

Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção e Sistemas

INTEGRAÇÃO E INTEROPERABILIDADE EM PROJETOS
DE EDIFICAÇÕES
– UMA IMPLEMENTAÇÃO COM IFC/XML

Claudio Alcides Jacoski

**Tese apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas
da Universidade Federal de Santa Catarina,
como parte dos requisitos
para a obtenção do título de
Doutor em Engenharia de Produção.**

Orientador: Prof. Roberto Lamberts, Ph. D.

Florianópolis
2003

Claudio Alcides Jacoski

INTEGRAÇÃO E INTEROPERABILIDADE EM PROJETOS
DE EDIFICAÇÕES
– UMA IMPLEMENTAÇÃO COM IFC/XML

Esta tese foi julgada e aprovada para obtenção do título de **Doutor em Engenharia de Produção, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas** da Universidade Federal de Santa Catarina. Área de Concentração: **Inteligência Organizacional**.

Florianópolis, 04 de setembro de 2003.

Prof. Dr. Edson P. Paladini
Coordenador do PPGE

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Roberto Lamberts, Ph. D.
Orientador

Prof. Dr. Sérgio R. Leusin de Amorim
(Membro Externo)

Prof. Dr. Sílvio Burrattino Melhado
(Membro Externo)

Prof. Dr. Luiz A. Gomes

Prof. Malik Sheriaf, Dr. Ing.

Prof. Dr. Antonio Edésio Jungles

692.1 Jacoski, Claudio Alcides
J18i Integração e interoperabilidade em projetos de edificações : uma implementação
com IFC/XML / Claudio Alcides Jacoski. - - Florianópolis : 2003. 218 f.

Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) –Universidade Federal de Santa Catarina,
2003.

1. Construção – Projetos. 2. Tecnologia da Informação – Construção civil.
3. Interoperabilidade - Construção civil. I. Título.

CDD 692.1

Catálogo feita por Yara Menegatti – CRB 14/488

A minha esposa Soraia
e meu filho Tales,
meus pais Clemente (*in memorian*), Carolina
e irmãos, com muita gratidão.

Agradecimentos

À Universidade Federal de Santa Catarina.
Ao orientador Professor Roberto Lamberts, pelo incentivo e dedicação.

A CAPES e ACADEMIA de Letras e Artes pelo auxílio.

Aos meus próximos que mesmo sentindo minha ausência foram
incansáveis no apoio, minha eterna gratidão.

A todos aqueles que direta ou indiretamente
contribuíram para a realização deste trabalho e com a ampliação do
saber...

... que é a razão de ser da existência do homem na Terra.

Raumsol

***“... cada vez mais os desafios não serão técnicos.
Ao contrário, eles estarão ligados à conversão de dados
em informações utilizáveis “.***

Peter Drucker

Resumo

JACOSKI, Claudio Alcides. **Integração e interoperabilidade em projetos de edificações - uma implementação com IFC/XML**. 2003. 218 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

Esta tese investiga o uso de “Tecnologia da Informação” – T.I. e o ambiente *web*, como meios de solucionar problemas de comunicação e a utilização compartilhada da informação, integrando o setor de projetos de edificações.

O estudo pesquisa os problemas existentes no processo de projeto em relação à falta de interoperabilidade, interferências entre modalidades e a interrupção no processo de projeto, principalmente enfocando a troca de informação e a necessidade de comunicação entre os parceiros. Foram quantificadas situações de falta de interoperabilidade em escritórios de projetos, a partir de modalidades diversas, chegando-se a uma perda de produtividade em torno de 22 %.

Resultado da investigação, além da apresentação de uma forma de inserção internamente no próprio projeto digital das informações a serem compartilhadas, elaborou-se um protótipo para transferência da informação desde o projeto CAD até o uso em aplicativos em um ambiente *web*. Fazendo uso de arquivos IFC foi desenvolvido um software em linguagem Java para efetuar o intercâmbio sintático e semântico, com conversão automática das informações para o padrão XML.

Demonstrou-se desta forma um modo de dirimir os problemas de interoperabilidade comprovando a viabilidade de integração técnica dos projetos com o compartilhamento de informações através de um ambiente *web*.

Palavras-chave: Interoperabilidade, tecnologia da informação na construção, projetos digitais, arquivos IFC.

Abstract

JACOSKI, Claudio Alcides. **Integração e interoperabilidade em projetos de edificações - uma implementação com IFC/XML**. 2003. 218 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

This thesis investigates the use of "Information Technology" - I.T. and the web, projecting possibilities future of solving communication problems with use of the shared information, integrating the sector of design.

The study research the existent problems in the design process in relation to the lack of interoperability, interferences between modalities and the interruption in the design process, mainly focusing the change of information and the communication existent among the partners. The losses quantified with the lack of interoperability in the process arrived in 22%.

Result of the investigation, a prototype was elaborated for transfer of the information from the CAD design to the use in applications in web. Making use of IFC classes, software was developed in Java language for the syntactic and semantic exchange, with the automatic conversion of the information for standard XML.

It was demonstrated this way to decrease the interoperability problems, checking the viability of technical integration of the design with the shared information through the web.

Word-key: Interoperability, information technology in construction, design, IFC files.

Sumário

Lista de Figuras	09
Lista de Quadros	10
Lista de Siglas	11
1. INTRODUÇÃO	13
1.1. JUSTIFICATIVA	15
1.2. OBJETIVOS	17
1.2.1. <i>Objetivos Gerais</i>	17
1.2.2. <i>Objetivos Específicos</i>	17
1.3. METODOLOGIA DO ESTUDO	18
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO	23
2. UM MODELO PARA INTEGRAÇÃO INTEROPERÁVEL EM PROJETOS DE EDIFICAÇÕES 25	
2.1. O PROJETO DE EDIFICAÇÕES – A VINCULAÇÃO DA INFORMAÇÃO E A COMUNICAÇÃO	31
2.1.1. <i>O projeto de edificações</i>	31
2.1.2. <i>Os agentes do processo de projeto e suas relações com a cadeia produtiva</i> .	38
2.1.2.1. <i>Fluxo da Informação no processo de projeto</i>	46
2.1.3. <i>A integração da Informação em projetos</i>	63
2.1.4. <i>Inovação e difusão de tecnologias no setor da construção</i>	76
2.2. O PROJETO COMO REALIDADE VIRTUAL DA OBRA	84
2.2.1. <i>O conceito de virtual</i>	85
2.2.2. <i>Interoperabilidade e a transferência de dados na construção</i>	88
2.2.3. <i>Padronização da informação em vocabulários e sistemas de classificação</i> .	101
2.2.3.1. <i>Alguns padrões semânticos</i>	112
2.2.3.2. <i>A utilização de ontologias em vocabulários</i>	118
2.2.4. <i>Os Arquivos IFC (Industry Foundation Classes)</i>	121
2.2.5. <i>A Linguagem XML como opção para integração de sistemas</i>	130
2.2.5.1. <i>Esquemas XML e DTD (Document Type Definition)</i>	133
2.2.6. <i>O projeto ideal - a obra virtual</i>	140
3. ESTUDO DE CASO MÚLTIPLO NOS ESCRITÓRIOS DE PROJETO	142
3.1. <i>Caracterização dos Escritórios Pesquisados</i>	143
3.1.1. <i>Escritório de Projetos de Sistemas Elétricos</i>	143
3.1.2. <i>Escritório de Projetos Estruturais</i>	148
3.1.3. <i>Escritório de Projetos de Sistemas Hidro-Sanitários</i>	153
3.1.4. <i>Escritórios de Projetos Arquitetônicos</i>	155
3.2. <i>Resultados quantitativos da pesquisa</i>	157
3.3. <i>Problemas detectados na integração entre os projetos</i>	162
3.3.1. <i>Síntese dos problemas detectados</i>	165
4. IMPLEMENTAÇÃO DE UMA SOLUÇÃO COM IFC/XML	168
4.1. O INTERCÂMBIO SINTÁTICO E SEMÂNTICO POSSIBILITADO PELOS ARQUIVOS DE TEXTO	180
4.2. CONVERSÃO SINTÁTICA DE ATRIBUTOS DE LINGUAGEM IFC PARA XML	182
5. CONCLUSÕES	192
5.1. RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	196
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	200
APÊNDICE	213

Lista de Figuras

Figura 1 – Resumo esquemático do método utilizado.....	19
Figura 2 - Influência no custo final de um empreendimento de edifício	36
Figura 3 - Agentes na etapa de projeto com trâmite da informação não sistemática	51
Figura 4 - Diversos agentes participam do processo de execução da obra	52
Figura 5 - Na etapa de uso ainda existem muitos relacionamentos entre os agentes	52
Figura 6 - Função dos agentes na cadeia de processos de projetos	53
Figura 7 - Matriz função dos agentes em relação a informação em um projeto padrão.....	54
Figura 8 – Modelo do processo de projeto.....	58
Figura 9 – As informações no processo intelectual de projeto.....	59
Figura 10 – Representação espiral do processo de projeto	60
Figura 11 - Utilização de clusters como forma de integração.....	64
Figura 12 - Arquitetura de sistemas colaborativos de CAD.....	68
Figura 13 - Processo de comunicação.....	73
Figura 14 – O processo de comunicação – informação	74
Figura 15 – Demandas para integração em projetos e processos construtivos integrados	82
Figura 16 – Fluxograma do thesaurus segundo o projeto CDCON.....	110
Figura 17 – Área de trabalho do CDCON.....	112
Figura 18 - Pesquisas utilizando T.I. estão sendo implementadas pelo mundo todo	114
Figura 19- Experiências de especificações/classificações em diversos países.....	118
Figura 20 – Esquematização de uso da ferramenta de criação de IFC	123
Figura 21 - Arquitetura de camadas dos arquivos IFC	124
Figura 22 - Visão de um sistema servidor utilizando arquivos IFC	127
Figura 23 – Fragmento do arquivo IFC2X2_beta_longform.	128
Figura 24 – Entidades das classes IFC com seus atributos	129
Figura 25 – Sistema de implementação aecXML.....	135
Figura 26 - Página da empresa com acesso ao “Projeto OnLine”	151
Figura 27 – Acesso para compartilhamento de projetos	151
Figura 28 – Concepção da pesquisa resultando na implementação IFC/XML	170
Figura 29 – Um ambiente virtual de troca de informação - a Web	177
Figura 30 – Arquivo texto de extensão IFC gerado a partir de um projeto CAD	179
Figura 31 – Contexto da situação proposta para uso de informações geradas no CAD	181
Figura 32 – Protótipo de conversão sintática de elementos de arquivos IFC	185
Figura 33 – Exportação de elementos de projeto para geração do arquivo IFC	186
Figura 34 – Arquivo IFC extraído de um projeto.....	187
Figura 35 – Software desenvolvido em Java para atuar como “tradutor”	188
Figura 36 – Arquivo xsl gerador da página de informações do projeto.....	189
Figura 37 – Página gerada automaticamente a partir dos dados de projeto	190

Lista de Quadros

Quadro 1 - Cadeia construtiva para o subsegmento residencial formal – casas.....	41
Quadro 2 - Cadeia construtiva para o subsegmento residencial informal.....	41
Quadro 3 - Cadeia construtiva para o subsegmento residencial formal – edifícios e condomínios horizontais.....	42
Quadro 4 - Cadeia construtiva para o subsegmento comercial	42
Quadro 5 - Cadeia construtiva para o subsegmento industrial.....	43
Quadro 6 - Cadeia construtiva para o segmento de Infra-estrutura	43
Quadro 7 - Cadeia construtiva para o segmento de Infra-estrutura, subsegmento concessões e transporte	44
Quadro 8 – A informação na cadeia produtiva através da atuação de seus agentes.....	47
Quadro 9 – Fluxo de dados no processo de projeto.....	50
Quadro 10 – Abreviaturas utilizadas para nomenclaturas de <i>layers</i>	108
Quadro 11 - Perda percentual devido a interoperabilidade - Projeto Estrutural.....	159
Quadro 12 - Perda percentual devido a interoperabilidade - Projeto Elétrico	160
Quadro 13 - Perda percentual devido a interoperabilidade - Projeto Hidro-Sanitário.....	160
Quadro 14 - Perda percentual devido a interoperabilidade - Projeto Arquitetônico	161
Quadro 15 – Perda percentual devido a Interoperabilidade nas diversas modalidades	161
Quadro 16 - Síntese dos problemas detectados	167
Quadro 17 – Geração de atributos do objeto “PORTA”	173
Quadro 18 – Geração de atributos do objeto “JANELA”	174
Quadro 19 – Geração de atributos do objeto “PAREDE”	174
Quadro 20 – Geração de atributos do objeto “ESTRUTURA”	175
Quadro 21 – Geração de atributos do objeto “TUBULAÇÃO”	175
Quadro 22 – Protocolo mínimo de transferência obtido de informações dos especialistas ...	176

Lista de Siglas

ABNT	–	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	-	Arquitetura, Engenharia e Construção
AIA	-	<i>American Institute of Architects</i>
ANTAC	–	Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
API	-	<i>Application programming Interface</i>
AsBEA	-	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
BNDES	–	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
B2B	–	<i>Business to business</i>
B2C	–	<i>Business to Consumer</i>
CAD	–	<i>Computer Aided Design</i>
CDHU	–	Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo
CIB	–	<i>International Council for Research and Innovation in Building and Construction</i>
CDCON	–	Desenvolvimento de Terminologia e Codificação de Materiais e Serviços para Construção
CSI	-	<i>Construction Specification Institute</i>
CSS	-	<i>Cascading Style Sheets</i>
CTECH	–	Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico da Construção Habitacional
CRM	–	<i>Customer Relationship Management</i>
EAP	–	<i>Enterprise Application Portals</i>
ECP	–	<i>Enterprise Cooperation Portals</i>
EDI	–	<i>Electronic Data Interchange</i>
EIP	–	<i>Enterprise Information Portals</i>
EKP	–	<i>Enterprise Knowledge Portals</i>
ERP	–	<i>Enterprise Resource Planning</i>
FTP	-	<i>File Transfer Protocol</i>
GARM	-	<i>General AEC Reference Model</i>
HTML	–	<i>Hypertext Markup Language</i>
IAI	-	International Alliance for Interoperability

INFOHAB	–	Centro de Referência e Informação do Habitat
IBGE	–	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICIS	–	International Construction Information Society
IRMA	-	Integration Reference Model Architecture
ISO	–	International Organization for Standardization
IFC	–	Industry Foundation Classes
NBR	–	Norma Brasileira Regulamentadora
NBS	-	<i>Norwegian Building Standards</i>
NIST	-	<i>National Institute for Standards and Technology</i>
OCCS	-	<i>Overall Construction Classification System</i>
OGC	-	<i>Open GIS Consortium</i>
PBQP-h	–	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat
PDM	-	<i>Product Data Management</i>
PIB	–	Produto Interno Bruto
QUALIHAB	–	Programa da qualidade na Construção Habitacional do Estado de São Paulo
RIBA	–	<i>Royal Institute of British Architects</i>
SIG	-	Sistema de Informações Geográficas
STEP	-	<i>Standard Exchange of Product Model Data</i>
TI	–	Tecnologia da Informação
VR	–	<i>Virtual Reality</i>
WAP	–	<i>Wireless Application Protocol</i>
WWW	–	<i>World Wide Web</i>
W078	–	Grupo do CIB - <i>Information Technology for Construction</i>
XML	–	<i>Extended Markup Language</i>
XSL	-	<i>Extensible Style Language</i>
XTD	–	<i>XML Taxonomy Definition</i>

1. INTRODUÇÃO

O assunto “Tecnologia da Informação na Construção” é recente, sendo que partir de 1999, de forma crescente, esta discussão tem se tornado mais freqüente em sites, revistas e congressos. Hoje o tema estimula congressos científicos específicos reunindo diversos pesquisadores no mundo, exemplo disso é o *International Council for Research and Innovation in Building and Construction -CIB*, que possui entre os diversos grupos de sua composição, o *W78 – Information Technology for Construction*. Este Grupo, não obstante ter nascido em 1983 com o nome de “Computer Aided Design”, em 1999 recebeu o nome de Tecnologia da Informação para Construção, tendo como atual coordenador o Professor Martin Betts.

Nos últimos anos, houve um crescimento acentuado do uso de ferramentas eletrônicas específicas para a Arquitetura, Engenharia e Construção – AEC, o que conseqüentemente começa a gerar um grande volume de informações digitais. No entanto a falta de padronização, seja para registro, transferência da informação e comunicação, apresenta-se como uma das principais dificuldades, estando diretamente associada à falta de interoperabilidade entre softwares e projetos.

No processo de projeto, o CAD (Computer Aided Design) já pode ser considerado uma ferramenta consolidada, embora a composição dos elementos de projeto, ainda resultam da simples disposição de linhas no desenho, que não tem significado algum, o que impede a (re)utilização dos atributos que aqueles traços representam.

A disponibilidade de ferramentas computacionais já é tal, que se pode vislumbrar a criação de um projeto que represente a obra virtualmente, o que poderia ser chamado como projeto ideal. Este projeto traria todas as informações, desde gráfica, numérica, textual (inclusive com uso de Realidade Virtual).

Para se alcançar esta meta idealizada, alguns problemas ainda devem ser resolvidos, principalmente na transferência e interoperabilidade de dados como citado anteriormente. No processo de projeto muitos dados ainda deixam de ser compartilhados por falta de uma padronização, impedindo que o projeto utilizado por um dos membros da equipe venha a ser usado em software específico do outro parceiro. No processo de comunicação, tão necessário à resolução de situações de interferência entre as modalidades de projeto, não há uma formalização na forma do procedimento. Na transferência de informações alguns procedimentos podem ser mais automatizados, abrindo caminho para transações via *web*.

Embora a inexistência de padrões de vocabulários no setor aparece como uma das restrições à construção de ferramentas, aliado às dificuldades intrínsecas ao próprio setor que apresenta características próprias de uma cadeia fragmentada (composta por diversos tipos de participantes e estes situados em diversos níveis de desenvolvimento tecnológico), mesmo assim, o setor prescinde de soluções tecnológicas para utilização de informações compartilhadas que possam ser usadas por sistemas diversos, aproveitando os recursos e facilidades disponibilizadas pela Internet.

1.1. Justificativa

A cadeia produtiva da indústria da construção responde por cerca de 14% do PIB nacional (TREVISAN, 1999). O setor absorve grande parte da mão-de-obra não qualificada e dispensada por outros setores, contribuindo significativamente com a economia nacional. Por outro lado, apresenta-se como um setor com materiais e tecnologias predominantemente tradicionais e com dificuldades para inserção de inovações em seus processos.

Neste momento em que vários setores da economia já fazem uso de diversas tecnologias da informação, busca-se trazer à tona alguns aspectos que necessitam de solução dentro deste novo cenário de competitividade instalado. Segundo Caldas e Soibelman (2003), o uso de comunicação e tecnologias de informação tem criado novas oportunidades para colaboração, coordenação, troca de informação entre organizações, dando novas ferramentas ao setor. A informação passou ter grande importância, principalmente quando se leva em conta que em outros setores a mesma passou a ser tratada como fator de competitividade e como elemento estratégico para a administração.

A interoperabilidade¹ (*interoperability*), vem sendo elemento de pesquisa para os setores que utilizam transferência de dados, representando uma preocupação para as corporações que buscam resolver o problema de falta de relacionamento entre os softwares que executam diferentes funções. A construção civil carece de trabalhos neste sentido, contudo se tem conhecimento dos problemas enfrentados na transferência de arquivos de softwares CAD (*Computer Aided Design*) para os aplicativos usados pelo setor, como de cálculo estrutural, orçamento, e outros.

¹ Ver Glossário

Desde a idealização do projeto na mente do projetista, passando pelo compartilhamento da informação entre os diversos agentes envolvidos, até a conclusão da obra, informações podem deixar de ser transmitidas, podem ser modificadas ou inutilizadas. Há que se considerar fatores como: a existência de ferramentas computacionais incompatíveis entre si, a dificuldade de se registrar o imaginável (tácito), ainda há possibilidade de se perder estes dados em transferências ou serem alterados no momento da execução da obra.

A complexidade advinda da evolução dos modernos projetos do setor da construção tem exigido empenho nas questões ligadas à comunicação e transferência da informação. Com o advento da Internet, não é incomum ter empreendimentos com participantes de diferentes partes do país ou mesmo do mundo. Esta globalização, que ocorre também nos projetos de construção, torna de extrema importância que os participantes se comuniquem de forma eficiente. Tal necessidade de comunicação e integração aponta para a tecnologia da informação como uma solução potencial. Necessita pois, que sejam elaboradas ferramentas para efetivar a transferência da informação e o compartilhamento pelos parceiros utilizando-se para tal um meio comum.

A busca de um projeto ideal, que venha representar a obra virtualmente, (tanto da forma visual, como em dados) é algo ainda distante de ser conseguido. Não tanto pelas tecnologias que até já possibilitam este resultado, mas sim pelos problemas existentes durante os processos. Torna-se então necessário conhecer os problemas e encontrar ferramentas que possam solucioná-los, sendo esta uma das contribuições dadas por este trabalho.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivos Gerais

Identificar problemas ligados à informação e comunicação entre agentes do setor de projetos, buscando melhores possibilidades de transferência da informação com aumento da interoperabilidade e uma maior integração.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Quantificar a falta de interoperabilidade e descontinuidade em projetos de edificações;
- Comprovar a possibilidade de integração técnica das informações do projeto na *web*;
- Identificar soluções que encaminhem para um modelo de projeto ideal;
- Definir um modo de comunicação mais controlado para situações de interferências entre as modalidades de projetos de edificações;
- Verificar a possibilidade de inserção de informações textuais no projeto digital;
- Apresentar a necessidade da padronização da informação na construção;
- Elaborar uma ferramenta para transferência de dados e geradora da informação do projeto.

1.3. Metodologia do Estudo

Fazendo parte do método de estudo, em um primeiro momento foi necessário compreender o relacionamento do setor de projetos de edificações junto à cadeia produtiva do setor da construção. Buscou-se então abranger a atualidade do uso de tecnologias da informação – T.I., e as experiências que existem no setor de projetos. Elaborou-se uma investigação sob os aspectos de integração e troca de informações entre os parceiros, projetos colaborativos, bem como a utilização de ferramentas computacionais colocadas a serviço do processo de projeto.

De um modo geral a pesquisa realizada pautou-se em identificar os problemas gerados pela falta de interoperabilidade, transferência de informação e integração de projetos em escritórios catarinenses. Uma expectativa na maneira de atuar destes escritórios é comparada a um modelo integrado e interoperável e que pode ser considerado como o ideal. Dos problemas e disparidades identificadas no estudo realizado junto aos escritórios de projeto (através de entrevistas estruturadas), apresenta-se uma síntese geral dos problemas existentes servindo como material para identificação da situação atual. Culmina o método com o desenvolvimento de um protótipo como solução para estes casos identificados pela pesquisa, promovendo uma aplicação real da integração da informação através da web.

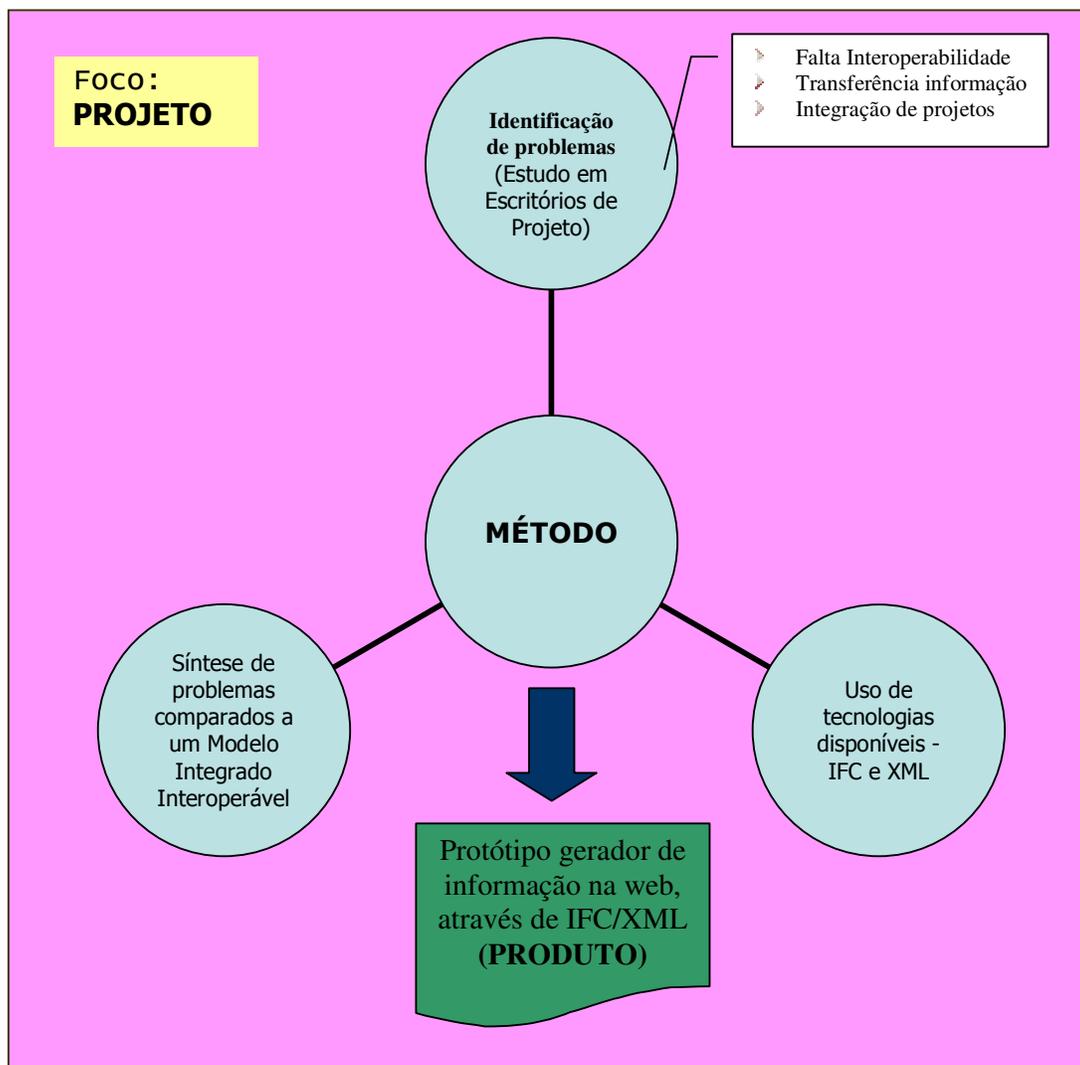


Figura 1 – Resumo esquemático do método utilizado

Evidencia-se que não se fez uso somente de um tipo de pesquisa, mas sim se uma composição de algumas formas para atingir os objetivos. Em um delineamento da pesquisa, pode apresentá-la para melhor entender, dividida em etapas.

Na primeira etapa, realizou-se uma revisão da literatura, buscando solidificar os conceitos a respeito dos temas ligados a este trabalho.

