAD 14 e o aplicativo *Archi 3D*.

Até novembro de 1998, a empresa contratava um arquiteto para desenvolver a atividade de gerência de projetos. Entretanto, este profissional utilizava ineficientemente os sistemas CAD para integração dos projetos. A empresa não possuía padrões para produção de desenhos no computador, apresentação de projetos, bem como para troca de informações eletrônicas. Assim, muitas vezes a integração entre projetos era realizada através da sobreposição de plantas, sem qualquer avaliação

sistemática do projeto. Além disso, não eram documentadas as trocas de informações e decisões tomadas e a nomenclatura de arquivos era um problema gerencial difícil de ser resolvido, visto que cada escritório de projeto adotava seu padrão próprio.

A empresa B passou por algumas mudanças no seu quadro administrativo e, a partir de janeiro do ano de 1999, a função de gerência de projetos passou a ser desempenhada por um dos diretores da empresa. Entretanto, este diretor não possuía experiência em CAD. Assim, a partir desta data, os próprios projetistas eram responsáveis pela integração entre os projetos. O recebimento e manuseio de arquivos de projeto pela construtora, destinavam-se apenas à reprodução de cópias das plantas para a obra.

A **empresa C**, na época do diagnóstico, tinha adquirido recentemente sete computadores, sendo a maioria destes Pentium II com 64 *mega bytes* de memória. Além disso, estes computadores estavam ligados em rede e a um servidor. Apenas dois computadores possuíam o AutoCAD 14.

Até janeiro de 1999, o diretor desta empresa era o responsável por desenvolver a atividade de gerência de projetos. Entretanto, esta atividade era realizada através da sobreposição de plantas, visto que o diretor da empresa não possui conhecimento suficiente em sistemas CAD. A partir de janeiro de 1999, esta empresa contratou uma arquiteta, em turno parcial, para desenvolver a atividade de gerência de projetos. Entretanto, percebeu-se que não houve um avanço muito significativo do uso dos sistemas CAD na integração de projetos, visto que esta profissional possuía pouca experiência em CAD e, além disso, esta acumulava a função de engenheira de obras. Uma estagiária que trabalhava com sistemas CAD foi contratada em agosto de 1999.

Em suma, em ambas as empresas não havia padrões para produção de desenhos no computador e apresentação de projetos, bem como padrões para gerência dos arquivos de desenho. Além disso, verificou-se que os gerentes de projeto ainda desenvolviam suas atividades através da sobreposição de plantas sem nenhum método de trabalho pré-definido e que não existia um controle de versões de plantas e memoriais enviados à obra.

5.2.2 Desenvolvimento do primeiro lote de padrões

No início do mês de abril de 1999 um primeiro lote de quatro padrões foi desenvolvido: (a) Estrutura de Diretórios (para as empresas construtoras incorporadoras e escritórios de projeto); (b) Nomenclatura de arquivos de desenho; (c) Diretrizes para produção de desenhos no computador; (d) Diretrizes para apresentação de projetos. Estes foram discutidos nas empresas construtoras incorporadoras e entregues aos gerentes de projeto para sua implementação. Entretanto, apenas a empresa "C" os

implementou parcialmente. Neste período, foram implementados os procedimentos relacionados à estrutura de diretórios, nomenclatura de arquivos e parte do padrão relativo à apresentação de projetos.

5.2.3 Benchmarking

A expectativa inicial era de que este grupo de escritórios de projetos de São Paulo tivesse um nível de informatização relativamente superior ao detectado nos escritórios de projeto de Porto Alegre. Entretanto, após as entrevistas de *benchmarking*, constatou-se que as práticas não eram muito diferentes.

Entretanto, salienta-se que os dois escritórios de projeto mais avançados em termos de informatização (estruturas e sistemas de instalações prediais), foram os que também desenvolveram seus próprios *softwares* de projeto. Ambos os profissionais entrevistados comentaram que não foram encontrados aplicativos vendidos comercialmente que atendessem suas necessidades de projeto.

Verificou-se que o método de produção de desenhos no computador utilizado pela maioria dos entrevistados é o de arquivos isolados. Apenas o escritório de arquitetura utiliza CAD 3D, mas apenas para o estudo de perspectivas, cores e texturas. Após definidas as fachadas e acabamentos da edificação, o projeto passa a ser desenvolvido em duas dimensões.

Com exceção do projetista de modulação de alvenaria, todos os demais afirmaram não sentir necessidade do uso de CAD 3D. Entretanto, este escritório de modulação de alvenaria não investe nesta tecnologia devido aos altos custos que teria que despender na compra de equipamentos e capacitação de profissionais - ao todo eram 20 computadores ligados em rede.

Constatou-se que os meios de comunicação mais utilizados para as trocas de informação são primeiramente os contatos telefônicos e as reuniões, seguidos de *e-mail* e fax. Entretanto, verificou-se que quase todos os escritórios desenvolveram procedimentos para registrar estas trocas de informação que ocorriam informalmente. Assim, segundo os entrevistados, pode-se obter uma melhor rastreabilidade das informações trocadas.

Os procedimentos mais desenvolvidos nos escritórios de projeto estavam relacionados à nomenclatura de arquivos, registro das trocas de informação e padrões de desenho (escalas de impressão, formatos, espessuras e tipo de linhas, entre outros). Verificou-se que alguns escritórios (dois de estruturas e um de sistemas de instalações prediais) incorporaram alguns procedimentos desenvolvidos nos programas utilizados. Como exemplo, pode-se verificar: (a) a criação de um banco de dados no *software Access* no qual estão discriminados os desenhos produzidos, os responsáveis por estes, as datas, revisões e horas

despendidas no projeto; (b) rotina em *Auto Lisp* para encontrar cotas editadas; (c) utilização de planilhas *Excel* vinculadas a arquivos de CAD, para obtenção de quantitativos.

Entretanto, todos os profissionais comentaram que ainda existem procedimentos a serem materializados, mas que isto não acontece, em geral, por falta de tempo ou de recursos humanos. Isto é, a organização do processo ainda não é uma prioridade na maioria dos escritórios de projetos.

Em apenas um escritório (sistemas de instalações prediais), percebe-se que a informatização é tida como uma estratégia de negócio. Neste escritório os projetistas participavam de um grupo de estudo, sendo destinadas aproximadamente duas horas semanais para o estudo de *softwares* utilizados no escritório. Inicialmente foi estudado o AutoCAD 14. Assim, cada profissional era responsável por estudar o tema abordado no grupo de estudo e levar uma dica do programa. Esgotado o estudo do AutoCAD 14, o grupo passou a estudar o programa *Office*. Desta maneira, o escritório conseguiu nivelar o treinamento de todos os profissionais e aumentar a produtividade. Além do grupo de estudo, três dos 35 profissionais deste escritório, despendem diariamente meio turno para o desenvolvimento de procedimentos, rotinas e padrões.

Finalmente, constatou-se que apenas um profissional alegou conhecer a linguagem orientada a objeto, mas justifica ter este conhecimento devido ao fato de ter desenvolvido *softwares* no seu escritório. Este especialista reconhece as vantagens e benefícios que o uso desta linguagem traria aos *softwares* destinados ao projeto de edificações. Entretanto, salienta que a divulgação e utilização da linguagem orientada a objeto destinada ao uso em sistemas CAD estão muito lentas em relação à velocidade em que as tecnologias da informação vêm evoluindo atualmente.

5.2.4 Desenvolvimento do segundo lote de padrões

As entrevistas de *benchmarking* deram suporte à pesquisadora para o desenvolvimento de outros dois padrões. Assim, no início do mês de junho do ano de 1999, foi produzido um segundo lote com os seguintes padrões: (a) protocolo de envio de arquivos de desenho e plantas, (b) protocolo de recebimento de arquivos de desenho e plantas. Estes foram discutidos nas empresas construtoras incorporadoras e entregues aos gerentes de projetos para sua implementação.

5.2.5 Grupo de Trabalho (GT1)

Também neste caso, verificou-se que o método de produção de desenhos mais utilizado pela maioria dos projetistas era o de arquivos isolados. Dos oito participantes do grupo, apenas dois profissionais (instalações e modulação de alvenaria) afirmaram utilizar arquivos de referência externa. Os demais desconheciam este método.

O planejamento das atividades do GT1 mostrou-se mais eficaz para a pesquisadora do que para os integrantes do grupo, visto que a maioria destes não cumpria as tarefas estipuladas previamente para as reuniões. Isto reforça a afirmação de que os profissionais não investem tempo e dedicação na melhoria dos seus processos. Entretanto, o sucesso do GT1 pode ser atribuído a ampla participação dos integrantes, através de sugestões, críticas e depoimentos da experiência do dia-a-dia. Um fator que também contribuiu para esta participação foi a maneira informal no qual as reuniões eram conduzidas.

Embora todos os escritórios de projeto possuíssem *e-mail*, constatou-se que a maioria dos projetistas ainda não tinha adquirido o hábito de abri-lo e lê-lo diariamente. Além disso, os horários de verificação do recebimento de mensagens eram diferentes na maioria dos casos. Como o *e-mail* foi o meio de comunicação adotado pelo GT1, inicialmente ocorreram alguns problemas. Para solucionar este impasse, foi necessário estabelecer uma rotina de abertura da caixa de correspondência eletrônica pelo menos uma vez ao dia, no turno da manhã, visto que este era, em geral, o único horário em que os projetistas alegavam ter mais tempo para isto. Assim, as mensagens relativas às atas e avisos eram enviadas sempre à noite para serem lidas no primeiro horário da manhã do dia seguinte.

5.2.6 Entrevistas de apoio

Com exceção das entrevistas realizadas com os coordenadores de projetos, os demais resultados encontram-se descritos ao longo da apresentação das diretrizes e padrões propostos.

5.2.6.1 Entrevistas com coordenadores de projeto

Inicialmente é importante ressaltar a diferença entre as atividades de gerência de projetos e coordenação de projetos.

A gerência de projetos é entendida neste trabalho como sendo uma atividade de gestão das interfaces entre equipe de projeto e empresa construtora incorporadora. Neste caso, o gerente de projetos é o interveniente no processo de desenvolvimento do produto que tem a visão estratégica da empresa. Este desempenha atividades de cunho gerencial e de planejamento do empreendimento.

Já a coordenação de projetos é uma atividade de gestão das interfaces no processo de projeto. Esta atividade é mais operacional, pois requer que o coordenador de projetos tenha além de habilidades gerenciais, domínio no uso dos sistemas CAD. Algumas das atribuições relacionadas à coordenação de projetos são: análise e integração de arquivos de desenho entre as diferentes especialidades de projeto,

gestão do fluxo de informações e controle de versão de documentação, produção de novas plantas para atender à produção, desenvolvimento de relatórios de acompanhamento do processo para empresa, entre outros.

Salienta-se que as funções de gerência e coordenação de projetos podem ser desempenhadas pelo mesmo profissional em empresas de pequeno porte.

No mercado da construção civil de Porto Alegre, foram encontrados apenas três engenheiros civis que desenvolvem especificamente a função de coordenadores de projeto. Estes foram intituladas CP1, CP2 e CP3.

As atividades desenvolvidas pelos CPs são geralmente a determinação do cronograma de entrega dos projetos, a convocação de reuniões, fazer as atas das reuniões e repassá-las para os demais intervenientes.

Apenas o GP1 afirmou que desenvolve um relatório de acompanhamento mensal para a empresa construtora incorporadora e desenvolveu dois cadernos de diretrizes aos quais os projetistas devem seguir. O primeiro caderno refere-se a um guia para utilização dos sistemas CAD, contendo listagem de layers, definição do ponto inicial do desenho, formatos das plantas, entre outros. O outro contém diretrizes relacionadas à legislação para aprovação dos projetos. Do mesmo modo, o GP1 afirmou que não altera os arquivos originais recebidos, mas desenvolve novas plantas do projeto executivo a partir destes. Por exemplo, foi mostrada uma planta de detalhamento do forro de gesso, desenvolvida pelo GP1, em que os arquivos de instalações elétricas (pontos de luz no teto), proteção contra incêndio (*sprinklers*) e ar condicionado (saídas de ar) tinham sido integrados através da gerência dos *layers* e geraram uma nova planta. Verificou-se, no entanto, que havia incompatibilidades entre os três elementos, isto é, existiam elementos sobrepostos. Ressalta-se que os projetos de instalações elétricas e proteção contra incêndio foram desenvolvidos no mesmo escritório de projetos.

Constatou-se que o GP2 não teve treinamento em sistemas CAD e não tinha pretensão de investir no aprendizado a curto e médio prazo, alegando que apresenta dificuldade na visualização dos arquivos, visto que não se pode ter a visão total da planta no monitor. Assim, o GP2 realiza a integração dos projetos através da sobreposição das plantas em papel vegetal. Também se verificou que não foi desenvolvido um método para integração dos projetos, nem mesmo *check lists*. Assim, segundo o GP2, esta atividade vinha sendo desenvolvida através da experiência adquirida e "intuição".

Embora o GP3 tivesse domínio dos sistemas CAD, a integração de projetos era realizada através da sobreposição de arquivos de desenho e também sobreposição de plantas. Este profissional não altera os arquivos de desenho originais, mas não gera novas plantas. Também não havia desenvolvido *check list* de

verificação, máscara padrão para nomenclatura de arquivos ou diretrizes para produção de desenhos no computador. Segundo o entrevistado, a atividade de integração de projetos também é desenvolvida de acordo com a experiência adquirida.

Quanto aos meios de comunicação mais utilizados para a troca de informações, verificou-se que as plantas e disquetes são os meios mais utilizados. O GP1 alegou que estava enfrentando problemas para enviar e receber arquivos de desenho por *e-mail*, visto que estava trabalhando em um projeto muito complexo e com muitos intervenientes envolvidos. Assim, optou por utilizar somente disquetes e plantas enviados pelo *motoboy*. O GP2, como não utiliza CAD, só trabalha com plantas e o GP3 foi o único que alegou preferir utilizar o *e-mail* para trocas de informações, envio e recebimento de arquivos de desenho.

Apesar do GP1 ser o profissional que apresenta um nível maior de organização entre os entrevistados, o mesmo não desenvolveu procedimentos para documentação das trocas de informações e arquivos enviados e recebidos, não desenvolveu uma máscara para nomenclatura de arquivos de desenho, não utiliza Xref e *paper space*. Além disso, não vislumbra a hipótese de utilizar 3D a curto e médio prazo na integração de arquivos de desenho.

Em suma, pode-se concluir que a atividade de gerência de projetos pode ser desenvolvida, tendo como suporte uma série de ferramentas que auxiliem na integração de arquivos de desenhos, bem como no rastreamento das informações produzidas no processo de projeto. Além disso, estas ferramentas devem se apresentar num formato flexível de modo que possam ser adaptadas às diferentes práticas organizacionais das empresas construtoras incorporadoras. Assim, conclui-se que a ineficaz capacitação destes profissionais pode por em descrédito esta importante atividade dentro do processo de desenvolvimento do produto.

5.2. 7 Conclusões Preliminares do Estudo de caso

Realizada a pesquisa exploratória e tendo começado as etapas iniciais do estudo de caso, chegou-se as seguintes conclusões parciais.

- o método de produção de desenhos no computador mais utilizado é o de arquivos isolados com o uso de múltiplas fontes;
- tanto empresas construtoras incorporadoras, quanto os escritórios de projetos reconhecem a importância do desenvolvimento de padrões para produção de desenhos no computador e gestão do fluxo

de informações no processo de projeto informatizado. Entretanto, não despendem tempo e recursos para seu desenvolvimento e implementação;

- *e-mail* ainda é pouco utilizado nas trocas de informações e envio de arquivos tanto entre empresas e projetistas como entre projetistas;
- linguagem orientada a objeto e *extranets* são tecnologias ainda desconhecidas para a maioria dos entrevistados.

Diante deste contexto, o grupo de pesquisadores do SGQPPE concluiu que não havia tempo suficiente - aproximadamente um ano e meio - para desenvolver um trabalho visando a introdução de melhorias radicais no método de produção de desenhos. Além disso, constatou-se que havia a necessidade de desenvolver algumas melhorias incrementais no processo de projeto informatizado corrente.

A partir destas conclusões preliminares, os objetivos deste trabalho tiveram que ser ajustados. Optou-se por fazer um trabalho de conscientização e padronização de alguns aspectos do processo de projeto informatizado, buscando introduzir incrementalmente as novas tendências das tecnologias da informação, de modo que futuros trabalhos possam avançar os estudos e alcançar as metas traçadas inicialmente neste trabalho.

A seguir são apresentados as diretrizes e padrões propostos para melhorar a gestão do fluxo de informações no processo de projeto informatizado.