O que pode ser considerado uma segunda etapa, é a realização de uma pesquisa de “Estudo de Caso Múltiplo”, em escritórios de projeto. As empresas selecionadas foram escolhidas por serem inovadoras e apresentarem destaque nas práticas em projetos digitais, dentre as existentes no Estado de Santa Catarina, buscando neste estudo identificar os problemas existentes com a falta de interoperabilidade, transferência de informação e integração dos projetos.

Tratou-se de colher informações a respeito de como poderia se comportar uma arquitetura integrada pelos principais participantes do processo, tendo no projeto digital a utilização de informações textuais a serem utilizadas na comunicação e troca de informações entre os agentes. Este estudo deriva das possibilidades geradas pela existência de novas tecnologias atualmente que direcionam para a necessidade de organização do setor no que tange a uma padronização (ou definição) de uma linguagem comum entre os integrantes.

Definiu-se como estratégia a coleta de informações junto aos escritórios de projetos de forma a acompanhar o processo e a transferência de informações entre os agentes.

Optou-se por escolher o setor de projetos dentro da cadeia produtiva, por entender-se que a partir deste é que as informações e especificações podem oferecer condições de envolvimento dos fornecedores, dos construtores e dos demais agentes. Mais ainda, é nesta fase que os problemas de interoperabilidade podem ser gerados, desencadeando problemas com grande repercussão no decorrer dos demais processos, ou em softwares de simulação, orçamento, planejamento ou até na execução da obra.

Em situações como a que se apresentava, buscando identificar as formas de ocorrências dos problemas com a falta de interoperabilidade, e que não era possível

ter uma relação prévia dos problemas existentes, optou-se por identificar empresas que se destacam por terem boas práticas em relação a projetos, e que tivessem evidência em relação ao mercado no uso de recursos tecnológicos.

A pesquisa de estudo de caso múltiplo, foi realizada em escritórios de engenharia e arquitetura, dentro das seguintes modalidades:

- Projeto Arquitetônico;
- Projeto de Cálculo Estrutural;
- Projeto Elétrico;
- Projeto Hidro-Sanitário.

Depois de definidas as questões que seriam abordadas junto aos escritórios, tornou-se necessário especificar os instrumentos de trabalho:

- Análise dos documentos e processos de cada escritório;
- Coleta de dados de caracterização do escritório através de uma planilha estruturada;
- Acompanhamento das diversas etapas de projeto, com controle de custo, tempo, modificações e deficiências do projeto (POCCOCK, LIU e KIM, 1997);
- Coleta dos dados do *fluxo* do processo, identificando as atividades realizadas e os principais procedimentos adotados;

O acompanhamento do processo é realizado tendo como base a divisão de etapas elaboradas para cada tipo de projeto de engenharia. Dentro do processo, há a identificação dos elementos de informação existentes e as relações que o mesmo possui com os agentes envolvidos. A cada ocorrência de transferência dos dados,

de reutilização por outro agente, ou qualquer ação de modificação da produtividade, os dados são registrado com a apuração realizada em uma planilha quantitativa (anexa). Identificando assim as situações de interoperabilidade, interrupção do projeto, não utilização de dados digitais e perda de produtividade durante a realização do processo de projeto. Alguns questionamentos realizados pela pesquisa estão diretamente ligados ao atual estágio de desenvolvimento do conhecimento sobre o assunto. A pesquisa tinha como incumbência responder alguns quesitos:

- ❑ Qual a perda gerada pela falta de interoperabilidade em projetos digitais?
- ❑ Quais são os principais problemas de interoperabilidade que existem?
- ❑ Quais os problemas com informação durante o processo de projeto?
- ❑ Qual é a maneira adequada para resolver estes problemas ligados à informação e comunicação?

O que se pode chamar de terceira etapa desta pesquisa, culmina com a implementação de uma solução, fazendo uso de classes IFC que foram utilizadas em associação com um software desenvolvido em linguagem Java para traduzir a informação que é disponibilizada em um ambiente virtual – a web. Para esta implementação fez-se uso da linguagem XML como ferramenta de manipulação dos dados, advindos do projeto extraídos deste em arquivo IFC.

1.4. Estrutura do Trabalho

O trabalho apresenta-se como um documento que permeia diversos aspectos da Construção, como: estrutura, informação, o uso de tecnologias da Informação, etc.

O capítulo inicial tem intenção de apresentar o contexto em que a pesquisa está inserida e as inter-relações que a mesma traz ao contexto da construção de edificações, explicitando as peculiaridades do tema abordado.

O capítulo 02 constitui o que seria o “Modelo de Integração Interoperável” em projetos de edificações, trazendo uma perspectiva do que poderia se almejar em relação ao projeto realizado com todas as prerrogativas oferecidas pelos recursos de ferramentas de T.I. Dentro deste encontra-se a Revisão Bibliográfica, abrangendo a Cadeia Produtiva da Indústria da Construção, apresentando as diversas tentativas de ordenar sua complexa estrutura em divisões, como forma de compreender a atuação dos diversos agentes. Ao realizar esta exploração visa-se agregar o conhecimento de suas principais características, pois sem tal, é definitivamente impossível compreender o funcionamento das relações entre os agentes e suas responsabilidades no contexto geral e macroeconômico.

Neste capítulo discute-se a respeito do projeto e seus agentes intervenientes no processo de elaboração do mesmo. Verifica-se também um estudo sobre a informação nos projetos e como ocorre a comunicação.

Define-se após, o que vem a ser a interoperabilidade, discutindo-se as questões ligadas à padronização no setor, o uso de vocabulários, padrões semânticos e ontologias.

São apresentadas tanto as classes IFC, que serão o instrumento indispensável e inovador utilizado no trabalho, bem como a linguagem XML que se adapta perfeitamente a sugestão de intervenção que se apresenta ao setor de projetos de construção civil. São apresentados também, experimentos que estão sendo desenvolvidas com o intuito de integrar a informação na construção, associando-as ao desenvolvimento do IFC (*Industry Foundation Classes*) e a utilização dos mesmos através da linguagem XML (*Extended Markup Language*).

Segue-se com o estudo do projeto, agora tentando compreender o mesmo idealizado na sua melhor forma de concepção. Para tal define-se o mesmo como a melhor representação virtual de uma obra.

No capítulo 03, apresenta-se um estudo realizado em escritórios de projeto para levantar os problemas ligados à interoperabilidade e interrupção dos projetos. São apresentados os resultados obtidos, com uma síntese dos problemas identificados. Este estudo é que possibilita a intervenção com um protótipo para solucionar os problemas de comunicação e interoperabilidade detectados.

No capítulo 04, é realizada a implementação de uma solução para a resolução dos problemas detectados através do uso das classes IFC. Mostra-se o produto gerado pelo trabalho, com um “tradutor” para conversão sintática de atributos de linguagem IFC para XML, tendo a informação transitada automaticamente desde o projeto até sua apresentação na *web*, retornando deste ambiente virtual para o projeto.

Finalmente são apresentadas no capítulo 05 as conclusões que resultaram deste trabalho, também sugerindo algumas pesquisas que poderão derivar desta tese.

2. UM MODELO PARA INTEGRAÇÃO INTEROPERÁVEL EM PROJETOS DE EDIFICAÇÕES

Relata-se neste trabalho alguns aspectos que permitem idealizar um modelo desejável para funcionamento dos processos de projeto de edificações. Não é conclusivo este tipo de elaboração de cenário futuro, pois há uma série de variáveis que podem redirecionar posteriormente o andamento esperado. Mesmo assim busca-se identificar qual seria o cenário ideal de integração em projetos de edificações. Tomou-se como base as inovações efetivamente disponíveis e as projeções realizadas por pesquisas na área.

Faz-se este exercício, pois desta forma é possível identificar quais são os elementos que ainda não estão alinhados com as possibilidades futuras, sendo nestes pontos que deve se intervir para que se corrijam os problemas existentes.

Serão enumeradas abaixo, algumas circunstâncias que comporão este Modelo de integração interoperável de projetos de edificações:

- a) É de se esperar (em breve) que toda a cadeia produtiva, bem como os relacionamentos entre os mercados estejam interligados por dados, voz e imagem. Neste sentido, há grande possibilidade de se prever mecanismos para adequada transferência de informação a partir do projeto;
- b) Os projetos terão suas informações transitando entre os agentes de toda a cadeia produtiva. Dados de projeto comporão as informações que estarão disponíveis a qualquer momento do processo e a qualquer agente;
- c) O projeto será uma virtualização da obra, com a possibilidade de identificação de todos os componentes, de uma visualização (virtual)

completa da edificação, e com a informação individualizada de todos os elementos que compõem o projeto;

- d) A informação tem mais importância e deve ser o diferencial em agregar valor ao projeto, pois projetos com informações deficientes terão dificuldades de prosseguir no processo, que necessitará de um bom volume de informações para compor as demais etapas da construção;
- e) Neste modelo não há problema de interoperabilidade entre sistemas, pois qualquer plataforma a ser utilizada, mantém os dados de forma padronizada, possibilitando seu uso em outros softwares (ambientes);
- f) Há um vocabulário único, onde um objeto tem a mesma nomenclatura, atributos e código;
- g) O relacionamento entre os agentes participantes do projeto ocorre de forma integrada, com as informações tramitando concomitantemente ao desenvolvimento do projeto.
- h) Projetos de simulações tomam importância significativa para a validação dos projetos com a comprovação das soluções empregadas;
- i) A T.I. passa a ser um instrumento de valia para a melhoria de processos, e a Internet se consolida como o ambiente de trabalho ideal para troca de informações e trabalhos colaborativos.

Embora no contexto apresentado, ainda se apresentem algumas circunstâncias que não estão totalmente consolidadas, resultando ainda em um processo um pouco especulativo, principalmente por retratar de situações futuras.

Zegarra, Frigeri e Cardoso (1999), apresentam a aplicabilidade da T.I. no projeto e na produção das edificações, e desta forma já é possível se compor um parâmetro comparativo, com o exposto anteriormente:

- Projeto: A qualidade do projeto depende de uma troca de informação eficiente e oportuna entre todos os projetistas, a obra e os demais agentes envolvidos. Na maioria dos casos ainda pode ser considerado incipiente o uso de T.I. para agilizar e otimizar este intercâmbio de informações. O uso intensivo de plataformas CAD pode representar uma grande probabilidade da T.I. passar a se constituir, no futuro, numa ferramenta estratégica neste campo, desde que corrigidos problemas como a falta de interoperabilidade e de especificações.
- Produção: A seleção e coordenação de fornecedores de materiais, fornecedores de mão-de-obra e fornecedores de serviço é fundamental para o bom andamento das atividades no canteiro de obras. A agilização dos procedimentos com a utilização de B2B (Business to Business), por exemplo, pode representar ganhos de produtividade;
- Empresa construtora/escritório principal: A existência de uma fragmentação funcional, de diversos setores que utilizam as mesmas informações, é um grave problema a ser resolvido. O compartilhamento das informações evitaria a duplicidade, proporcionando acessibilidade em tempo adequado à tomada de decisão. As empresas também começam a perceber a necessidade de registro de seus conhecimentos e de dominar o seu “saber fazer”, que futuramente poderá gerar também um impacto junto à cadeia produtiva;
- Empresa construtora/canteiro de obras: Algumas possibilidades de comunicação estão ligadas ao canteiro de obra: com o escritório principal, com os fornecedores e com setores no interior do próprio canteiro. Para

dentro do canteiro é que convergem todos os agentes, e por isso deve-se atuar de forma planejada e articulada. Um elemento de T.I. bastante usado atualmente é o rádio, que oferece uma comunicação rápida e barata entre os profissionais envolvidos.

Apesar de propiciar muitas discussões a respeito da possibilidade de individualização das pessoas devido à utilização da tecnologia, o advento da Internet a passos largos, impediu que o assunto fosse explorado mais profundamente. Mas quando se imaginava que o indivíduo trabalharia cada vez mais isolado, verifica-se que ocorre o fenômeno de uma necessidade de integração, surgem os trabalhos em conjunto, e a interatividade passa a ser indispensável, seja em processos de comercialização, seja de teletrabalho ou de projetos colaborativos.

Nas empresas de construção civil, embora a T.I. esteja sendo usada mais efetivamente em grandes corporações, espera-se um horizonte mais participativo de empresas de todo o tamanho, que se obrigam a relacionar-se com T.I. para não ficar de fora do mercado, seja em relação ao fornecedor (B2B), seja em relação ao consumidor (B2C).

Dentro deste modelo, a integração tem papel fundamental, e se apresenta em diversos níveis hierárquicos dentro da cadeia produtiva:

a) A integração entre setores da empresa:

A circulação de informações internas da empresa pode se dar de maneira mais rápida, possibilitando a realização de trabalhos integrados com projetos, orçamentos e quantitativos. Os manuais de especificações técnicas podem ser disponibilizados de maneira a agilizar os procedimentos. A utilização de diversas

ferramentas tecnológicas, como o uso de Internet, Intranet, Extranet, Data warehouse, ERP (*Enterprise Resource Planning*), em auxílio ao gerenciamento, tem oportunizado o redirecionamento do comportamento administrativo em todos os setores empresariais e também na Construção Civil, pois possibilita a integração de módulos de gerenciamento que englobem: Contabilidade Financeira, Consolidação de Contas, Gestão de Tesouraria, Contabilidade Analítica, Gestão de Imobilizado, Vendas e Distribuição, Gestão de Materiais, Gestão de Projetos, Gestão de Serviços, Gestão de Manutenção, Gerenciamento de Equipamentos, B2B, B2C, Administração de pessoal, e outros.

b) A integração com os fornecedores:

O conhecimento do andamento dos trabalhos pelo fornecedor lhe dá muito mais responsabilidade, seja em relação a procedimentos de *just in time*, seja em casos de conhecimento de orçamentos ou preços apresentados por outras empresas. O tradicional problema de paralisação momentânea da obra por falta de materiais tende a diminuir, uma vez que a solicitação de material pode ser imediata, ou até programada em função do andamento dos serviços, por sistemas inteligentes. A possibilidade de integração do fornecedor e a construtora, é uma parceria que oferece bons resultados para ambos.

c) A integração com os clientes:

As empresas da indústria da construção podem possuir tipos de clientes bem distintos; os que compram o produto como usuários finais, no caso de imóveis, projetos, materiais de construção; ou compradores que usam o produto para revendê-lo ou agregá-lo em um produto que será comercializado, como exemplo:

blocos, cerâmica, peças em concreto, madeira, etc. No primeiro caso é necessária a utilização de um marketing mais atrativo, de modo a conquistar o cliente, e fazê-lo entrar em negociação. No segundo caso, embora o marketing seja relevante, é possível ampliar os recursos tecnológicos, realizando as transações comerciais, diretamente por rede. É pertinente observar que o atendimento ao cliente (mesmo que seja virtual), continua sendo um fator de diferenciação, portanto, de sobrevivência no mercado.

d) A integração com os consumidores

Os consumidores que são potenciais clientes da empresa devem ser atraídos para conhecer mais profundamente a empresa e os produtos. A política deve ser voltada para possibilitar uma interação com o consumidor: embora o setor de marketing seja potencialmente responsável por este trabalho, a participação deve se dar com o envolvimento de toda empresa.

Com um modelo ideal, onde muitas possibilidades são geradas quando do efetivo funcionamento do todo, ainda se sabe que há uma quantidade de soluções a serem incorporadas nas diferentes etapas para que se consiga chegar no esperado. Segue-se então a tentativa de compreender como está definido o setor, quais os problemas existentes nos projetos, e o quanto já foi feito nesta área para que, estrategicamente se possa progredir na diminuição dos problemas que ainda impedem o desenvolvimento do uso efetivo de soluções de T.I. pelo setor.

2.1. O Projeto de Edificações – A vinculação da informação e a comunicação

Os termos conceituais de projeto, informação e comunicação têm uma proximidade muito grande. Em um primeiro momento, pode-se apresentar que o projeto é um tipo de informação, que obrigatoriamente implica em comunicação. Já esta é intensa nos processos de projeto, sendo que a própria civilização mostra que sempre se utilizou alguma técnica para se fazer a comunicação das idéias, entre os quais mapas gravados em pedra, figuras representativas e o desenho de detalhes construtivos.

2.1.1.O projeto de edificações

As primeiras práticas consagradas de projeto surgiram para padronizar a solução a determinados problemas ainda na Revolução Industrial, no século XVIII. Segundo Naveiro e Oliveira (2001), o aparecimento da padronização e da intercambialidade delimitaram a fronteira entre a produção artesanal e a industrial. Foi com o Taylorismo no final do século XIX, que se sentiu a necessidade de introduzir um meio de comunicação entre o projeto e a produção. Daí que, através dos conceitos da geometria descritiva desenvolvida por Monge, é que se incorporou o desenho como forma de representação do produto.

Segundo Fabrício (2002), o projeto como prática de planejamento desvinculada do fazer, mediado por desenhos e abstrações, tem origem no renascimento italiano, passa pela revolução industrial, quando o emprego consciente

da tecnologia se difunde, e se consolida no século XX com a utilização generalizada da tecnologia e do projeto na atividade de construção.

Os projetos tiveram uma contribuição muito grande resultante do desenvolvimento matemático e físico do século XVII, pois vários estudos couberam apropriadamente na resolução de problemas de engenharia. São vários os avanços desse período, dentre eles: a obra de Bonaventura Cavalieri sobre geometria e trigonometria; a geometria analítica por Descartes (1637); a lei de elasticidade dos corpos de Robert Hooke (1653-1703); a descoberta do cálculo das probabilidades por Pascal e Pierre de Fermat (1601-1665); o cálculo diferencial e integral, por Newton e Leibniz (FABRICIO, 2002). Porém, no sentido da evolução do ensino de projeto, os currículos continuam atuando com a divisão de ciências básicas, básicas de engenharia e profissionalizantes, sendo praticamente a mesma da *École Polytechnique*, fundada por *Gaspard Monge* em 1795, tendo sido modelo para criação de diversas outras escolas de Engenharia (BRINGHENTI, 1993 apud NAVEIRO e OLIVEIRA, 2001).

Em 1962 com a “*Conference on Design Methods*” realizada em Londres, dá-se início à concepção moderna (e científica) dos métodos de projeto. Contudo, as metodologias de projetos de engenharia foram mais desenvolvidas nos anos 80, quando houve um grande aprimoramento destas (NAVEIRO e OLIVEIRA, 2001).

Embora o modelo taylorista de organização da produção tenha se mostrado quase que uma unanimidade ao longo do século XX, uma mudança começa a ser introduzida nos sistemas de produção, principalmente motivada pela ascensão do uso de tecnologias que possibilitam uma participação mais integrada dos agentes.

Castro apud Amorim (1995), consolida a análise desta dissociação que se refletiu na atribuição de diferentes responsabilidades das categorias dos arquitetos e

engenheiros, sintetizada no congresso do CIAM em 1933, ressaltando os “novos paradigmas assumidos na produção, o comando da concepção e o comando da execução”, então respectivamente atribuídos aos arquitetos e engenheiros. Hoje se verifica na prática que esta separação não segue mais esta divisão por categorias, mas colocando de um lado os arquitetos ou engenheiros “de projeto”, onde se incluem os calculistas, especialistas pelos demais projetos de engenharia, e do outro lado os engenheiros “de obra”, que muitas vezes são arquitetos que se dispõem a gerenciar, ou conduzir o canteiro.

Conforme afirma Naveiro e Oliveira (2001), o planejamento detalhado da execução dos produtos volta novamente a se integrar, aproximando-se a um processo holístico. Além disso, afirmam, a atividade de projeto passou cada vez mais incorporar conhecimentos científicos e a utilizar métodos científicos na resolução dos problemas. Com este acréscimo destas atividades, ligadas ao uso de computadores e sistemas, a possibilidade de resolver problemas de projeto, sejam eles técnicos ou de comunicação (compartilhamento) tornam cada vez mais fácil a eliminação de distâncias e ganho de produtividade, com possibilidade, também, do aumento de participantes no processo.

Para Oliveira (1999) a participação de muitos intervenientes no processo de projeto implica várias interfaces entre projetos e decisões e exige um elevado e bem organizado intercâmbio de informações.

Neste contexto a gestão do processo de projeto envolve a mobilização dos agentes necessários e interessados na condução do projeto, a organização destes no tempo e no espaço, a administração dos interesses particulares de cada um e a conseqüente mediação e gerência dos conflitos.

Esta etapa é uma das mais importantes do ponto de vista da concepção final do produto. Conforme Souza *et al* (1995), é justamente na etapa de projeto que acontece a concepção e o correto desenvolvimento do produto, baseados nas necessidades dos clientes. Os conteúdos relativos ao produto e ao processo de produção são desenvolvidos de forma inter-relacionada ao longo do processo de projeto. Sendo que o projeto executivo apresenta informações quanto às dimensões e especificações da obra e o projeto para produção servirá para orientar sua execução. Este projeto trata de um conjunto de elementos de projeto elaborados de forma simultânea ao detalhamento do projeto executivo, para utilização no âmbito das atividades de produção em obra, contendo as definições de disposição e seqüência de atividades de obra e frentes de serviço, uso de equipamentos, arranjo e evolução do canteiro de obra (REIS e MELHADO, 1997).

Considerando um contexto evolutivo dos processos, Formoso, Powell e Santos (1998) apresentam a construção enxuta (definida por KOSKELA, 1992 - baseado no modelo japonês de qualidade "*Lean Production*") como uma filosofia que considera os sistemas de produção como uma rede de fluxos de processos (materiais) interceptados por fluxos de operações (pessoas, máquinas, métodos), sendo que esses fluxos se compõem em atividades de espera, transporte e inspeção, que devem ser otimizados, pois a integração de esforços de projeto e execução visa racionalizar o processo produtivo.

O "*lean design*" traz embutida a técnica gerencial da engenharia simultânea, proporcionando um planejamento claramente incorporado ao processo construtivo, deste modo por ser convenientemente detalhado, evita mudanças emergenciais, conseqüentemente diminui as incertezas através da otimização do planejamento e permite a redução do prazo global sem implicar no aumento de custo. As aplicações

dessas técnicas e ferramentas se completam e abrangem as funções de planejamento do processo (VICTOR, 2000).

Segundo Fabrício (2002), a grande questão nesta área a ser respondida é, portanto, como integrar os agentes, como gerenciar os conflitos a fim de obter soluções negociadas que sejam globalmente satisfatórias mesmo que não individualmente ótimas? Qual o modelo de integração a ser adotado? Qual ou quais agentes devem coordenar o processo? De que maneira pode se dar mais qualidade ao processo de projeto?

De acordo com Finn (2000), a qualidade de dados é alcançada assegurando-se o padrão de projetos na fase inicial do trabalho. Sua pesquisa indica que 45% das mudanças de direção na produção são ocasionados por evitáveis erros humanos. Quanto mais tarde estes erros forem corrigidos, maior será o custo despendido. O autor apresenta através do gráfico, um aumento exponencial dos custos e a relação de crescimento dos custos quando o problema é suprido em projeto, quando da realização na fase de experimentação, ou quando realizados já na produção, que segundo o mesmo, pode chegar até a 100 vezes do valor inicial.

Já Melhado (1995) apresenta que é muito expressiva a importância atribuída pelos autores às fases iniciais do empreendimento, do estudo de viabilidade à conclusão do projeto, em que, apesar do baixo dispêndio de recursos concentram-se boa parte das chances de redução da incidência de falhas e dos respectivos custos (ver figura 2).

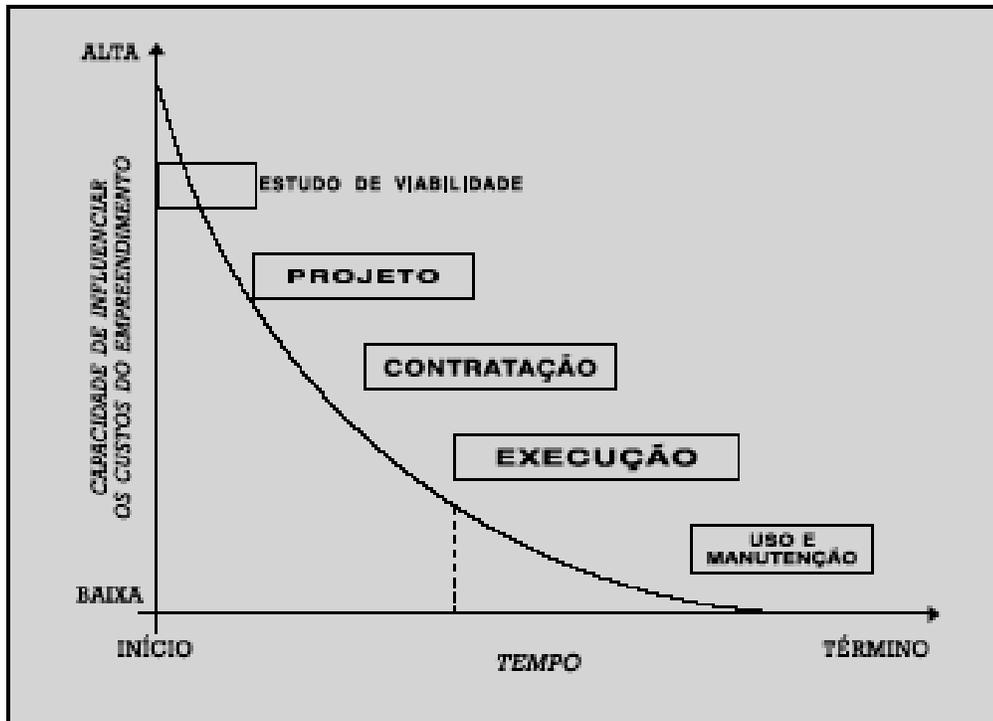


Figura 2 - Influência no custo final de um empreendimento de edifício
 Fonte: Melhado S. B. e Agopyan V. (1995)

Dos problemas existentes no processo de projeto, a baixa produtividade é algo que sempre surge como um item a ser acompanhado. Segundo Pocock, Liu e Kim (1997), o projeto deve ser avaliado pelo seu desempenho, levando-se em consideração os seguintes indicadores: custo, tempo, modificações e deficiências do projeto. Os autores explicam que são mais utilizados o tempo e o custo, e pouco explorados as modificações, que podem ser entendidas como não-conformidades, bem como as deficiências, que abrangem diferentes tópicos, como inadequada funcionalidade, inadaptabilidade, etc. Todos são problemas que costumam se evidenciar após a fase de projeto.

Mas não é consenso quais fatores devem ser utilizados para avaliação de desempenho. Oliveira (1999), cita ainda que outros autores como: *Fischer*, *Miertschin e Pollock Jr.*, apresentam seis indicadores, sendo eles: custo, tempo, satisfação do usuário, funcionalidade, satisfação do contratante, e satisfação da

equipe de projetistas. Há também na opinião de *Stevens, Glagola e Ledbetter* (idem) os fatores, custo, tempo, satisfação do usuário, retorno do investimento e não conformidades.

O sucesso de um projeto está intimamente ligado à efetivação da transferência de informação que o mesmo quer passar a respeito dos dados constantes nos seus instrumentos: plantas, registros, detalhes, memoriais, etc.

A área da Construção Civil é intensiva na utilização de informações já que um projeto típico produz inúmeros documentos, sendo boa parte representada graficamente, o que lhes adiciona mais informação ainda. (NEWTON, 2002 apud NASCIMENTO e SANTOS 2002).

O projeto é a atividade ou serviço do processo de produção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas especificadas para uma obra, a serem consideradas na fase de execução (MELHADO, 1995), sem esquecer que deixam um registro dos dados e detalhes para utilização futura.

Novaes (1996) também apresenta que o projeto é considerado a documentação gráfico-descritiva utilizada na execução da edificação. Já Schmitt (1998) complementa: “O projeto é, portanto, o processo de preparação dos documentos mediante o qual são definidos, quantificados, qualificados e transmitidos os objetivos do processo construtivo de cada edifício”. Desta forma uma intervenção no sentido de organizar a informação constante na etapa de projeto, poderá repercutir favoravelmente até a etapa de execução, facilitando a comunicação entre os agentes participantes do processo.

2.1.2. Os agentes do processo de projeto e suas relações com a cadeia produtiva

Em estudo realizado pela comissão governamental - *Construction Task Force*, em 1998, indicou que a indústria da construção participa com aproximadamente 10% da economia do Reino Unido. O documento indica uma fragmentação da cadeia produtiva como uma das maiores causas dos problemas de performance desta indústria. Estudos como este já foram realizados naquele país, como por Banwell (1964) e Higgin e Jessop (1964), que encontraram um grande número de problemas de comunicação liderados pela falta de coordenação, baixa eficiência, baixa qualidade e a existência de medidas corretivas isoladas. Latham (1994), mais de duas décadas depois, apresentou a “*Review of Construction Procurement*”, onde encontrou basicamente a mesma situação na qual as práticas de trabalho influenciavam as relações entre os agentes, com efeitos negativos sobre custos e qualidade nos produtos da construção.

Esta comparação acima dá uma idéia de quão difícil é conviver com estes problemas que se arrastam pelos anos e repetem-se em diversos países, mesmo com suas especificidades. Dando uma conotação de que soluções estruturais devem ser tomadas na resolução dos problemas associados à comunicação, qualidade, e relações entre os agentes.

Nicolini *et al* (2001) apresentam que, atualmente, tem-se um emergente consenso, não somente em diagnósticos, mas também sobre o que necessita ser feito em relação a uma solução para a efetiva relação entre os agentes da cadeia produtiva. Deve-se criar ou inserir uma forma mais relacional e consistente que

permita a colaboração nas atividades ao longo da cadeia, atuando como forma de diminuir interrupções do ciclo, devido a problemas de má comunicação, da fragmentação da indústria e de uma cultura de desintegração (os agentes atuando como adversários).

A setor da construção civil, no Brasil, é um dos mais relevantes em qualquer aspecto que seja verificado: volume de inversão, número de pessoas empregadas, utilidade de produtos, capital circulante, capacidade de agregar valor, função social, e outros. Vários estudos já foram realizados com o intuito de avaliar a Cadeia Produtiva Nacional, pode-se citar aleatoriamente: Instituto Fundação João Pinheiro (1980), *Trevisan Consultores* (1996), Documento Fórum Construção - CTECH (2000) CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DA CONSTRUÇÃO HABITACIONAL.

Helene (1992) afirma que o que acontece com a indústria da construção civil é que ela tem características próprias que a torna menos ágil que as demais indústrias, na aquisição e aproveitamento das técnicas de garantia e controle da qualidade. Podem-se fazer as seguintes reflexões de caráter comparativo que ajudam a melhor entender o atraso da construção civil:

- a) Trata-se de uma indústria muito tradicional, tão antiga como o homem, dotada, portanto, de uma grande inércia;
- b) É de caráter nômade, na qual a constância de condições, matérias-primas e processos se dão com mais dificuldades que em indústrias de caráter fixo;
- c) Possui produtos únicos e não produtos seriados;

- d) Trata-se de uma indústria à qual não é aplicável a produção em cadeia (produtos móveis passando por operários fixos), e sim a produção concentrada (operários móveis atuando sobre um produto fixo);
- e) Trata-se de uma indústria que emprega mão-de-obra de caráter temporário sem possibilidades de promoção dentro da empresa. Isso repercute numa baixa motivação para o trabalho e, numa diminuição da qualidade do produto;
- f) apresenta uma grande dispersão e diversidade da produção, caracterizada por realizar-se em locais distintos – fábricas, escritórios de planejamento e projetos e canteiros de obras – e por gerar, através de vários processos, diferentes produtos como materiais, projetos, edifícios, infra-estrutura urbana.

Para chegar a compreender a relação existente entre os agentes da cadeia produtiva, torna-se coerente averiguar como a mesma se compõe, para aí sim partir para esta investigação.

Segundo o Fórum de competitividade da cadeia produtiva da Indústria da Construção Civil, é apresentada uma visão da cadeia produtiva diferente daquela que até então era utilizada pelo IBGE, dividindo a mesma nos seguintes setores: subsegmento residencial formal – casas, subsegmento residencial informal, subsegmento edifícios e condomínios horizontais, subsegmento comercial, subsegmento industrial, segmento de infra-estrutura e segmento infra-estrutura subsegmento concessões e transporte. Poderá se acompanhar nos quadros 1 a 7, quem são os agentes e a atuação de cada um:

Agente	Atuação
Proprietário	Iniciativa e concepção
Escritório de Arquitetura	Projeto Arquitetônico
Projetista	Projetos de engenharia
Agentes financeiros	Financiamento
Sistema construtivo fechado	Suprimento de materiais
Sistema construtivo aberto	Materiais básicos, componentes e acabamentos
Construtores	Execução
Construtoras	Garantia e manutenção

Quadro 1 - Cadeia construtiva para o subsegmento residencial formal – casas

Fonte: “Fórum de competitividade da cadeia produtiva da indústria da construção civil, Junho 2000”.

Agente	Atuação
Proprietário	Iniciativa e concepção
Pedreiro	Definições básicas
Funcionário da loja de material de construção	Definições básicas
Sistema construtivo aberto	Materiais básicos e acabamentos
Proprietário	Execução
Pedreiro	Execução

Quadro 2 - Cadeia construtiva para o subsegmento residencial informal
(sem orientação técnica)

Fonte: “Fórum de competitividade da cadeia produtiva da indústria da construção civil, Junho 2000”.

Agente	Atuação
Incorporador	Concepção do empreendimento
Escritório de arquitetura	Projeto Arquitetônico
Gerenciadora	Gerenciamento
Incorporadora	Orçamento e viabilidade
Agente Financeiro	Financiamento
Projetista	Projetos de engenharia
Sistema construtivo	Materiais e componentes
Construtora, subcontratados e controle tecnológico	Execução
Imobiliária	Comercialização
Construtora	Garantia e manutenção

Quadro 3 - Cadeia construtiva para o subsegmento residencial formal – edifícios e condomínios horizontais

Fonte: “Fórum de competitividade da cadeia produtiva da indústria da construção civil, Junho 2000”.

Agente	Atuação
Incorporador	Iniciativa e concepção do empreendimento
Escritório de arquitetura	Projeto Arquitetônico
Gerenciadora	Gerenciamento
Incorporadora	Orçamento e viabilidade
Bancos e fundos imobiliários	Financiamento
Projetista	Projetos de engenharia
Sistema construtivo fechado	Suprimento de materiais
Sistema construtivo aberto	Materiais básicos, componentes e acabamentos
Construtores, subcontratados, controle tecnológico	Execução
Imobiliária	Comercialização
Construtora	Garantia e manutenção

Quadro 4 - Cadeia construtiva para o subsegmento comercial

Fonte: “Fórum de competitividade da cadeia produtiva da indústria da construção civil, Junho 2000”.

Agente	Atuação
Incorporador	Iniciativa e concepção do empreendimento
Bancos	Financiamento
Projetista	Pré-projeto e concorrência
Montagens Industriais	Pré-projeto e concorrência
Gerenciadora	Gerenciamento
Projetista	Projeto
Sistema construtivo fechado	Suprimento de materiais
Sistema construtivo aberto	Materiais básicos, componentes e acabamentos
Construtores, controle tecnológico	Execução
Empresa de montagem	Montagem
Construtora	Garantia e manutenção

Quadro 5 - Cadeia construtiva para o subsegmento industrial

Fonte: "Fórum de competitividade da cadeia produtiva da indústria da construção civil, Junho 2000".

Agente	Atuação
Governo	Concepção
Governo	Viabilização Financeira
Opções internacionais	Viabilização Financeira
Governo	Decisão Política
Projetista	Projeto básico e concorrência
Projetista	Projeto executivo
Sistemas construtivos, componentes básicos	Suprimento de materiais
Gerenciadora	Gerenciamento
Subcontratados	Execução
Controle Tecnológico	Execução
Construtora	Garantia e manutenção

Quadro 6 - Cadeia construtiva para o segmento de Infra-estrutura
(incluem-se transporte, energia, saneamento e urbanismo)

Fonte: "Fórum de competitividade da cadeia produtiva da indústria da construção civil, Junho 2000".

Agente	Atuação
Governo	Projeto de concessão
Concessionário	Planejamento das etapas do contrato
Concessionário/investidores/bancos	Equacionamento financeiro
Projetista	Projeto
Sistemas construtivos, componentes básicos	Suprimento de materiais
Subcontratados	Execução
Controle tecnológico	Execução
Construtora	Garantia e manutenção

Quadro 7 - Cadeia construtiva para o segmento de Infra-estrutura, subsegmento concessões e transporte

Fonte: "Fórum de competitividade da cadeia produtiva da indústria da construção civil, Junho 2000".

Com esta classificação apresentada, torna-se mais compreensível como a Cadeia Produtiva se distribui, ao mesmo tempo em que fixa uma divisão, através de algumas características do próprio setor, que vem a ser a atuação por segmentos, configurados através dos agentes que se envolvem neste grupo.

Para o estudo em questão, focou-se principalmente na cadeia construtiva do subsegmento comercial (Quadro 04), tendo a investigação se pautado sobre dois agentes, o escritório de arquitetura e o projetista (escritório de projetos de engenharia), principalmente por se apresentar como um subsegmento com grande importância na cadeia produtiva e não possuir muitas especificidades. Embora caiba advertir que estes dois agentes participam concomitantemente (muitas vezes) de outras cadeias, como a do subsegmento residencial formal (quadro 03), por exemplo, e promovem uma série de interconexões em relação à troca de informações com outros agentes.

A construção civil tem diversas ferramentas quanto a controle, avaliação, análise e previsão do andamento físico da obra representado por cronograma de barras, teorias de caminho crítico (PERT/CPM), e outros. Também no campo financeiro e de gerenciamento das obras se aceita perfeitamente teorias complexas de controle de fluxo de caixa, amortizações e manutenção de equipamentos, enquanto parece haver dificuldades para simples identificações de lotes e amostragens de materiais a serem controlados. Este setor possui documentos e nomenclaturas de documentos bastante específicos.

Segundo a Norma TB-49 da ABNT (Terminologia de documentos científicos), os documentos utilizados na Engenharia recebem a seguinte nomenclatura:

- Aviso (de engenharia): Documento que chama a atenção para uma inovação ou alteração de processos, operações, etc.;
- Ficha de Operação: Documento que descreve as etapas e os detalhes de uma operação técnica (fabricação, montagem, processamento, etc.);
- Ficha Técnica: Documento que especifica assunto técnico, geralmente relativo às características técnicas de aparelho, máquina, instrumento;
- Folha de Especificações: Documento que relaciona as especificações do material e/ou das partes componentes de uma instalação, obra, etc.;
- Folha de Instruções: Documento que se destina a fornecer instruções técnicas (funcionais ou de utilização);
- Informe Técnico: Documento que torna público um assunto técnico;
- Instruções Técnicas: Conjunto de documentos que se destina a proporcionar, disseminar, consolidar, conhecimentos técnicos;

- Lista (de Engenharia): Documento que relaciona assunto de engenharia (lista de materiais, desenhos, etc.);
- Memorando (de engenharia): Aviso sob a forma de memorando;
- Mudança (de Engenharia): Documento que comunica uma alteração técnica, indicando por vezes, a maneira de efetuar-la;

2.1.2.1. Fluxo da Informação no processo de projeto

Em relação à documentação, segundo Reis e Melhado (1997), há pouco tempo, não havia nas empresas construtoras de pequeno e médio porte, nenhum tipo de procedimento que documentasse sua forma de produção e de relacionamento com agentes externos à organização. A idéia de formalização e documentação dos processos veio com o desenvolvimento de Sistemas de Gestão da Qualidade. A tendência é de se padronizar os procedimentos de inspeção e recebimento de materiais, também por ser requisito da ISO 9000, e por ser incentivado por programas como o QUALIHAB (Programa da Qualidade na Construção Habitacional do Estado de São Paulo), promovido pela Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo – CDHU, e pelo Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade na Habitação – PBQP-h.

Buscando identificar a utilização da informação nas diferentes etapas de projeto/construção, torna-se necessário identificar os agentes e sua atuação.

AGENTES	ATUAÇÃO	INFORMAÇÃO
Promotor/Proprietário	Toma a decisão de construir e faz o planejamento	Interesse por informações econômicas e estratégias para o empreendimento
Agente Financeiro	Viabiliza o empreendimento	Exige uma série de informações, da empresa ou o empreendimento
Projetista	Projeta, especifica e calcula	Informação técnica, práticas construtivas e especificação de materiais
Fabricante/Comerciante	Fabrica/comercializa materiais, componentes e equipamentos	Responde pelas informações intrínsecas aos materiais e equipamentos
Laboratório de ensaio	Ensaia materiais, componentes, e produtos	Apresenta as propriedades e qualifica o material utilizado
Estado	Estabelece a legislação pertinente	Informação normativa
Universidades e Institutos de Pesquisa	Formam profissionais, desenvolvem o conhecimento e novas tecnologias	Detêm a informação na sua forma acadêmica, e a informação tecnológica
Associações Normativas	Produzem normas consensuais entre consumidores e produtores	Dão informação necessária à certificação e conformidade
Associações Profissionais	Ordenam o exercício e responsabilidade dos profissionais	Possuem informações sobre a responsabilidade técnica e ética dos profissionais
Construtor	Executa as obras	Responde pelas informações dos procedimentos de obra
Empresas de Organização e Controle	Projetam e executam os planos de controle	Informações de controle e produtividade da obra
Usuário	Desfruta e opera o produto final	Necessita das informações de funcionamento do produto

Quadro 8 – A informação na cadeia produtiva através da atuação de seus agentes

Adaptado de Helene (1992) - Principais intervenientes no processo de produção na construção civil.

Reis e Melhado (1997) ainda colocam que a retroalimentação das informações de avaliação de fornecedores e subempreiteiros, bem como do recebimento dos materiais tem acontecido freqüentemente, enumerando os benefícios que advindos da documentação dos procedimentos em obra:

- a) Melhoria da integração entre os setores e obras da mesma empresa;

- b) Registro da cultura construtiva;
- c) Possibilidade de estabelecer responsáveis pela gestão da produção;
- d) Possibilidade de a empresa definir as necessidades externas à produção;
- e) Maior capacidade de inovar e melhorar continuamente os processos.

O controle da informação é exercido por quem gera produtos em cada uma das etapas do processo da construção: planejamento, projeto, fabricação, execução, e até no uso. É notadamente uma tarefa de extrema complexidade, identificar a relação da informação em cada um dos agentes intervenientes na construção, no quadro 8 se faz um apanhado neste sentido, dividindo os agentes, a atuação e a informação de interesse destes, buscando apoio em uma tabela criada por Helene (1992).

Existem, neste conjunto de agentes, uma série de problemas em função da utilização e manipulação da informação. Seguindo no mesmo contexto, identificam-se alguns pontos críticos que podem ser os indícios para a extrema dificuldade de organização da informação no setor. Alguns itens são identificados abaixo, apenas para os agentes apresentados, pois a configuração emaranhada do setor, oferece uma gama bem maior de casos, tão peculiares neste setor e que carece de uma investigação aprofundada. Questões de incertezas e interdependência de agentes podem ser observados como problemas informais, que tem difícil solução.

- a. Proprietário: Desconhecimento da legislação; Falta de informação técnica; Dificuldade de acesso às informações; Incompreensão da leitura em projetos.
- b. Agente Financeiro: Dificuldade de captação da informação; Formulários incompletos; Orçamento não condizente com a realidade.

- c. Projetista: Inexistência de registros (arquivos) de projetos; A falta de interoperabilidade entre softwares; Impossibilidade de visualização das sugestões dos proprietários.
- d. Fabricante/comerciante: Falta de contato direto com as obras; desconhecimento das necessidades do usuário; Materiais sem certificação.
- e. Entidades e Associações: Dissociação com o meio produtivo; Baixo grau de envolvimento.
- f. Execução: Diversos profissionais atuando na mesma obra; Memoriais descritivos incipientes; Dificuldade de centralização das informações; Falta de registros anteriores; Baixo nível de instrução dos trabalhadores.
- g. Controle Tecnológico: Falta de certificação dos materiais e processos; Dificuldade de implementação dos programas de qualificação; Falta de profissionalização das empresas.
- h. Usuário: Desconhecimento do uso do imóvel; Falta de material explicativo.

Lopes (2002), apresenta um fluxo de dados em um macro processo de projeto e que se aproxima com os adotados por grande parte dos escritórios de pequeno e médio porte no Brasil. Neste caso temos: levantamento de dados, estudo preliminar, anteprojeto (englobando projeto legal), projeto executivo (englobando caderno de especificações e compatibilização de projetos de engenharia) e acompanhamento de execução. Para formatação da análise colocam-se os elementos básicos envolvidos na dinâmica do processo de geração e transformação de informações, sendo eles: origem, informações de entrada, procedimento de transformação/geração e informações de saída.

Procedimento	Informação de entrada	Agentes	Informação de saída	Melhoria proposta
Programa de Necessidades	<u>Cliente</u> ? diretrizes de uso, financeiras e de prazo (V)	G. Proj.	Programa de necessidades (A)	Formulário de entrevista ao cliente
Proposta de Serviço	<u>Interno</u> ? Programa de necessidades (A) <u>Adm.</u> ? Custos do escritório (F) <u>Mercado</u> ? Preços praticados (S) <u>Sindicato</u> ? Tab. honorários (F) <u>Equipe</u> ? Ind. Produtividade (S) <u>Arquiv.</u> ? Propostas anteriores (F)	Adm, D. Tec, G. Proj.	Proposta (F).	BD com indicadores de produtividade e rentabilidade em trabalhos anteriores Arquivo com modelos de propostas
Contrato	<u>Cliente</u> ? Proposta aprovada (F) <u>Arquiv.</u> ? Contratos anteriores (F) <u>Advogado</u> ? Assessoria jurídica <u>Literatura Jur.</u> ? Obrigações e responsabilidades	Adm, D. Tec.	Contrato (F)	Arquivo com modelos de contratos
Levantamento de Informações	<u>RGI</u> ? Dimensões do terreno <u>Topógrafo</u> ? Levantamento topográfico (F) <u>Estagiários</u> ? Lev. do entorno (A) <u>Órgãos Pub.</u> ? Legislação	Arq. T. Estag.	Levantamento de informações (A)	Formulários padronizados informações do levantamento de dados
Estudo de Viabilidade	<u>Interno</u> ? Lev. de informações (A) <u>BD</u> ? Custo básico por M ² , (A) produtividade / tipo de obra. <u>Interno</u> ? P. de necessidades (A) <u>Literatura técnica</u> ? Pesquisa (A)	D. Tec, G. Proj, P. Obra	Relatório (F) Plano de Massa (F) Estimativa de custo (F)	Formulários de checklist ; Formulário de características da edificação; Formulário p/ registrar alterações
Estudo Preliminar	<u>Interno</u> ? P. de necessidades (A) <u>Interno</u> ? Lev. de informações (A) <u>Interno</u> ? Est. de viabilidade (F) aprovado pelo cliente	D. Tec. G. Proj. Arq. T Estag.	Est. Preliminar (desenho tec.)? Projetistas complementares Est. Preliminar (artístico)? Cliente	Formulários de checklist ; Formulário de características da edificação; Formulário p/ registrar alterações
Prévia Consulta em Órgãos Públicos	<u>Interno</u> ? Estudo preliminar aprovado pelo cliente	Arq. T, Estag.	Observações de adequação (A)	Formulário padronizado para checklist e anotação das observações de adequação
Anteprojeto	<u>Interno</u> ? P. de necessidades (A) <u>Interno</u> ? Lev. de dados (A) <u>Interno</u> ? Est. Preliminar (F) <u>Interno</u> ? Prévia consulta (A) <u>P. Comp</u> ? Est complementares <u>Órgãos Comp.</u> ? Normas (F) <u>Interno</u> ? Normas de desenho (F)	D. Tec. G. Proj. Arq. T Estag.	Plantas de ante - projeto? Projetistas complementares, órgãos públicos	Formulários de checklist dos elementos do projeto. Formulários para anotar pontos dos projetos complementares
Aprovação do Anteprojeto	<u>Interno</u> ? Anteprojeto (F)	Arq. T, Estag.	Anteprojeto aprovado	Formulário p/ exigências
Projeto Executivo	<u>Interno</u> ? Anteprojeto aprov. (F) <u>P. Comp</u> ? P.complementares (F) <u>Catálogos tec.</u> > especificações <u>Cons. técnica</u> > especificações(A) <u>Interno</u> ? Normas de desenho (F)	D. Tec. G. Proj. Arq. T Estag.	Plantas de execução; memorial descritivo; memorial de incorporação; Projetos complementares compatibilizados	Planilha de características dos ambientes; Normas internas de desenho para os estagiários
Acompanhamento da execução	<u>Interno</u> ? Projeto executivo (F) <u>P. Comp</u> ? P. comp. atualizados <u>Cliente</u> ? Pedido de alteração (A,V) <u>Obra</u> ? Pedido de alteração (A,V)	D. Tec. G. Proj. Arq. T Estag.	Pedidos de alteração (V); Dados p/ as-built (A);	Planilhas de especificações; Planilhas de itens / ambientes
As-built	<u>Interno</u> ? Dados p/ as-built (A,V)	G. Proj. Arq. T Estag.	Projeto as-built	
Legenda: Tipo de informação: (A) Anotação não formatada; (F) Documento formatado; (S) Subjetiva; (V) Verbal. Abreviações: Adm; Administrador; Arq. T.; Arquiteto em <i>trainee</i> ; D. Tec.: Diretor Técnico; Estag.: Estagiário; G. Proj: Gerente de Projeto; P. Obra: Planejador de Obra; BD: Banco de Dados; RGI: Registro Geral de Imóveis.				

Quadro 9 – Fluxo de dados no processo de projeto

Fonte: Lopes et al (2002)

Segundo Ahmed (2002), as práticas nos processos continuam sendo manuais, a transferência de informação ocorre por meios informais e a visualização ainda se dá em projetos 2D, atividades são planejadas independentemente uma das outras, dificultando o relacionamento entre os projetistas. São inúmeros os momentos de troca da informação e a tramitação desta entre os agentes das diversas etapas de construção de edifícios. Abaixo são apresentados três momentos: projeto, execução e uso, onde se apresentam agentes participantes do uso, transferência, modificação, e criação de informações. Há possibilidade de diversas combinações, podendo alguns dos agentes inexistir em algumas situações.

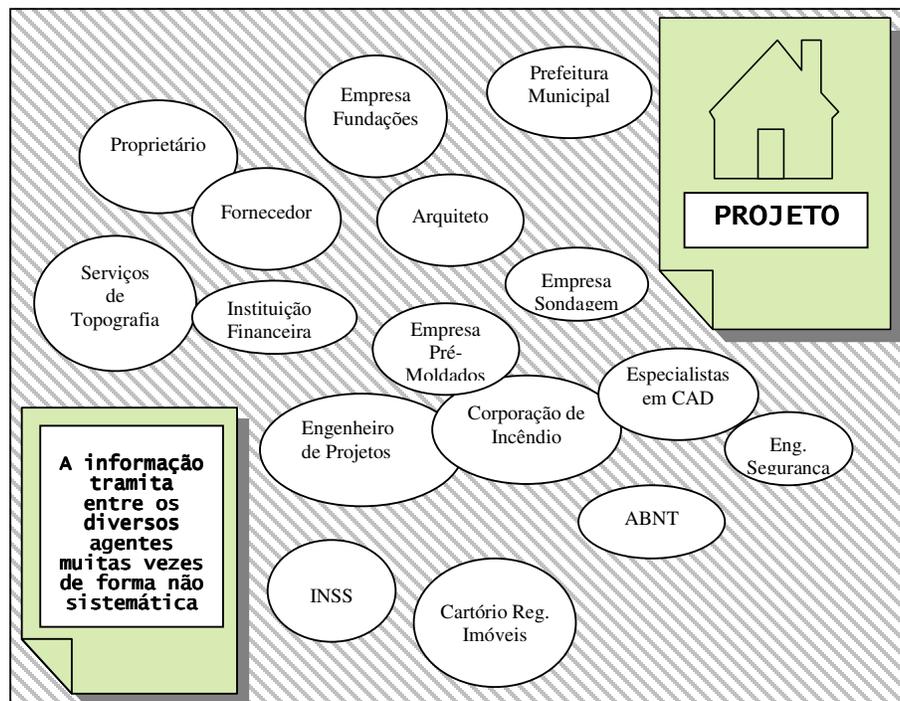


Figura 3 - Agentes na etapa de projeto com trâmite da informação não sistemática
Fonte: Desenvolvido pelo autor

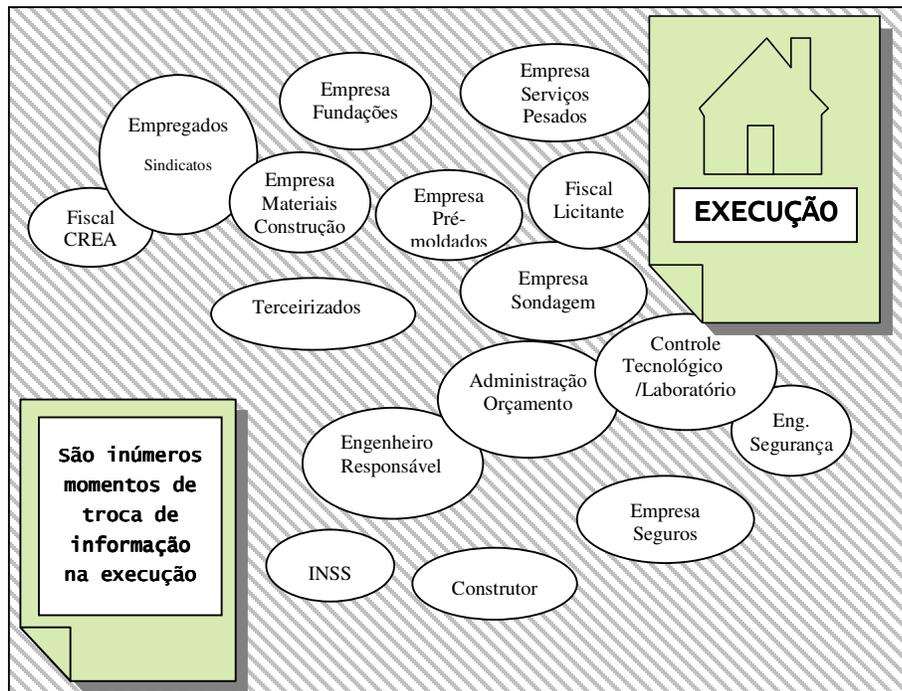


Figura 4 - Diversos agentes participam do processo de execução da obra
 Fonte: Desenvolvido pelo autor

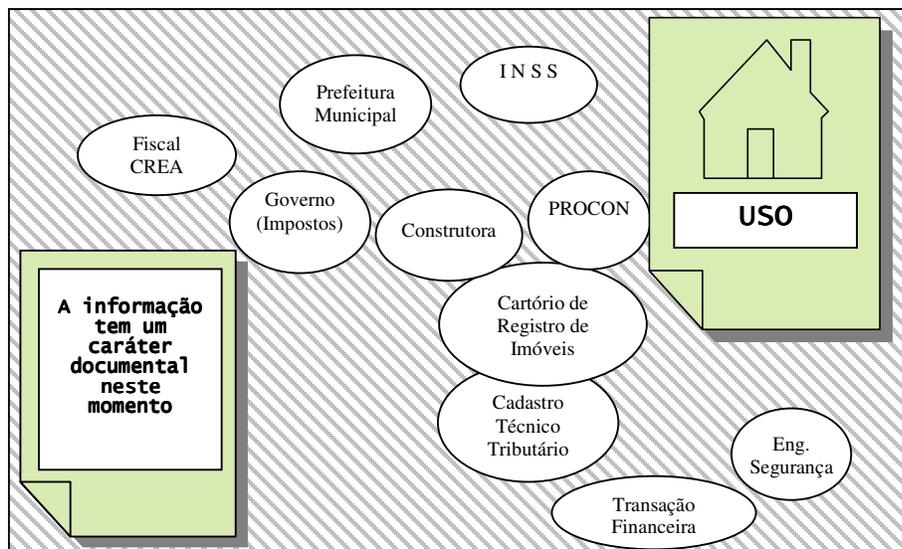


Figura 5 - Na etapa de uso ainda existem muitos relacionamentos entre os agentes
 Fonte: Desenvolvido pelo autor

Algumas destas informações ocorrem com conhecimento dos participantes, e outras são restritas somente no âmbito da própria empresa. Segundo Netto (1993), as informações a respeito de metas e recompensas, informações da empresa, avisos e recomendações dentro do canteiro de obras, devem ser sempre apresentadas em local visível por todos, no local de trabalho, expostas ao conhecimento de todos os interessados, por todo o tempo que estiverem valendo.