5.3 Os padrões desenvolvidos

Os padrões desenvolvidos podem ser classificados em três categorias:

- Quanto à organização, classificação e armazenamento das informações: Estrutura de diretórios, Nomenclatura e *Back up* de arquivos de desenho;
- Quanto aos controles das trocas de informações (digitais e/ou de cópias físicas - plantas e memoriais descritivos): Protocolos de envio e recebimento de arquivos e/ou plantas e Controle de versão de plantas e/ou memoriais enviados à obra;
- Quanto à produção de arquivos de desenho e apresentação de plantas: Diretrizes para produção de desenhos no computador, Nomenclatura de *Layers*, *Layers* para Integração e Diretrizes para apresentação de projetos.

Estes padrões foram desenvolvidos visando:

- conscientizar quanto à importância da padronização e documentação das informações relacionadas ao processo de projeto;
- aumentar a eficiência do uso dos sistemas CAD e tecnologias da informação disponíveis;
- melhorar a integração e compartilhamento de informações entre disciplinas de projeto;
- melhorar o armazenamento, organização e rastreabilidade das informações trocadas e/ou produzidas;
- fortalecer as parcerias através das discussões dos padrões e utilização da mesma "linguagem" na produção de desenhos.

Salienta-se que a maioria dos padrões desenvolvidos nas empresas B e C não apresentam diferenças significativas.

O aperfeiçoamento dos padrões no GT2 teve pouco impacto sobre os produzidos no estudo de caso. Entretanto, o único que apresentou melhorias significativas foi o padrão de nomenclatura de arquivos de desenho, que é mostrado posteriormente. Portanto, os padrões apresentados a seguir, com exceção do citado anteriormente foram essencialmente discutidos e desenvolvidos no estudo de caso. A seguir, estes padrões são apresentados conforme a sua classificação.

5.3.1 Padrões relacionados à organização, classificação e armazenamento das informações

5.3.1.1 Estrutura de Diretórios e organização das estações de trabalho

As folhas de desenho são o produto final do processo de projeto tradicional. No processo de projeto informatizado os arquivos digitais constituem-se, na maior parte do processo, o meio de desenvolvimento do projeto gerando apenas, em determinadas fases do processo, o produto físico - as folhas de desenho.

Como a superfície de contato no computador é menor, a informação precisa ser expressa de uma maneira clara através da nomenclatura de arquivos, bem como ser armazenada adequadamente na estrutura de diretórios, para que seja de fácil acesso. A eficácia da organização da informação também depende do sistema de organização das estações de trabalho. Se as estações estiverem ligadas em rede,

os arquivos de projeto podem ser compartilhados entre pessoas autorizadas¹². Este tipo de sistema facilita a gerência dos arquivos de desenho. Além disso, garante que todos os profissionais do escritório trabalhem com os mesmos parâmetros de desenho quando forem desenvolvidos os *templates* (item 3.2.4.1 do Capítulo 3). Entretanto, se as estações não estiverem ligadas em rede, a gerência destes arquivos fica dificultada, pois pode-se ter um mesmo arquivo de desenho em mais de uma estação de trabalho. Segundo NUNES (1997), isto configura uma forma de risco de duplicação de arquivos ou mesmo desatualização dos mesmos quando não são implantados procedimentos de atualização de versões.

No GT1 aproximadamente 66% dos projetistas possuíam as estações de trabalho ligadas em rede. Entretanto, apenas 50% possuem servidor. Ressalta-se que estes números são relativos apenas aos seis projetistas que participaram da reunião onde este assunto foi discutido.

Com relação à estrutura de diretórios, pode haver inúmeras possibilidades de estruturação, dependendo exclusivamente da prática da empresa ou escritório em organizar as suas informações. Além disso, a estrutura de diretórios está fortemente ligada à nomenclatura de arquivos, ao sistema de organização das estações de trabalho (em rede, ponto a ponto, com ou sem servidor) e, conseqüentemente, ao *back up* de arquivos.

Relacionou-se a estrutura de diretórios às etapas de desenvolvimento do produto adotadas pelas empresas. Assim, as informações foram organizadas de forma semelhante ao Manual da Qualidade do Processo de Projeto, facilitando a classificação, organização e a rastreabilidade das informações produzidas.

O padrão referente à estrutura de diretórios abordou somente os diretórios e subdiretórios referentes aos arquivos de desenho de projeto e documentos diretamente relacionados a estes, sendo que não existe a intenção de padronizá-la. O que se pretende é estipular algumas diretrizes básicas. Entretanto, é importante ressaltar que a estrutura de diretórios proposta só é necessária para a empresa construtora incorporadora que possuir a figura do gerente de projetos internamente, visto que este profissional é o encarregado de receber, armazenar, checar e integrar os arquivos de desenho.

Descrição do padrão - Estrutura de Diretórios para empresas construtoras incorporadoras.

- **OBJETIVO:** estabelecer diretrizes para classificação e armazenamento das informações referentes aos arquivos de desenho e documentos diretamente relacionados a estes.

¹² A utilização de senha é um recurso de proteção no qual os usuários podem ter acesso apenas a informações que são pertinentes ao seu escopo de trabalho.

- **USUÁRIOS:** diretoria, gerente de projetos, engenheiro de obra e estagiários.
- **DIRETRIZES:** Criação de três diretórios principais destinados ao armazenamento dos arquivos de desenho: TEMPORÁRIO, ESTUDOS e EMPREENDIMENTOS.

- **DESCRIÇÃO:**

O diretório TEMPORÁRIO é um diretório que serve de depósito por tempo limitado dos arquivos a serem compactados, para o envio à terceiros e/ou a serem descompactados, até que estes sejam movidos para os respectivos diretórios a que pertencem. Recomenda-se que, após o envio do arquivo compactado, elimine-se os arquivos deste diretório de forma que permaneça vazio.

O diretório ESTUDOS é necessário, à medida que vários estudos não chegam a se efetivar empreendimentos. Sugere-se que os subdiretórios sejam nomeados com a letra "E" (de estudo) seguido de uma das alternativas mostradas na Fig. 5.2:

a) **3 dígitos numéricos**, correspondentes a um número seqüencial de estudos da empresa construtora incorporadora - (hífen) **dígito alfabético** para diferenciação das alternativas (a, b, c, ..) - (hífen) **ano corrente**; ou

b) **Nome e número da rua** - (hífen) **dígito alfabético** para diferenciação das alternativas - (hífen) **ano corrente**.

a)	b)
(C:) ESTUDOS E026-a-2000 Nome do arquivo.dwg Nome do arquivo.dwg E026-b-2000 Nome do arquivo.dwg Nome do arquivo.dwg	(C:) ESTUDOS Eltaqui165-a-2000 Nome do arquivo.dwg Nome do arquivo.dwg Eltaqui165-b-2000 Nome do arquivo.dwg Nome do arquivo.dwg

FIGURA 5.2 - Exemplos da estrutura do diretório ESTUDOS

O diretório EMPREENDIMENTOS é o diretório que armazena os arquivos da alternativa de estudo escolhida e que se tornou empreendimento. Os subdiretórios correspondentes ao diretório EMPREENDIMENTOS podem ser nomeados conforme mostrado na Fig. 5.3.

- Nome** do empreendimento - (hífen) **ano corrente** ou;
- Nome e número** da rua - (hífen) **ano corrente** ou;
- 3 dígitos numéricos**, correspondentes a um número seqüencial referente à ordem de execução do empreendimento pela empresa construtora incorporadora (hífen) - **ano corrente**.

a)	b)	c)
(C:) EMPREENDIMENTOS MIRÓ-1999 VIVALDI-2000	(C:) EMPREENDIMENTOS Itaquí165-2000 Lucas760-2000	(C:) EMPREENDIMENTOS 012-1999 013-2000

FIGURA 5.3 - Exemplos da estrutura do diretório EMPREENDIMENTOS

No subdiretório MIRÓ, por exemplo, além do sub diretório referente aos arquivos de desenho (PROJETOS), podem existir outros com a finalidade de armazenar alguns documentos e planilhas referentes ao empreendimento em questão, conforme mostra a Fig. 5.4.

O subdiretório **PROJETOS** deve conter todas as disciplinas envolvidas no empreendimento: arquitetura, estrutura, alvenaria, fundação, topografia, instalações elétricas, telefônicas, hidráulicas, contra incêndio, *lay out* de canteiro, entre outros. Além disso, os subdiretório referentes às disciplinas de projeto foram sub divididos conforme as etapas de desenvolvimento do produto. No caso do projeto arquitetônico, utilizaram-se todas as etapas. Entretanto, para as demais disciplinas deve-se verificar a necessidade de utilização de todas estas.

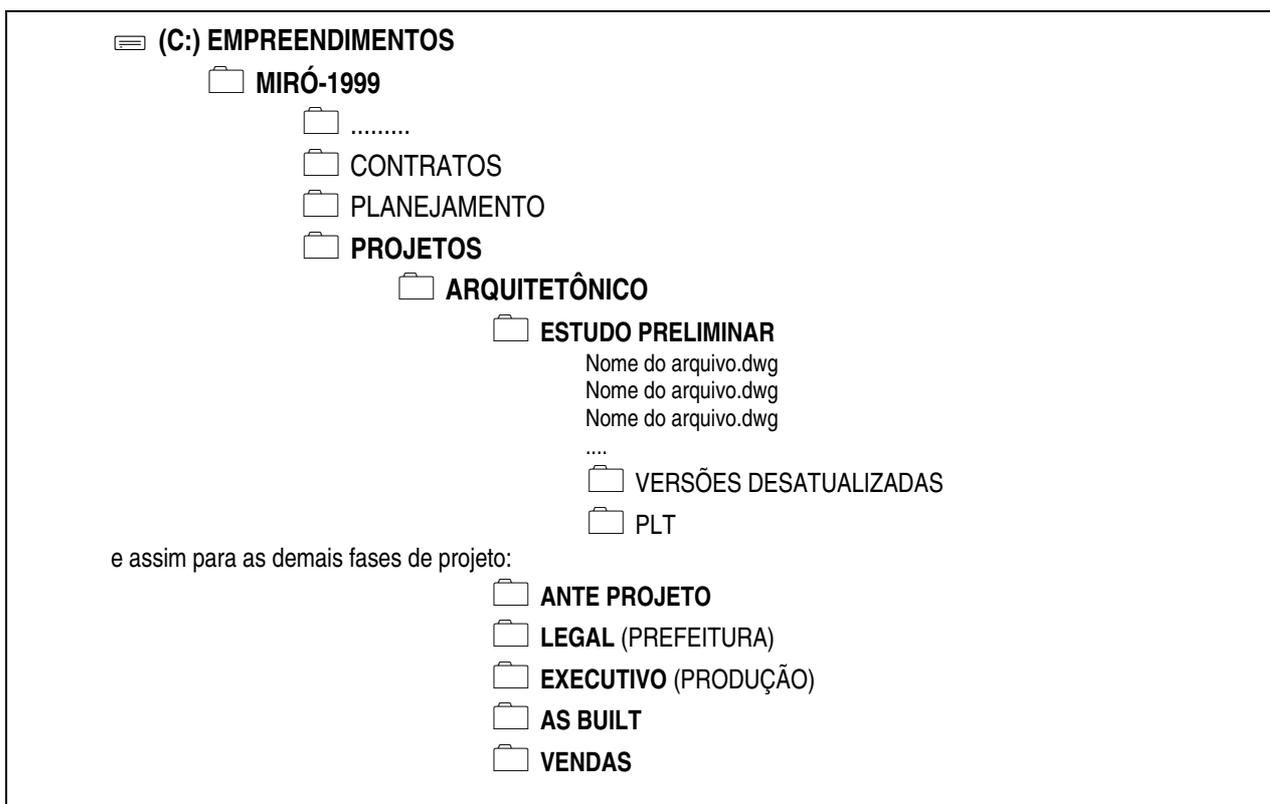


FIGURA 5.4 - Estrutura do diretório EMPREENDIMENTOS detalhada

Além disso, em cada subdiretório referente à etapa de desenvolvimento do produto, foram incluídos dois sub diretórios: Versões Desatualizadas e PLT. Ressalta-se, no entanto, que o subdiretório

Versões Desatualizadas deve armazenar somente uma versão anterior. As demais versões devem ser excluídas. Já os subdiretórios PLT, armazenam somente arquivos de impressão. Em entrevista com representante da *AutoDesk*, foi sugerido que os projetistas se educassem a trabalhar com este tipo de arquivo. Segundo o entrevistado, existem inúmeras vantagens em trabalhar com arquivos PLT, dentre as quais citou:

a. Segurança: como os arquivos com extensão PLT não podem ser visualizados, não existe o risco de alterações no projeto, tanto por acidente (ligar ou desligar *layers* indevidos) ou modificações propositais.

b. Fontes e versões: o modo PLT garante que as fontes e versões dos arquivos sejam plotados de acordo com o especificado, mesmo que a empresa copiadora não as possua.

5.3.1.2 Nomenclatura de arquivos de desenho

A necessidade de estabelecer padrões para nomenclatura de arquivos (bem como *layers*, como é mostrado posteriormente) é essencial para obtenção do melhor compartilhamento das informações gráficas (AIA, 1997).

Percebeu-se, através do diagnóstico da fase de pesquisa exploratória e do GT1 e GT2, que cada escritório de projetos possui uma forma de nomear os arquivos de desenho. Conseqüentemente, a gerência destes se torna dificultada visto que os nomes dos arquivos geralmente não são claros e, em geral, não transmitem as informações mínimas, importantes para quem vai manuseá-los.

A partir do AutoCAD 14 já é possível nomear os arquivos com mais de oito caracteres. Entretanto, *softwares* que ainda trabalham no sistema operacional DOS ainda possuem esta delimitação. Tanto na bibliografia nacional (NUNES, 1997) como internacional (AIA, 1997 e BS 1192/1998 - Parte 5) é sugerido este limite de oito dígitos. Entretanto, esta limitação no número de caracteres passa a ser um problema, pois são várias as informações que devem ser transmitidas em apenas oito caracteres.

As informações descritas a seguir foram apontadas no GT1 como informações que devem constar na nomenclatura de arquivos: (a) nome da planta; (b) versão do desenho; (c) responsável pela informação; (d) nome ou código do empreendimento; (e) etapa do processo de projeto e (f) número a planta.

Como se pode perceber, são muitas as informações a serem transmitidas e, além disso, estas devem ser classificadas segundo uma hierarquia. Assim, optou-se por propor uma máscara para

nomenclatura de arquivos de desenho que fosse mais flexível quanto ao número de caracteres, visto que a tendência futura é que os *softwares* que ainda possuem a restrição de nomeação com oito dígitos superem esta deficiência.

Ao contrário de alguns padrões de nomenclatura conhecidos, que utilizam apenas caracteres numéricos (NUNES,1997), utilizou-se caracteres alfabéticos e numéricos, de modo que a nomenclatura de arquivo seja fácil de ser lida e a informação possa se tornar transparente.

A máscara para nomenclatura de arquivos de desenho refere-se ao nome do arquivo de desenho dividido em campos, sendo que cada um dos campos tem um número pré-definido de dígitos, um conceito e uma hierarquia (BS 1192/1998 - Parte 5).

Salienta-se que o padrão de nomenclatura de arquivos apresentado a seguir é resultado das discussões do GT2.

Descrição do padrão - Nomenclatura de arquivos de desenho

- **OBJETIVO:** estabelecer a padronização da nomenclatura de arquivos de desenho, de modo que se tenha uma identificação única para arquivos de mesma classe.
- **USUÁRIOS DO PADRÃO:** gerente de projetos, engenheiro de obra, projetistas e estagiários.
- **DIRETRIZES:** Utilização de duas máscaras padrão para nomenclatura de arquivos. A primeira para arquivos **não compactados** e a segunda para **arquivos descompactados**.
- **DESCRIÇÃO:** Inicialmente é apresentado o padrão relativo à nomenclatura de arquivos não compactados, conforme Fig. 5.5.

Máscara para arquivos não compactados:

MÁSCARA	-	-	-	-	C	C	-	-	-	I	I	I	i	i	i	-	F	n	n	n	v	X
DESCRIÇÃO	Cód. Empresa			Hífen	Classe		Hífen	Cód. Projetista			Inform. Principal		Inform. Secund.			Hífen	Fa se	Nº da prancha			Versão	
STATUS	OPCIONAL											OPCIONAL										

FIGURA 5.5 - Máscara (formato longo) para nomenclatura de arquivos não compactados

Neste padrão adotou-se os seguintes campos:

- **Código da empresa** - este código pode representar o nome ou um número seqüencial de empreendimentos realizados pela empresa construtora incorporadora. Como esta definição ocorre, em

geral, num momento tardio do processo de projeto, os arquivos primeiramente acabam sendo identificados pelo código do projetista (localizado logo após a classe).

- Classe (ou disciplina de projeto) - a classe é representada por duas letras (conforme quadro 5.9), devendo ser separada pelos hífen para que o responsável pelo fornecimento do arquivo seja facilmente identificado.