Alguns estudos apresentam a cadeia de processos necessários para realização de um projeto, desde a concepção até a conclusão. O modelo é evidentemente simplificado e não apresenta a interação que é tão usual na realização de projetos e nos processos de decisão.

ATIVIDADE	FUNÇÃO DO AGENTE										
	EMP	GP	ARQ	FIS	ENG	CON	FOR	GER	AUT	AF	JUR
Concepção do projeto	#										
Projeto preliminar	o	o	#	o	o				o		
Estudo de viabilidades	o	o	o	#	o						
Aprovação do projeto	o	o	o						#		
Levantamento de custos	#			o						o	o
Detalhamento e custos de projeto	o	o	#	#	#						
Cronograma	o	o	o	#	#					o	o
Construção	o	o	o	o	o	#	o		o		
Gerenciamento								#	o	o	o

Fonte: Murray, M.; Nkado, R; Lai, A. (2001)

Início (gerador)
o Informação (utiliza)

Agentes:

EMP – Empreendedor

GP – Gerente de projeto

ARQ – Arquiteto

FIS – Avaliador (quantitativo)

ENG – Engenheiro

CON – Empreiteiro

FOR – Fornecedor

GER – Gerente

AUT – Órgão de autoridade local

AF – Agente Financeiro

JUR - Jurídico

Figura 6 - Função dos agentes na cadeia de processos de projetos

Os projetos desde seu desenvolvimento muitas vezes carecem de uma maior integração dos responsáveis por cada uma das partes que o compõem. O envolvimento de diversos profissionais e técnicos é comum. Há os responsáveis pelo diversos projetos: estrutural, Elétrico, de prevenção de Incêndio, arquitetônico, Hidráulico; sendo necessária, muitas vezes, a existência de um coordenador de projeto, para interagir na execução. Uma falta de entrosamento entre os envolvidos pode acarretar sérios problemas futuros.

Um projeto integrado de sistemas de informação pode minimizar a desordem potencial no relacionamento de grupos ou de pessoas durante a consecução do projeto e podendo prover uma memória técnica acumulada durante os anos, criando um acervo de capital intelectual.

A equipe participante de um projeto tem funções específicas a realizar, transmitindo suas informações para o restante das equipes integrantes, ou para o gerente de projeto. Este procedimento costuma gerar uma grande quantidade na transferência de papéis, sejam projetos, relatórios, orçamentos.

INFORMAÇÃO	FUNÇÃO DO AGENTE										
	EMP	GP	ARQ	FIS	ENG	CON	FOR	GER	AUT	AF	JUR
Projetos	o	o	#	o	#	#	o	o	o	o	
Especificações	o	o	#	o	#	o	o	o	o		
Quantitativos		o	o	#	#	o	o				
Orçamento	o	o	o	#	o	o	o			o	o
Contrato	o	o	o	#	#	#				#	#
Planejamento	o	#	o	#	#	#	#		o	#	
Controle de pessoal		#		#	o	#	#				
Controle de materiais		#		#	o	#	#				
Controle de equipamentos		#		#	o	#	#				

Fonte: Murray, M.; Nkado, R; Lai, A. (2001)

Agentes: (como na figura anterior)

Início (gerador) o Informação (utiliza)

Figura 7 - Matriz função dos agentes em relação a informação em um projeto padrão.

Na figura 6 é apresentada uma matriz que exhibe a função dos agentes em relação a algumas etapas do projeto. Também mostra a necessidade de informação dos mesmos, em determinadas fases (em um projeto padrão).

Kagioglou (1998) apresenta a necessidade de a cada etapa se explicitar formalmente os eventos precedentes, os eventos da etapa e recursos necessários, os produtos, objetivos e nível de avaliação utilizado ao fim da etapa, este autor apresentou o que chamou “process protocol”.

Muitas das empresas e profissionais envolvidos em um projeto integrado, geram ou repassam suas informações utilizando meio eletrônico. E em muitas vezes preparam informações similares fazendo uso de diferentes softwares. Para exemplificar, contratante e fornecedor precisam orçar os preços do quantitativo, estes profissionais porém usam softwares diferentes e incompatíveis, tornando evidente a duplicação da informação. Por outro lado, conforme Lopes et al (2002), posteriormente com a disseminação das ferramentas de tecnologia de informação focadas na interoperabilidade e desenvolvidas sob coordenação da IAI – *International Alliance for Interoperability*, IAI (2002), o tratamento das informações poderá atingir um nível de confiabilidade e flexibilidade sem precedentes na indústria de construção civil.

Ao analisar o trâmite da informação na etapa de projeto, torna-se mais fácil compreender o “processo de projetar”, dividindo-o em algumas etapas. Segundo Ferreira e Heineck (1996), para ordenar o conhecimento do profissional projetista e de acordo com a ASBEA, o projeto é dividido em etapas conforme o grau de detalhamento e a proximidade da solução final: levantamento de dados (formulação do programa de necessidades), estudo preliminar, anteprojeto, projeto legal, projeto executivo (detalhamento), “*as built*”.

Segundo Souza (1995) os projetos de edificações são compostos de vários estágios, que podem ser definidos da seguinte forma:

- Levantamento de dados – Nesta fase, é buscado reunir as características do empreendimento, identificando as condições pré-existentes;
- Programa de necessidades – É a determinação das exigências feitas pelo contratante quanto às características e desempenho dos serviços;
- Estudos de viabilidade – É a avaliação técnica, legal e econômica;
- Estudos preliminares – Quando se inicia a configuração da edificação;
- Anteprojeto – É a primeira versão do projeto, tem poucos detalhamentos, é feito em escala reduzida, deve ser suficiente para elaborar estimativas de custos;
- Projeto legal – Deve ter todas as informações para análise e aprovação do projeto pelos órgãos competentes;
- Projeto pré-executivo – Reúne os projetos de engenharia, de forma a verificarem-se as interferências;
- Projeto básico - Reúne os elementos necessários à contratação. Tem detalhamentos, o suficiente para o entendimento preciso da obra. Já envolve o projeto elétrico, o hidráulico, o estrutural, detalhes de esquadrias, ajardinamento, etc;
- Projeto executivo - Contém todas as informações e detalhes necessários para a execução. Durante a fase de contratação, o projeto básico é corrigido e aprimorado, incluindo-se detalhes e modificações até a etapa de execução;
- Detalhes construtivos – Desenhos em escala ampliada de elementos que necessitam de um nível maior de detalhamento para a execução;
- Assistência à execução – É a consulta realizada com projetistas e calculistas durante a fase de execução para esclarecimento de dúvidas;

- Projeto “*as built*” - Trata-se do projeto realmente executado, com todas as alterações que tenham sido feitas ao projeto executivo. É o documento final da obra.

Rodríguez e Heinneck (2002), citam que, existe nos últimos anos uma preocupação maior dos participantes do processo de construção de edificações com o processo de projeto; pois trabalhos de consultores e pesquisadores nacionais tais como Melhado (1998), Tzortzopoulos (1999) e Rodríguez e Heinneck (2001), apontam o grande potencial de melhoria do desempenho das edificações a partir da gestão desse processo. Embora o ganho a obter com a adequada gestão do projeto seja evidente, ainda não é possível quantificar o mesmo de forma exata em termos de desempenho ou custo. Autores como Picchi (1993) e Rodríguez e Heinneck (2001) apontam que uma adequada gestão do processo de projetos pode significar uma redução de 6% do custo direto das obras.

Na figura 8, é apresentado o modelo do processo de projeto de edificações, segundo Rodríguez e Heinneck (2002):

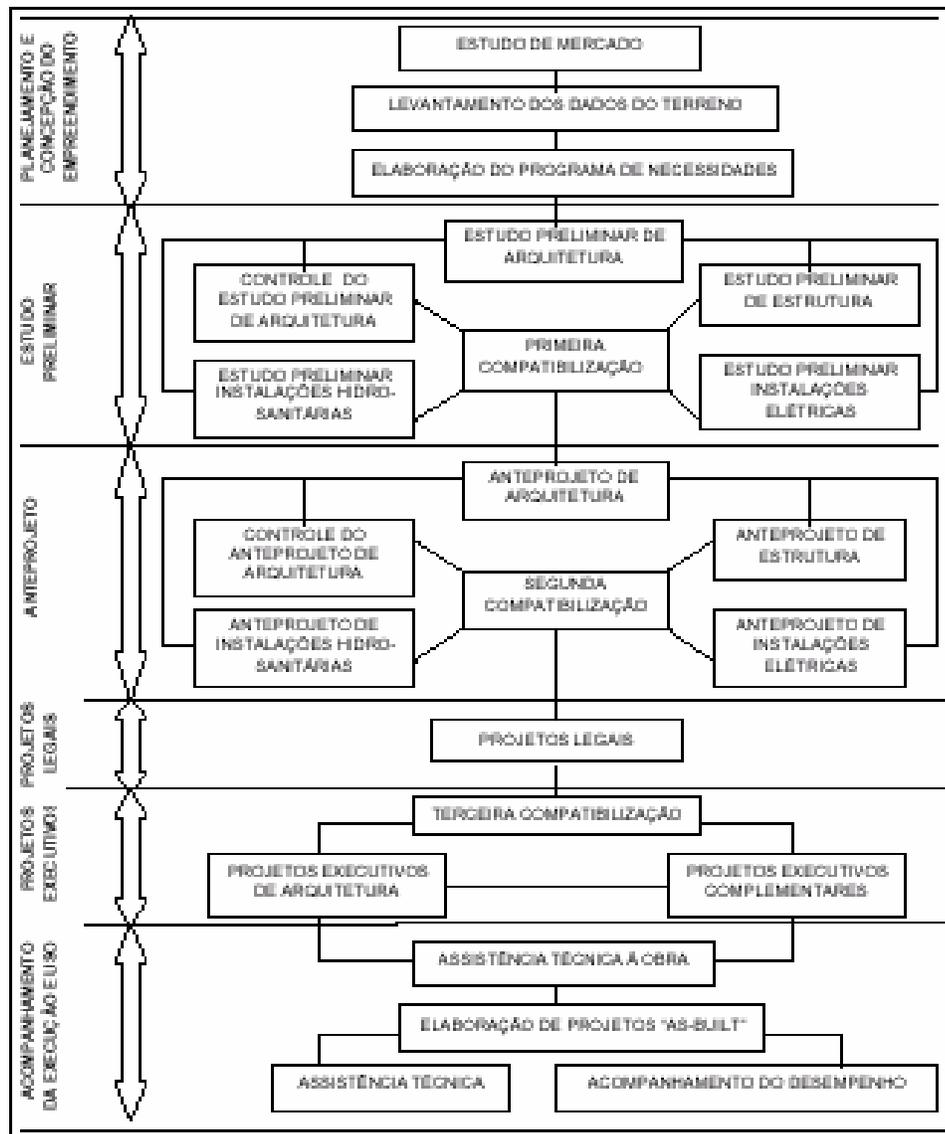


Figura 8 – Modelo do processo de projeto
 Fonte: Rodríguez e Heinneck (2002)

Sem considerar diretamente as capacidades básicas relacionadas aos sentidos e as habilidades motoras, pode-se dizer que nos projetos as principais habilidades intelectuais exercidas estão relacionadas à capacidade de análise e síntese de informações e problemas, à criatividade e ao raciocínio, ao conhecimento (ligado ao campo da memória e das técnicas de armazenamento de informação) e à

capacidade de comunicação e interação entre diferentes indivíduos (Oxman, 2000; Cross, 2001).

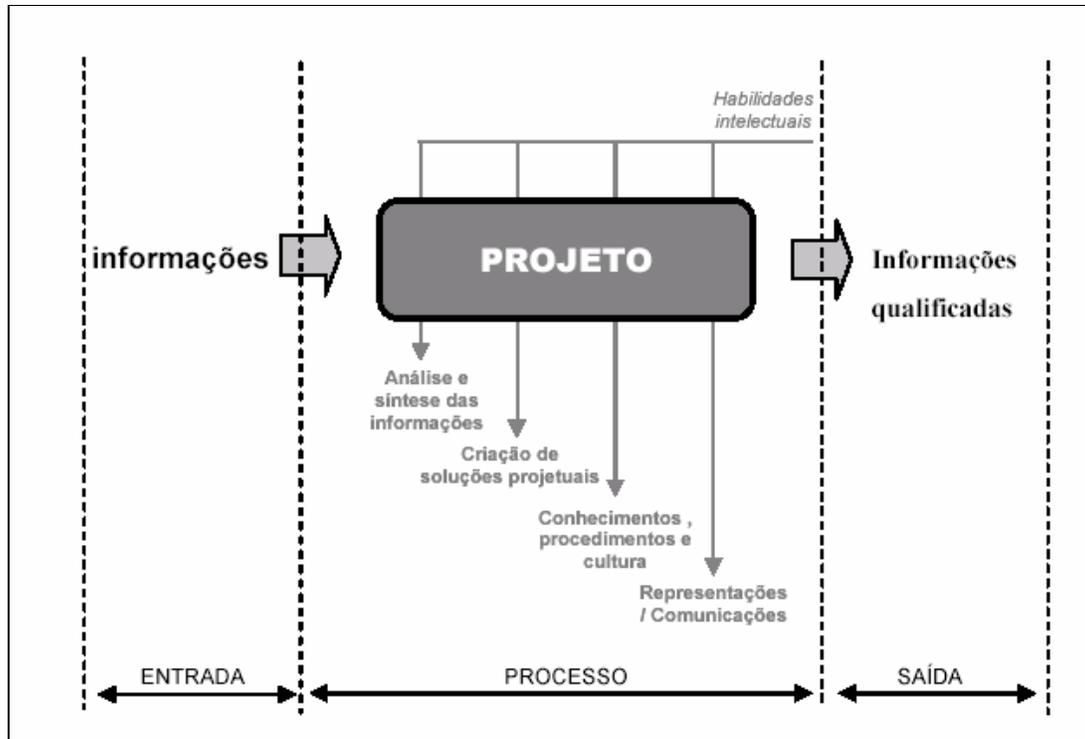


Figura 9 – As informações no processo intelectual de projeto

Fonte: FABRICIO (2002) – O projeto como processo intelectual e como processo social

Nesta figura apresentada por Fabrício (2002), as informações recebem uma qualificação a partir da formulação do projeto, que se divide nos seguintes passos: Capacidade analítica e de síntese, criatividade e raciocínio, conhecimentos, representação e comunicação.

A capacidade analítica e de síntese está presente na formulação do problema de projeto. Trata-se de, a partir de informações e demandas iniciais, obter, ordenar, classificar e hierarquizar várias informações aparentemente desconexas e formular um problema a ser resolvido.

A criatividade e o raciocínio expressam a capacidade humana de propor soluções espaciais, técnicas, funcionais, financeiras, comerciais, originais e desenvolver soluções coerentes com o problema posto.

O conhecimento está fundamentado nas experiências e formações anteriores dos projetistas e media a criação e o desenvolvimento das soluções projetuais. Associada ao conhecimento, está a cultura construtiva que demarca repertórios projetuais e construtivos associados aos costumes e necessidades de um povo ou região e que são introjetados na formação e nos raciocínios projetuais.

A representação e a comunicação representam tanto uma forma de apresentar as soluções desenvolvidas (desenhos técnicos, maquetes, modelos virtuais) para serem executadas ou apreciadas, como uma forma de apoio e extensão ao desenvolvimento intelectual das soluções projetuais (esboços, simulações).

Desde os anos 1970 existe a idéia do projeto como um processo multidisciplinar e incremental que pode ser associada, metaforicamente, à figura de uma espiral ou vórtice de procedimentos (Melhado e Henry, 2000).

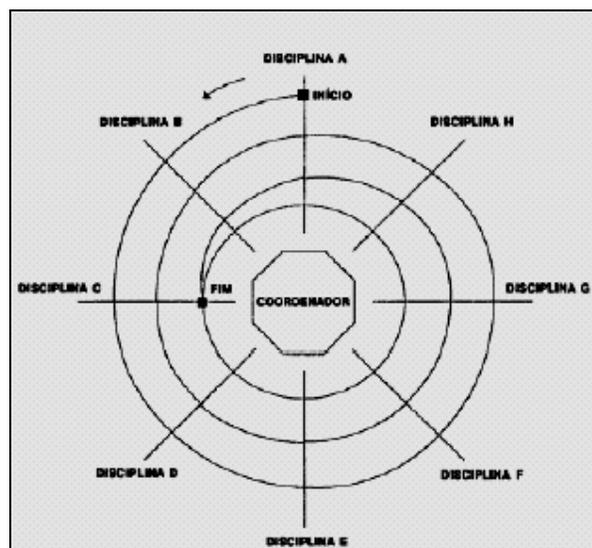


Figura 10 – Representação espiral do processo de projeto

Fonte: MARQUES (1979) apud FABRICIO (2002)

Segundo Melhado (2001), um dos pontos mais críticos observados diz respeito ao **fluxo de informações** entre **obras e departamentos de projetos** das empresas, assim como entre **obras e projetistas**. Deficiências quando a mecanismos de comunicação da obra com a equipe de projetos; anotações que ficam na memória de cada responsável; coordenação de projetos pouco ágil nas definições; prazos insuficientes para as equipes de projeto elaborarem os projetos para produção (projetos do processo); dados importantes sobre a utilização das soluções de projeto que são apenas armazenados e não retroalimentados, são exemplos das manifestações do problema.

O processo de projeto em engenharia normalmente é esquematizado de forma simplificada conforme a seguinte seqüência (PEREIRA e BAZZO, 1997):

Identificação de uma necessidade; Definição de um problema; Coleta de informações; Concepção de soluções alternativas; Avaliação; Especificação da solução final; Comunicação dos resultados.

Segundo Tzortzopoulos (1999), a maioria dos autores subdivide o processo em três etapas: estudos preliminares, anteprojeto e projeto definitivo (às vezes chamado executivo). A norma NBR 13.531 define as etapas: Levantamento, programa de necessidades, estudo de viabilidade, estudo preliminar, anteprojeto ou pré-execução, projeto legal, projeto básico (opcional) e projeto para execução.

Com a complexidade existente na fase de projetos, com inúmeras variáveis compondo o processo, um problema emerge: Como resolver o problema de administrar todas as inter-relações existentes a partir do projeto?

Picoral e Solano (1996), apresentam que através de uma coordenação de projetos eficiente, podem-se minimizar problemas a serem definidos na obra,

aumentando a qualidade, reduzindo custos e otimizando soluções direcionadas à construtibilidade. Segundo os mesmos, a coordenação de projetos pode ser exercida de várias formas: por equipe ou profissional da empresa (engenheiro ou arquiteto), pelo projetista, ou por empresa contratada para fim específico. No trabalho de pesquisa destes autores, os mesmos identificam um paradoxo entre as empresas que afirmam que passam todas as informações necessárias para os projetistas, e estes, na sua grande maioria, considera as informações insuficientes ou pouco claras. Situação como a citada, evidencia a necessidade de uma maior integração entre os intervenientes em todo o processo construtivo.

O modelo de centralização na coordenação de projeto, torna-se ineficiente para gerenciar as interdependências entre os agentes. Projetistas talvez não estejam totalmente preparados para todas as complexas interdependências que existem entre os diferentes aspectos do projeto até a construção. Eles talvez também falhem ao entender as implicações da escolha no projeto para o método construtivo a ser usado, ou nos materiais e componentes, e então o contratado (empresa executora) necessita improvisar soluções no canteiro de obras, resultando assim em trabalho extra, com conflitos em relação aos custos adicionais gerados. Cabe salientar que por pior que seja este gerenciamento, os pedidos do cliente ainda devem ser ouvidos, mesmo que haja decréscimo da funcionalidade, em contraposição à satisfação do cliente.

Segundo Murray, Nkado e Lay (2001), quando há um envolvimento prévio do empreiteiro no processo de elaboração do projeto, pode ser conseguida economia por duas razões: A primeira devido ao empreiteiro contribuir com informações a respeito da eliminação de futuros custos desnecessários. A segunda razão é que

geralmente os projetos carecem de um detalhamento mais significativo, podendo desta forma operar com informações para ampliar a construtibilidade.

Para estes casos se teria a adoção de uma estrita organização de tarefas seqüenciais, definidas através da ordem da lógica construtiva, que seriam utilizadas pelos agentes em cada uma das fases da obra. Esta adoção não resolveria situações como a falta do material especificado, e mais ainda, tornaria aceitável a prática de registro das situações de problemas informais surgidos durante o processo. Muitas repetições de algumas atividades são necessárias devido ao tipo de solução adotada, reprojetos e retrabalho são comumente aceitos como parte do processo. Estas atividades absorvem uma grande parte dos recursos causando uma queda na performance da construção. A ineficiência causada por estas situações é demonstrada por estudos no Reino Unido, onde se relata que dois terços dos projetos excedem seus custos estimados e três quartos sofrem atraso na conclusão.

Conforme Koskela (1992), deve ser buscado um processo melhorado de projeto caracterizado com uma análise de requisitos rigorosa, incorporando as dificuldades das fases subseqüentes, mantendo um rígido controle sobre as modificações até o fim do processo construtivo, sendo possível a redução do tempo gasto em projeto e a redução da solicitação de modificações.

2.1.3. A integração da Informação em projetos

A falta de integração da informação na construção, sentida em todas as fases de seus processos, tem princípio na elaboração do projeto. Segundo Schmitt (1998), uma das mais difíceis tarefas na fase de projeto é resolver os conflitos que ocorrem

quando da integração de soluções derivadas destas múltiplas abstrações ou a decomposição em subproblemas. A autora salienta que as pessoas envolvidas no projeto e na execução da construção normalmente trabalham em diferentes firmas e o grupo de companhias que cooperam entre si variam de um projeto para outro, dificultando o estabelecimento de rotinas de projeto.

Nicolini *et al* (2001) apresentam a utilização de clusters como possibilidade de integração dos agentes participantes no projeto. A organização dos clusters (ou grupos de trabalho), pode reunir os inúmeros participantes (projetistas, fornecedores, construtores), em uma relação existente entre os agentes, ou também com outros clusters. O modelo básico de um cluster de um projeto, é apresentado desta forma:

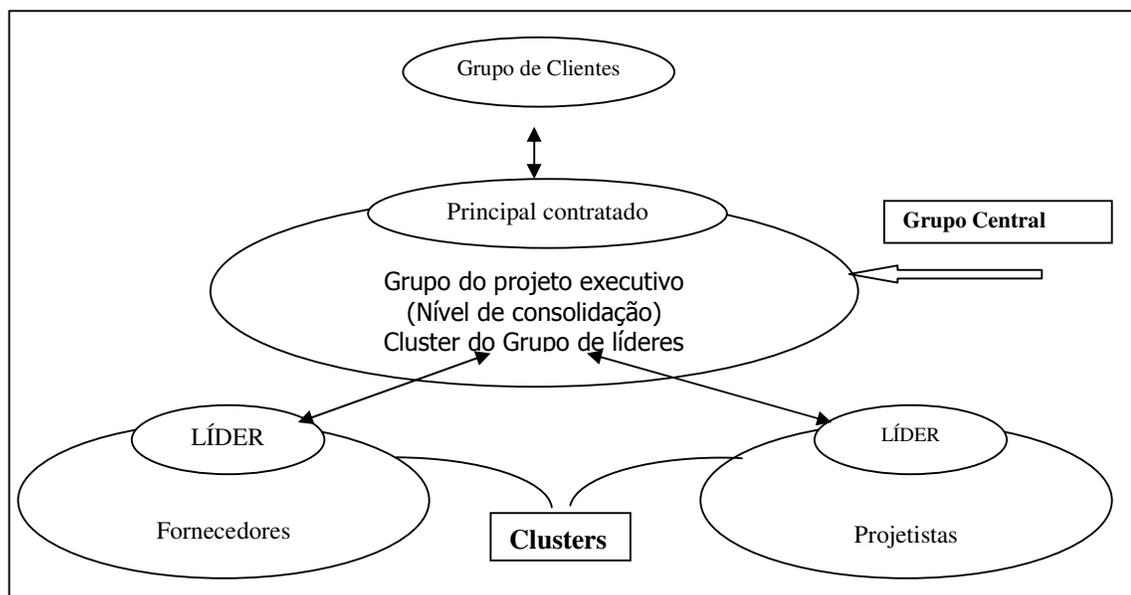


Figura 11 - Utilização de clusters como forma de integração
Fonte: Nicolini (2001)

Projetos derivados desta organização promovem o relacionamento de trabalho multidisciplinar, permitem a integração e minimização de interfaces em tarefas, e promovem uma comunicação transparente. Torna-se necessário a existência de uma liderança para coordenação entre os agentes envolvidos em um cluster. Usualmente identifica-se um líder fornecedor, um subcontratado, ou

projetista, com capacidade para coordenar. Existem também clusters que definem e obrigam os fornecedores a se adaptar ao seu sistema de T.I., padronização de nomenclatura, layers, etc. (exemplo: Petrobrás, ELETROSUL, CASAN, etc.).

Cintra (1999) destaca que a falta de integração e a troca de informação entre os elementos ao longo do processo construtivo, bem como a existência de sistemas de informação deficientes, tem sido relatada na literatura como alguns dos entraves encontrados pelas empresas (SOUZA, 1997; BARROS, 1996; GOMES *et al*, 1996, FRUET, 1993).

Amorim (1995) expõe que um gerenciamento de projeto necessita primordialmente, para ser eficaz, da definição de objetivos e metas. E a transmissão destes aos agentes envolvidos no projeto, de forma simples, clara e objetiva. Desta forma cria-se uma interação permanente entre os diversos setores da empresa, através de um melhor tratamento da informação, como uma homogeneização de terminologias e objetivos de maneira que “todos falem a mesma língua”, ao longo da cadeia da produção, evitando-se rupturas a cada momento que um agente transfere tarefas para o seguinte.

Há pois uma administração complexa em função dos diversos elementos que compõem o conjunto. Conforme Zegarra, Frigeri e Cardoso (1999), os fluxos de informação, a transferência e intercâmbio de dados e informações é muito pobre, tendo como conseqüência duplicidade, ruídos e perdas de informações e conhecimentos, não se consolidando um sistema eficiente de informações que sirva para tomada de decisões. Não obstante, há nesta integração a participação de vários elementos: Elemento tecnológico; Elemento de processo; Elemento de projeto; Elemento humano.

Ao ser desenvolvido um ambiente integrado, este deve atuar desde os primórdios do projeto, pois se assim não for, aumentará a possibilidade de ocorrerem problemas de redundância, integridade, conflito e gerenciamento de dados. Logicamente que alguns desafios, inclusive físicos, devem ser vencidos, considerando-se que os resultados de performance colaborarão à continuidade e desenvolvimento do processo.

Segundo Aouad (2000b), os fatores que interferem para a possibilidade de integração de tecnologias e informação na indústria da construção, são:

- ❑ Fragmentação da cadeia produtiva;
- ❑ Falta de padronização para troca de informações entre sistemas;
- ❑ Falta de transparência nos processos;
- ❑ Baixa qualidade de gerenciamento nas indústrias, empresas e nos projetos.

Zegarra, Frigeri e Cardoso (1999), expressam que a fragmentação na indústria da construção provém da existência de inúmeras empresas de diversos ramos, como: fornecedores de materiais, de mão-de-obra, fornecedores de serviços, empresas de projetos e engenharia. Sendo que a relação entre os diversos agentes se desenvolve de maneira muito complexa. Para minorar, pode-se modelar o fluxo de informações de forma a garantir que os documentos modificados, sejam imediatamente passados para os parceiros. Um sistema de T.I. poderia operar desta forma, fazendo a associação da informação entre os participantes do processo.

Conforme Murray, Nkado e Lai (2000), a partir dos anos 90, a indústria da construção internacional desencadeou de forma mais contundente o uso de tecnologias da informação e comunicação. O uso de e-mail se tornou corrente e *websites* começaram ser desenvolvidos com o principal objetivo de divulgação da

empresa. Mais recentemente, *websites* foram criados com objetivo de realizar transações de comércio, leilões de equipamentos para construção, etc. Diversos softwares foram desenvolvidos com o intuito de agilizar e facilitar os processos, a grande maioria sob a plataforma Windows. E, atualmente, passos são dados em direção à integração de projeto e processos da construção através da *web*.

Características próprias deste tipo de indústria, como a já citada diversificação cadeia, a unicidade de produto, e outros, obrigam a compor de forma diferenciada, os processos de inserção de T.I.. O crescimento do uso de modernas comunicações tem resultado no crescimento da transferência eletrônica de informações.

Rosenman e Wang (2001) afirmam que muitos pesquisadores quando da definição de tipos de sistemas CAD, geralmente empregam maior foco no modelo do produto e adequação de custos, enquanto a arquitetura do sistema não recebe a devida atenção. A partir do uso mais corrente da colaboração em projetos, torna-se fundamental discutir uma arquitetura para estes sistemas de CAD. Abaixo são discutidas as arquiteturas de sistemas apresentadas na figura 12 :

- Modo integrado;
- Modo distribuído integrado;
- Modo descontínuo;
- Modo baseado em estágios;
- Modo autônomo.

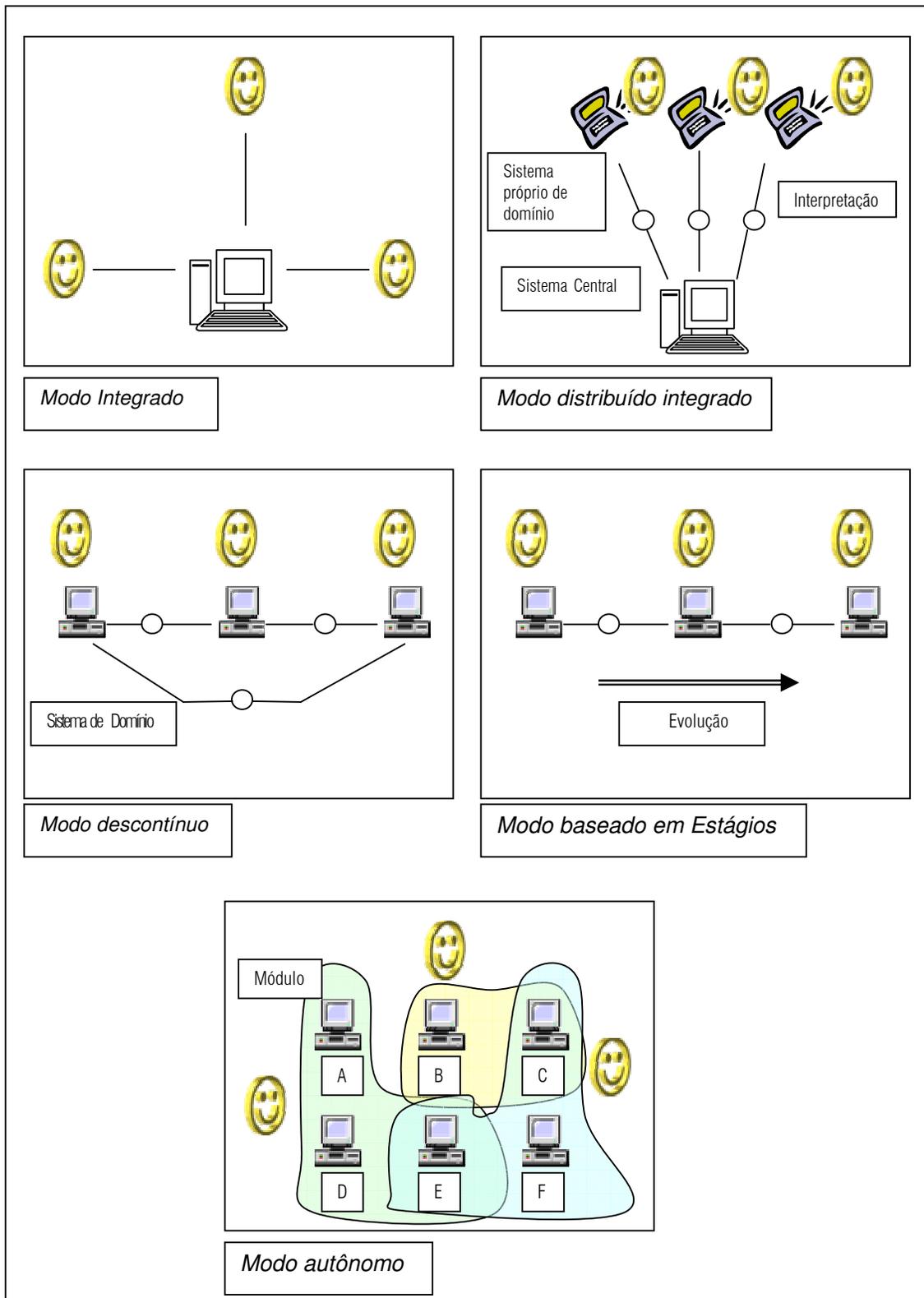


Figura 12 - Arquitetura de sistemas colaborativos de CAD
 Fonte: Rosenman e Wang (2001)

- a) Modo Integrado: Este é um sistema no qual projetistas trabalham em um mesmo projeto, usando uma central de gerenciamento. Os usuários operam do seu local de trabalho remotamente o projeto que está sendo desenvolvido conjuntamente. Este sistema integrado reúne as complexas necessidades de projeto multidisciplinar, pois cada item é comunicado para todos os usuários.
- b) Modo distribuído integrado: Neste modo a atuação dos projetistas ocorre tendo um próprio sistema de domínio e de trabalho junto com um módulo de uma central de serviço chamado de espaço de trabalho distribuído. Neste sistema os projetistas têm um ambiente fixo com uma central única funcionando em segurança e estabilidade.
- c) Modo descontínuo: É um sistema de distribuição completo, onde usualmente não há um sistema com módulo de controle central, mas simplesmente um grupo atuando com mecanismos de gerenciamento. A mais expoente característica do modelo é a flexibilidade, sem uma central de controle única, sendo exigida a interoperabilidade no uso dos diferentes sistemas.
- d) Modo baseado em estágios: Concebe-se como o modelo base de um primeiro estágio, sendo os demais subseqüentes derivados deste. Mecanismos internos de verificação são determinantes para a evolução do processo. Este sistema requer grande trabalho de IA (Inteligência Artificial).
- e) Modo autônomo: Neste caso, o sistema distribuído é baseado no conceito de autonomia, onde cada modelo é implementado como um grupo distribuído, de conhecimentos próprios e autônomos, interagindo com os demais componentes. Alguns destes sistemas são muitas vezes supridos com satisfatória interação e alta flexibilidade, usando sistemas abertos de CAD.

A informação pode ser apresentada em diversas formas, segundo Bueno (1996): esclarecimento, explicação, instrução, aviso, comunicação, fornecimento de dados, notas ou argumentos.

O termo “informação” ganha outras conotações dependendo de como é utilizado, pode-se por exemplo citar a confusão existente entre “informação” e “sinal” no estudo da cibernética. Com o passar do tempo, os conceitos sofrem um processo evolutivo. A teoria da informação desenvolvida por Norbert Wiener e Claude Shannon no final da década de 40, buscava medir a quantidade de informações transmitidas pelas linhas de telégrafo e de telefone a fim de estimar a eficiência e poder efetuar a cobrança das mensagens transmitidas, (CAPRA, 1996).

Roszak (1994), ao explicar o impacto da informação e o comportamento do ser humano frente às novas tecnologias, apresenta que a palavra informação recebeu uma nova conotação, diferente daquela que poderia ser chamada de fato. Mais contemporaneamente, admite-se que a informação não é mais ligada ao conteúdo semântico das afirmações, mas sim, a informação passa a ser considerada uma medida quantitativa de trocas comunicativas, especialmente aquelas que ocorrem através de algum meio que exige que a mensagem seja codificada (sendo depois decodificada em impulsos eletrônicos).

Desta forma, pode-se compreender que o auxílio do computador para a sociedade se dá justamente de maneira a processar as informações existentes e registrá-las em forma de dados.

Ao distinguir os procedimentos de utilização da informação como um sistema, pode-se apresentar uma compreensão mais factível do que isolar cada acontecimento. O pensamento sistêmico foi utilizado primeiramente pela biologia e bioquímica, sendo que seu significado deriva do grego *synhistanai* (colocar junto).

Compreender sistematicamente significa abranger algo dentro de um contexto, estabelecendo a natureza de suas relações. Com este intuito é que atualmente o tema - Sistemas de Informações Gerenciais é assunto imprescindível aos administradores, visando auxiliá-los no encaminhamento e gestão da informação.

Ordenar e explicitar os caminhos que a informação percorre, bem como identificar as possibilidades de perda, ou a modificação da mesma, é algo extremamente difícil em qualquer setor produtivo. Além do mais, no setor de projetos de construção, existem situações que se referem a processos e conhecimento tácitos, o que dificulta a incorporação destas informações documentalmente.

Utilizando-se os recursos de T.I., é possível que todas as comunicações e documentos sejam registrados nos seus pormenores, incluindo horário, dia e demais dados que qualificam a informação. Mas este registro é feito (com agilidade) somente para as informações que são transferidas por meio eletrônico. Informações não explícitas ainda fazem parte do rol de problemas não solucionados. Em se tratando de processos tácitos, alguns problemas são correntes, como: a incondicionalidade da interação entre pessoas, a síndrome do poder do conhecimento, a dificuldade de extração, e as diversidades das culturas organizacionais.

A idéia de administrar um sistema de informações em uma empresa, deve ser visto sob o prisma de administrar-se uma rede complexa que trás consigo um emaranhado de relações com alto grau de complexidade. Segundo Capra (1996), a primeira e mais óbvia propriedade de qualquer rede é sua não-linearidade, sendo que ela se estende em todas as direções. Desse modo, as relações num padrão de rede são relações não-lineares. Em particular, uma informação, pode viajar ao longo

de um caminho cíclico, que poderá se tornar um laço de realimentação. O conceito de realimentação está intimamente ligado com o padrão de rede.

Conforme Cintra (1999) Um sistema de informação pode ser definido como “um conjunto de dados, transformados em informações através de recursos físicos, hardware e software, com a finalidade de atender determinada necessidade de informação dentro da organização”. A conceituação dos seguintes termos se faz necessária para o estudo de um sistema de Informação:

- Dados: São os elementos conhecidos do problema que se deseja resolver. São, portanto, brutos, oriundos de levantamentos, questionários ou pesquisas efetuados.
- Informação: Pode ser definida como sendo os dados processados de forma que tenham significado para o seu receptor, possuindo valor real ou percebido, relativamente às decisões atuais ou futuras.

Os níveis hierárquicos e a correspondente necessidade de informação, podem ser assim classificados:

- Estratégico :Informações sumarizadas fornecidas pelos gerentes em nível comparativo: relações, índices.
- Tático: Informações mais detalhadas coletadas do operacional e gerando informações resumidas de subprojetos. Como se destina à tomada de decisões dentro da empresa, acaba levando ao sistema de decisão. Portanto, tem um caráter não rotineiro. Assim, quanto maior o nível do tomador de decisão, maior a necessidade de informações não estruturadas.
- Operacional: Trabalha normalmente com grande quantidade de informações para se definir perfeitamente os serviços a serem executados.

Trata da medição em nível individualizado sobre produto, processo e serviço. Cuida para que determinadas atividades continuem acontecendo dentro do ciclo operacional da empresa. Este nível trata das informações necessárias para a execução de uma determinada tarefa e, portanto, faz parte da rotina da organização.

A informação apresenta como componentes básicos: uma origem (emissor), um destino (receptor). Os mesmos utilizam um meio de transmissão, objetivando afetar o modo de agir do receptor ou guiá-lo para um determinado alvo, derivando em uma ação.

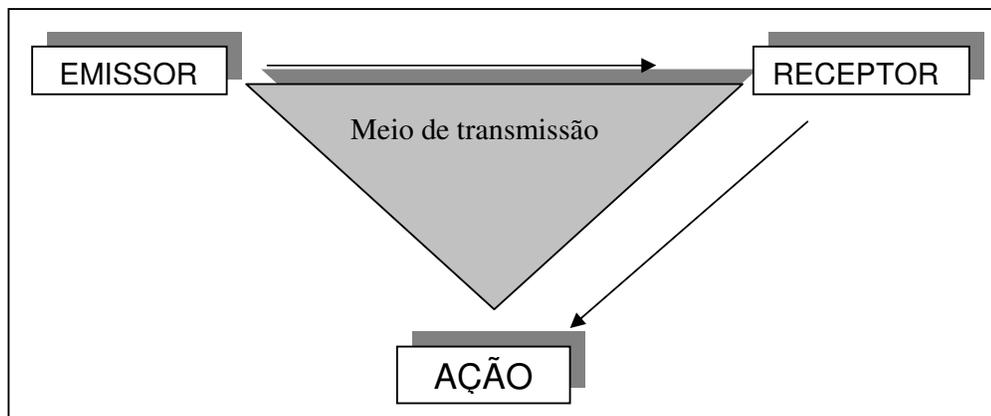


Figura 13 - Processo de comunicação

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Para caracterizar uma transição entre a passagem da informação entre agentes, o meio de comunicação torna-se fundamental, papel assumido atualmente pelas mais diversas ferramentas de T.I.. Estas ferramentas estabelecem o contato entre o informante (INPUT), e o receptor, que pode: receber, armazenar, modificar, ou repassar a informação.

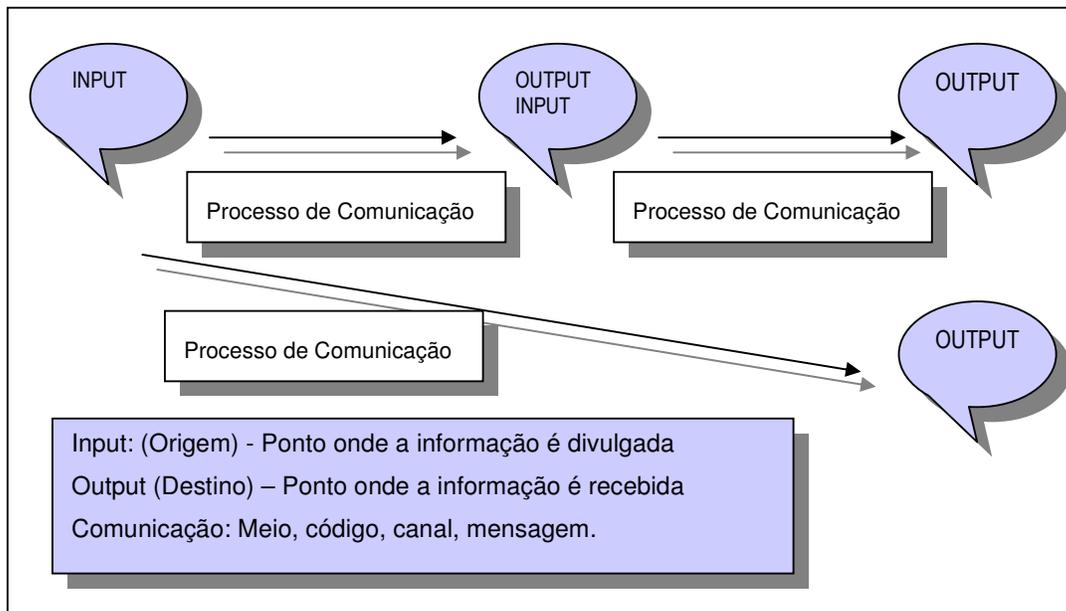


Figura 14 – O processo de comunicação – informação
 Fonte: Desenvolvido pelo autor

Segundo Amorim (1995), enquanto a informação é ilógica, a comunicação está num ambiente que envolve a percepção. Quer dizer que na maioria das vezes, a pessoa só reconhece aquilo que percebe, existindo informação sujeita a “ruídos” (geralmente de natureza psicológica) podendo inclusive ter seu conteúdo inicial alterado.

Ao identificar as diferentes características da comunicação, permite-se destacar as interferências que podem existir e ocasionar problemas com a informação. Características da comunicação entre agentes:

- Quanto ao controle:

Autônomas: Existem sem que se possa ter um controle sobre elas.

Rígidas: Derivam de uma ordem ou norma, possui obrigatoriedade de execução, e podem ser registradas como dados.

- Quanto ao modo de ocorrência:

Repetitivas: Ocorrem seguidamente, podendo ser cíclicas;

Eventuais: Não tem uma ocorrência freqüente;

- Quanto à forma:

Formais: Que provém de uma determinação explícita, por documento;

Informais: Que provém de procedimentos sem registro;

- Quanto ao tempo:

Temporais: Que incluem o fator tempo para a realização da ação;

Livres: O fator tempo não se apresenta com importância;

- Quanto à ação:

Obrigatória: Obrigam a realização de uma ação;

Não-obrigatória: Não resultam na necessidade de uma ação.

A comunicação entre indivíduos é importante para sobrepor-se às falhas de competências. Conforme Schmitt (1998), uma das razões importantes da comunicação é para a transmissão das informações de projeto para todas as pessoas envolvidas, tornando inevitável a integração das informações. Destaca que melhor comunicação e integração na construção revertem em potencial para reduzir custo, diminuir atrasos nos projetos e aumentar a qualidade do produto.

Amorim (1999) ainda destaca que, nas empresas de construção as ações são baseadas nas informações que são geradas no vários níveis hierárquicos em que sua estrutura está formada. O sistema de informação é o responsável pelo trâmite das mesmas. Há um percurso de cima para baixo no envio de diretrizes aos diversos níveis de hierarquia inferiores, com posterior retorno das informações da realização das ações. Isto implica que o sistema deve ter uma realimentação de maneira que possa indicar o desempenho da atividade desenvolvida.

Para análise dos fluxos de informação existe uma série de técnicas, dentre as quais pode-se citar: diagramas de ação, diagramas HOS, e diagramas de fluxo de dados (DFD), análise orientada a objetos.

2.1.4. Inovação e difusão de tecnologias no setor da construção

As inovações tecnológicas ligadas ao setor da construção necessitam transpor uma série de contratempos antes de consolidarem, pois não é característica deste setor estar na vanguarda do uso de novas tecnologias. Problemas estruturais ligados à própria constituição do setor, com diversos agentes atuando, a falta de empresas líderes, são alguns exemplos de dificuldades. Assuntos ligados à pesquisa, inovação, desenvolvimento e difusão, não se tornam usuais (com facilidade) no setor produtivo da construção, principalmente pelas suas características que são muito diferenciadas de outros setores da economia.

A difusão da inovação tecnológica é entendida por Rogers (1995), como sendo um processo pelo qual uma inovação é comunicada através de certos canais durante o tempo para os membros participantes de um sistema social. Expõe a existência de quatro elementos chave da difusão tecnológica: a inovação, a comunicação, o tempo e o sistema social. Existem também diversas variáveis que afetam e conseqüentemente determinam a taxa de adoção de uma inovação:

a) Atributos da inovação: Vantagem relativa, Compatibilidade, Complexidade, Observabilidade;

- b) Tipo do processo decisão-inovação: Opcional; Coletivo; Autoritário;
- c) Canais de comunicação;
- d) Natureza do sistema social;
- e) Extensão dos esforços promovidos pelo agente de mudanças.

Para melhor compreensão e domínio das inovações, o setor da construção deveria gerar uma definição (e compreensão) própria para o setor, partindo por esclarecer algumas premissas:

- Toda inovação é benéfica?
- Inovação pode ser apresentada como uma prática de se fazer melhor?
- Inovação é um processo holístico?
- A inovação tem efeitos longitudinais (custo, *stakeholders*, recursos humanos, etc...)?

Cintra (1998) apresenta que algumas discussões a respeito de inovações, pautam-se principalmente sobre o aspecto econômico, da seguinte forma:

- Sistêmica - decorrente de sistemas complexos com efeitos tão amplos que afetam a economia como um todo;
- Radical – constituída de eventos descontínuos, resultado de trabalhos dirigidos e de pesquisa e desenvolvimento;
- Incremental – caracterizada por aperfeiçoamentos contínuos que ocorrem internamente à empresa, decorrente de trabalho de P&D, dos departamentos de engenharia ou mesmo sugestão dos clientes.

Ainda podem-se encontrar as inovações de produto ou processo. A primeira ocorre em nível de produto agregando valor ao mesmo ou com a introdução de

novos produtos podendo levar a conquista de novos clientes. Esta pode ainda ser classificada em: autônoma (pode ser introduzida independentemente de outras) e sistêmica (exige reajustes em outros produtos do sistema).

Neste segundo caso, as alterações são feitas nos processos desenvolvidos pela empresa ou a partir da introdução de novos processos com objetivo de aumento de produtividade e redução de custos e melhoria da qualidade.

Então, a inovação tecnológica pode ser entendida como um processo que se inicia a partir de uma idéia técnica e se consolida quando gera um novo produto ou processo produtivo. É importante frisar que este novo processo produtivo pode surgir através de uma reorganização, apenas, não sendo necessário que ele se traduza em novos equipamentos ou produtos. O caso da implantação de sistemas de qualidade pode ser visto como uma inovação (AMORIM, 1995).

Vislumbra-se com a oportunidade de inovação que a T.I. traz consigo, que a construção civil faça o uso correto desta tecnologia para diminuição de custos e agilização de seus processos.

Ao analisar o uso de T.I., torna-se necessário abordar as características da cadeia produtiva, para avaliar quais as formas de inovação que são compatíveis, e quais já fazem parte da mesma. Também é importante que se tenha claro de quais são os limites que se está dando à T.I.. Segundo Hammad et al (1995), pode-se classificar a tecnologia da informação em três grandes grupos :

- **COMUNICAÇÕES:** Englobando equipamentos como telefones, telecomunicações, rádios, fax, e-mail, redes (*networks*), conferência eletrônica;

- ACESSIBILIDADE DE DADOS: EDI (*Electronic data interchange*), CAD (*Computer aided design*), Banco de dados, XML (*Extended Markup Language*);
- SISTEMAS DE PROCESSAMENTO DE DADOS: Sistemas comuns de processamento, *Expert systems*, etc.

O processo de globalização por que passa todo o mundo está intrinsecamente ligado ao desenvolvimento de T.I. que permitem o rápido contato e realização de transações comerciais, sem que a distância seja fator determinante.

Num contexto geral, observa-se o direcionamento da T.I. não apenas para suporte administrativo, mas também como fator de sucesso, agregando valor ao negócio e posicionando-se em situação distinta em relação aos concorrentes.

Com a difusão das ferramentas de Tecnologia da Informação (T.I.), o que se pode observar em um curto período de tempo é uma implementação cada vez maior destas ferramentas no auxílio aos processos atuais, sejam eles de vendas, gerenciamento, administração, ou negócios. Os setores que possuem produtos e processos com alto conteúdo de informação foram os que mais rapidamente assumiram o uso de T.I., como por exemplo, os bancos (que oferecem serviços acima de qualquer outra atividade). Cabe ressaltar que a construção embora também tenha um consistente volume de informações, possui ainda na sua parte produtiva (principalmente na execução) dificuldades em relação ao controle tecnológico e uso de atividades manuais em detrimento do uso de ferramentas tecnológicas.

O ganho de tempo e a diminuição do fator distância são características intrínsecas ao processo em empresas que se propõem fazer uso da T.I.. Embora

muitas empresas já busquem suas próprias soluções fazendo uso de ferramentas como Internet, Extranet, EDI e Portais, há outros aspectos de contribuição que o uso pode oferecer ao ramo específico da construção civil: seja no gerenciamento, com vendas, relacionamento com consumidores, e todas as formas que possam agregar melhorias aos serviços para clientes e usuários.

Segundo Nascimento e Santos (2002), analisando o estado da arte das Tecnologias da Informação aplicadas à Construção, nota-se claramente que a academia tem feito avanços extraordinários, a exemplo das tecnologias CAD-4D, Edifícios Virtuais e aplicações de Inteligência Artificial, Lógica *Fuzzy*, Redes Neurais e Realidade Virtual na área da construção, entre outros. Por outro lado, talvez em nenhum outro setor a distância entre a pesquisa e sua aplicação na indústria seja tão grande. Há um enorme abismo entre os resultados científicos já alcançados e sua efetiva adoção comercial.