QUADRO 5.9- Simbologias para o campo CLASSE

SIMBOLOGIA CLASSE (CC)	PROJETO	SIMBOLOGIA CLASSE (CC)	PROJETO
AU	Acústica	IN	Instalações contra Incêndio
AC	Ar Condicionado	IM	Instalações Mecânicas
AR	Arquitetura	LG	Lógica e cabeamento estruturado
AI	Arquitetura de Interiores	LO	Loteamento
EL	Instalações Elétricas	PS	Parcelamento solo
EA	Estrutura de Alumínio/Aço	MA	Modulação de Alvenaria
EC	Estrutura Concreto (conven-cional, pré-moldado, protend.)	PA	Paisagismo
EM	Estrutura de Madeira	TE	Instalações Telefônicas
FU	Fundações	TO	Topografia
HI	Instalações Hidrossanitárias	UR	Urbanismo
IP	Impermeabilização		

- Código do projetista - este código pode representar o nome da rua, nome do proprietário ou um número seqüencial de projetos realizados pelo escritório. Deve-se tomar cuidado com a utilização do nome da rua ou proprietário no nome do arquivo, pois o projetista pode desenvolver mais de um empreendimento numa mesma rua ou para um mesmo proprietário.

- Informação principal - geralmente, a informação principal representa o nome do pavimento, conforme mostra o quadro 5.10. Entretanto, pode descrever também desenhos como fachadas, cortes, entre outros.

O **anexo 3** apresenta exemplos de informações principais e secundárias para algumas disciplinas de projeto.

QUADRO 5.10- Simbologias para Informação Principal (pavimento)

SIMBOL.	PAVIMENTO	SIMBOL.	PAVIMENTO
Imp	Planta de Implantação	Pv2	2º Pavimento
Psi	Planta de Situação/Localiz.	Pvn	N Pavimento
Ss1	1º Subsolo	Cob	Pl. de Cobertura ou Terraço
Ss2	2º Subsolo	Tlh	Telhado
Ter	Térreo	Mez	Mezanino
SI1	1ª Sobreloja	ReS	Reservatório Superior
SI2	2ª Sobreloja	Int	Intermediário
Tip	Tipo		

Ressalta-se que este campo não deve ser preenchido em alguns casos dos projetos de instalações hidráulicas (planta de barriletes), estruturas (plantas de pilares e vigas) e modulação de alvenaria (paredes), visto que o desenho não está vinculado ao pavimento.

- Informação secundária - complementa as informações do pavimento. No caso dos projetos de instalações, estruturas e modulação de alvenaria, esta informação **não tem caráter opcional**, visto que este campo informa o tipo de desenho. Neste caso, a numeração da prancha tem extrema importância, visto que pode haver mais de uma prancha de pilares, barriletes e paredes.

- Fase do Projeto - a fase do projeto é identificada por uma letra maiúscula, conforme mostra o quadro 5.11.

QUADRO 5.11 - Simbologias para fases de projeto

SIMBOLOGIA	FASE	SIMBOLOGIA	FASE
E	Estudo Preliminar	P	Produção (Executivo)
A	Ante Projeto	B	As built
L	Legal (Prefeitura)		

- Número da planta - deve-se utilizar três dígitos para a numeração das pranchas. O terceiro dígito oferece uma flexibilidade quando houver a necessidade de criar uma nova prancha relacionada a um desenho apresentado numa prancha anterior. Por exemplo, pode-se precisar detalhar um elemento contido na prancha de implantação. Como esta geralmente é a planta número "001", a prancha de detalhamento, pode ser a "01a" (**letra minúscula**). Ressalta-se que esta convenção não é uma regra, devendo ser utilizada apenas para as "exceções".

- Versão - é indicada pela letra fixa "v" (minúscula), seguida da versão, representada pelas letras alfabéticas (maiúsculas) A, B, C, etc. A versão inicial é sempre a versão "A".

Máscara para arquivos compactados:

Como o arquivo compactado pode conter muitos arquivos de diferentes formatos (extensões) e versões, esta máscara apresenta-se mais simplificada, conforme mostra a Fig. 5.6. Seus campos possuem os mesmos conceitos que os descritos anteriormente na máscara para arquivos não compactados.

MÁSCARA	-	-	-	-	C	C	-	-	-	-	F
DESCRIÇÃO	Cód. Empresa		Hifen	Classe	Hifen	Cód. Projetista		Hifen	Fa se		
STATUS	OPCIONAL										

FIGURA 5.6 - Máscara para nomenclatura de arquivos compactados

5.3.1.3 *Back up* de arquivos de desenho

No processo de projeto tradicional, a cópia de segurança dos projetos é o original em papel vegetal, que permite reprodução da planta inúmeras vezes, conforme a necessidade. Porém, a durabilidade do original depende do bom armazenamento do mesmo. Já no processo de projeto informatizado, a preocupação com a cópia de segurança recai sobre os arquivos digitais. O *back up* pode ser feito de diversas formas, dependendo do tamanho do arquivo que se quer copiar e dos recursos que se dispõe. Os dispositivos de armazenamento mais utilizados atualmente são (MANZANO et al., 1998):

- os discos flexíveis (disquetes) de 1,44MB ou 100MB (disquetes de *ZIP Drive*);
- os discos rígidos (ou HD - *Hard Disc* ou *Winchester*) que ficam internamente ao gabinete do computador e não podem ser removidos;
- CDs que são utilizados através de periféricos de leitura e gravação. Permitem armazenar grande quantidade de dados.

Outro fator deve ser levado em consideração, além da preocupação quanto à forma de armazenamento do *back up*, é a frequência com que este deve ser realizado. Na realidade, a forma de armazenamento e a frequência do *back up* vão depender necessariamente do volume de produção de desenhos, da forma com que as estações de trabalho estão organizadas (com rede ou sem rede, com ou sem servidor) e dos recursos disponíveis para realização do mesmo.

Como as empresas construtoras incorporadoras estudadas terceirizam a produção de projetos, o padrão relativo ao *back up* de arquivos de desenho foi destinado ao uso dos projetistas, que são os

responsáveis pela segurança dos arquivos produzidos. Às empresas recai a responsabilidade do *back up* dos arquivos de documentos e de alguns arquivos de desenho que eventualmente venham a produzir.

As estações de trabalho, em geral, estão organizadas de duas maneiras: (a) com servidor; (b) sem rede e sem servidor. Por isso, foram desenvolvidos dois padrões de *back up* para atender estas duas formas de organização das estações de trabalho. A seguir são apresentadas apenas as diretrizes para realização de *back up* com o uso de servidor.

Os participantes do GT 1 chegaram à conclusão de que, em ambos os casos, a frequência deve ser diária, semanal e ao término do empreendimento.

Descrição do padrão - *Back up* de arquivos com o uso de servidor

- OBJETIVO: estabelecer diretrizes para realização de *back up* de arquivos de desenho e documentos relacionados a estes de modo que possam ser recuperados em caso de danos nos *winchesters* e/ou servidor.

- USUÁRIOS: diretoria, gerente de projetos, engenheiro de obra, projetistas e estagiários de projeto.

- DIRETRIZES: realização de cópias de segurança com frequência diária, semanal e ao término do empreendimento.

- DESCRIÇÃO:

Para o *back up* diário sugere-se o desenvolvimento de uma rotina automática que faça a cópia de segurança no servidor, preferencialmente durante a madrugada

Já no caso do *back up* semanal, deve-se escolher uma pessoa na empresa ou escritório encarregada de, semanalmente, compactar (se necessário) e fazer duas cópias em disquete (100MB) dos diretórios relativos aos arquivos de desenho e documentos de todos os empreendimentos. Uma cópia deve ficar na empresa construtora incorporadora e/ou escritório de projetos e a outra em outro lugar, de preferência, ao encargo dos seus respectivos donos.

O *back up* do empreendimento foi desenvolvido especificamente para os escritórios de projeto. Ao término de cada empreendimento, marcado pela concessão do habite-se da edificação, a pessoa encarregada do *back up* no escritório de projetos deve compactar (se necessário) e fazer três cópias da última versão do projeto completo em CD. Uma cópia é entregue à empresa construtora incorporadora, uma fica no escritório de projetos e a outra em outro lugar de preferência, sob a responsabilidade do dono do

escritório. Sugere-se que este *back up* seja feito em CD, visto que o mesmo apresenta-se mais seguro que os disquetes quanto ao armazenamento dos dados à longo prazo.

5.3.2 Padrões relacionados aos controles das trocas de informações

5.3.2.1 Protocolos de envio e recebimento de arquivos de desenho e plantas

A natureza dinâmica do processo de construção, a interdependência entre os vários intervenientes envolvidos, assim como a necessidade de trabalho em grupo, flexibilidade e alto grau de coordenação são alguns fatores que demonstram a importância da comunicação na indústria da construção (AHMAD et al., 1995). Ultimamente, em virtude dos avanços na tecnologia da informação, como *internet*, *e-mail*, e outros, esta comunicação passou a ser mais facilitada. Entretanto, MIDDLEBROOK (1998) salienta que embora este meio de comunicação já tenha se difundido na indústria da construção a sua utilização ainda acarreta problemas. Segundo o mesmo autor, estes problemas, em geral, são causados pela complexidade inerente à coordenação dos vários grupos envolvidos no processo de projeto e pela falta de fornecimento de informações mínimas por parte do remetente.

Esta realidade foi constatada tanto no diagnóstico com os projetistas, na fase exploratória, como nas entrevistas realizadas em São Paulo e no GT1. Assim, foram desenvolvidos os padrões Protocolo de Envio de Arquivos de Desenho e Plantas e Protocolo de Recebimento de Arquivos de Desenho e Plantas. Estes protocolos foram estruturados de forma que possam ser utilizados tanto no envio de arquivos de desenho (através de *e-mail*) como de cópias físicas (plantas ou disquetes).

O objetivo do protocolo, no caso de envio de arquivos, é comunicar ao destinatário as informações mínimas para que o arquivo possa ser aberto, lido, trabalhado e reproduzido sem problemas. Já o Protocolo de Recebimento de Arquivos e Plantas tem por objetivo acusar o recebimento dos arquivos enviados pelo remetente, comunicar algumas observações e/ou não conformidades, tanto com relação à integridade dos arquivos (erros na leitura, presença de vírus) quanto não conformidades relacionadas ao conteúdo dos desenhos.

Através da utilização destes dois protocolos, pretende-se que as trocas de informações sejam documentadas e armazenadas, de forma que se tenha uma rastreabilidade e responsabilidade das decisões tomadas ao longo do processo de projeto.

Descrição do padrão - Protocolo de envio de arquivos de desenho e plantas

- **OBJETIVO:** estabelecer o procedimento para o envio de arquivos de desenho e/ou plantas de modo a facilitar a manipulação destes pelo destinatário.
- **USUÁRIOS:** gerente de projetos e projetistas.
- **DIRETRIZES:** utilização de um padrão que aborde três fatores importantes no envio de arquivos: (1) instruções para manipulação de arquivos de desenho; (2) tabela de convenção para cores e espessuras de penas; (3) relação de arquivos e plantas enviados. O primeiro e segundo itens devem ser preenchidos somente no caso de envio de arquivos, seja por *e-mail* ou disquetes.
- **DESCRIÇÃO:**

O primeiro item deste padrão, Instruções para manipulação de arquivos de desenho, informa alguns dados para identificação e leitura dos arquivos como: *softwares* e versões utilizadas, descrição da localização do ponto inicial do desenho, utilização de fontes que não sejam padrão dos sistemas CAD e informação sobre o envio de arquivos de referência externa ou necessidade de congelamento de alguns *layers* e outras informações que possam ser relevantes na manipulação destes.

O segundo item, Tabela de convenção para cores e espessuras de penas, tem o objetivo de informar ao receptor, a convenção de penas e cores utilizadas, já que não existe uma convenção padrão. Assim, evita-se que o usuário do arquivo perca tempo na identificação destes parâmetros quando necessitar manipular e imprimir estes arquivos. Se os arquivos forem do tipo PLT, esta tabela não precisa ser preenchida.

Finalmente, o terceiro item deste padrão, Relação de arquivos e plantas enviados, é uma planilha no qual estão descritos os nomes dos arquivos compactados e descompactados enviados, acompanhado do nome e número da planta, versão e informações adicionais, conforme mostra o quadro 5.12.

QUADRO 5. 12 - Planilha contendo relação de arquivos e/ou plantas enviados

Nome Arquivo Compactado	Nome arquivo Descompactado	Nome planta	Nº planta	Versão	Data versão atual	Data Alteração	Informações adicionais

Este padrão pode ser utilizado tanto no envio de arquivos através de *e-mail* ou através de cópias físicas (disquetes ou plantas). Neste último caso, o protocolo de envio é feito em duas vias, sendo que uma

delas deve retornar ao remetente assinada como forma de comprovação do recebimento do disquete ou plantas.

A empresa C achou necessária a inclusão de mais um item neste documento. Entretanto, este é de uso exclusivo da empresa e foi intitulada Planilha controle interno: envio de arquivos atualizados para projetistas. Este item é composto por uma planilha no qual o gerente de projetos ao receber uma nova versão de arquivo de desenho de uma determinada disciplina, registra o nome do arquivo, planta, data e versão, bem como os projetistas para os quais a nova versão de arquivo deve ser enviada. Assim, tem-se um controle das versões a serem enviadas aos intervenientes. A empresa "B" não considerou importante a inclusão deste item.

Descrição do padrão - Protocolo de recebimento de arquivos de desenho e plantas

- **OBJETIVO:** estabelecer o procedimento para o recebimento de arquivos digitais e/ou plantas, visando certificar o remetente que o material enviado foi recebido e verificado.

- **USUÁRIOS:** gerente de projetos e projetistas.

- **DIRETRIZ:** utilização de um padrão que informe ao remetente que o arquivo foi recebido e analisado, tanto em termos de legibilidade do arquivo - dados do arquivo (descompactar, abrir e ler arquivo, detectar existência de vírus, entre outros), quanto em termos de conteúdo das desenhos e informações de projeto - dados de projeto.

- **DESCRIÇÃO:**

É importante ressaltar que a tarefa de conferência de dados do arquivo, não necessariamente deve ser atribuição do projetista ou gerente de projetos. O estagiário ou pessoa encarregada de receber as mensagens no *e-mail* pode fazê-la. Entretanto, a conferência dos dados de projeto e preenchimento do protocolo de recebimento de arquivos e plantas deve ser necessariamente atribuição do gerente de projetos ou projetista.

O padrão deve identificar o nome do empreendimento, o nome do respondente do protocolo de recebimento, versão do projeto, registro de não conformidades encontradas, necessidade de alterações ou informações adicionais, bem como o prazo de entrega das informações requeridas. Todas as vezes que houver recebimento de arquivos e desenhos ou plantas, deve-se preencher e enviar este protocolo ao remetente mesmo que seja constatado que as informações estão de acordo com o solicitado.

Além disso, este protocolo serve como uma ferramenta de avaliação dos projetistas ao longo do processo de projeto. Isto é, a documentação de muitas não conformidades, ou necessidade de informações adicionais tornam-se indicadores da qualidade do serviço prestado pelo projetista.

5.3.2.1 Controle de plantas e memoriais descritivos enviados à obra

Durante o trabalho nas empresas construtoras incorporadoras observou-se que o gerenciamento e controle de versões de plantas e memoriais descritivos enviados à obra é deficiente. Verificou-se, por exemplo, que não existe qualquer tipo de carimbo por parte da empresa que libere o projeto para execução ou que identifique plantas desatualizadas. Além disso, não existe registro das plantas enviadas à obra e suas versões. Assim, é comum encontrar versões diferentes de um mesmo projeto no canteiro. Também foi constatado que a empresa não estipula um padrão para o controle de versões de projeto, ficando este a critério de cada projetista. Somente alguns projetistas utilizam o quadro resumo de alterações. Outros utilizam somente a data para identificação de uma nova versão. No presente trabalho propô-se como diretriz que a identificação de versão esteja em um campo destacado no selo e apareça também no nome do arquivo, conforme discutido anteriormente. Do mesmo modo, a versão também deve estar em destaque no memorial descritivo. A seguir, este padrão é descrito.

Descrição do padrão - Controle de versões de plantas e/ou memoriais descritivos enviados à obra

- **OBJETIVO:** permitir à empresa construtora incorporadora a documentação e o controle de versões de plantas e/ou memoriais descritivos enviados à obra.
- **USUÁRIOS:** gerente de projetos, engenheiro de obra, estagiários e mestres de obra.
- **DIRETRIZ:** documentação do envio de plantas à obra. Este procedimento é composto de dois anexos.
- **DESCRIÇÃO:**

O primeiro anexo é relativo ao Controle de plantas e/ou memoriais enviados à obra e deve ser preenchido em duas vias. Uma via fica sob responsabilidade do gerente de projetos, para o controle de plantas e/ou memoriais enviados à obra e a outra fica ao encargo do engenheiro e/ou mestre de obras das plantas e/ou memoriais recebidos no canteiro.

Inicialmente são informados: nome do empreendimento e data de envio. Logo em seguida o anexo possui uma planilha (quadro 5.13) que discrimina a disciplina de projeto o nome e número da planta, versão do projeto, data da versão, número de cópias enviadas e nome do profissional a qual serão entregues as plantas (para que se possam recolher as versões quando desatualizadas). Abaixo desta planilha ainda existe um campo para observações adicionais.