O potencial de utilização da TI na indústria da Construção é muito grande. Dado o tamanho do setor, suas características de uso intensivo de informação e a atual ineficiência de comunicação e baixa produtividade, os benefícios na integração da TI aos processos do setor seriam enormes. Infelizmente, há barreiras de diversas naturezas que ainda impedem a adoção generalizada destas tecnologias pela construção.

O setor enfrenta um aumento de exigências em prol da qualidade de seus produtos. Melhorias nas condições do trabalhador da construção com maior rigidez nos regulamentos de segurança, necessidade da diminuição do consumo de energia e uma pressão cada vez maior pelo comprometimento com as questões ambientais e por maior responsabilidade social, são aspectos que desafiam o setor. Por outro lado, este tem características próprias de fragmentação e um enorme número de

componentes na sua cadeia produtiva. Não bastasse isso, é fortemente cobrado pelo cliente com aumento crescente de complexidade, melhor desempenho e custos mais baixos.

A construção civil ainda tem, do projeto até a execução do edifício, um processo bastante caro, consumindo prazos longos, o que enseja o surgimento de diversos problemas, necessitando de intervenção técnica na obra para a correção destes. Outra questão é a dificuldade de reutilização do conhecimento por parte do setor, uma vez que inúmeras modificações são realizadas nos procedimentos, dificultando o desenvolvimento de um mecanismo de uso do capital intelectual da empresa.

O crescimento de novas Tecnologias da Informação - T.I., e a inserção de meios eletrônicos e dados digitais nos diversos setores da Indústria da Construção, tem propiciado agilidade nos procedimentos e processos desde a concepção dos projetos e principalmente no gerenciamento, tornando-se um elemento estratégico para as corporações (BETTS, 1999).

Muito embora ainda se apresentem diversos problemas estruturais que caracterizam o setor e que necessitam ter rápida solução. Tolman (1999), identifica como o principal paradigma do uso de tecnologia da informação – T.I. pela construção, a insistência do setor no uso de métodos tradicionais de projetos e transferência de informação, como: o uso de fax, reuniões, e decisões advindas de conversas informais. Apresenta também as relações que são demandadas nas diversas camadas e suas dependências, para se atingir a integração em projetos e processos produtivos:

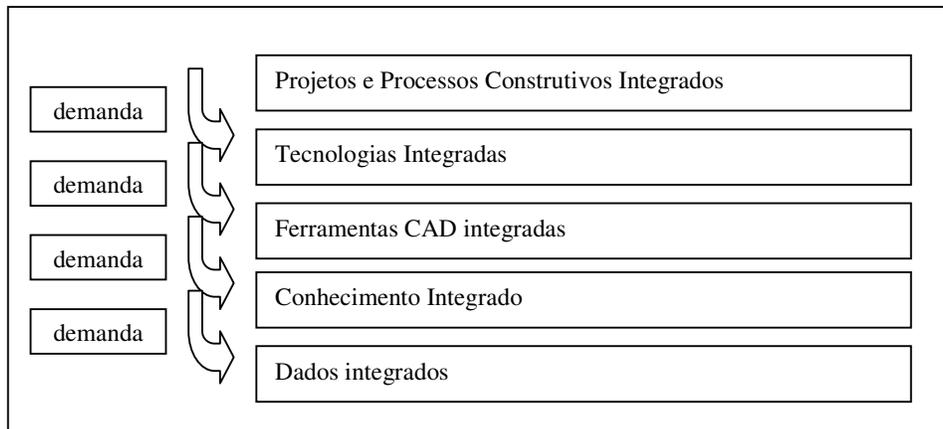


Figura 15 – Demandas para integração em projetos e processos construtivos integrados
Adaptado de *F.P. Tolman, Automation in Construction – 8, 1999, p. 228.*

Recai sobre a Tecnologia da Informação – T.I. a expectativa da solução de um grande número de problemas apresentados pelo setor da construção. Embora o desenvolvimento de um produto que possibilite o compartilhamento, armazenamento e troca de informações entre os projetos eletrônicos seja essencial, ainda está longe de ser apresentado como uma solução consensual entre os diversos participantes da cadeia produtiva de projeto. Neste sentido torna-se fundamental a incorporação do usuário na participação e desenvolvimento de ferramentas que visem à integração dos processos. A participação de agentes como co-autores, pode propiciar um maior comprometimento, com melhores possibilidades de efetiva implementação. A dificuldade, neste caso, está em promover a distribuição de responsabilidades para a gestão, no decorrer do processo.

Outro fator que se aprimora com os recursos de T.I. é o “Capital Intelectual”. Conforme Farias (2000), este acessível e organizado passa a ser um diferencial, pois com os registros de todas as informações, oportuniza economia de tempo, mão-de-obra, recursos financeiros e gastos em consultorias. Há exemplo disso, na construção. O trabalho chamado de projeto da gestão do conhecimento da empresa Andrade Gutierrez elaborou cinco bases de dados que servem de apoio a consultas

e referências. Os dados são exibidos pela intranet em formato HTML (Hypertext Markup Language), sendo que 700 profissionais fazem uso destas informações, dividido em 5 tópicos: profissionais (com a biografia de funcionários e consultores externos); padrões; informações gerais sobre obras; subcontratados (área de atuação, capacitação e avaliações); experiências adquiridas (boas e ruins).

Denota-se que a efetiva Gestão do Conhecimento na empresa requer novas posições quanto ao papel da capacidade intelectual de cada funcionário, além do estabelecimento de modelos organizacionais (estruturas, processos, sistemas de gerenciamento) e novas noções de como se integrar e aprender permanentemente com todos os fatores que envolvem este ambiente. Inclui também o seguinte:

- Identificar e captar conhecimento, interno e externo, e fazer dele um ativo corporativo integrado;
- Distribuir e compartilhar conhecimentos dentro de uma cultura empresarial;
- Impulsionar o conhecimento, utilizando-o para criar valor para a empresa.

O uso de T.I. como instrumento de integração tem gerado esforços para propiciar a melhoria do fluxo de dados e informação entre os participantes, com redução de erros, melhoria de coordenação, integridade dos dados, melhorando assim a qualidade dos projetos (FANIRAN et al, 2001). Os benefícios que a T.I vem oferecendo para a construção poderão possibilitar a automação dos processos (Love e Ganasekaran, 1997). Diversas pesquisas focam a integração através da integração em 2D e modelagem 3D (Anumba, 1989), dados gráficos e não gráficos (Anumba e Watson, 1991), integração de base de dados (Brandon e Betts, 1995) uso de interfaces e estrutura de dados (Anumba e Watson, 1992; e Li *et al.*, 2000) e o desenvolvimento de ambientes de projetos integrados baseados na web (Alshawi,

2000), apesar desta amostra da evolução da pesquisa com T.I., esta ainda não tem resultado na produtividade esperada junto ao setor (Love *et al*, 2000).

Projetos na construção, ligados à T.I. são citados por Amor (1998), são eles: COMBINE, COMMIT, ICON, SPACE, RISESTEP, CIMSteel, CONCUR, GEN, VEJA, RATAS, ISO-STEP, IAI/IFC. Projetos de integração de computadores na construção, são apresentados por Faraj, et al (2000): Projeto ATLAS, COMBI, OSCON, OPIS, além dos já citados COMBINE, ATLAS, RATAS. Ligado à questão de línguas, é citado por Cutting-decelle, *et al* (2001), o projeto LEXIC, que sugere o uso de uma linguagem para solucionar o problema dos significados entre os termos usados na construção. A PSL (*Process Specification Language*), criada pelo – *National Institute of Standards and Technologies* (NIST), para padronizar a linguagem de especificação dos processos servindo como instrumento interlínguas e minimizador nas questões de interoperabilidade entre as aplicações e processos.

2.2. O projeto como realidade virtual da obra

Para definir o escopo de um projeto ideal, que represente uma realidade virtual da obra, torna-se necessário discutir antes a respeito do termo virtual, como forma de consolidar o conceito que se tem do mesmo. A integração dos projetos torna-se algo premente no sentido em que se consolidam novas tecnologias, embora para se alcançar este projeto ideal, deve-se estruturar o setor, eliminando-se as complicações que o próprio meio impõe. Para citar alguns dos problemas, indicam-se os ligados a vocabulários, nomenclaturas, especificações, interoperabilidade, etc.

2.2.1. O conceito de virtual

O conceito de virtual embora possa parecer um tanto óbvio, pode propiciar dúvidas quando se tenta associar o termo virtual opondo-se ao real. (É bastante comum imaginar-se que o virtual é algo não real). Ao pensar desta maneira se generalizará uma situação que nem sempre é verdadeira. Quando se imprime outra visão, que não dá para afirmar que diverge totalmente da anterior, seria então mais correto afirmar que o virtual opõe-se ao atual, que é algo suscetível de se realizar.

Entre os autores que discutem o significado de virtual, destaca-se o trabalho de Lévy (1996), que consegue compilar de maneira clara o assunto, que remonta desde a origem da palavra, até a clareza da sua utilização em amplo sentido:

A palavra virtual vem do latim medieval *virtualis*, derivado por sua vez de *virtus*, força, potência. Na filosofia escolástica, é virtual o que existe em potência e não em ato. O virtual tende a atualizar-se sem ter passado, no entanto, à concretização efetiva ou formal. A árvore está virtualmente presente na semente. Em termos rigorosamente filosóficos, o virtual não se opõe ao real mas ao atual: virtualidade e atualidade são apenas duas maneiras de ser diferente.

O mesmo autor expõe como principal modalidade de virtualização, o desprendimento do aqui e agora. A possibilidade de desconexão entre o presencial e o fator tempo. O virtual, com muita frequência, não está presente. A virtualização é um dos principais vetores da criação da realidade.

Conforme Steil e Barcia (1999), as tecnologias da informação que possibilitam interações em tempo real geram a existência da unidade de tempo sem unidade de

lugar, cita-se como exemplo as livrarias virtuais, cujo exemplo mais conhecido é da *Amazon book* (www.amazon.com), que pode ser reconhecida como empresa virtualizada, pois não possui uma loja territorialmente localizada, entretanto encontra-se virtualmente em qualquer computador conectado a Internet.

Além da desterritorialização, Lévy (1999) apresenta ainda uma segunda modalidade de virtualização, o efeito *Moebius*. A passagem do interior ao exterior e do exterior ao interior, o das relações entre privado e público, próprio e comum, subjetivo e objetivo, mapa e território, autor e leitor, etc. As coisas só têm limites claros no real, no virtual os limites não são mais dados, os lugares e tempos se misturam, o teletrabalhador transforma seu espaço privado em espaço público e vice-versa.

Um exemplo concreto do efeito *moebius* pode ser observado no desenvolvimento do sistema operacional LINUX, comercializado atualmente. Quando do desenvolvimento deste sistema operacional, não havia como estabelecer fronteiras nítidas entre usuário e equipe de desenvolvimento, pois através da Internet, milhares de internautas participaram e ainda colaboram no aperfeiçoamento do código deste sistema (STEIL e BARCIA,1999).

Grupos virtuais podem formar uma rede ainda maior, como é definido pelo conceito de teia virtual, que expressa um conjunto flexível de parceiros pré-qualificados que concordam em formar um grupo de membros potenciais de organizações virtuais. Pode-se imaginar a disposição de um grande número de empresas fornecedoras em um conjunto de recursos, dos quais se deve estabelecer o número e os tipos de empresas necessárias ao fornecimento de diversos serviços aos clientes dentro de um determinado ramo e que irão concorrer com as maiores empresas isoladas desse ramo (GOLDMAN *et al*, 1995).

Com o advento da Internet e a utilização de redes de computadores, as comunidades virtuais representam uma nova forma de comunidade. Esta contenda ainda envolve cientistas sociais, sociólogos, que buscam rediscutir o conceito de comunidade, podendo ganhar algumas influências e adequações dos novos tempos.

Nos anos de 1950, a análise de várias definições de comunidade esteve no auge da discussão dos estudiosos de sociologia. Tanto que, na década de 70 imaginava-se que o conceito de comunidade já havia evoluído bastante, embora se observe que esta discussão é novamente retomada em função do uso da tecnologia da informação. Segundo Jones (1997) em termos de definição consensual na sociologia, ela parece tão remota quanto sempre.

A noção de comunidade esteve no centro da Internet desde sua concepção. Por muitos anos cientistas tem usado a Internet para compartilhar dados, colaboração em pesquisas e troca de mensagens. Os cientistas formaram uma comunidade de pesquisa que não existe no campo físico, mas na Internet. Nos últimos anos, milhões de computadores tem se juntado a uma ou mais comunidades de consumidores em busca de comunicação, informação e entretenimento (ARMSTRONG e HAGEL, 1996).

Com a evolução tecnológica, a vantagem competitiva da empresa pode estar principalmente na capacidade de administrar a informação. Os bancos de dados como fontes de informações acessíveis eletronicamente, podem ser repositórios de propriedade exclusiva ou de domínio público. A obtenção, utilização, manuseio e capacidade de extração da informação destes bancos de dados serão de fundamental importância para determinar “vantagem competitiva”.

Mais adiante no trabalho, se observará o desenvolvimento de um cenário que compõe o que se espera de um projeto ideal, que passa necessariamente pela

utilização de ambientes virtuais, seja para a troca da informação, seja para a visualização da obra virtual.

2.2.2. Interoperabilidade e a transferência de dados na construção

As empresas têm se preocupado em implantar novos produtos e novas tecnologias para auxiliar na transferência de dados. Da mesma forma, métodos de representação de produtos têm obrigado o desenvolvimento de protótipos com uso de dados digitais. Há algum tempo o crescimento da simulação digital e a análise, tem obrigado a uma melhoria na caracterização digital dos objetos para incremento nos processos. Hoje, os produtos (digitais) incluem não somente a representação das propriedades físicas dos elementos, mas também informações de custos e outros dados para integração dos projetos.

Segundo Brunnermeier e Martin (1999), interoperabilidade é a habilidade para comunicar dados através de diferentes atividades produtivas. É essencial para a produtividade e competitividade de muitas indústrias, devido à eficiência requerida pelos projetos pela produção, onde o processo conta com uma representação digital do produto e com a participação de diferentes agentes.

A falta de interoperabilidade constitui-se em um problema a ser equacionado pela Indústria do software e pelos usuários de sistemas e aplicativos. Pois diversas aplicações não podem ser integradas devido à impossibilidade de comunicação

entre os softwares e seus dados. Para que um software possa ser interoperável, diferentes características podem ser exigidas, entre elas:

- Abertura: Quando ligado à indústria do software, a publicação de estruturas internas de dados permite que os usuários construam aplicações que podem ser integradas aos componentes de software para qualquer tipo de usuário. Um exemplo é o Open GIS Consortium – OGC (<http://www.opengis.org>), que emergiu como organização, objetivando a abertura dos códigos entre empresas vendedoras de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), agências governamentais e instituições acadêmicas. Deste exemplo pode-se construir uma conexão com o setor da construção que tem no projeto uma base de dados associados à desenhos, como são os SIGs.
- Troca: A capacidade de troca de dados livremente entre sistemas, porque assim cada sistema terá o conhecimento do formato ou linguagem dos outros sistemas;
- Uniformidade: Permitir a uniformidade de interação com o usuário, como nos sistemas que usam interfaces. Estes serão assim feitos com o objetivo de terem o mesmo padrão e formato dos moldes já familiarizados ao usuário;
- Simplificação: A simplificação nas complexas coleções de formatos e padrões existentes na indústria de software. Numa visão educacional, o progresso na interoperabilidade seria constatado na diminuição do tempo de ensino e na facilidade do aprendizado;
- Transparência: A transparência aparece como a possibilidade de uniformizar as formas e dar uma homogeneidade à informação, que se reduz em apenas um formato, podendo ser utilizável por qualquer um;

- Similaridade: Grande relevância na interoperabilidade, é uma medida do nível para o qual dois tipos de dados, ou sistemas, ou usuários, utilizam as mesmas convenções, e por isso aproveitam as vantagens da interoperabilidade.

Atualmente, mesmo com as novas tecnologias e os preços acessíveis de computadores e softwares, parte da indústria da construção ainda opera como há décadas. Apesar de serem geradas enormes quantidades de informações a cada projeto, o compartilhamento da informação entre os participantes é inconsistente. Usualmente reduzidos para pequenos subsistemas e disponível somente para alguns dos muitos participantes do projeto.

Muitas informações de projeto são eventualmente perdidas. Algumas são geradas em contradição com outras ou são desnecessariamente duplicadas. Softwares são utilizados em projetos, com análises e operações manuseadas individualmente, sem poder ter seus dados distribuídos aos agentes participantes do projeto. Isto resulta em omissão, repetição, confusão, equívocos, erros, atrasos, e eventualmente litígios. Por esta causa, estima-se que o tempo de projeto e os custos, são muitas vezes superiores aos necessários.

O setor da construção a partir do uso da tecnologia da informação gera potencial possibilidades de redução de custos no processo tanto de projeto como na execução. Latham (1994) desafiou a indústria da construção a reduzir até 30% dos custos de projetos com o uso adequado da tecnologia da informação. Isto implicaria em que os softwares a serem usados em distintas fases do projeto e execução devem ser totalmente interoperáveis, possibilitando a distribuição de dados automaticamente, sem levar em consideração o tipo de software ou onde os dados foram gerados.

A Interoperabilidade de dados de projetos gerados por CAD, tem o problema originado na sua concepção, devido ao aspecto histórico da indústria de CAD, onde muitos produtos (CAD) foram desenvolvidos sobre plataformas proprietárias, usando linguagens e códigos divergentes, tendo na sua essência a concepção vetorial.

Muitos especialistas buscam resolver o problema dos efeitos desta falta de padronização e a solução mais plausível em alguns casos pode ser o uso de arquivos com formatos neutros (sem pertencerem a algum grupo desenvolvedor de ferramentas CAD).

Estas ferramentas CAD já são amplamente utilizadas em projetos arquitetônicos e de engenharia, mas ainda estão aquém dos benefícios, se comparado o potencial que possuem para desenvolvimento.

A solução da falta de interoperabilidade entre documentos e registros, vem a ser um ponto crucial. Pois o fato de um mesmo projeto apresentar dificuldades na utilização por projetistas de diferentes especialidades em seus softwares específicos, ou por empresas diferentes, é algo que se contrapõe à difusão do uso destes recursos.

Ao tratar de gestão de projetos, alguns estudos já foram realizados na Europa (principalmente no Reino Unido) e apresentam resultados que beiram milhões de dólares em perdas de produtividade. Um importante trabalho realizado nos Estados Unidos, do NIST - *National Institute for Standards and Technology* –verificou o impacto da interoperabilidade no setor automobilístico. Segundo o estudo do NIST:

[...] problemas de interoperabilidade impõem próximo de \$ 1 bilhão (um bilhão de dólares) por ano, para a cadeia automotiva da indústria automobilística [...] a maioria destes custos é atribuída para o tempo gasto

com correção e recriação de arquivos de dados que não são compatíveis com outros arquivos recebidos.

Devido à magnitude dos custos que a cadeia automotiva americana encontrou com perdas de interoperabilidade (cerca de 1 bilhão de dólares por ano), cabe a outras indústrias averiguarem quais os caminhos para reduzir este desperdício. Formatos neutros, padronização, STEP e IFC apresentam-se como possibilidades a serem consolidadas para redução do custo da interoperabilidade.

Na construção civil, ainda é uma incógnita de quanto é o custo agregado com o problema da falta de interoperabilidade entre os processos, com a inadequação de softwares (incompatibilidade entre softwares, versões, padrões) e a interrupção em projetos por diversos motivos.

Criar um paralelo entre o “caminho” percorrido pela informação na construção, e o aproveitamento das ferramentas disponíveis com o uso da Internet para armazenar esta informação requer um reconhecimento de como se situam as empresas de construção em relação à interoperabilidade.

Thorne (2000) afirma que: “Empresas que melhoram sua capacidade de interoperabilidade, melhoram sua resposta de tempo, reduzem custos e criam novas oportunidades para desenvolvimento de estratégias.”

O processo de transferência de dados é objeto de inúmeros erros. Se estes são detectados em tempo é possível que sejam reenviados, ou ao receber os mesmos com reparo manual, ou reentrando os dados para serem transferidos.

Alguns dos problemas mais comuns que requer repetição de transferência de modelos sólidos, ou recriação de dados incluindo modelos que cheguem com avarias, corrompidos, com faces invertidas, modelos que não formam sólidos

fechados e modelos com situações incorretas (como a direção da iluminação solar). Estes erros em alguns casos podem ser detectados somente durante o processo de uso dos mesmos em um outro processo. Quanto mais tarde os erros são detectados maior é o custo e suas conseqüências (ver figura 2).

Existem outros setores onde a interoperabilidade representa alta proporção de atividades críticas na agregação de valor à produção, e pode ser considerada como um elemento crítico na busca de vantagem competitiva, tratando-se de negócios e transações via Internet. Os custos benefícios do *e-commerce* ainda são discutidos, mas algumas empresas acreditam que uma eficiente administração integrada, conectada com um sistema de negócios, é uma candidata à diferenciação perante o mercado.

Segundo Thorne (2000), a descrição e situação da interoperabilidade dependem acentuadamente da natureza e do tipo dos dados que serão comunicados. Para muitas ferramentas computacionais de engenharia, a transferência de dados geométricos entre sistemas aplicativos é uma rotina realizada automaticamente. Isto é possível, mas raro, sendo mais comum aplicativos desenvolvidos pela própria empresa, empresas terceirizadas, ou sem domínio do mercado. Para encontrar transações que requerem sistemas aplicativos em ambas as partes envolvidas, há que existir uma associação entre as mesmas, ou aplicação de produtos especialistas que garantam o sucesso da transferência.

Em muitas situações práticas a geometria representa a maioria das informações que necessitam ser comunicada entre as partes. As tecnologias para interoperabilidade tiveram grandes avanços nos últimos anos, principalmente com o desenvolvimento de algoritmos usados internamente em sistemas de geometria 3D, que tiveram a inclusão de classes ou funções conhecidas como modelagem e

tratamento, e é onde se aplicam maiores esforços em projetos de engenharia para transferência deste tipo de arquivos. O resultado é que os sistemas 3D se tornaram menos frágeis, sendo que algumas vezes é possível que problemas sejam identificados e sejam indicados caminhos para serem resolvidos, algumas vezes automaticamente e algumas vezes com intervenção do usuário.

O crescimento de tecnologias com o surgimento de ferramentas computacionais (e o acréscimo de produtos com dados), trazem dois efeitos principais: por um lado, oferece o mais completo suporte para engenheiros e projetistas, bem como para toda a linha produtiva. Por outro lado, cada etapa de trabalho oferece uma ferramenta computacional que aumenta o desafio técnico da interoperabilidade. Por exemplo, um aplicativo CAD pode oferecer um procedimento lógico, como um elemento de esquema de parametrização das dimensões. O procedimento lógico pode ser intimamente integrado com um modelo sólido em 3D. Esta funcionalidade pode ser comunicada através de softwares completamente diferentes, por exemplo, um aplicativo para parametrização de dimensões, coordenado por um sistema de gerenciamento - PDM (*Product Data Management*). Isto é oportuno para a expectativa de atendimento da interoperabilidade entre os sistemas.

A área de projetos da engenharia mecânica é o setor que tem mais longa história na criação e padronização para resolver questões técnicas de transferência de dados. Desde os padrões AECMA, SET, e VDA desenvolvidos na Europa, para o IGES e CALS iniciados nos EUA, e o internacional esforço de implantação do STEP, uma série de pesquisas de padronização, seja no âmbito acadêmico, industrial e da indústria de software, são direcionadas à criação de um formato neutro de dados para projetos.

Já na indústria da construção, a efetivação da transferência da informação possui as seguintes tecnologias:

- Transferência de dados estruturados de negócios através de EDI (*Electronic Data Interchange*);
- Arquivos CAD - arquivos em DXF ou padrão DWG (método tradicional);
- STEP (*Standard Exchange of Product Model Data*) e o desenvolvimento do IFC (*Industry Foundation Classes*);
- Transferência eletrônica de documentos baseado em XML (*Extended Markup Language*) e padrão *web*.

a. Transferência Eletrônica de Dados – EDI (*Electronic Data Interchange*)

O EDI (*Electronic Data Interchange*) é uma tecnologia que permite a transferência ou intercâmbio eletrônico de dados e troca de informações direta entre computadores, de informações ligadas a diversos assuntos como: pagamentos, recebimentos, requisições, etc. O EDI foi muito bem sucedido em empresas que tem um grande volume de transações (exemplo: bancos, varejistas, e grandes indústrias). Já o impacto do EDI na indústria da construção, não obteve grande escala, principalmente devido ao volume de informações por transferência eletrônica não ocorrer em grande quantidade. Porém em algumas indústrias (tipo - fábrica de automóveis), o uso de EDI para relacionamento com a cadeia de fornecedores cumpriu relevante papel como sistema de integração.

b. Transferência de arquivos em formatos DXF e DWG

Estes formatos são tradicionais em arquivos gerados por muitos softwares do tipo CAD – *Computer Aided Design*. Os softwares tipo CAD são muito usados pelos participantes da indústria da construção, principalmente para projetos arquitetônicos

e projetos de engenharia. Usualmente é com os formatos DXF e DWG que os detalhes de projetos e plantas arquitetônicas são transferidos em arquivos eletrônicos. Geralmente alguns problemas são encontrados, quando na transferência realizada em DXF, alguns detalhes são perdidos devido à simplicidade deste tipo de formato. Devido a grande quantidade de softwares existentes no mercado, há uma busca de padronização para informação gerada neste tipo de software por diversos pesquisadores e por grupos de pesquisa em muitas partes do mundo. O formato DWF tem sido usado também na apresentação dos projetos utilizando-se o ambiente *web*.

c. Padrão de transferência de dados STEP (*Standard Exchange of Product Model Data*) e IFC (*Industry Foundation Classes*)

A falta de integração entre diferentes aplicativos comerciais, tem se apresentado como uma barreira para uso mais efetivo de sistemas informatizados. O desenvolvimento de um modelo como o IFC na construção é influenciado pelo grande sucesso na adoção do STEP por muitas outras indústrias.

O trabalho com STEP começou em 1984. Ele concentrou-se na transferência de dados de indústria e empresas varejistas.

Com a padronização da ISO – *International Organization for Standardization*, o STEP objetivou ser um formato de arquivo físico, sem ligação a empresas detentoras de mercado, para transferência de arquivos. Segundo Aouad (2000a), arquivo STEP é um arquivo texto, que contém valor de dados. Sua estrutura de dados obedece a um modelo de dados conceitual que define a especificação unificada, sendo utilizado junto com um algoritmo de codificação, para ler e escrever em STEP. Os arquivos físicos contêm os dados e seu contexto associado possibilitando uma comunicação efetiva e flexível entre os sistemas computacionais.

O desenvolvimento de um modelo de objetos para a indústria da construção, recebeu os esforços da IAI – *International Alliance for Interoperability* (<http://www.bre.co.uk/iai>), criada em 1995 por algumas entidades, empresas e pesquisadores. Atualmente existem 09 bases mundiais servindo as necessidades de cada região, que são: O Reino Unido, os Estados Unidos, Países Nórdicos, Japão, Coréia, Austrália, Singapura, Alemanha, França; tendo membros em mais de 650 empresas distribuídos por cerca de 20 países.

O objetivo da IAI é disponibilizar e promover uma especificação para distribuição de dados, compatível em todos os processos e produtos. Simplificando, a IAI buscou criar um novo modelo de distribuição de dados, que trouxesse a informação a respeito das coisas, sendo elas reais (portas, paredes, aberturas, etc) ou conceitos abstratos (espaço, organização, processos, etc), que pudessem ser representados eletronicamente. Esta especificação representa um suporte a estrutura de dados, em projetos eletrônicos através de modelo orientado a objetos.

A especificação de cada tipo de objetos reais como portas, janelas, e outros, é chamada de classe. O modelo IAI representa uma coleção de classes designada pelo termo "*Industry Foundation Classes*". O IFC representa uma estrutura de dados, com facilidade de distribuição através de aplicativos usados pelos profissionais na indústria da construção, oportunizando ao profissional definir sua própria caracterização do objeto. Cabe ressaltar que os arquivos IFC são baseados em texto (como a linguagem XML). Softwares estão sendo desenvolvidos baseados na estrutura de especificação IFC, para criação de aplicações específicas na indústria da construção. Por exemplo, um objeto pode ser criado em uma determinada aplicação no projeto arquitetônico pelo arquiteto, podendo transferir este objeto para ser utilizado por outro profissional em um projeto estrutural, permitindo assim uma

uniformização da informação desde a concepção do mesmo, até sua destinação na obra.

Segundo Ingirige (2001), existem três possibilidades para transferência de dados usando IFC:

- Transferência de arquivos via e-mail ou meio físico (disquetes);
- Usando bases em rede;
- Através de interface de software.

Atualmente muitos softwares necessitam meios físicos para chegar ao agente subsequente. Como mencionado anteriormente, os arquivos CAD utilizam como principal forma, extensões DXF e DWG para repassar arquivos entre diferentes usuários. O desenvolvimento da extensão IFC impulsionou as empresas de software à criação de interfaces de distribuição e colaboração no próprio software.

A versão 1.0 do IFC surgiu no início de 1997, tendo sido quase que anualmente implementado, surgindo em 1998 a versão 1.5 e a 2.0 em 1999. Hoje já se encontra disponibilizada a versão 3.0. Atualmente os softwares de CAD já trazem incorporado o IFC: entre outros, podem ser citados: O *Architectural Desktop* (AUTODESK), *ArchiCAD 6.5* (Graphi-soft), Nemetschek (*AllPlan*) e o *MicroStation* (Bentley Systems).

d. XML (*Extensible Markup Language*) e o padrão Web

A XML – *Extensible Markup Language*, é uma linguagem padronizada, originalmente elaborada para o processamento de documentos, proposta e controlada pelo mesmo organismo que mantém o padrão HTML (*HiperText Markup Language*) - o W3C, ou *World Wide Web Consortium* (<http://www.w3c.org>). A XML integra dados de diferentes origens e passou a ser utilizada por diversas aplicações.

A marcação XML mantém a compreensão a respeito dos dados, através de uma seqüência de processamento. Segundo Décio (2000), tem como propósito fundamental a descrição de informações, sendo extremamente importante para o armazenamento, recuperação e transmissão de informações, permitindo se colocar em um mesmo lugar, dados e *metadados* (descrição destes dados). A informação pode ser restaurada através de dados de diversas origens, combinados e customizados e enviados para outro ambiente para processamento.

De acordo com o Consórcio W3C, o desenvolvimento de XML começou em 1996 e só recebeu a padronização do consórcio em 1998. Desde então XML é uma tecnologia W3C, de domínio público (como já era o HTML).

Grupos de pesquisadores tem se envolvido no desenvolvimento de padrões XML. Na indústria da construção, existem grupos mundiais que estão diretamente envolvidos no processo de desenvolvimento. O grupo americano desenvolve seu padrão chamado de aecXML, (ZHU, 2001), e o do grupo europeu possui o chamado bcXML através do projeto *eConstruct* (www.econstruct.org). Ambos aecXML e bcXML possuem padrão web, sendo que os mesmos reconhecem a diversidade e particularidades locais, que existem surgindo possibilidade de conflito de informações quando seu uso se dá em regiões diferentes.

Uma área que a XML abrange e de particular interesse é a interoperabilidade. Segundo Décio (2000), muitas tecnologias foram desenvolvidas para permitir a comunicação e a colaboração entre sistemas distribuídos. Entre elas, protocolos como RPC, DCE, CORBA, COM e DCOM, arquiteturas como ActiveX e linguagens como JAVA. Entretanto estas tecnologias preocuparam-se muito com o controle, mas pouco com a informação. A linguagem XML não exclui nenhuma destas tecnologias, ao contrário, vem a ser uma adição importante, podendo ser utilizado

através de protocolos HTTP, FTP, permitindo inclusive a transmissão por e-mails tendo XML como conteúdo.

A mais conhecida linguagem da Internet, HTML, somente suporta a transferência de dados independentes. Através do uso de XML é possível trabalhar com bases estruturadas de informação, podendo haver uma integração entre engenheiros, arquitetos, fornecedores, contratantes e subcontratados. Então o desenvolvimento do padrão *web* (tipo o *bcXML*) pode facilitar a transferência de informação entre os setores da construção usando-se para tal a Internet como plataforma comum de acesso.

Outro problema que ainda carece de uma solução mais adequada é a comunicação segura na transferência dos dados, que tem se apresentado como um empecilho à difusão do uso de projetos digitais. A comunicação segura de dados tem oferecido sérias barreiras pelas seguintes razões: Primeiro a interoperabilidade de dados que é um antigo e custoso problema, na maioria das vezes não resolvida. Depois o tamanho dos arquivos a serem transferidos representa uma preocupação. Muitos sistemas de e-mails não permitem a transmissão de grandes arquivos, e no caso de ser possível, ocasionam problemas, o mais comum é causar lentidão na rede. Adicionalmente existem várias plataformas de sistemas computacionais na cadeia produtiva e que muitas vezes não são adequados para suportarem quantidades massivas de dados. Estas razões podem demonstrar a distância existente entre o processo de projeto de engenharia com os processos similares de outros tipos de indústrias. Estima-se que atualmente de 35 a 70% do tempo despendido pelo projetista ainda é realizado em tarefas manuais (sem auxílio de ferramentas computacionais).

2.2.3. Padronização da informação em vocabulários e sistemas de classificação

A recente história mostra que os softwares utilizados pela indústria da construção – AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), os CADs em particular, estão longe de serem pioneiros em inovações, se comparados com outras áreas. Ainda há muito que se fazer neste aspecto, também é importante recordar que não há efetivamente uma Norma Brasileira que atenda a classificação e organização da informação do setor.

A padronização é geralmente considerada como solução derradeira para o problema de transferência de dados, entre parceiros de projetos. Em processos onde não há troca digital a padronização não é tão bem aceita. Cabe um questionamento em relação a quem ganha com a falta de padronização, se há por parte dos canais de distribuição de produtos o interesse em padronizar, e mais ainda, distribuir os dados a respeito de seus produtos.

Em certos casos ocorre também a situação em que grandes empresas têm o poder de gerar uma padronização, em função do seu volume de projetos. Pode-se citar como este modelo, as empresas ligadas ao governo estadual ou federal. Em um período bastante recente, Petrobrás, DNER (agora DNIT), Eletrobrás e outras instituições do governo tiveram o papel de padronizar muito dos procedimentos ligados à área de Engenharia.

Segundo Stouffs e Drishnamurti (2000), a padronização é um processo difícil devido à necessidade de ser aceito por toda a indústria em todas as suas diferentes

composições e disciplinas. Muito comumente a natureza fragmentada da indústria da construção, bem como a unicidade dos projetos, são citadas como as causas primárias do fracasso nas tentativas de conseguir uma padronização para dados de projetos.

Ao se discutir o grau de padronização de dados da construção civil, confrontam-se duas situações: por um lado são constatadas as facilidades oportunizadas pelas tecnologias atuais, e por outro a dificuldade de organização do setor que possui diversos fatores que atuam negativamente ao desenvolvimento deste processo. A opção pela padronização reveste-se de importância, pois as iniciativas neste sentido poderão vir associadas a uma série de soluções que colaborariam na melhoria da gestão das informações do setor.

A cadeia produtiva do setor é variada horizontalmente, sendo que cada participante define seu padrão de referência dos produtos, sem contar com as diferenças regionais e setoriais de terminologias que sofrem alterações conforme o local de uso.

Há inúmeras vantagens em se padronizar a terminologia de produtos e serviços. O uso destes dados para transações eletrônicas e geração automática de documentos, a possibilidade de implantação de sistemas de gestão do conhecimento na construção, também são opções que se apresentam somente com a utilização de terminologias idênticas entre os parceiros.

A padronização de vocabulários ou linguagens facilita a comunicação entre diferentes disciplinas na indústria da construção, abrindo a possibilidade de registro de informações para gerenciamento do conhecimento. Representativamente, um padrão de transferência de dados reduz as necessidades de adoção de aplicativos e

ferramentas por todos os participantes de um projeto, que possuam entre si uma perfeita compatibilidade.

Novas tecnologias têm resultado no aumento da transferência eletrônica de informações na construção, possibilitando uma parceria de projetos, com a cadeia de fornecedores e durante todo o processo de construção. Uma característica da construção que vem de encontro a estas possibilidades, é a diversidade de produtos e nomenclatura que estes recebem, seja no próprio país, ou entre eles, ocasionando um problema para a organização da terminologia utilizada neste setor.

Ao se efetuar uma análise do atual estágio do uso da informação na construção, é possível que entre diversos itens, sejam identificados alguns benefícios e obstáculos na padronização da informação (JACOSKI e LAMBERTS, 2002):

Benefícios:

- Redução de tempo e custo através da eliminação de retrabalho durante as fases de projeto e construção. Dados similares podem ser elaborados uma vez só e acessados em muitas etapas por quem fizer a utilização em diferentes aplicações no projeto. Reduzindo também a possibilidade de conflito de informações entre diferentes usuários;
- Melhoria na integração e comunicação interna, com acréscimo de produtividade;
- Maior eficiência e rapidez na elaboração de projetos;
- Trabalho eficiente de projetos desenvolvidos por equipes virtuais permitindo simplificação na comunicação;

- Redução de custo no desenvolvimento de softwares, com os programadores usando um padrão definido;
- Qualidade no processo de decisão, e aprimoramento do aprendizado organizacional através da reutilização do conhecimento;
- Grande potencial para automação de tarefas;
- Grande flexibilidade operacional e considerável aumento de facilidades para associação de tarefas.

Obstáculos:

- Incertezas a respeito de dados obtidos da transferência e integração da informação de softwares, por exemplo na transferência de dados de projetos, os tipos das linhas do desenho enviado podem ser diferentes nos desenhos recebidos, ou se utilizados em versão posterior do mesmo software, texto, fontes, também podem sofrer modificações.
- A comunicação necessária entre a indústria, para que se proceda a padronização é ineficiente, existindo carência da iniciativa por parte dos administradores e gerentes, principalmente por necessidade de mudanças corporativas e culturais nos negócios para adoção da padronização;
- Existência de pequenas equipes de projeto, com foco em variados clientes, limitando a padronização de soluções;
- O tamanho das empresas é também um fator limitante, pois a padronização implementada em pequenas empresas é relativamente fácil, comparada com grandes empresas e grandes volumes de procedimentos;

- Algumas questões técnicas servem para obstruir a padronização. Como exemplo, no caso de hardware de computadores e softwares entre a cadeia de fornecedores, que não são compatíveis para a padronização. Então a infra-estrutura de T.I. necessita de que algum dos participantes execute o investimento em sistemas que se adaptem ao restante dos parceiros;
- Empresas não possuem uma posição madura nos procedimentos de negócios, sobre a padronização de seus sistemas internos, não observando a relevância para a empresa.

Os processos internos são variados e dependendo do tipo de atuação da empresa, diferentes agentes externos – *stakeholders* (clientes, construtores, projetistas, empresas privadas, universidades, governo, etc.) atuam e interferem nos procedimentos de inovação. O mercado da construção possui um elevado número de empresas de médio e pequeno porte, incluindo-se lojas de material de construção, empresas de diversas especialidades que atuam como subcontratadas e outras. Esta característica inibe a possibilidade de mudanças, uma vez que o fator risco obstrui as possibilidades inovadoras.

Outro fator que deve ser ressaltado é a pequena possibilidade que o setor da construção possui em usar a experimentação como fator de inovação, também impedido pelas características do setor, como estas abaixo:

- O empreendimento da empresa é único, inibindo a realização de testes e protótipos diferenciados;
- Os custos finais de um produto (ex: edifício) são elevados;
- Cultura corporativa de manutenção do “*status quo*” enraizada;
- Utilização de processos e produtos tradicionais, já de longo período;

- Mão-de-obra de baixa qualificação e nível cultural precário.

Ingirige, Aouad e Sun (2001) em pesquisa no Reino Unido, solicitaram quais os ganhos e benefícios ao adotarem uma padronização da informação:

- a) Redução do tempo de discussões;
- b) Simplificação da implementação de projeto;
- c) Facilidade do fluxo de informação entre parceiros fornecedores;
- d) Melhoria na qualidade da informação para a equipe de trabalho;
- e) Redução de esforços.
- f) Aumento na velocidade de distribuição dos dados;
- g) Possibilidade de única plataforma para transferência de informação

Diversos são os modos de padronização possíveis, um deles é o padrão de organização dos arquivos, que trata de uniformizar a maneira de arquivar os documentos e informações; outra forma de padrão trata da maneira de transferir os dados através da fixação de elementos pré-concebidos; e por fim pode se tratar de vocabulários que visam unificar a nomenclatura e compreensão dos agentes.

Primeiramente segue o resumo das três propostas de organização das informações nos arquivos eletrônicos, apresentados por Frosch e Novaes (2002):

- AsBEA - Proposta de normas para desenvolvimento de desenhos em CAD: A AsBEA (Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura), mediante discussões com projetistas e usuários dos sistemas CAD, propôs o esquema baseado nos seguintes critérios:

- Hierarquia de pastas: nome do projeto, fase, tipo de documento;

- Nomenclatura de arquivos: disciplina, tipo de desenho, qualificação, assunto, revisão;
- Nomenclatura de camadas: disciplina, tipo de desenho.
- AIA – *Cad layer* guidelines: A proposta da AIA (The American Institute of Architects Press) consiste na organização dos projetos em pastas individuais e esquema hierárquico de camadas, conforme a seguir:
 - Nomenclatura de arquivos de modelo;
 - Nomenclatura de arquivos de folha;
 - Nomenclatura de camadas.
- ISO 13.567: A ISO, por sua vez, propôs uma norma baseada em três princípios:
 - distinção da informação lógica (semântica) da informação codificada nos sistemas CAD (sintaxe);
 - aproveitamento dos padrões nacionais existentes;
 - classificação da informação, combinadas em camadas.

A Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura – AsBEA (www.asbea.org.br), desenvolveu uma norma para Otimização e Padronização de Informações de projetos em CAD, chamada Cad Norma 2.0. Essa norma propõe a unificação de *layers* e pastas de trabalho, criando uma identificação organizada.

Softwares como o *Architectural Desktop* da *Autodesk*, permitem a configuração de *layers*, a partir de um sistema externo, como é esta sugestão da ASBEA.

Exemplos de Nomenclatura de Layers:

Formato: **AR-ALV-DEM** - Descrição: Arquitetura - Alvenaria - a demolir

Formato: **AR-ALV-BXA** - Descrição: Arquitetura - Alvenaria - baixa

Formato: **AR-PIS-MOD** - Descrição: Arquitetura - Piso – modulação de

Formato: **AR-MOB-ORI** - Descrição: Arquitetura - Mobiliário – posição original

Formato: **AR-MOB-FIN** - Descrição: Arquitetura - Mobiliário – posição final

AC – Instalações de Ar-condicionado	IN – Combate a incêndio
AI – Interiores e Decoração	LU - Luminotécnica
AR – Arquitetura	PA – Paisagismo
DD – Dados	SD – Sondagens
AT – Automação e Controle	TE – Telefonia
AU – Acústica	TM – Energia
CO – Instalações da Cozinha	TO – Topografia
EL – Instalações Elétricas	TR – Aterramento/Pára-raios
ES – Estrutura	TV – TV/Circuito Interno
HI – Instalações Hidráulicas	UR – Urbanismo
IE – Infra-estrutura	VD – Vedações
	O * - Outras Disciplinas

Quadro 10 – Abreviaturas utilizadas para nomenclaturas de *layers*

Ainda são definidas as nomenclaturas através de abreviações de: objetos/elementos, qualificação, anotações e representações gráficas, e estado do elemento. Como o objetivo é apenas apresentar estas abreviações, não serão mostradas todas neste pequeno espaço, mas apenas algumas para consideração:

a) Objetos/elementos:

- **ALV** – Alvenaria;
- **PIS** – Piso;
- **POR** – Porta.

b) Qualificação:

- **BXA** – Baixa;
- **EMR** – Emergência;
- **MOD** – Modulação.

c) Anotações e Representações Gráficas:

- **TXT** – Textos;
- **LEG** – Legendas, notas;

- **ARE** – Cálculo de áreas.
- d) Estado do elemento:
 - **NOV** – Novo;
 - **DEM** – Demolição;
 - **EXI** - Existente

Há ainda a identificação da escala de projeto, onde aparece o fator de escala, mais hífen. Os códigos de revisão são apresentados com a letra R (maiúscula), seguida pela dezena que representa o número da revisão (R01 – Revisão 01).

Um padrão corrente de transferência de arquivos CAD é o DXF. Esta solução tem sido usada por diversas situações, embora haja em alguns casos problemas com a perda de algumas informações.

Muita atenção está sendo dada a novos sistemas de classificação, seja em nível nacional através do projeto CDCON e IAN Brasil, ou *sites* ligados à indústria da construção, ou ainda por grupos internacionais, como: ISO (*International Organization for Standardization*), ICIS (*International Construction Information Society*) e IAI (*International Alliance for Interoperability*).

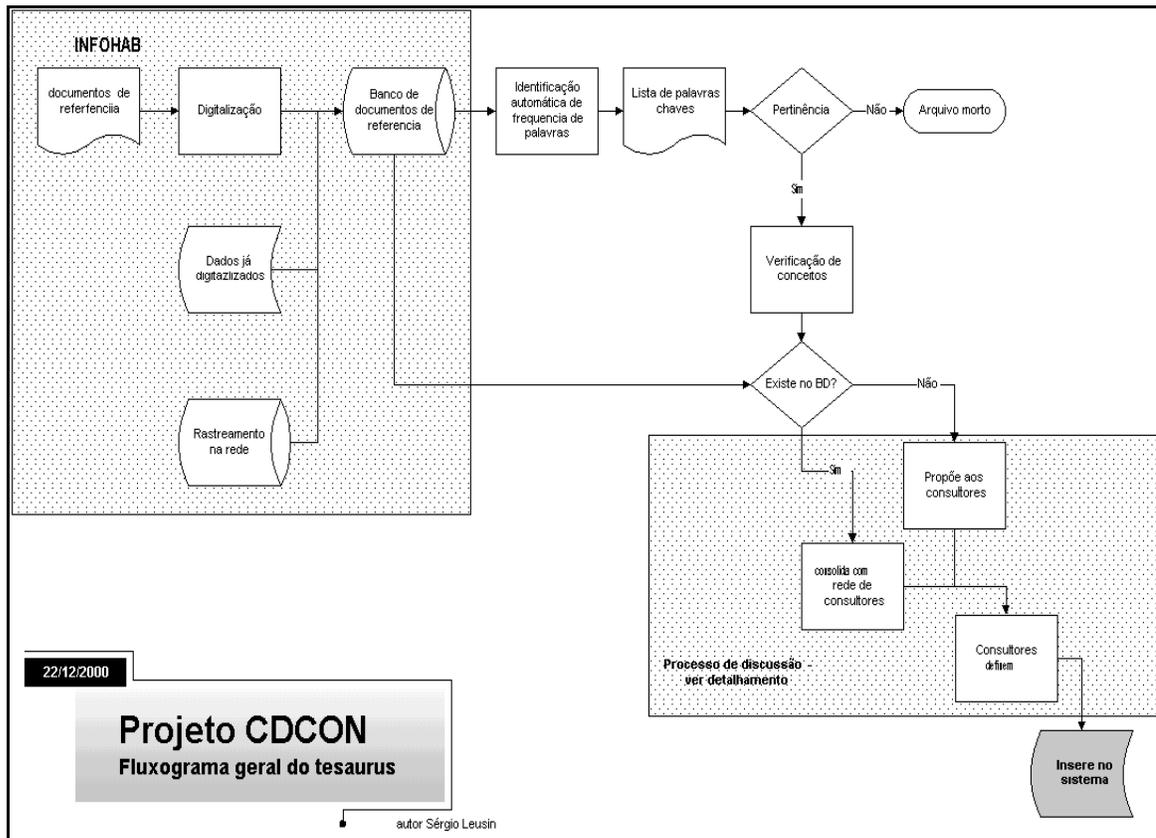


Figura 16 – Fluxograma do thesaurus segundo o projeto CDON

Fonte: Projeto CDON/Autor: AMORIM, S. L. (www.ufjf.br/cdon)

A busca por consenso no que tange a padronização e consolidação de vocabulários é algo a ser almejado pelo setor. Um projeto de padronização que ocorre no Brasil, o projeto CDON, tem como objetivo o desenvolvimento da terminologia e de um sistema de codificação de materiais e serviços para construção, no segmento edificações, para sua caracterização e exata conceituação.

O projeto busca estabelecer uma terminologia unificada e construída de forma cooperativa, que possa resultar na elaboração de um sistema de codificação de materiais e serviços, consolidando uma padronização na terminologia com a criação de um vocabulário para a construção. O projeto ainda pretende elaborar uma

proposta de projeto para a Norma Brasileira de terminologia e de codificação para materiais e serviços do setor.

O CDCON desenvolve-se com o intuito de agrupar as tentativas dispersas de diversos grupos com propostas de codificação. O trabalho é desenvolvido com a participação de pesquisadores, técnicos, profissionais, que fazem uso do site <http://www.ufjf.br/cdcon>. É dividido através de um esquema, que divide os assuntos em categorias fundamentais, que são examinadas por grupos homogêneos de acordo com características divididas. Estas divisões formam a espinha dorsal da estrutura de classificação. Os termos dividem-se em diferentes classes onde cada classe é um conjunto composto de termos definidos por propriedades relevantes para a classificação, as facetas. Sendo que estas representam o conjunto de propriedades de qualidades semelhantes (Documento: Projeto CDCON – Desenvolvimento de terminologia e codificação de materiais e serviços para construção – set. 2001).

The figure displays three overlapping screenshots of the CD CON web application interface, illustrating the workflow for managing terms.

Top Screenshot: Termos Pendentes
 - Title: **Produção > Termos Pendentes**
 - Banner: **NOVOS CONCEITOS SÃO ACRESCENTADOS DURANTE AS ATIVIDADES DE CADASTRO**
 - Text: "Abaixo encontram-se listados todos os termos cadastrados com menos de 3 conceitos, precisando portanto de mais conceitos para serem avaliados pelos especialistas."
 - Facetas:
 - Temas:
 - Termo:

Middle Screenshot: Termos em Ordem Alfabética
 - Title: **Produção > Termos em Ordem Alfabética**
 - Section: **ÁREA DE TRABALHO**
 - Table:

Termo	Faceta	Tema	Status	Data/Hora
ABADIA	Função de Edificação	Edificação para Comércio e Serviços	A espera de Avaliação, 4 conceito(s)	05/11/02 15:45:10
ABATEDURO	Função de Edificação	Edificação Agrícolas e Industriais	Com 2 conceito(s)	05/11/02 15:45:40
ABÓBADA	Elementos de Edificação	Elementos arquitetônicos	Com 2 conceito(s)	05/11/02 15:42:30
ABADA	Elementos de Edificação	Elementos arquitetônicos	Com 1 conceito(s)	05/11/02 15:42:30
ABÓBADA ALTEADA	Elementos de Edificação	Elementos arquitetônicos	Com 1 conceito(s)	05/11/02 15:42:30
ABÓBADA AVIAJADA	Elementos de Edificação	Elementos arquitetônicos	Com 1 conceito(s)	05/11/02 15:42:30

Bottom Screenshot: OS TERMOS SÃO CADASTRADOS, AVALIADOS E CLASSIFICADOS EM UM ÚNICO ENDEREÇO NA WEB
 - Facetas:
 - Temas:
 - Termo:
 - Símbolo:
 - Fonte:
 - Novos Conceitos:
 - Fontes:

Figura 17 – Área de trabalho do CD CON

Fonte: <http://www.cdcon.ufjf.br>

2.2.3.1. Alguns padrões semânticos

Um dos primeiros padrões semânticos foi desenvolvido para a construção em 1986, com o grupo AEC STEP, que apresentava uma proposta de padrão indefinido e aberto. A primeira contribuição veio de Jim Turner e Wim Gielingh (TOLMAN, 1999). Através de um modelo de referência geral, chamado GARM (*General AEC*

Reference Model), sendo que parte deste projeto veio a ser utilizado pelo setor de estradas.

Após o GARM ser rejeitado, um novo grupo de pesquisadores, em 1990, sugere um novo modelo chamado IRMA (*Integration Reference Model Architecture*), sendo que em 1993, Thomas Froeze, organizou a primeira conferência via e-mail com o objetivo de tornar o IRMA um modelo desenvolvido em consenso internacional. Este evento desencadeou com a Comissão Européia criando o projeto ATLAS. O modelo de arquitetura desenvolvido através deste projeto, suportava o compartilhamento da informação, arquivo e transferência, em quatro áreas: Projeto Estrutural, Projeto Arquitetônico, Hidro-Sanitário - Ar Condicionado, e construção.

Mais recentemente os esforços para continuar a desenvolver o STEP, juntamente com o surgimento do IFC, criado pela *International Alliance for Interoperability* - IAI, compõem os esforços na padronização semântica no setor. As classes IFCs recebem novas composições, embora isto requeira tempo. Cabe também salientar que o IFC trata-se de uma interface API (*Application Programming Interface*) proporcionando funcionalidade, atuando como em um grupo de classes da linguagem C++.

Já em relação às dificuldades enfrentadas com a padronização, podem-se apresentar algumas situações: as incertezas a respeito de dados obtidos da transferência e integração da informação de softwares, a comunicação para que se proceda a padronização é ineficiente, existindo carência da iniciativa por parte dos administradores; Existência de pequenas equipes de projeto, com foco em variados clientes, limitando a padronização de soluções; Algumas questões técnicas servem para obstruir a padronização, como exemplo: a incompatibilidade de hardware e a interoperabilidade de softwares da cadeia de participantes.

Buscando compor um padrão junto a Construção Civil para facilitar o compartilhamento, a transferência de dados e a integração, é que diversas pesquisas internacionais buscam propor uma padronização para linguagens de especificação, transferência de dados, ou documentação de formatos.