QUADRO 5.13 - Planilha controle de plantas e/ou memoriais enviados à obra

Projeto	Nome da Planta	Nº Prancha	Versão	Data versão	Nº cópias enviadas	Fornecidas para:

O segundo anexo é relativo ao Pedido de plantas e/ou memoriais - obra. Caso as versões de plantas e/ou memoriais não coincidam com o especificado no primeiro anexo, ou haja a necessidade do pedido de outras plantas e/ou memoriais, o engenheiro de obras deve preencher este anexo.

Inicialmente são informados: nome do empreendimento, data do pedido e prazo de entrega das plantas na obra. Após, segue uma planilha (quadro 5.14) contendo informações como: especificação da disciplina de projeto, nome e número da planta, versão do projeto e número de cópias solicitadas, bem como um campo para observações. Registrado o pedido de plantas e/ ou memoriais, o engenheiro ou mestre de obras deve entregá-lo ao gerente de projetos, de forma que este as providencie. É da responsabilidade do engenheiro de obras, a retirada das plantas e/ou memoriais desatualizados do canteiro de forma que se evite duplicidade da informação.

QUADRO 5.14 - Planilha Pedido de plantas e/ou memoriais - obra

Projeto	Nome da Planta	Nº Prancha	Versão	Nº cópias solicitadas	Solicitante

Também se sugere que as plantas e memoriais descritivos dos projetos recebidos no canteiro devem ser enviados através do engenheiro de obras, após a análise da mesma e não diretamente através dos escritórios de projeto. Do mesmo modo, sugere-se que após a verificação dos projetos, os mesmos devem ser carimbados com, por exemplo, "liberado para execução". É importante que junto ao carimbo esteja a assinatura do gerente de projetos e a data.

Além disso, este anexo pode ser utilizado também como um indicador do consumo de cópias necessário para a execução do empreendimento.

5.3.3 Padrões relacionados à produção de arquivos de desenho e apresentação de plantas

5.3.3.1 Diretrizes para produção de desenhos no computador

Durante o trabalho nas empresas construtoras incorporadoras também observou-se que estas não possuem diretrizes para produção de desenhos no computador. Assim, a empresa acaba aceitando os padrões dos diversos projetistas.

Nas discussões no GT1, verificou-se que a falta de definição de alguns padrões básicos gera muitos retrabalhos. O projetista de modulação de alvenaria, por exemplo, relatou que é freqüente a perda de um ou dois turnos de trabalho para limpar as plantas enviadas pelo projetista de arquitetura. Isto é, este tem que apagar as informações que não são úteis, já que o simples congelamento de *layers*, na maioria das vezes, não é possível, pois existem elementos desenhados com *layers* trocados, ou existe acúmulo de informações de diferentes classificações em um mesmo *layer*. A má utilização dos *layers* foi relatada como freqüente geradora de retrabalhos e conseqüentemente perda de tempo, pela maioria dos projetistas do GT1. Outros problemas relacionados à gerência dos *layers* são abordados posteriormente com maior profundidade.

Outro retrabalho freqüente é a troca de unidade de medida, visto que nem todos os projetistas utilizam a mesma unidade. Este retrabalho acaba repercutindo na sobreposição de arquivos de desenho e muitas vezes a perfeita sobreposição não é possível devido à não padronização da unidade de medida. Além disso, a edição de cotas, isto é, mudar a dimensão da cota sem mudar o desenho ainda é uma prática comum. O projetista de estruturas, alegando ter enfrentado sérios problemas, afirmou que prefere redesenhar todas as plantas baixas dos pavimentos do que utilizar o arquivo original do projeto arquitetônico. Verifica-se, portanto, que existe uma considerável perda de tempo na preparação dos arquivos, justificando a necessidade de padronização de alguns parâmetros mínimos de desenho.

Através do GT1 e diagnóstico da fase de pesquisa exploratória, observou-se que os projetistas possuem alguns padrões para produção de desenhos no computador. Entretanto, estes padrões não estão documentados formalmente, ficando implícitos a cada usuário. Os padrões utilizados geralmente estão relacionados à unidade de medida, cores e espessuras de penas, tamanho de fontes e nomenclatura de *layers*.

Além disso, foi identificado no GT1 que poucos projetistas utilizam *templates*, arquivos de referência externa (*Xrefs*), blocos com atributos e *paper space*, devido ao treinamento ineficiente. Alguns dos projetistas que participaram da reunião em que este assunto foi discutido afirmaram não conhecer

templates e arquivos de referência. Assim, a ampla utilização destes recursos configura-se em oportunidade de melhoria na produtividade e produção de desenhos e controle de alterações.

No presente trabalho, foram propostas algumas diretrizes para produção de desenhos no computador. Entretanto, é importante ressaltar que estas não são únicas, nem rígidas. Cabe ao gerente de projetos, ao início de cada empreendimento, decidir, em conjunto com os projetistas, as diretrizes para desenvolvimento do projeto no computador, levando em consideração das especificidades do projeto em questão.

Como o objetivo das diretrizes propostas é auxiliar a integração de arquivos de desenhos, não se teve a preocupação de propor diretrizes para *templates*, *paper space* e arquivos de referência externa, uma vez que estas diretrizes devem ser desenvolvidas segundo os critérios de trabalho de cada escritório. Desse modo, o projetista tem liberdade de utilizá-los da maneira que melhor lhe convier, configurando-se assim, uma certa identidade na produção de desenho.

Portanto, foram propostas apenas algumas diretrizes básicas de forma a melhorar a integração de arquivos de desenho pelos projetistas e gerentes de projetos. No caso de projetos convencionais, pode-se adotar as diretrizes mínimas para produção de desenhos no computador, estabelecidas a seguir.

Descrição do padrão - Produção de desenhos no computador

- **OBJETIVO**: estabelecer diretrizes visando a garantir à equipe de projetistas e demais intervenientes do processo a padronização de algumas informações, de modo a facilitar a manipulação e integração de arquivos de desenho.
- **USUÁRIOS**: gerente de projetos, projetistas e estagiários de projeto.
- **DIRETRIZES**: mediante as discussões no GT1, entrevistas com os gerentes de projeto e mestres de obras, estipulou-se sete diretrizes básicas para desenvolvimento de projetos no computador: (a) definição da unidade de medida a ser utilizada, (b) definição e utilização do ponto inicial em plantas baixas, cortes e fachadas, (c) padrões de alteração de projeto, (d) utilização de versões de projetos, (e) utilização de antivírus, (f) utilização do comando *purge* (comando de limpeza de arquivos) e (g) não utilização de cotas editadas. A seguir, estas diretrizes são brevemente discutidas.

- **DESCRIÇÃO**:

- a. **Unidade de medida**

A padronização da unidade de medida é importante à medida que busca evitar retrabalhos, problemas quanto a sobreposição de arquivos de desenho, bem como melhorar a leitura das plantas nos

canteiros de obras. Este trabalho não pretende estipular uma unidade de medida padrão ideal para representação de projetos, mas atentar para a importância da discussão desta diretriz entre a empresa, projetistas e equipe de produção, no início do processo de projeto, de modo que não haja perdas de produtividade, seja no canteiro de obras ou escritório de projetos.

Foi verificado no GT1 e nas empresas construtoras incorporadoras que, do ponto de vista do projetista e da empresa, o centímetro com uma casa após a vírgula de precisão era a unidade de medida ideal para representação dos projetos. Os participantes envolvidos também consideravam que a equipe de produção também teria a mesma opinião. Entretanto, as entrevistas com mestres de obras mostraram que estes possuem maior facilidade de leitura com a unidade de medida em metros com duas casas após a vírgula de precisão. Portanto, a diretriz proposta é de que empresa, projetistas e equipe de produção, em conjunto, cheguem a um consenso quanto a melhor unidade de medida a ser utilizada na representação do projeto em questão.

b. Ponto inicial do desenho

Inicialmente, durante a assessoria do escritório de projetos DWG, tinha-se discutido como diretriz que a localização do ponto inicial deveria ser na edificação, num ponto que tivesse continuidade no eixo vertical ao longo de toda a edificação como, por exemplo, um dos vértices da caixa do elevador (ou escada), vértice de uma fachada, entre outros. Entretanto, nas discussões no GT1 esta proposta foi questionada.

A locação do ponto inicial no vértice das paredes da caixa da escada e/ou elevador foi contestada principalmente pelos projetistas de estruturas e modulação de alvenaria. O argumento utilizado é que, enquanto o arquiteto trabalha com a espessura final das paredes de 25 centímetros, estes projetistas trabalham com espessuras de vigas e paredes menores ocasionando assim, a não adequada sobreposição dos arquivos de desenho. Ao longo da discussão, também foi sugerido que o ponto inicial fosse locado no nível de referência da obra. Entretanto, verificou-se que esta vinculação, além de não agregar nenhum valor às plantas, pode acabar dificultando a leitura das cotas.

Concluiu-se que a definição da localização do ponto inicial é uma tarefa difícil de ser padronizada e que depende muito das especificidades do projeto em questão, Por isso, optou-se por traçar diretrizes para localização deste ponto, conforme mostrado a seguir:

- o ponto inicial deve ser um ponto virtual, isto é, não referenciado aos níveis da obra e deve ser o ponto 0,0,0 dos sistemas CAD (*WCS - World coordinate system*);
- o ponto deve ser localizado em relação a um dos vértices do terreno;

- a edificação deve estar posicionada paralelamente aos eixos ortogonais de modo que, preferencialmente, só haja cotas positivas;
- a localização do ponto inicial deve ser demonstrada na planta de localização e situação, bem como descrita no Protocolo de envio de arquivos e plantas;
- os arquivos modelo, isto é, desenvolvidos no *Model Space* devem ser utilizados no desenvolvimento e integração dos arquivos de desenho. Como um arquivo não pode conter dois pontos iniciais, cada desenho deve estar em arquivos separados, salvo exceções, como alguns desenhos dos projetos de modulação de alvenaria (paredes) e projeto estrutural (pilares e vigas);

Caso os projetistas desejem otimizar os desenhos nas pranchas, devem fazê-lo através de arquivos de referência externa e *Paper Space*. Por exemplo, se o projetista deseja colocar as plantas baixas do pavimento tipo e térreo em uma única folha, o mesmo deve conservar os arquivos modelo destas plantas baixas em arquivos separados e criar um outro arquivo: o arquivo de plotagem (*Paper space*). Neste arquivo de plotagem, o projetista deve inserir os arquivos de referência das plantas desejadas. Após, este arquivo pode ser transformado em PLT. Tal procedimento garante que os pontos iniciais não sejam perdidos, assim como permite que os arquivos de plotagem estejam sempre atualizados. No entanto, dois desenhos só podem ser colocados na mesma prancha se tiverem **versões iguais**, já que a versão do desenho também é informada no selo da prancha.

Como os projetos têm sido desenvolvidos em duas dimensões, faz-se necessário estipular diretrizes para locação do ponto inicial em cortes e fachadas. Tal procedimento beneficia a sobreposição de arquivos de desenho, principalmente quando se têm terrenos com alicive/declive e elementos decorativos nas fachadas. Para tal, a localização do ponto inicial deve seguir a seguinte diretriz:

- o ponto inicial também deve ser um ponto virtual, o 0,0,0 dos sistemas CAD (WCS) e deve estar locado na soleira da calçada. Além disso, valem as mesmas considerações feitas anteriormente com relação à sua representação na planta de localização e situação, bem como a utilização de arquivos em *model /paper space* e arquivos de referência.

c. Padrões para representação das alterações de projetos

O objetivo destes padrões é permitir a fácil localização de modificações ou acréscimos nos desenhos. Além disso, as alterações em projetos devem ser descritas no quadro resumo de alteração de projeto, conforme é abordado posteriormente. A representação das alterações nos projetos deve ser identificada através de uma das alternativas descritas a seguir.

- a utilização de "amebas" ou círculos ao redor das alterações, através de um *layer* específico (representado apenas no *Paper space*), de modo que este possa ser congelado (ou não) nas plotagens; ou

- a utilização de um sistema de referência por malhas, conforme sugere a NBR 10068/1987. As margens da folha devem ser divididas em quadrantes, sendo que o número de divisões deve ser determinado pela complexidade do desenho e deve ser par. As margens inferior e superior devem conter uma seqüência numérica (1, 2, 3, ...) e as margens esquerda e direita devem conter uma seqüência alfabética (A, B, C, ...). O cruzamento do quadrante numérico com o alfabético indica a posição da alteração, sendo que a numeração deve iniciar no canto oposto do selo. Caso o número de divisões exceda o número de letras, estas devem ser repetidas - por exemplo, AA, BB, etc.

Em ambos os casos, deve-se preencher o Quadro Resumo de Alteração de Projeto situado logo acima do selo, após realizadas as alterações. A norma brasileira NBR 10582/1988 recomenda que este quadro esteja localizado na planta sobre o selo ou ao lado esquerdo deste. Neste caso, optou-se por localizá-lo sobre o selo, sendo que o quadro resumo deve possuir a mesma largura deste. As informações contidas no quadro resumo são: (a) coordenada (sistema de malhas) ou número da alteração (amebas); (b) descrição da alteração; (c) responsável pela alteração; (d) data; (e) responsável pela aprovação.

d. Versões de projetos

Para efeito deste trabalho, estipulou-se que é constituída uma nova versão de projeto (e/ou memorial descritivo), todas as vezes que este for submetido à avaliação externa (pela empresa construtora incorporadora e/ou clientes finais) e sofrer alterações, substituições ou acréscimos. Esta nova versão deve estar identificada no selo da planta, bem como no nome do arquivo de desenho. Constituída a nova versão de projeto, devem-se enviar os arquivos atualizados para o gerente de projetos que fica encarregado de repassá-la aos demais intervenientes.

e. Anti-vírus

Como se está estimulando a troca de informações e arquivos de desenho através de *e-mail*, é importante que as empresas e escritórios de projetos se conscientizem quanto a importância da utilização e atualização do antivírus. Para isso, estipularam-se algumas diretrizes básicas:

- o gerente de projetos e os projetistas devem ser responsáveis pela atualização das vacinas de antivírus a cada 15 dias;

- o gerente de projetos e os projetistas devem certificar-se da ausência de vírus sempre que forem enviar arquivos;
- caso seja detectada a presença de vírus em arquivos, o receptor do mesmo deve comunicar ao remetente através do protocolo de recebimento de arquivos e plantas, de modo que este tome as devidas providências.

f. Cotas Editadas

Para evitar problemas relacionados a incompatibilidades de projeto, decidiu-se que é "expressamente proibida" a utilização de cotas editadas. Entretanto, caso seja verificada a ocorrência deste problema, a pessoa que a identificou deve comunicar ao gerente de projetos e ao projetista responsável, de modo que o último tome as devidas providências. Além disso, é de responsabilidade do projetista que forneceu o desenho com cotas editadas, comunicar aos demais projetistas do erro, solicitando que o arquivo seja desconsiderado, bem como corrigir o desenho e enviá-lo novamente a todos os intervenientes do processo.

g. Purge

O uso de *templates* requer certo cuidado de modo que os arquivos não fiquem excessivamente carregados. Como o *template* é um arquivo gabarito, este carrega consigo uma série de parâmetros pré-definidos como estilos e tamanho de fontes, tipos de hachuras, blocos, legendas, que nem sempre são totalmente utilizados em todos os desenhos produzidos. No caso do desenvolvimento de estudos a partir de *templates*, em que o detalhamento dos desenhos é muito simplificado, o arquivo fica demasiadamente carregado e lento, pois este contém vários parâmetros que não estão sendo utilizados. Assim, ao final da produção de desenhos no computador, deve-se executar o comando "PURGE" (comando de limpeza de arquivos), uma, duas, ou três vezes, de modo a tornar os arquivos menos pesados e eliminar estilos de linhas, dimensionamentos, hachuras, blocos e *layers* não utilizados.

5.3.3.2 Nomenclatura de Layers

Através do GT1, verificou-se que a maioria dos arquitetos utiliza os *layers* contidos no aplicativo para arquitetura *Archi 3D*. Entretanto, estes *layers* não possuem um formato de nomenclatura padrão, isto é, não possuem campos pré-definidos como também não apresentam hierarquia na ordenação da informação. Os demais projetistas que trabalham com o CAD puro, isto é, sem a utilização de aplicativos específicos, desenvolveram uma listagem padrão de *layers*. Entretanto, também não possuem um formato pré-definido.

Verificou-se no GT1 que os projetistas de modulação de alvenaria e instalações prediais são os que mais se ressentem quanto aos problemas relacionados à gerência dos *layers*. Além disso, os mesmos comentaram que os maiores problemas são encontrados nos arquivos de desenho do projeto arquitetônico, por ser este o projeto que serve de base para o desenvolvimento dos demais. As principais críticas referem-se principalmente ao acúmulo de informações contidas num mesmo *layer*. Por exemplo, o *layer* RÉGUA 60, pode conter informações de diversos tipos como área, nome de peças, legenda, selo, entre outros. Isto reforça a idéia de que algumas práticas do processo de projeto tradicional ainda persistem, tais como, a classificação da informação vinculada a uma espessura de pena. Tal acúmulo de informações não proporciona a visibilidade e produtividade esperada, pois informações de diferentes classificações estão agregadas num mesmo nome. Isto conseqüentemente resulta em retrabalho, pois informações que são necessárias podem ser congeladas ou excluídas sem intenção.

Já o projetista de estruturas alegou que enfrenta poucos problemas em relação a este aspecto, visto que aproveita poucos *layers* do projeto arquitetônico, basicamente paredes e dimensões.

Com base na revisão bibliográfica (AIA, 1997, BS 1192/1998 - Parte 5), que enfocou principalmente os padrões internacionais, propôs-se uma máscara para nomenclatura de *layers*. Esta máscara reuniu e incorporou alguns dos princípios considerados importantes nos padrões estudados. Considerou-se que a simples adoção de um destes padrões poderia resultar no insucesso da implementação, visto que estes foram desenvolvidos segundo os critérios de representação da edificação daqueles países, não refletindo a nossa realidade.

Assim, também foi desenvolvida uma máscara para nomenclatura de *layers*. De um modo geral, os mesmos princípios utilizados para a nomenclatura de arquivos de desenho foram utilizados na nomenclatura dos *layers*: (a) o nome do *layer* foi dividido em campos, sendo que cada campo tem um número pré-determinado de dígitos, um conceito e uma hierarquia, (b) os campos também são classificados em obrigatórios e opcionais e a utilização de todos os campos da nomenclatura do *layer* vai depender da complexidade do projeto, (c) existe a intenção de identificar o responsável pela informação no início do nome e torná-lo o mais legível e transparente possível, de modo que qualquer usuário possa facilmente reconhecer o seu significado e não necessite utilizar tabelas explicativas.

Descrição do padrão - Nomenclatura de *layers*

- **OBJETIVO:** estabelecer o padrão para nomenclatura de *layers* e diretrizes para *layers* de integração, visando uma melhor classificação das informações.
- **USUÁRIOS:** gerente de projetos, projetistas e estagiários de projeto.

- DIRETRIZES: utilização de uma máscara que padronize a nomenclatura dos layers.
- DESCRIÇÃO:

A partir da proposição da nomenclatura de *layers*, foi possível avançar a discussão em relação à melhor utilização destes. Esta discussão possibilitou o desenvolvimento de mais dois anexos neste procedimento: (a) Tabela Padrão de *Layers*, b) Tabela *Layers* para integração de arquivos de desenho. Inicialmente é apresentado o formato da máscara padrão para nomenclatura de *layers*, conforme a Fig. 5.7 a seguir.

MÁSCARA	R	R	-	P	P	P	P	P	-	S	S	S	S	-	F	T	T	T	T
DESCRIÇÃO	Respons. Desenho		Hífen	Informação Principal					Hífen	Informação Secundária				Hífen	Fase	Situação			
SITUAÇÃO	Obrigatório			Obrigatório						Opcionais									

FIGURA 5.7 - Máscara (formato longo) para nomenclatura de *layers* (19 caracteres/8 campos)

Neste padrão, adotou-se os seguintes campos:

- Responsável pelo desenho - as mesmas siglas utilizadas na nomenclatura de arquivos são utilizadas nesta máscara: "AA" para arquitetos, "EC" para estrutura de concreto, etc.
- Hífen - para dar maior transparência às informações.
- Informação Principal - Identifica os sistemas da edificação (paredes, portas, escadas, entre outros). Também pode identificar outras informações que não representam aspectos físicos da edificação, como textos, dimensões e títulos de plantas.
- Informação Secundária - adiciona dados à Informação Principal. Por exemplo: AR-pared-gess (parede de gesso), AR-pared-tijo (parede de tijolo à vista), entre outros.
- Fase - campo utilizado quando o projeto é desenvolvido em várias fases ou blocos.
- Situação - campo utilizado para diferenciar, em caso de reformas, partes novas (NOVO), existentes (EXIST), à demolir (DEMO), à conservar (CONS).

Quanto à implementação da nomenclatura de *layers* proposta, verificou-se que os usuários do aplicativo para arquitetura, *Archi 3D*, apresentam problemas em relação a mudança na nomenclatura dos *layers* oferecidos como padrão (*default*).

O primeiro anexo deste documento contém a Tabela padrão de layers. Esta foi desenvolvida com o intuito de melhor classificar as informações referentes aos desenhos visando amenizar a insatisfação dos projetistas quanto ao acúmulo de informações no nome dos layers. Parte desta tabela padrão é mostrada no **anexo 4**. Assim, as informações referentes aos projetos foram classificadas em dez grandes grupos, sendo que os quatro primeiros podem ser utilizados por todas as disciplinas de projeto. Entretanto os demais grupos são específicos de cada disciplina.

O segundo anexo, Layers de integração de arquivos de desenho, foi desenvolvido após a apresentação da Tabela padrão de Layers ao GT1. Verificou-se que os projetistas, embora concordassem com a classificação proposta, estavam resistentes a mudanças. Durante as discussões, o grupo concluiu que era mais importante chegar a um acordo em relação ao formato da máscara e de quais eram os principais layers utilizados na gerência e integração de arquivos de desenho. O argumento utilizado pelos projetistas para a não utilização da Tabela padrão é que esta listagem poderia se tornar exaustiva, visto que cada escritório de projetos tem uma infinidade de outros layers que não interessam aos demais intervenientes.

Assim, cada projetista definiu um conjunto de layers dos demais intervenientes que eram necessários ao seu trabalho, de modo que o seu projeto fosse desenvolvido com maior eficiência. Ao final desta discussão, chegou-se a um número reduzido de layers, chamados Layers de integração de arquivos de desenho. Parte desta listagem é mostrada no **anexo 5**.

5.3.3.3 Diretrizes para apresentação de plantas

O trabalho nas empresas e discussões no GT1 revelou que tanto projetistas quanto empresas construtoras incorporadoras possuem poucos padrões para apresentação de plantas.

Observou-se que embora as empresas aceitem os padrões de apresentação de plantas fornecidos pelos projetistas, estes estão descontentes com relação a alguns aspectos como tamanho exagerado das plantas, selos com informações insuficientes, falta do controle de versão das plantas, entre outros.

Nas entrevistas de apoio com os mestres de obras, verificaram-se outros problemas como, por exemplo, tamanho reduzido das letras, congestionamento de informações nas plantas, falta de cotas, entre outros. Especificamente, quanto à falta de cotas, os entrevistados comentaram que recorrem à trena e a calculadora quando estas são insuficientes e que isto, em geral, ocasiona erros e/ou perda de tempo. Verificou-se também que existe uma certa dificuldade por parte dos mestres na leitura de cotas espelhadas

e ângulos. Ainda com relação às cotas, os mestres comentaram que preferem que o projeto estrutural seja cotado com cotas acumuladas. Entretanto, nos demais projetos preferem que sejam cotados com cotas parciais.

Quanto ao uso de cores nas plantas, os mestres comentaram que embora nunca tenham recebido plantas coloridas, acreditam que melhorariam a leitura das informações.

Descrição do padrão - Apresentação de plantas

- **OBJETIVO:** estabelecer diretrizes para apresentação das plantas (formato *paper space*) visando a garantir a equipe de projetistas e demais intervenientes do processo uma uniformidade na aparência das plantas.

- **USUÁRIOS:** gerente de projetos, engenheiro de obras, projetistas e estagiários de projeto.

- **DIRETRIZES:** mediante a análise das plantas de diferentes disciplinas de projetos, discussão no GT1 e entrevistas com os mestres de obras, estipulou-se três diretrizes básicas para apresentação de plantas: (a) definição das escalas de desenho e formatos das plantas, (b) informações mínimas que devem estar contidas nos selos pranchas, (c) diretrizes para utilização de plantas coloridas. Estas diretrizes são apresentadas a seguir.

- **DESCRIÇÃO:**

a) Escalas de desenho e formato das plantas

Para todas as disciplinas de projeto foi desenvolvida uma listagem, em forma de tabela, contemplando todos os desenhos a serem entregues em cada etapa do PDP com suas respectivas escalas e formatos. Alguns destes desenhos, como possuem escala e formatos pré-estabelecidos (por exemplo, plantas baixas, cortes e fachadas do projeto arquitetônico), em geral desenvolvidas na escala 1/50, já são preenchidas como *default* na tabela. Outros desenhos apresentam somente o formato da prancha como *default*, deixando a escala à livre escolha. Este é o caso da empresa C, que solicita aos projetistas que todos os detalhes sejam feitos em folhas A4, deixando a critério destes a escala mais adequada para representação dos desenhos.

Assim, de acordo com a complexidade e extensão do projeto a ser desenvolvido, o gerente de projetos tem a flexibilidade na especificação destes parâmetros. Entretanto, o formato das plantas deve seguir o formato das séries "A" (A0, A1, A2, A3 e A4), conforme a NBR 10068/1997.

As empresas construtoras incorporadoras definiram que o tamanho máximo das plantas deve ser o A1, com exceção da planta do levantamento planialtimétrico. No entanto, se a planta da edificação for muito extensa e ultrapassar o formato A1, o gerente de projetos, em conjunto com os projetistas devem estipular onde deve ser feita a divisão da planta: pelo eixo de simetria ou pela junta de dilatação.

b) Informações contidas nos selos das plantas nos formatos A0 à A3

Após a análise de várias plantas, discussões no GT1, nas empresas construtoras incorporadoras e entrevistas com mestres de obras, chegou-se a um conjunto de diretrizes. Sugere-se que o espaço para o selo seja de 10,0 centímetros de altura por 17,5 centímetros de comprimento, sendo que o *lay out* deste é livre. Entretanto, deve-se contemplar as seguintes informações: (a) **Nome do projeto** (Arquitetônico, Elétrico, Estrutural, etc.); (b) **Etapa do projeto** (Estudo preliminar, Ante Projeto, Projeto Legal, ...); (c) Logotipo da empresa construtora incorporadora; (d) Logotipo do escritório responsável pelo projeto; (e) Nome do responsável técnico do projeto e CREA seguido de espaço para assinatura; (f) Nome do proprietário seguido de espaço para assinatura; (g) **Nome e endereço do empreendimento**; (h) **Título da planta e desenhos** (Planta baixa, Corte, Fachada, etc.); (i) **Pavimento**; (j) Unidade de medida utilizada; (l) Nome do arquivo (contendo a versão e nome dos subdiretórios, caso os computadores não estejam ligados em rede); (m) Escala de plotagem; (n) Dimensões e área da folha; (o) **Número da folha em relação ao número total**; (p) Data; (q) **Versão**.

É importante lembrar que as versões de projeto devem ser representadas por caracteres alfabético maiúsculos no nome do arquivo, bem como estar presente em um campo separado no selo. A sua localização no selo deve estar, preferencialmente junto ao número da planta no canto direito, conforme sugere a norma NBR 10582/1988.

Verificou-se também que as informações em negrito devem estar em destaque no selo, isto é, com tamanho e espessura de fonte maior em relação às outras, de modo que facilite a leitura das informações mais relevantes. A utilização do logotipo da empresa e do escritório de projetos também é uma forma eficiente de identificação das plantas.

c) Diretrizes para plantas coloridas

Os projetistas devem evitar o uso de cores muito claras (amarelo, bege, salmão, entre outros) nas plantas coloridas a serem enviadas à obra, visto que são de difícil leitura no sol e desbotam facilmente.

5.4 Avaliação da implementação nas empresas do estudo de caso

5.4.1 Avaliação da implementação na empresa B

No início do mês de agosto do ano 2000, foi realizada a avaliação da implementação na empresa construtora incorporadora B.

Verificou-se que, no período destinado à implementação (dezembro de 1999 a julho de 2000), a empresa "B" não teve projetos em andamento, apenas estudos, sendo que estes se encontravam na etapa de estudo preliminar de arquitetura.

Questionado a respeito da implementação das diretrizes e padrões propostos, o GP afirmou que não os apresentou formalmente aos usuários (internos e externos à empresa) e também não os utilizou. O entrevistado alegou que a não implementação dos padrões se deu por dois motivos.

O primeiro e principal motivo apontado foi a falta de tempo, visto que este, além de acumular as funções de diretor e GP, estava desempenhando também a função de engenheiro de obra. Comentou que, devido ao grande número de obras em andamento (7), estava despendendo muito tempo no acompanhamento destas. O mesmo também comentou que o processo de certificação pela ISO 9002, ao qual a empresa estava iniciando também teve que ser interrompido pelos mesmos motivos.

O segundo motivo apontado foi porque estes estudos encontram-se ainda na etapa de estudo preliminar de arquitetura. Segundo o entrevistado, a entrada dos demais projetistas no processo, será um motivo para iniciar a implementação dos padrões. Entretanto, a não apresentação dos padrões da empresa construtora aos parceiros desde as etapas iniciais dos estudos pode dificultar a implementação destes numa fase mais avançada do processo.

Constatou-se na entrevista que a equipe de projetistas permaneceu praticamente a mesma, apenas com a introdução de mais dois especialistas: um projetista estrutural (que também presta serviços à empresa C, tendo participado ativamente do GT1) e um projetista de fundações.

Além disso, constatou-se que, quando os padrões foram desenvolvidos, os engenheiros de obras eram usuários de grande parte dos padrões. Entretanto, verificou-se que o perfil dos engenheiros desta empresa só os fazem usuários de um padrão: controle de plantas e memoriais enviados à obra, visto que nenhum destes tem conhecimento dos sistemas CAD.

O GP comentou que a empresa havia contratado uma estagiária de arquitetura para desenhar os detalhamentos da obras em andamento. A produção de novas plantas na empresa, seria uma boa

oportunidade para utilização dos padrões, principalmente relacionados à nomenclatura de arquivos, produção de desenhos no computador, padrão de *layers* e apresentação de plantas.

Como conclusão final, pode-se afirmar que mesmo diante do contexto no qual a empresa se encontrava, alguns padrões poderiam ter sido implementados. Além dos padrões citados anteriormente, o padrão relacionado ao controle de versões de plantas e memoriais descritivos enviados à obra também poderiam estar sendo utilizados, já que a empresa possuía obras em andamento. Finalmente, concluiu-se que a falta de comprometimento afetou a avaliação do trabalho.

5.4.2 Avaliação da implementação na empresa C

No final do mês de julho do ano 2000 foram realizadas quatro entrevistas de avaliação das diretrizes e padrões propostos na empresa C.

A primeira entrevista foi realizada com o diretor da empresa. Dos padrões que este era usuário (*Back up* de arquivos, estrutura de diretórios), apenas a estrutura de estrutura de diretórios estava sendo utilizada.

O diretor da empresa relatou que, no período destinado à implementação dos padrões, houve quatro estudos em desenvolvimento e um empreendimento no qual a empresa é apenas construtora. Neste último, todos os projetos já tinham sido desenvolvidos e aprovados. Também se constatou nesta entrevista que parte da equipe de projetistas parceiros foi alterada em relação à época do diagnóstico. Permaneceram um dos projetistas de arquitetura e o projetista de estruturas (que participou ativamente do GT1). Um outro arquiteto e um projetista de instalações prediais incorporaram a nova equipe de parceiros. Ressalta-se, no entanto, que estes novos parceiros também participaram ativamente do GT1.

A entrevista com o gerente de projetos da empresa C revelou que o mesmo não apresentou os padrões desenvolvidos de maneira formal para os seus usuários, internos (diretor, engenheiro de obras e estagiária) e externos à empresa (projetistas). Dos cinco padrões dos quais a estagiária é usuária somente dois (estrutura de diretórios e nomenclatura de arquivos) foram apresentados a esta. A alegação do GP para não apresentação destes aos usuários foi que a empresa não produziu nenhum arquivo de desenho novo, só manipulação de arquivos recebidos.

Segundo a estagiária, os maiores problemas encontrados na manipulação dos arquivos referentes aos estudos estiveram relacionados à troca de unidade de medida e na gerência de *layers*. Também neste caso, foram detectadas informações de diferentes classificações agregadas num mesmo *layer*, um número excessivo destes e elementos desenhados com *layers* trocados. A presença de dois

desenhos (em *model space*) com escalas diferentes num mesmo arquivo também foi apontado como problema, principalmente quando estes necessitavam serem alterados.

De acordo os padrões desenvolvidos, o engenheiro de obras deveria ser usuário de seis dos nove padrões. Entretanto, como este não utiliza sistemas CAD, só é usuário de um padrão: controle de plantas e memoriais enviados à obra. Ao apresentar este padrão ao engenheiro de obras, o mesmo relatou que seria de grande utilidade visto que em outros empreendimentos freqüentemente enfrentava problemas com versões de plantas desatualizadas e não havia controle do número de cópias fornecido aos empreiteiros. Comentou que, muitas vezes, por falta de organização destes, acabava por ceder suas plantas atualizadas, ficando dias à espera de novas cópias.

Nenhum padrão sofreu alterações, permanecendo todos na versão inicial. Quanto ao padrão referente a estrutura de diretórios, constatou-se que é o padrão que mais está sendo utilizado por todos os usuários da empresa construtora incorporadora. Segundo a GP não foram encontradas dificuldades no seu uso. A estrutura de diretórios dos estudos foi alterada, embora o padrão não o tenha sido. No diretório "Estudos" foram acrescentados sub diretórios "Arquivos Recebidos" para cada estudo. Segundo a GP, o acréscimo destes sub diretórios se justifica à medida que os arquivos recebidos não estão sendo renomeados, conforme o padrão de nomenclatura de arquivos de desenho.

Quanto a este padrão, a gerente de projetos afirmou que o mesmo foi utilizado, principalmente na época da implementação parcial (junho 1999), quando foram renomeados os arquivos de desenho dos empreendimentos em execução. Já os arquivos referentes aos estudos no período de implementação não foram renomeados. A dificuldade encontrada no uso, segundo a gerente de projetos, é o tempo perdido na renomeação e a necessidade de duplicação da informação, pois a mesma afirmou que guarda os arquivos originais recebidos em um sub diretório à parte (Arquivos Recebidos).

Quanto ao *back up*, a gerente de projetos afirmou que somente os *back ups* diário e semanal estão sendo realizados. No entanto, no *back up* semanal não está havendo a preocupação da retirada do segundo disquete de segurança da empresa.

Embora nesta empresa não tenha ocorrido nenhum processo de projeto em andamento, observou-se que existiam diretrizes e/ou padrão potenciais que poderiam ter sido melhores utilizados, como, por exemplo, nomenclatura de arquivos de desenho, protocolos de envio e recebimento de arquivos de desenho e plantas, algumas diretrizes relacionadas a produção de desenhos no computador, como padrão para alteração de projetos. Os demais padrões e/ou diretrizes (controle de versão de plantas e memoriais descritivos enviados à obra, nomenclatura de *layers*, diretrizes para apresentação de projetos e

para produção de desenhos no computador), tiveram suas implementações prejudicadas por não ter ocorrido processo de projeto.

5.5 Resultados obtidos Fase 3 - Avaliação Externa

Como os padrões e diretrizes propostos não foram integralmente utilizados nas empresas do estudo de caso, a fase 3 configurou-se como uma boa oportunidade de avaliação dos mesmos, visto que o grupo de empresas e projetistas era maior.

De um modo geral, os padrões não sofreram alterações significativas, com exceção do padrão referente à nomenclatura de arquivos, apresentado anteriormente.

5.5.1 Diagnóstico nas sete empresas

O diagnóstico realizado nas sete empresas construtoras incorporadoras constatou que o grupo se mostrava homogêneo quanto ao nível de organização e informatização no processo de projeto. Das sete empresas que participaram do GT2, apenas duas desenvolviam projetos internamente. As demais terceirizavam este serviço, bem como a atividade de gerência de projetos. Esta atividade era desenvolvida maneira informal pelos arquitetos contratados.

De um modo geral verificou-se que:

- as empresas não possuíam padrões para apresentação de projetos e produção de desenhos no computador;
- as empresas, por não possuírem a figura do gerente de projetos internamente, não costumavam receber arquivos de desenho, somente plantas;
- as informações eram trocadas na maioria das vezes de modo informal e também não eram devidamente registradas e repassadas aos demais intervenientes;
- não ocorria a utilização de *e-mail* para as trocas de informações;
- não existia um controle das versões de projeto e memoriais enviados à obra.

Em suma, constatou-se uma certa subjetividade para aceitação dos serviços realizados, ou seja, não existe uma conferência mais rigorosa da qualidade dos serviços prestados em virtude das empresas não possuírem padrões e parâmetros de controle.

Assim, as lacunas identificadas nos diagnósticos foram expressas em oportunidades de melhoria, através de um trabalho de estabelecimento de diretrizes para produção de desenhos no computador e padrões para a gestão do fluxo de informação no processo de projeto informatizado.

5.5.2 Grupo de trabalho (GT2)

Durante o período no qual foi realizado o GT2 (agosto a outubro de 2000) as empresas construtoras incorporadoras, bem como os escritórios de projeto parceiros se mostraram bastante participativos e integrados. Participavam das reuniões, em média, 20 profissionais e diretores de empresas.

Inicialmente foi verificado que tanto empresas como escritórios de projeto tiveram uma certa dificuldade quanto à compreensão da aplicação dos padrões. Isto mostrou que a maioria das empresas ou escritórios de projeto não costumava documentar os seus processos. A experiência de três escritórios de projeto (um de arquitetura, um de estruturas e outro de instalações hidrossanitárias e elétricas) e de uma empresa construtora incorporadora que se encontravam em processo de certificação de sistemas da qualidade por normas da série ISO 9000 foi muito importante. Os representantes destas organizações, através de relatos, auxiliaram os demais participantes a compreender a necessidade de desenvolvimento e aplicação de padrões, não só para o processo de projeto, como também para os demais processos dentro do desenvolvimento do produto.

Observou-se que o tempo destinado nas reuniões para o relato das dificuldades e facilidades encontradas na implementação dos padrões foi muito importante. Também neste caso, verificou-se que os escritórios de projeto que estão em processo de certificação foram motivadores para o grupo. Estes escritórios se destacavam por implementar rapidamente os padrões, não só com as empresas parceiras do GT2 como também com os demais clientes. Além disso, traziam sempre novas sugestões. Isto demonstrava aos demais participantes do GT2 que a introdução de mudanças e melhorias realmente eram viáveis. Com o andamento do trabalho, verificou-se que foi crescente o número de escritórios de projeto a dar contribuições a respeito da implementação.

É importante ressaltar que a implementação dos padrões foi um aspecto abordado desde o início dos trabalhos. Como apenas um representante de cada organização participava das reuniões, era importante que este tivesse uma sistemática para transmitir as informações aos demais colegas de trabalho. Assim, sugeriu-se aos representantes a formação de equipes de estudo nas suas respectivas empresas. Este grupo de estudo tinha como objetivo refletir e discutir os padrões com seus devidos usuários e respectivos contextos de trabalho. Esperava-se com isto que a contribuição dos usuários nos ajustes dos documentos fosse um motivador para implementação dos mesmos.

De modo geral, verificou-se um maior comprometimento dos projetistas na implementação dos padrões. Isto pode ser justificado pelo fato de algumas diretrizes e padrões propostos terem o potencial de aumentar a eficiência de seus processos num prazo relativamente curto. Constatou-se que todos os padrões foram implementados. Alguns escritórios implementaram todos os padrões, outros parcialmente.

Cabe ressaltar alguns relatos quanto à implementação dos padrões, apresentados por participantes do GT2.

O representante do escritório de arquitetura que está passando pelo processo de certificação da ISO 9002, revelou que, em dois anos de estudo de padrões relacionados à produção de desenhos, ainda não havia conseguido desenvolvê-los de uma maneira tão completa e sistematizada como nesse trabalho.

Já o representante de um escritório de estruturas relatou que houve uma certa desconfiança por parte do destinatário, quando utilizou o protocolo de recebimento de arquivos, no qual são descritas as não conformidades existentes, necessidades de alterações e, principalmente, prazo de entrega das informações solicitadas.

Os cinco projetistas que também participaram do GT1 (um de modulação de alvenaria, três de estruturas e um de instalações hidrossanitárias e elétricas), afirmaram que houve uma evolução na discussão do conteúdo dos padrões no GT2, proporcionado pelo maior número de participantes e também pela consolidação dos conhecimentos da pesquisadora.

Por último, a representante de um outro escritório de arquitetura comentou que também utilizava o protocolo de envio para envio de arquivos para a empresa copiadora. Entretanto, esta se mostrou insatisfeita ao ter que abrir um arquivo de texto anexado, contendo especificações de plotagem.

Isto demonstra, que as barreiras quanto ao uso de padrões ocorre não só dentro das empresas e escritórios, mas também com os demais intervenientes do processo.

Quanto as empresas construtoras incorporadoras, verificou-se que as mesmas, apesar de valorizarem o trabalho realizado, tendem a atribuir a implementação destes aos projetistas. Isto ocorre porque a maioria das empresas não possui a figura do coordenador e/ou gerente de projetos internamente. O único padrão adotado pela maioria das empresas foi o controle de plantas e memoriais descritivos enviados à obra.

O nível de informatização nos escritórios de projeto do GT2 mostrou-se bastante variado. A maioria dos escritórios possui os computadores ligados em rede, mas poucos destes possuem servidor. O resultado da discussão a respeito da não utilização de rede nos computadores levou um escritório de arquitetura a investir nesta melhoria.

Observou-se também, que os escritórios que possuem servidor são os escritórios de maior porte e volume de trabalho. Dois destes (um de modulação de alvenaria e outro de estruturas) que participaram do GT1, estão desenvolvendo um *site* na *internet* para depositarem seus arquivos de desenho e outros tipos de documentos de projeto. Através deste *site*, pode-se fazer o *download* das últimas versões dos arquivos e solicitar informações, entre outros serviços que estão sendo estudados. Alguns integrantes do GT2 ficaram surpresos ao saber que este tipo de serviço já está sendo oferecido em Porto Alegre por seus concorrentes.

Por outro lado, verificou-se que os representantes das empresas construtoras incorporadoras, têm uma grande resistência ao uso do e-mail apesar de todas as empresas possuírem acesso a este meio de comunicação. Em alguns casos, a secretária era responsável por fazer uma triagem das mensagens recebidas e imprimi-las. Os diretores tomavam conhecimento das informações e pediam à secretária que enviasse a resposta, sendo a mesma providenciada num prazo em torno de dois a três dias. Verificou-se que os projetistas usam e-mail no seu dia-a-dia, mas enfrentam dificuldades de comunicação em função desta postura por parte das empresas. Alguns afirmaram que costumam telefonar para avisar que enviaram uma mensagem por e-mail, ou para cobrar as respostas relativas aos pedidos de informações.

CAPÍTULO 6

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Resultados alcançados

Ao final do presente trabalho, conclui-se que as lacunas de conhecimento estabelecidas inicialmente na questão de pesquisa foram preenchidas. Os gargalos existentes no processo de projeto informatizado puderam ser estudados e analisados ao longo das três fases de pesquisa: fase exploratória, estudo de caso e avaliação externa. Também foram propostas diretrizes e padrões para aumentar a eficiência do processo de projeto informatizado, que se constituiu no objetivo principal da dissertação. Tais padrões e diretrizes foram avaliados e discutidos nas duas fases finais da pesquisa.

Desde o início do trabalho, buscou-se analisar o processo de projeto informatizado levando-se em consideração as necessidades das diferentes especialidades de projeto. Como o processo de projeto tem caráter multidisciplinar, buscou-se estudar e incluir as características e necessidades dos seus intervenientes no desenvolvimento dos padrões. Entretanto, concluiu-se que a proposição de algumas diretrizes e padrões, como, por exemplo, ponto inicial do desenho, nomenclatura de arquivos e *layers* foi uma tarefa difícil de ser realizada, em função da necessidade de se chegar a um formato único que reunisse todas as informações relevantes para todos os intervenientes de uma maneira clara e simples.

Na discussão dos padrões acima citados, verificou-se a falta de visão sistêmica dos profissionais com relação ao processo de projeto informatizado, sendo que as abordagens adotadas pelo setor tendem a ser restritas à área de atuação de cada um. Entre o grupo de profissionais envolvidos no estudo, houve alguma resistência inicial quanto à identificação do responsável nas máscaras de nomenclatura de arquivos e *layers*, pois consideravam uma informação óbvia. Em função disso, foi necessário argumentar que o seu uso é de grande importância à medida que arquivos de desenhos são frequentemente enviados para vários intervenientes do processo e, a identificação do responsável pelo arquivo facilita a sua utilização. Também foi argumentado que esta informação tende a assumir uma importância ainda maior à medida que as novas tecnologias da informação como, banco de dados integrados e *extranets* forem sendo implementadas.

Grande parte dos principais problemas enfrentados no processo de projeto informatizado foram identificados e discutidos. Os padrões desenvolvidos na presente pesquisa foram analisados por um grupo de 24 profissionais: 12 arquitetos, 6 engenheiros estruturais, 4 engenheiros de instalações prediais, 2

projetistas de modulação de alvenaria, bem como a nove diretores de empresas construtoras incorporadoras. A participação de vários especialistas foi de grande importância na discussão e dos padrões propostos, possibilitando assim, analisar os vários pontos de vistas a respeito da utilização dos sistemas CAD no processo de projeto de edificações.

Embora os padrões tivessem sido amplamente discutidos com os seus usuários no GT1, os mesmos não puderam ser efetivamente validados na fase de estudo de caso por dois motivos: questões contextuais (não ocorrência de processo de projeto nas empresas) e por falta de comprometimento dos gerentes de projeto. Em função disto, foi realizada uma segunda fase de avaliação com um maior número de profissionais envolvidos.

A defasagem temporal entre os dois grupos de trabalho (GT1 e GT2) foi de quase um ano. Este intervalo de tempo possibilitou à pesquisadora uma reflexão dos padrões, a medida em que escrevia a presente dissertação. Assim, considerou-se que os assuntos discutidos no GT2 foram melhor abordados, visto que melhor introduziram os documentos dentro de um contexto de gestão do processo do projeto e das novas tendências das tecnologias da informação. Também foi observado neste período que dois dos escritórios que participaram do GT1 (modulação de alvenaria e estruturas), tiveram um grande avanço no que diz respeito à introdução das tecnologias da informação e melhorias na gestão do processo de projeto, em parte, em função do amadurecimento das discussões realizadas no GT1.

Além disso, o êxito na implementação dos padrões na fase de avaliação externa pode se atribuído ao maior interesse e comprometimento por parte dos projetistas e suas respectivas equipes. Também, constatou-se que a participação de escritórios e empresas construtoras incorporadoras que possuíam um nível mais elevado de organização e informatização do processo de projeto motivou os demais escritórios a iniciar o processo de melhoria.

6.2 Principais conclusões quanto ao uso dos sistemas CAD e Tecnologias da Informação

Nas discussões no GT1 e GT2, verificou-se que os arquivos de desenho do projeto de arquitetura, com freqüência, resultam em retrabalhos e perdas aos demais projetistas do processo. Na maioria das vezes, estas perdas são provocadas pela não utilização de *layers* adequados, desenho de objetos e elementos com *layers* trocados, uso de unidades de medida diferentes ou com cotas arredondadas, não utilização do ponto inicial do desenho, não utilização de arquivos de referência, atribuição de escalas no formato *model space*, entre outros. Enfim, tais retrabalhos são causados pela a sub utilização dos sistemas CAD. Entretanto, observou-se que não são apenas os arquitetos que sub utilizam estes sistemas.

A busca pela eficiência na produção de desenhos no computador ou gestão do fluxo de informações deve ser responsabilidade não só dos projetistas, mas principalmente das empresas construtoras incorporadoras por serem seus clientes e também por terem um papel de coordenação do processo. A definição de algumas diretrizes básicas, como as desenvolvidas no presente trabalho, visa não só à otimização da produção arquivos de desenho, como também à melhoria do seu produto - as plantas para produção.

Dentro de um contexto, no qual a empresa está interessada na implementação de melhorias relacionadas à produção de desenhos e plantas, o gerente ou coordenador de projetos, interno ou terceirizado a esta, tem um papel fundamental. Para a melhor coordenação das interfaces, é importante que se tenha um profissional que faça o papel de ligação entre os interesses da empresa e da equipe de projetistas. Além disso, o estabelecimento de certos padrões relacionados à produção de desenhos por parte da empresa faz com que a equipe comece a utilizar a mesma linguagem. Espera-se com isto que a eficiência do processo como um todo seja aumentada.

Nos casos de empresas que não possuem gerentes e/ou coordenadores de projeto contratados, como era o caso de alguns participantes do GT2, a utilização dos padrões por apenas alguns projetistas da equipe pode não trazer os benefícios desejados. Além disso, podem-se gerar certos conflitos à medida que alguns projetistas parceiros impõem diretrizes de trabalho a outros projetistas. Portanto, a figura do gerente ou coordenador de projetos é fundamental à medida que o mesmo é o responsável, entre outras atividades, pela disseminação e utilização dos padrões da empresa.

Mais especificamente quanto aos sistemas CAD, concluiu-se que é possível melhorar facilmente a sua utilização nos seguintes aspectos:

- plena utilização do ponto inicial do desenho entre todos os intervenientes do processo de projeto, de modo a facilitar a integração de arquivos;
- melhor classificação dos *layers*;
- uso efetivo de templates, paper space, arquivos de referência e blocos com atributos.

Além disso, identificou-se que a gestão do fluxo de informações no processo de projeto informatizado pode ser melhorada principalmente pelo registro, documentação e comunicação das trocas de informações ocorridas ao longo do processo de projeto.

6.3 Recomendações para futuros trabalhos

Esta pesquisa teve como escopo de trabalho a melhoria da **eficiência** do processo de projeto informatizado e do uso das tecnologias da informação disponíveis. Entretanto, verifica-se que outros aspectos referentes a este processo ainda podem ser pesquisados:

- investigar como os sistemas CAD 3D podem ser melhor utilizados no processo de concepção do projeto arquitetônico;
- estudar como os sistemas CAD 3D podem ser melhor utilizados nas etapas de integração entre as diversas disciplinas de projeto;
- acompanhar e avaliar a introdução de serviços de *extranets* oferecidos comercialmente no mercado da construção.
- estudar de forma mais aprofundada a atividade relacionada à gerência e coordenação de projetos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6.023**: Informação e documentação - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro, 2000, 22p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6.492**: Representação de projetos de arquitetura. Rio de Janeiro, 1994, 27p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8.196**: Emprego de escalas em desenho técnico. Rio de Janeiro, 1992, 2p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8.403**: Aplicação de linhas em desenhos - Tipos de linhas - Largura de linhas. 1984, 6p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.068**: Folha de desenho - Leitura e dimensões. 1987, 5p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.126**: Cotação em desenho técnico. 1987, 16p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.582**: Conteúdo da folha para desenho técnico. 1988, 5p.
- AHMAD, I.; RUSSEL, J. S.; ABOU-ZEID, A. Information Technology (IT) and integration in the construction industry. In: **Construction Management and Economics**, n. 13, p. 163-171, 1995.
- AIA (American Institute of Architects). **CAD Layer Guidelines**. Computer-aided design management techniques for architecture, engineering and facility management. 2. ed., Washington, 1997.
- ALMEIDA, L.; GRILO, A.; RABE, L. et al. Implementing EDI and STEP in the construction Industry. In: **Product and Process Modelling in the Building Industry**. p. 1-8, 1998.
- AOUAD, Ghassan. Managing Construction Information effectively using integrated databases. In: **The Organization and Management of Construction**. Shaping theory and practice. Volume Three. Langford and A. Retik, v. 3, p. 14-22, 1996.
- AOUAD, Ghassan. **An introduction to VR and research at Salford**. Porto Alegre. 1998. 61 transparências.
- AOUAD, Ghassan; GRAHAME, Cooper; MIKE, Kagioglou et al. **A synchronized process/IT model to support the co-maturation of process and IT in the construction sector**. Salford, 1998. p. 12.
- ASBEA. **Otimização e padronização de informações em CADD**. 2000. Disponível em: <<http://WWW.asbea.org.br/cad/apresenta.htm>> Acesso em: 26 ago. 2000.
- AUGENBROE, G.; ROMBOUTS, W.; VERHOEF, M. Product data technology in integrated A/E/C systems: Past, present & future. In: **Product and Process Modelling in the Building Industry**. Amor (Ed.), 1998. p. 37-45.
- BALDAM, R. L. **Utilizando totalmente AutoCAD R14**. Editora Érica, 3.ed., 1998. p. 385.
- BARTZ, C. C. **Aliança industrial para interoperabilidade**. Atlanta, USA, 1995.
- BHAVNANI, S. K.; FLEMMING U.; FORSYTHE D. E.; et al. CAD usage in architectural office: from observations to active assistance. **Automation in Construction** n. 5, p. 243-255, 1996.
- BARROS NETO, José de Paula. **Proposta de um modelo de formulação de estratégias de produção para pequenas empresas de construção habitacional**. 1999. Tese (Doutorado em Administração) - Programa de Pós Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1999.
- BIDCOM. Catálogo comercial em *home page*. San Francisco. 2000. Disponível em: <<http://www.bidcom.com>> Acesso em: 14 abr. 2000.
- BJORK, B.; KURT. L.; ARTO, K. ISO DIS 13567. **The proposed international standard for structuring layers in computer aided building design**. 1997. Disponível em: <<http://itcon.org/1997/2/paper.htm>> Acesso em: 10 ago. 1999. BS (British Standards) n. 1192, parte 5, 1998. p. 19.
- BURCHARD, B.; PITZER, D.; SOEN, F. **Desvendando o AutoCAD 14**. Editora Campus. 3.ed., 1998. p. 914.
- CADs BULLETIN. **AutoCAD 2000i o AutoCAD para internet**. Porto Alegre. jul./ago., 2000.

- CHOI, K. C.; IBBS, C. W. CAD/CAE in construction: trends, problems and needs. **Journal of Management in Engineering**, v. 6, n. 4, oct., 1990.
- COLEMAN, C. R. Data transfer - designs on move. **Architectural Management**. Edited by M. P. Nicholson. Published by E & FN. Spon, 1992.
- COLES, B. C. Computer Integrated Construction. **Civil Engineering**, jun., 1994.
- COSTA, J. M.; ABRANTES, V. Design management through quality evaluation. **The Organization and Management of Construction. Shaping theory practice**. Volume Two. Langford and A. Retik, 1996.
- CROSS, Nigel. **Engineering methods**. Strategies for product design. Ed Wiley, second edition, London, 1994.
- CROSS, Nigel. Natural intelligence in design. **Design Studies**. v. 20, n. 1, 1999.
- DEBRAS, P.; MONCEYRON, J. L.; BAUER, F. et al. From product data technologies to applications: illustrative cases in the AEC domain. **CIB-W78 Conference. Information Technology in Construction**. Estocolmo, 1998.
- DECELLE, A. F.; DUBOIS, A. M.; FERNANDEZ, I. Management and integration of product information in construction: reality and future trends. **The International Journal of Construction Information Technology**, v. 5, n. 2, p. 19-46, 1997.
- DOBSON, A. P. H.; DOKONAL, W.; KOSCO, I. Collaborative student design projects using the internet as a medium for the exchange and management of architectural design information. **The organization and management of construction: Shaping theory and practice**. Manchester, v. 3, p. 33-42, 1996.
- FARAJ, I. The use of VR in support of construction tasks. In: **The Organization and Management of Construction. Shaping theory and practice**. Volume Three. Langford and A. Retik, 1996.
- FARAJ, I.; ALSHAWI, M.; AOUAD, G.; et al. The implementation of the IFC in a distributed computer integration environment. In: **Product and Process Modelling in the Building Industry**. Amor (Ed.), 1998. p. 187-198.
- FARHI, Marir; AOUAD, Ghassan; GRAHAME, Cooper. **OSCONCAD: A model-based CAD system integrated with computer applications**. 1998. Disponível em: <<http://itcon.org/1998/3paper.htm>> Acesso em: 26 Feb. 2000.
- FERREIRA, J. C. G. **Informatização em um escritório de arquitetura: criação, acompanhamento e operacionalização**. 1996. 134f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 1996.
- FORMOSO C. T. **The new operations management paradigm**. Artigo de discussão interna NORIE/UFRGS. Porto Alegre. 2000. 4p.
- FORMOSO C. T.; TZORTZOPOULOS, P.; LIEDKTE, R.; et al. **Qualidade no projeto**. Porto Alegre, 1998. 41p.
- FLYNN, B. B. et al. - Empirical research methods in operations. **Management Journal of Operations Management**. v.9, n.2, Apr., 1990.
- FRUET, G. M.; FORMOSO, C. T. **Diagnóstico das dificuldades enfrentadas por gerentes técnicos de empresas de construção civil de pequeno porte**. In: Seminário Qualidade na Construção Civil - Gestão e Tecnologia, Porto Alegre, 8 e 9 jun. 1993. Anais. Porto Alegre, UFRGS, 1993. p. 1-51.
- GLAVAN, J. R.; TUCKER, R. L. Forecasting design related problems - case study. In: **Journal of Construction and Engineering management**, v.117, n.1, p. 47-65, Mar., 1991.
- GRAPHO NEW. **AutoCAD 2000i chega ao mercado**. n. 9, jul./ago./set., 2000.
- GRAY, C.; HUGES, W., BENNET, J.; The successful management of design. **Centre for strategic studies in construction**, University of Reading, 1994.
- GUS, Márcio. **Método para concepção de sistemas de gerenciamento da etapa de projetos da construção civil: um estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1996.
- HAGUETTE, T. M. F. **Metodologias qualitativas na sociologia**. Petrópolis: Vozes, 1997.

- HELENE, P.; SOUZA, R. **Controle da qualidade na indústria da construção civil**. Tecnologia das edificações, Ed. PINI, 1988.
- HEROLD, Ken. Universal building language. **Journal of Computing in Civil Engineering**. p. 1-3, 1997.
- HINKS, J.; AOUAD, G.; COOPER, R. et al. IT and the design and the construction process: a conceptual model of co-maturation. **The International Journal of Construction Information Technology**, v. 5, n. 1, p. 1-25, 1997.
- HUOVILA, P.; KOSKELA, L.; LAUTANALA, M. **Fast or concurrent: the art of getting construction improved**. 2nd Workshop on Lean Construction, Santiago, p. 143-159, 1994.
- HUOVILA, P.; SÉREN, K. J. Customer-oriented design methods for construction projects. **Journal of Engineering Design**. v. 9, n. 3, p. 226-237, 1998.
- JACQUES, Jocelise J. **Contribuições para gestão da definição e transmissão de informações técnicas no processo de projeto**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2001.
- KAMARA, J. M.; ANUMBA, C. J.; EVBUOMWAM, N. F. O. Considerations for the effective implementation of concurrent engineering in construction. In: **International Conference of Concurrent Engineering**, Ed. por Anumba e Evbuomwam, p. 33-44, 1997.
- KLEIN, Roberto. **Conceitos básicos de CAD**. In: Seminário Internacional. Computação: arquitetura e urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - USP, Anais. São Paulo, 1992. p. 9-30.
- KOSKELA, L.; HOUVILA, P. On foundations of concurrent engineering. In: **International Conference of Concurrent Engineering**, Ed. por Anumba e Evbuomwam, p.22-32, 1997.
- KOSKELA, Lauri. An exploration towards a production theory and its application to construction. **VTT Publications 408**. Technical Research centre of Finland. ESPOO, 2000.
- 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, 1992.
- LAUFER, Alexander. **Simultaneous Management. Managing projects in a dynamic environment**. Califórnia, 1997.
- LAWSON, Bryan. Towards a computer-aided architectural design process: a journey of several mirages. **Computers in industry**. p. 47-57, 1998.
- LAWSON, Bryan; LOKE, S. M. Computers, words and pictures. **Design Studies**. v. 18, n. 2, 1997.
- LEVY, Pierre. **As tecnologias da inteligência. O futuro do pensamento na era da informática**. Editora 34, 7.ed., 1998. p. 203.
- LIDDLE, Art. **AutoCAD 2000i connects to the web**. 2000. Disponível em: <<http://cadalyst.com>> Acesso em: 3 Nov. 2000.
- LUITEN, G. T. B.; TOLMAN, F. P. Automating communication in civil engineering. **Journal of construction engineering and management**. v. 123, n. 2, p. 113- 120, Jun., 1997.
- MANZANNO, A. L. N. G.; MANZANNO M. I. N. G. **Estudo Dirigido de Informática básica**. São Paulo: Editora Érica, 1998.
- MARKUS, T.; ARCH, M. **Optimization by evaluation in the appraisal of buildings**. In: HUTTON, G. H. & DEVONALD, A. D. G. (Ed). **Value in building**. London, Applied Science, 1973. Cap. 6, p. 82-111.
- MENON, U.; O'GRADY, P. J.; GU, J. Z. et al. Quality function deployment: an overview. In: SYAN, C. S. & MENON, U. (Eds) **Concurrent Engineering: concepts, implementation and practice**. London, Chapman & Hall, 1994. Cap. 5, p. 91-99.
- MIDDLEBROOK, Mark. **Drawing Exchange Revisited**. Cadalyst, Dez., 1998.
- MOKHTAR A.; BEDARD C. Towards integrated construction technical documents - A new approach through product modelling. In: **Product and Process Modelling in the Building Industry**. A. A. Balkema, Rotterdam, 1995. p. 3-9.
- MORAN, J. M. **Mudanças na comunicação pessoal: gerenciamento integrado da comunicação pessoal, social e tecnológica**. São Paulo: Editora Paulinas, 1998.

- NOVAES, Celso Carlos. **Diretrizes para garantia da qualidade do projeto na produção de edificações**. São Paulo, 1996. 389p. Tese de Doutorado - Escola politécnica da Universidade de São Paulo.
- NUNES, R. C. P. **Implementação de sistemas CAD: uma análise dos escritórios de projeto no Rio de Janeiro**. 1997. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense, Niterói. 1997.
- NUTT, Bev. The strategic design of buildings. In: **Long Range Planning**. Grã Bretanha, 1988. p.130-139.
- O'BRIEN, Mark; AL-SOUFI, A. A survey of data communications in the UK construction industry. **Construction Management and Economics**. p. 457-465, 1994.
- O'BRIEN, William J. Implementation issues in project web sites: a practioner's viewpoint. **Journal of Management in Engineering**. May., 2000. p. 34-39.
- OLIVEIRA, Leonardo Rocha. **Raciocínio baseado em casos e realidade virtual: uma plataforma para sistemas inteligentes de treinamento**. 1998. Tese de Doutorado - Universidade de Salford, Inglaterra. 1998.
- OLIVEIRA, Mário Mendonça. **Desenho de arquitetura pré-renascentista**. 1976. 140 f. Dissertação - FACCEBA. Universidade Federal da Bahia, Salvador. 1976.
- OLIVEIRA, Miriam. **Um método para obtenção de indicadores visando à tomada de decisão na etapa de concepção do processo construtivo: a percepção dos principais intervenientes**. 1999. Tese (Doutorado em Administração) Programa de Pós Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- PAWAR, K.S. Organizational and managerial issues. In: SYAN, C. S. & MENON, U.(Eds) **Concurrent Engineering: concepts, implementation and practice**. London, Chapman & Hall, 1994. Cap. 3, p. 49-74.
- PICCHI, Flávio Augusto. **Sistemas de qualidade: uso em empresas de construção**. 1993. 438 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 1993.
- PRASAD, B. Seven enabling principles of concurrency and simultaneity in concurrent engineering. In: **International Conference of Concurrent Engineering**, Ed. por Anumba e Evbuomwam, p. 1-12, 1997.
- PRASAD, B.; WANG, F.; DENG, J. A concurrent workflow management process for integrated product development. **Journal of Engineering Design**, v. 9, n.2, p. 121-135, 1998.
- RADOFF, David. CAD in construction. **Computer Aided Engineer**. v. 8, n.5, p. 46-48, 1989.
- REZGUI, Y.; BROWN, A.; COOPER, G. An object-oriented model based approach for evolving information representation. In: **The Organization and Management of Construction. Shaping theory and practice**. Volume Three. Langford and A. Retik, 1996.
- RIBA (Royal Institute of British Architects). **Handbook of architectural practice management**. London, 1980.
- ROESCH, Silvia M. A. **O estudo de caso como estratégia de pesquisa**. Porto Alegre. 1999. 50 transparências.
- SALWEN, Peter. Sticking with the web. **Civil Engineering**. p. 37-41, Jun., 1996.
- SHIH, Naai-Jung. A study of 2D and 3D oriented architectural drawing production methods. **Automation in Construction**. p. 273-283, 1996.
- SOILBEMAN, Lúcio; CALDAS, Carlos H. S. **O uso de extranets no gerenciamento de projetos: O exemplo norte americano**. In: ANAIS DO VIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO - ENTAC. Salvador, 2000.
- SYAN, C. S. Introduction to concurrent engineering. In: SYAN, C. S. & MENON, U.(Eds) **Concurrent Engineering: concepts, implementation and practice**. London, Chapman & Hall, 1994. Cap. 1, p. 3-23.
- SYAN, C. Concurrente Engineering: key issues in implementation and practice. In: **International Conference of Concurrent Engineering**, Ed. por Anumba e Evbuomwam, p.13-21, 1997.
- SYAN, C. S. Introduction to concurrent engineering. In: SYAN, C. S. & MENON, U. (Eds) **Concurrent Engineering: concepts, implementation and practice**. London, Chapman & Hall, 1994. Cap. 1, p. 3-23.
- SYAN, C. S.; SWIFT, K. G. Design for assembly. In: SYAN, C. S. & MENON, U.(Eds) **Concurrent Engineering: concepts, implementation and practice**. London, Chapman & Hall, 1994. Cap. 7, p. 117-136.

- SYAN, C. S.; SWIFT, K. G. Design for manufacture. In: SYAN, C. S. & MENON, U.(Eds) **Concurrent Engineering: concepts, implementation and practice**. London, Chapman & Hall, 1994. Cap. 6, p. 101-115.
- TEICHOLZ P.; FISCHER M. Strategy for computer integrated construction technology. **Journal of Construction Engineering and Management**. v. 120, n.1, p.117-131, 1994.
- TENÓRIO, R. M. **Cérebros e computadores: a complementaridade analógico digital da informática e na educação**. São Paulo: Escrituras Editora, 1998.
- THORPE, A.; BALDWIN, A. N.; LEWIS, T. Data exchange standards for the construction industry. **The International Journal of Construction Information Technology**, v. 2, n. 2, p. 65-84, 1994.
- THORPE, A.; CARTES, C.; LEEVERS, D. et al. Broadband integrated communications for construction. **Product and Process Modelling in the Building Industry**. p. 457-463, 1995.
- TOLMAN, F. P. Product modeling standardas for the building and construction industry: past, present and future. **Automation in Construction**. n.8, p. 227-235, 1999.
- TZORTZOPOULOS, P.; FORMOSO, C. T.; LIEDTKE, R. et al. **Diretrizes para a modelagem do processo de desenvolvimento de projeto de edificações**. In: 7^o Encontro Nacional em Tecnologia do Ambiente Construído, 1998, Florianópolis. Anais: Qualidade do processo construtivo. v. 2, p. 627-634.
- TZORTZOPOULOS, Patrícia. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**.1999. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.1999.
- ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product design and development**. The McGraw-Hill Companies, 2. ed., 2000.
- VARGAS, J. I. **A informação e as redes eletrônicas**. Ci. Inf., Brasília, p. 7-8. jan./abr. 1994.
- WILLAERT, S. S. A.; GRAAF, R.; MINDERHOUD, S. Collaborative engineering: a case study of concurrent engineering in a wider context. **Journal of Engineering and Technology Management**. n.15, p. 87-109, 1998.
- WIX, J. LIEBICH, T. Industry Foundation Classes. Some business questions examined. In: **Product and Process Modelling in the Building Industry**. A. A. Balkema, Rotterdam, 1995. p. 553-560.
- YAZDANI, B.; HOLMES, C. Four models of design definition: sequential, design centered, concurrent an dinamic. **Journal of Engineering Design**, v. 10, n. 1, p. 25-37, 1999.
- YIN, Robert. **Case study research: design and methods**. 2.ed., Sage Publications, 1994.
- ZABELLE, T. R.; FISCHER, M. Delivering value through the use of three dimensional computer modeling. In: HANNUS, M. SALONEN, M. & KAZI, A. S. (Eds). **Concurrent Engineering in construction challenges for the new millenium**. Espoo, Finlândia, VTT & CIB, 1999. CIB Publications.

ANEXOS

ANEXO 1 - ROTEIRO DE ENTREVISTAS DO DIAGNÓSTICO "UTILIZAÇÃO DOS SISTEMAS CAD EM ESCRITÓRIOS DE PROJETO DE EDIFICAÇÕES"

ENTREVISTA ORIENTADA AOS PROJETISTAS (V4-27/01/99)

Escritório: _____ Projeto: _____ Data: _____
Pesquisadores: _____
Entrevistado: _____ Profissão: _____

Parte 1: Características gerais

- 1- Quantos projetista o escritório possui? _____
- 2- Quantos deles utilizam o programa? _____
 - * Idade: _____
 - * Tempo de experiência profissional: _____
 - * Tempo de experiência em CAD: _____
- 3- Quantos computadores possuem o programa CAD? _____
- 4- Configuração básica do hardware

	Computador I	Computador II	Computador III	Computador IV
CPU				
Memória RAM				
Impressora				
Software				
Aplicativos				

Parte 2: Processo de aprendizagem dos sistemas CAD

- 1- Como foi o processo de aprendizagem com o CAD?
() Formal () Informal () Outros _____
- 2- Quanto tempo foi destinado? _____
- 3- Foi orientado para a área de projetos de edificações ou foi mais genérico?
() Sim () Não () 3D () 2D
- 4- Existe suporte técnico?
() Sim () Não
- 5- Orientado para a área de projetos de edificação?
() Sim () Não
- 7- Quanto tempo durou a fase de adaptação entre o processo de projeto tradicional e o informatizado?

Parte 3: Utilização dos sistemas CAD

- 1- O estudo preliminar é lançado no CAD?
() Sim () Não
- 2- Ainda existem desenhistas/projetistas de prancheta?
() Não () Sim /Quantos? _____
- 3- Existem cadistas?
() Não () Sim /Quantos? _____
- 4- Classificar quais as etapas do projeto em que mais se utiliza o CAD?
(Numerar de 1 a 3 em ordem crescente de acordo com a importância)

- Estudo Preliminar Ante Projeto Projeto Legal
 Projeto Executivo As built Outros

Justifique _____

5- Classificar quais os principais obstáculos para utilização do CAD? (Numerar de 1 a 3 em ordem crescente de acordo com a importância)

- Custo do equipamento Custo do treinamento Custo da plotagem
 Falta de capacitação dos profissionais da empresa
 Falta de suporte técnico Falta de mão-de-obra no mercado
 Falta de padronização das informações
 Resistência dos profissionais ao aprendizado e utilização
 Tempo gasto para abrir, salvar e trabalhar via Internet Outros

Justifique _____

6- Classificar quais os benefícios obtidos com o uso do CAD?

(Numerar de 1 a 3 em ordem crescente de acordo com a importância)

- Facilidade de promover alterações
 Simplificação através da padronização
 Integração de projetos complementares
 Velocidade de produção Rapidez de reprodução
 Maior produtividade Confiabilidade do projeto
 Qualidade gráfica do projeto Marketing Outros

Justifique _____

Parte 4: Processo de projeto

1- Ocorreu reformulação no processo de criação de projeto?

- Sim Não

Justifique _____

2- Como é realizado o atual processo de projeto?

3- Os arquivos de desenho são salvos em versões?

- sim não

4- Ocorreu o desenvolvimento de rotinas próprias de trabalho?

- sim não

* A nível de cada profissional

* Ao nível do escritório

5- Como são nomeados os arquivos? _____

Esta codificação é padronizada? sim não

6- Existe uma padronização na apresentação dos projetos?

- sim não

O que foi padronizado? _____

Parte 5: Processo de troca de informações:

1- Como são trocadas as informações com os outros profissionais envolvidos no projeto?

ANEXO 2- TÓPICOS DISCUTIDOS NAS REUNIÕES DO GT1 E RELAÇÃO DE PROJETISTAS PARTICIPANTES

	1ª Reunião	2ª Reunião	3ª Reunião	4ª Reunião	5ª Reunião	6ª Reunião	7ª Reunião
Tópicos discutidos	<ul style="list-style-type: none"> • Proposta de trabalho; • Protocolos de envio e recebimento de arquivos e plantas • Diretrizes para produção de desenhos no computador 	<ul style="list-style-type: none"> • Continuação das diretrizes para produção de desenhos no computador • Diretrizes para apresentação de plantas • <i>Back up</i> de arquivos de desenho 	<ul style="list-style-type: none"> • Nomenclatura de arquivos 	<ul style="list-style-type: none"> • Nomenclatura de <i>layers</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Layers</i> de integração 	<ul style="list-style-type: none"> • Conclusão dos trabalhos 	<ul style="list-style-type: none"> • Palestra
Nº participantes	Arquitetos - 4 Instalações - 1 Modulação - 1 Total = 6	Arquitetos - 5 Instalações - 1 Modulação - 1 Total = 7	Arquitetos - 2 Estruturas - 5 Modulação - 1 Total = 8	Arquitetos - 2 Estruturas - 3 Modulação - 1 Total = 6	Arquitetos - 3 Instalações - 1 Estruturas - 1 Modulação - 1 Total = 6	Arquitetos - 2 Instalações - 1 Estruturas - 2 Modulação - 1 Total = 6	Arquitetos - 2 Instalações - 1 Estruturas - 2 Modulação - 1 Total = 6

ANEXO 3 - SIMBOLOGIAS - INFORMAÇÃO PRINCIPAL E INFORMAÇÃO SECUNDÁRIA

PROJETO ARQUITETÔNICO (AR)

Inform. Princ.	Inform. Sec.	DESCRIÇÃO	Inform. Princ.	Inform. Sec.	DESCRIÇÃO
...	...	Planta de todos pavimentos	Det	Chu	Detalhe Churrasqueira
Cor	TAA	Corte Transversal AA	Det	Lar	Detalhe Lareira
Cor	LBB	Corte Longitudinal BB	Det	Tam	Detalhe Tampo de pedra
Fac	Fre	Fachada Frente	Det	For	Detalhe Forro
Fac	Fun	Fachada Fundos	Det	Gra	Detalhe Gradeam. Frontal
Fac	Dir	Fachada Lateral Direita	Det	Flo	Detalhe Floreiras
Fac	Esq	Fachada Lateral Esquerda	Det	Dec	Detalhe <i>deck</i> piscina
Pta	Cir	Planta baixa Circulação	Det	Pag	Detalhe paginação
Pta	Zel	Planta baixa Apto Zelador	Det	Pis	Detalhe de pisos
Pta	Pla	Planta baixa <i>Play Ground</i>	Det	Esq	Detalhe de esquadrias
Pta	Fes	Planta baixa Salão Festas			

PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS (EL)

Inform. Princ.	Inform. Sec.	DESCRIÇÃO	Inform. Princ.	Inform. Sec.	DESCRIÇÃO
...	...	Planta de todos pavimentos	Sub	Tra	Subestação Transform.
Col	Mon	Coluna Montante	Ilu	Ext	Iluminação Externa
Qdr	Med	Quadro de Medição			

PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS (HI)

Inform. Princ.	Inform. Sec.	DESCRIÇÃO	Inform. Princ.	Inform. Sec.	DESCRIÇÃO
...	...	Planta de todos pavimentos		Bar	Barriletes (como pode haver mais de uma planta, o diferenciador no nome do arquivo será o nº da prancha)
Esq	Afr	Esq. Vertical Água Fria		Est	Estereogramas (idem)
Esq	Aqu	Esq. Vertical Água Quente			

PROJETO DE MODULAÇÃO DE ALVENARIA (MA)

Inform. Princ.	Inform. Sec.	DESCRIÇÃO	Inform. Princ.	Inform. Sec.	DESCRIÇÃO
Tip	1fi	1ª fiada do pavim. tipo (e assim p/ demais pavim.)	Det	Ver	Detalhe de vergas e contravergas
Tip	Fur	Planta de furação do tipo	Det	Arm	Detalhe de armação e grauteamento
	PAR	Planta de elevação das paredes (como pode haver mais de uma planta contendo as vistas das paredes, o diferenciador do nome do arquivo será o nº da prancha)

ANEXO 4 - LISTAGEM PARCIAL - TABELA PADRÃO DE *LAYERS*

CLASSIFIC. DA INFORMAÇÃO	USUÁRIOS	GRUPO PRINCIPAL	GRUPO SECUND. (OPCIONAL)	DESCRIÇÃO
GERAL	* (todos)	SELOS		Grade do selo
	*	MARGE		Margens da folha de impressão
	*	TITPQ		Títulos de plantas e selos - Pequenos
	*	TITMD		Títulos de plantas e selos - Médios
	*	TITGR		Títulos de plantas e selos - Grandes
	*	NOMES		Nome de dependências, compartimentos, peças estruturais, equipamentos, canalizações como tubos de queda, tubos de ventilação, eletrodomésticos, mobília,
	*	NUMER		Números. Número dos apartamentos, degraus, circuitos, referência das esquadrias,
	*	DIMEN		Dimensões de esquadrias, peças estruturais, hidráulicas, níveis,
	*	QUANT		Quantidades. Área (m2), volumes, pesos, capacidades,
	*	COTAS		Cotas
	*	COTAS	ACUM	Cotas acumuladas
	*	NIVEL		Níveis
	*	LEGEN		Legenda e seu conteúdo, seja a grade, nomes, números, dimensões ou quantidades
REPRESENT. DA EDIFICAÇÃO (sistemas/ componentes./ elementos)	*	PARED		Paredes
	*	PARED	MEIA	Parede à meia altura
	*	DIVIS		Divisórias
	*	DIVIS	MADE GESS DWAL GRAD	Divisórias de Madeira Divisórias de Gesso Divisórias Dry wall Divisórias Grade (gradeamento)
	*	MUROS		Muros
	*	TELHD		Telhado
	AR/EC/EA/EM	TELHD	MADE TLHA	Telhado - Madeiramento Telhado – Telhas
	*	FORRO		Forro
	*	FORR	GESS	Forro de gesso
	*	ELEVA		Elevador

	AR/AI/EL/HI/TE/MA	MOBIL		Mobiliário
	AR/AI	MOBIL	LINT	Mobiliário – Linhas internas
	*	VEGET		Vegetação
	*	TERRN		Terreno - poligonais
	*	TERRN	CNIV	Terreno – Curvas de nível
	*	JANEL		Janelas
	AR/AI/ MA	JANEL	ALUM MADE MTAL	Janelas de Alumínio Janelas de Madeira Janelas Metálicas
	*	PORTA		Porta
	*	PORTA	MADE	Portas Madeira
	*	BOX		Box carros
	*	ESCAD		Escadas
CLASSIFIC. DA INFORMAÇÃO	USUÁRIOS	GRUPO PRINCIPAL	GRUPO SECUND. (OPCIONAL)	DESCRIÇÃO
INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS	HI/EC	ESGOT	PRIM	Canalização de Esgoto Primário
	HI	ESGOT	SECN	Canalização de Esgoto Secundário
	HI/EL/MA	ÁGUA	PARE	Canalização de Água na Parede
	HI/EL	ÁGUA	PISO	Canalização de Água no Piso
	HI/EL/TE/MA	GÁS	PARE	Canalização de Gás na Parede
	HI/EL	GÁS	PISO	Canalização de Gás no Piso
	HI/MA	VENT		Canalização de Ventilação
	*	PAGUA		Ponto consumo Água. Pia, torneira, lavatório, vaso sanit., chuveiro, tanque, máq. lavar, reservatório
	AR/HI	PAGUA	LINT	Linhas internas dos pontos consumo de Água
CLASSIFIC. DA INFORMAÇÃO	USUÁRIOS	GRUPO PRINCIPAL	GRUPO SECUND. (OPCIONAL)	DESCRIÇÃO
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	EL/HI/TE/MA	ELETR	PARE	Eletroduto em Parede
	EL/EC	ELETR	LAJE	Eletroduto em Laje
	EL/EC	ELETR	PISO	Eletroduto no Piso
	EL	FIOS		Fase, neutro, retorno e terra
	EL	FIOS	BITO	Bitolas
	*	QUADR		Quadros - Qdro medição, Centro de distrib., Caixas de passagem, Caixa de entrada, ...
	*	COMUN		Comunicação - campainha, interfone, porteiro eletrônico, telefone, caixa do correio, alarme, antenas,
	*	PTLUZ	TETO	Pontos de luz no teto
	*	PTLUZ	PARE	Pontos de luz na parede
	*	PTLUZ	PISO	Pontos de luz no piso
	AR/AI/EL/MA	INTER		Interruptores
	AR/AI/AC/EL/MA	TOMAD		Tomadas em geral, bomba, motor, transf.,...

ANEXO 5 - LISTAGEM PARCIAL - LAYERS DE INTEGRAÇÃO DE ARQUIVOS DE DESENHO

LAYERS COMUNS A TODAS AS DISCIPLINAS DE PROJETO

Selo	Degraus das escadas
Margens	Níveis
Legendas	Cotas
Título dos desenhos	Nome das peças
Alterações	Eixo da obra
Paredes	Limites do terreno
Sacadas	Linhas de chamada
Peitoris	Orientação
Muros	Esquadrias (portas e janelas)

LAYERS PARA INTEGRAÇÃO GRÁFICA

O projeto de **ARQUITETURA** deve considerar, sob forma de *layers*, as seguintes informações:

INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS	CLIENTES
Contorno do box garagem	EC - EA - HI - EL - TE - IN
Contorno pilares (lançamento)	EC - EA - HI - EL - TE - IN - MA - FU - AC
Contorno e dimensões do terreno	Todas as disciplinas
Área peças	Todas as disciplinas
Linhas corte	Todas as disciplinas
Equipamentos e Mobiliário	HI - EL - TE - IN
Ar condicionado de janela	EL - MA - AC
Lançamento dos pontos de consumo (tomadas, interruptores, chuveiros, bombas, interfonos, telefones, ... - em <i>layers</i> separados)	EL - TE - MA
Orientação Solar	EL - AC

O projeto de **INST. TELEFÔNICAS** deve considerar:

INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS	CLIENTES
Pontos de telefones e interfonos	AR - MA
Descidas das canalizações	EC - HI - EL - IN - MA - AC

O projeto de **ESTRUTURA DE CONCRETO** deve considerar:

INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS	CLIENTES
Contorno, dimensionamento e nome de FORMAS	Todas as disciplinas
Contorno, dimensionamento e nome de VIGAS	Todas as disciplinas
Contorno, dimensionamento e nome de PILARES	Todas as disciplinas

O projeto de **MODULAÇÃO DE ALVENARIA** deve considerar:

INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS	CLIENTES
Nome e dimensionamento dos Blocos (linhas internas e externas). Um <i>layer</i> para cada tipo bloco.	AR - EC - HI - EL - TE - IN
Contorno dos pilares na modulação	AR - EC - HI - EL - TE - IN - MA
Equipamentos e mobiliário	AR - HI - EL - TE