Figura 18 - Pesquisas utilizando T.I. estão sendo implementadas pelo mundo todo

Recentes esforços de padronização mostram um renovado interesse em semelhantes soluções. Por exemplo o projeto “*Object trees*” constitui-se em um instrumento para facilitar a comunicação entre diferentes disciplinas, sendo oferecido aos participantes uma metodologia para desenvolvimento representacional com hierarquia como os elementos e atributos da construção. Comparada com muitas outras padronizações, a metodologia do “*Object trees*” não impõe a concepção de um vocabulário. Em vez disso, deixa a definição do vocabulário para o participante do projeto através de sua experiência e das especificidades do projeto. (VAN NEDERVEN, 2001).

Uma característica da construção é a diversidade de produtos e nomenclatura que estes recebem, seja no próprio país, ou entre eles, ocasionando um problema para a organização da terminologia utilizada pelo setor. Abaixo são apresentados

como alguns países tem tratado dos sistemas de classificação e especificação de produtos e serviços na construção.

a) Estados Unidos:

O trabalho desenvolvido nos EUA, chamado de “*Overall Construction Classification System - OCCS*” coordenado pelos grupos CSI (*Construction Specification Institute*) e IAI (*International Alliance for Interoperability*), pode ser significativa, principalmente pela influência que este país exerce sobre o desenvolvimento de software, e também pela indústria da construção americana possuir semelhanças com a Européia. Também no sentido de um sistema geral de classificação, estão a ISO 12006 e a ISO 12006/2, a ISO 10303 - STEP, e outros desenvolvimentos na Internet com uso da linguagem XML, como o projeto da Bentley Systems, o *viecon.com*, que objetiva oferecer um ambiente colaborativo.

Neste país e também no Canadá, destaca-se o uso do *MasterFormat*, que é um formato de especificações utilizado em projetos de construções não-residenciais, dotado de 16 divisões, sob responsabilidade do Comitê Executivo do CSI - *Construction Specification Institute* (fundado em 1948). Este formato foi criado em 1963, e encontra-se atualmente em revisão, com previsão de nova versão no início de 2004, sendo que o mesmo traz especificamente uma lista de números associada a “rótulos” ou nomenclaturas, objetivando organizar a informação sobre necessidades, produtos e atividades da construção civil, em uma ordem padronizada.

b) Holanda:

Na Holanda o sistema STABU (www.stabu.nl) da *National Buildings Specification of the Netherlands*, é a especificação para a construção usada por mais

de 2000 empresas. Neste país utiliza-se também a versão alemã do SfB (de origem sueca), e o *CADlayer*, que são baseados em elementos de tabelas. O projeto LexiCon propõe uma ferramenta de multilinguagem para gerenciamento de termos da construção, descrevendo associações e relações entre os mesmos. Ele utiliza estrutura orientada a objetos para buscar aproximação por: componente, função e quantidade. Este emprego, a partir de biblioteca de objetos, traz a possibilidade dos dados serem transferidos entre diferentes aplicações usando protocolos como STEP e IFC. O projeto LexiCon não está concluído ainda, mas será introduzida uma nova classificação para o projeto STABU já citado, através de softwares determinando novas ferramentas para a indústria da construção. Uma destas ferramentas em desenvolvimento é o bcXML do projeto e-Construct.

c) Noruega:

A Noruega possui norma de padronização nas especificações, NS 3420 desenvolvida pela NBS - *Norwegian Building Standards*. Neste país se desenvolveu o projeto BARBI, que objetivou a definição de um novo sistema de classificação, mas ao final ele propôs uma biblioteca referencial orientada a objeto, ligado à experiência STEP. Possibilitando separação funcional, física, atividade e características do objeto, podendo ser usado em todas as fases do projeto. Reutilização e criação de novos objetos, permitem diferentes tabelas de classificação para compor uma biblioteca, que poderá ser após isso ser testada pelo sistema.

d) Suécia:

O SfB foi originalmente desenvolvido neste país, posteriormente desenvolvido para promover a reunião das necessidades de contratantes e projetistas, transformou-se em sistema BSAB. Rapidamente estabeleceu-se através da possibilidade de organização que oferecia aos usuários da construção. Foi após isso

revisado, recebendo o nome de BSAB 96. O sistema tem base teórica desenvolvida pela *Lund University*. Representa a mais convincente experiência de como pode ser apresentada uma padronização integrada, inclusive com relacionamento entre o modelo IFC e a ISO 12006 –2.

e) Reino Unido:

Muitas organizações usam as especificações da *Royal Institute of British Architects - RIBA*. As especificações da NBS – *National Building Specification*, também são amplamente usadas, e também desenvolvido um novo sistema de classificação, o Uniclass, que integra o CI/SfB com outros sistemas de classificação, usados no Reino Unido. O serviço público de informação RIBA, realiza a classificação para CI/SfB, tendo planos para adicionar indicadores Uniclass e EPIC.

A dimensão da indústria da construção no Reino Unido, e a diferença entre os profissionais, resultaram em um sistema de classificação bastante diferente - o *CI/SfB*, muito usado por projetistas e para literatura de produtos, é organizado por seção de trabalho, em uma tentativa inicial de unificar a classificação, é o método padrão de medidas usado pela fiscalização para preços e quantidades. A especificação *Uniclass* objetiva a integração, mas não está divulgado suficientemente ainda. Alguns testes estão sendo feitos para integração de escritórios de projetos em outros países.

f) Dinamarca:

Muitas pesquisas já foram realizadas na Dinamarca (ver figura 19) como nos países apresentados, embora as terminologias, e tabelas de classificação são inevitavelmente diferentes. O fundamental conceito no qual muitos países têm ligação é no uso da ISO 12006/2 particularmente em três aspectos dos objetos de construção: elementos funcionais, elementos de projeto e resultado de trabalho.

Estes conceitos estão amplamente estabelecidos no BSAB, e é parte da proposta do *LexiCon* e *POSC/Caesar*.

Europa	Internacional
Historia do desenvolvimento do SfB*	Ontologia
Experiência com CBC*	Modelo de Produtos
Experiência Dinamarquesa de classificação (byggeriet)*	ISO TR 14177
Teoria BSAB	ISO 12006 sistema
BCXML	ISO 10303 - STEP
CIS-CAD dados*	AECXML
Uniclass – UK	IAI IFC – biblioteca de objetos
BPS especificação*	
BC/SfB*	
Lbb CAD layers*	
Lexicon – Holanda	ISO 13567 CAD Layers
Lista dos 20 pontos*	
BSAB – Suécia	EDIFact
V & S byggedata*	
EPIC Produtos	ICIS – Sistema
TUN Byggebasen*	
FAFGE (elétrico)*	Master Format - USA

* Experiências Dinamarca

Figura 19- Experiências de especificações/classificações em diversos países
Fonte: Desenvolvido pelo autor

2.2.3.2. A utilização de ontologias em vocabulários

Segundo Fonseca e Egenhofer (1999), no sentido conceitual, ontologia é um sistema específico de categorias que reflete uma visão específica do mundo. Já ontologia como ferramenta de engenharia, descreve uma certa realidade com um vocabulário específico usando um conjunto de premissas de acordo com o sentido intencional das palavras do vocabulário.

Segundo Mello (2000), desde a década de 90 este conceito começou a ser utilizado para descrever conceitos e relacionamentos utilizados por um agente ou comunidade de agentes, de forma a compartilhar o conhecimento. Este mecanismo visa definir um vocabulário de trabalho para um grupo de usuários.

Então, uma ontologia pode ser definida como um conjunto de conceitos de interesse em determinado domínio de aplicação, juntamente com os relacionamentos entre estes conceitos. Ontologias fornecem uma descrição concisa, além de uniforme e declarativa das informações semânticas, muito embora independente do local e da forma como os dados estão armazenados (SILVA, 1999).

Notadamente, com a evolução do conhecimento no setor da construção, e as inúmeras diferenças existentes em relação ao conjunto de elementos que constituem todos os produtos, processos e integrantes da cadeia, espera-se que as dificuldades com problemas semânticos irão continuar a existir e contribuirão contrariamente à interoperabilidade dos sistemas utilizados.

Conforme Lima Júnior e Câmara (2002), no cenário atual, é inquestionável o uso de XML como padrão para intercâmbio de dados. Sendo que a grande vantagem apresentada pela XML, é a flexibilidade oferecida para criar *tags* que expressam o significado do dado descrito, obtendo-se um documento rico semanticamente. Mas a simples descrição dos dados por *tags* XML promove a interoperabilidade semântica apenas quando houver um software pronto a entender o significado das *tags* e inferir relacionamentos entre entidades, produzindo novas informações a partir das que recebeu. Torna-se fundamental, neste caso, aproveitar o poder de descrição semântica do padrão XML para estruturar os dados, explicitando relacionamentos entre as entidades, de forma que novas informações

possam ser inferidas a partir do próprio dado. Através da especificação formal da conceitualização (ontologia), se proporciona uma semântica básica através do processamento do documento XML.

No caso de se buscar uma ampla interoperabilidade, se necessita não somente de uma equivalência sintática entre as entidades representadas pelos sistemas, mas também a equivalência de conceitos e significados dessas entidades. Pois se devem oferecer esforços no sentido de se contemplar “Esquemas” que possam possibilitar a flexibilização dos dados, que permitam ajustes em relação a novas concepções e a utilização de um mesmo “Esquema” pela comunidade que utiliza os mesmos parâmetros de dados.

Alguns trabalhos internacionais direcionam seus esforços no sentido de oferecer sistemas utilizados a partir de uma interoperabilidade entre os dados com sua concepção baseada em ontologias.

No caso da construção de uma ontologia, algumas características fundamentais devem ser levadas em consideração, segundo Basso (2002):

- ▶ Aberta e dinâmica: Para adaptar-se às mudanças do domínio associado, devendo ser a mais automatizada possível;
- ▶ Escalável e interoperável: Deve ser facilmente escalável para um amplo domínio e adaptável a novos requisitos, devendo para isso ser simples;
- ▶ De fácil manutenção: Deve ser ao mesmo tempo dinâmica e de fácil manutenção por especialistas;
- ▶ Semanticamente consistente: Deve manter o conceito e relacionamentos coerentes;
- ▶ Independente de contexto: A ontologia não deve conter termos muito específicos em um certo contexto, porque lida com fontes de dados de larga escala;

Muitas das soluções encaminham-se para a criação de conversores entre os formatos utilizados no mercado. Neste sentido a introdução das classes IFC pode ser considerada um avanço bastante importante para a busca da interoperabilidade entre os sistemas.

A dificuldade do setor em almejar uma interoperabilidade sintática, esbarra em problemas culturais, regionais, e a ambigüidade de alguns conceitos já adotados pelos agentes. Por exemplo, dois agentes participantes de um projeto podem adotar nomenclaturas diferentes para um mesmo objeto.

2.2.4. Os Arquivos IFC (*Industry Foundation Classes*)

Em 1993, algumas das maiores empresas da indústria da construção dos Estados Unidos, iniciaram uma discussão para utilizarem mais efetivamente a T.I. na indústria da construção. Este grupo formou a IAI (*Industry Alliance for Interoperability*) em 1994, tendo já em 1995 no AEC System Show em Atlanta (EUA), apresentado a questão da interoperabilidade, tanto em sistemas CAD quanto em softwares de simulação. Ainda naquele ano, se firmou como uma organização global chamando-se *International Alliance for Interoperability* – IAI.

A IAI é um organismo sem fins lucrativos de ação orientada. Sua missão é definir, publicar, promover especificações para classes de objetos da indústria da construção; o *Industry Foundation Classes* – IFC, como base para possibilitar o compartilhamento de informações de projeto através de todo seu desenvolvimento e em aplicações técnicas.

O IFC define um elemento de construção (projeto), através de um modelo orientado a objeto, transferível entre aplicativos que operem com o mesmo. As extensões IFC são públicas e abertas para implementar o uso por qualquer membro, são definidos pela indústria, são extensíveis e são desenvolvidos a qualquer tempo conforme a necessidade.

O IFC constitui-se em um modelo central, orientado a objeto com imediata interferência em quatro iniciais áreas: Arquitetura, serviços da construção, gerenciamento de obras e ferramentas gerenciais.

O modelo define objetos, atributos e relacionamento entre as áreas, trazendo a definição da geometria, unidades, e utilidades comuns. O modelo de recursos da geometria, tem múltiplas representações para o objeto:

- Geometria Referencial;
 - Espaço limitante;
 - Atributo-direção da representação geométrica;
 - Explícita representação geométrica.
-
- Geometria Referencial: Define o ponto de origem do objeto e a orientação no espaço tridimensional;
 - Parte limitante: Define o recorte retangular onde o objeto físico adapta-se completamente;
 - Atributo direção: O atributo-direção da representação define a locação, orientação e dimensão de elementos construtivos que tenham forma (como paredes, janelas, portas, etc...)

- Explícita representação geométrica: Define elementos construtivos que tenham forma como sólidos (usam protocolo STEP).

Grandes empresas de CAD, como: Autodesk, Bentley, Nemetschek e IEZ; incorporam em seus produtos aplicativos com IFC. Para auxiliar na implementação, a IAI indicou o desenvolvimento de uma ferramenta auxiliar para escrever objetos e atributos em IFC (de linguagem EXPRESS) utilizando linguagem C++.

Na figura 20, é mostrado um diagrama de funcionamento da ferramenta, onde o modelo de dados IFC é definido em EXPRESS².

O modelo do projeto IFC que define a representação de elementos construtivos no projeto, é transformável em arquivo ASCII. A ferramenta possui todas as classes e métodos incluindo o modelo de projeto IFC.

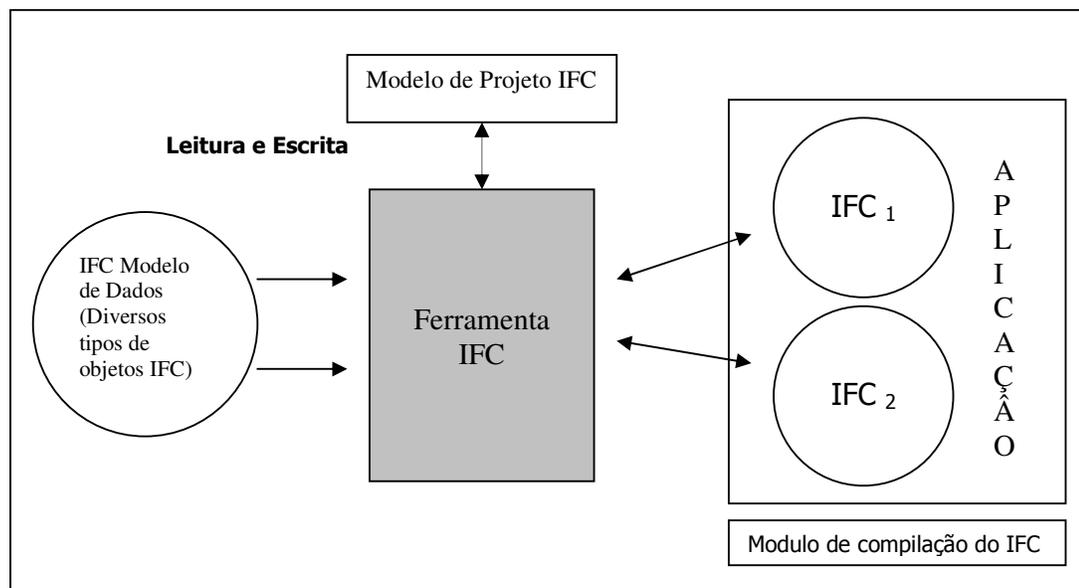


Figura 20 – Esquemática de uso da ferramenta de criação de IFC

Algumas evoluções do modelo já ocorreram desde a versão 1.0 (se encontra atualmente na versão 3.0), podendo-se exprimir a sua arquitetura através da decomposição da mesma em quatro camadas, conforme abaixo:

² EXPRESS é a linguagem usada para estruturação dos arquivos IFC.

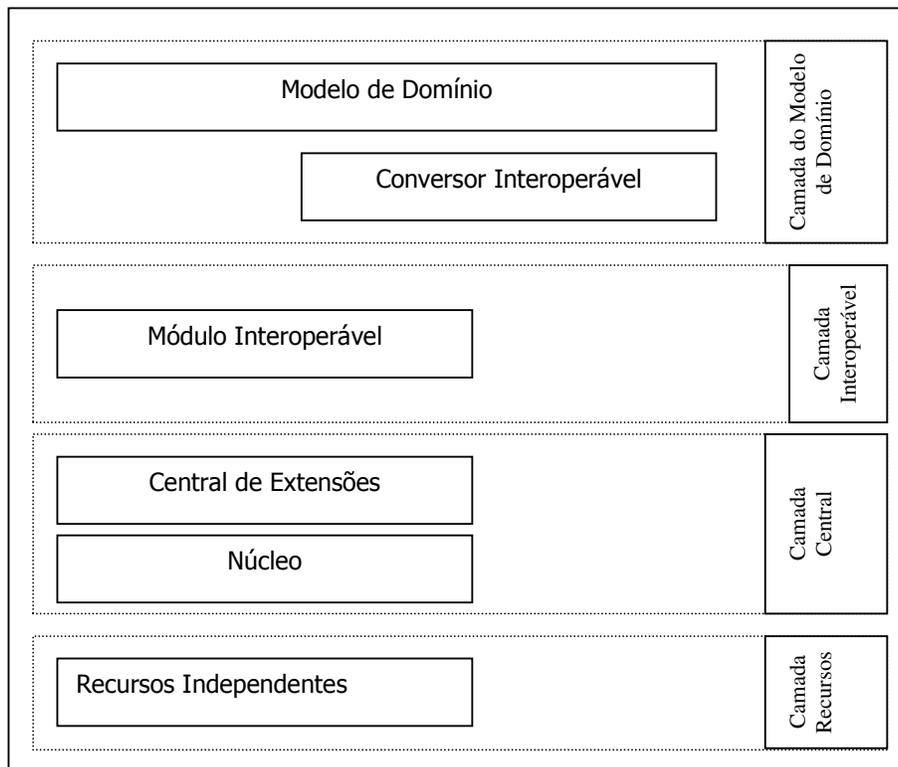


Figura 21 - Arquitetura de camadas dos arquivos IFC

A camada básica (Camada de Recursos) contém recursos independentes que são agrupados em “famílias”: Recursos Gerais (classes de identificação, medidas, tempo e atores), geometria (representação explícita, atributo direção) e família de conceitos de negócios (classe proprietária, classificação, custo, e material). A família geometria foi incluída na biblioteca do IFC 2.0., e a família negócios será expandida futuramente com a situação, versão, status e aprovação dos recursos.

A camada central contém a central de extensões e o núcleo. O núcleo fornece todo básico conceito requerido pelo IFC, como: classe do objeto, relacionamento, atribuição e tipo de definição, enquanto a extensão central fornece extensões específicas conceituais e fundamentais como: classe de produto, processo e assistente de modelagem. A extensão central também inclui classes de espaços, elementos, local, construção e histórico, bem como a malha de apoio.

A camada de interoperabilidade é assim chamada porque contém módulos que auxiliam na interface com os modelos de domínios: elementos de construção e elementos de serviços da construção, como: Classes de paredes, cobertura, piso, vigas, coluna, revestimentos, portas, janelas e forro, telhado, etc. E na versão 2.0, já abrange equipamentos, ornamentação e ferramentas elétricas.

A camada do modelo do domínio inclui as três camadas do modelo: arquitetura, serviços de construção e ferramentas de gerenciamento, e ainda modelos de aplicação. Esta camada também inclui “adaptadores de interoperabilidade” que facilitam a transferência com modelos de aplicação com tipologias diferentes para IFC (que tem uma arquitetura de software diferente do IFC).

Futuras versões irão incluir modelos de extensões e expansão dos modelos existentes.

- ▶ Novo grupo de objetos, atributos, e grupos relacionais;
- ▶ Novas tecnologias de IFC;
- ▶ Subsistemas além dos existentes, modelos de domínio baseados em não IFCs.
- ▶ Acesso para bibliotecas de dados externas.

Foi desenvolvido na última versão (disponibilizada pela IAI³) um aporte para simulação, onde possibilitou a visualização em alta resolução. O projeto é o resultado da adição de dois novos grupos de objetos/atributos para IFC: “luz natural” (com atributos de distribuição espectral de energia), geometria de iluminação e distribuição fotométrica e “superfície” (com as formas de representação, dimensões,

³ Ver <http://www.iai-international.org>

materiais e parametrização). Esta adição tornará possível dentro deste raio de investigação, a aquisição automática da geometria e dados pertinentes da construção. Isso reduzirá na atividade, o tempo e o custo de entrada e preparação de semelhantes modelos, e poderá ser utilizado em práticas correntes de simulação.

Ferramentas de simulação são atualmente usadas somente ocasionalmente em projetos. O alto custo da entrada de dados e a inabilidade para reuso da informação contida na ferramenta computacional, são algumas das razões.

A utilização dos arquivos IFC em softwares de simulação, possibilitará em um primeiro momento (BAZJANAC, 1997):

- Interagir entre os arquivos diretamente e instantaneamente;
- Distribuir e transferir informações de comum interesse.

Disto, pode resultar em substanciais e completos benefícios tangíveis para todos os envolvidos:

- Acesso sem custos (de preparação e geração) para uso de dados geométricos e outros;
- Redução no custo de projetos de simulação;
- Acréscimo nos resultados de simulação e análise;
- Melhor uso dos resultados de simulação.

Com a automatização, os problemas de aquisição de dados geométricos originais, definidos com um compilador de IFC, têm reduzido os esforços e custos de preparação que se tem atualmente. Trabalhos manuais de saída e transferência da informação através de recursos textuais podem ser eliminados. Além de nenhuma

informação ser perdida, pode reduzir os custos de simulação e manipulação dos projetos de simulação.

Como vantagem, também se pode citar que as partes envolvidas no projeto, na construção e ou no gerenciamento, podem acessar diretamente e no tempo adequado, as informações do projeto, incluindo os resultados da simulação. Pode então resultar em alta qualidade do conjunto, tanto da simulação como da construção como um todo.

Diversas indústrias de software já utilizam o IFC e devido este padrão ser neutro, é possível que o mesmo se torne, futuramente, um padrão para o setor.

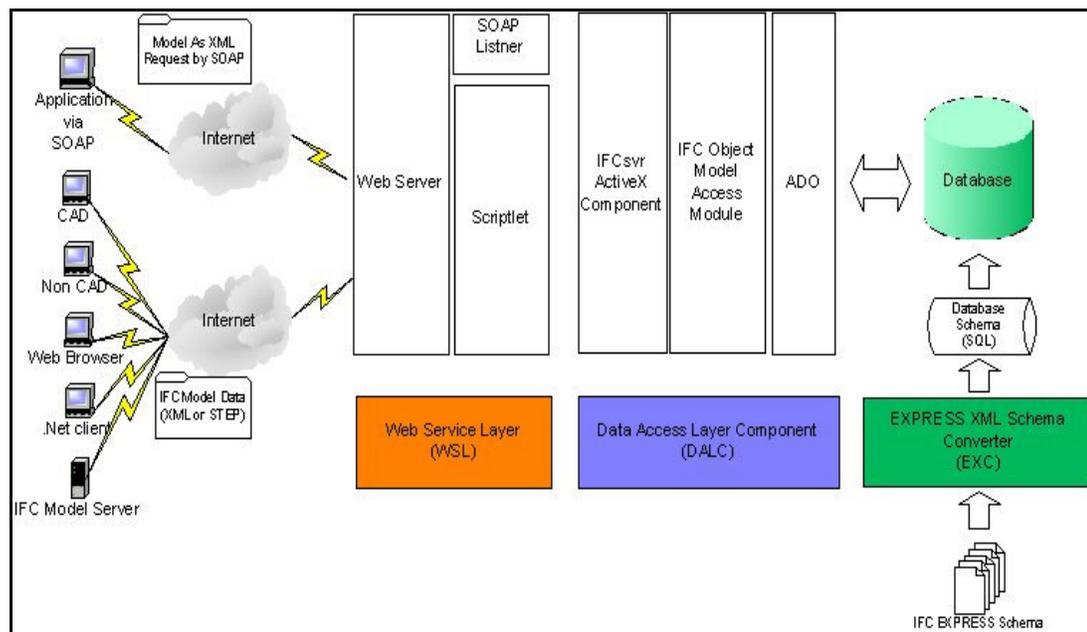


Figura 22 - Visão de um sistema servidor utilizando arquivos IFC
 Fonte: www.iai-international.org/iai_international/Technical_Documents

Abaixo é apresentado um recorte inicial do esquema para a versão IFC2X2:

```

SCHEMA IFC2X2_BETA;
TYPE IfcAbsorbedDoseMeasure = REAL;
END_TYPE;
TYPE IfcAccelerationMeasure = REAL;
END_TYPE;
TYPE IfcAmountOfSubstanceMeasure = REAL;
END_TYPE;
TYPE IfcAngularVelocityMeasure = REAL;
END_TYPE;
TYPE IfcAreaMeasure = REAL;
END_TYPE;
TYPE IfcBoolean = BOOLEAN;
END_TYPE;
TYPE IfcComplexNumber = ARRAY [1:2] OF REAL;
END_TYPE;
TYPE IfcCompoundPlaneAngleMeasure = LIST [3:3] OF INTEGER;
WHERE
    WR1 : { 0 <= SELF[1] < 360 };
    WR2 : { 0 <= SELF[2] < 60 };
    WR3 : { 0 <= SELF[3] < 60 };
END_TYPE;
TYPE IfcContextDependentMeasure = REAL;
END_TYPE;
TYPE IfcCountMeasure = NUMBER;
END_TYPE;
TYPE IfcCurvatureMeasure = REAL;
END_TYPE;
TYPE IfcDayInMonthNumber = INTEGER;
END_TYPE;
TYPE IfcDaylightSavingHour = INTEGER;
WHERE
    WR1 : { 0 <= SELF <= 2 };
END_TYPE;
TYPE IfcDescriptiveMeasure = STRING;
END_TYPE;
TYPE IfcDimensionCount = INTEGER;
WHERE
    WR1 : { 0 < SELF <= 3 };
END_TYPE;
TYPE IfcDoseEquivalentMeasure = REAL;
END_TYPE;
TYPE IfcDynamicViscosityMeasure = REAL;
END_TYPE;
TYPE IfcElectricCapacitanceMeasure = REAL;
END_TYPE;
TYPE IfcElectricChargeMeasure = REAL;
END_TYPE;
TYPE IfcElectricConductanceMeasure = REAL;
END_TYPE;
TYPE IfcElectricCurrentMeasure = REAL;
END_TYPE;
TYPE IfcElectricResistanceMeasure = REAL;
END_TYPE;
... o arquivo continua...

```

Figura 23 – Fragmento do arquivo IFC2X2_beta_longform.

Fonte: www.iai-international.org/iai_international/Technical_Documents/iai_documents.html

Abaixo se apresenta um repositório oferecido pelo *Steptools* - <http://www.steptools.com>, onde é possível se identificar uma série de entidades, no frame a esquerda. Foi selecionada a entidade que representa o agente (ator), com os diversos atributos que estão associados ao mesmo, com o tipo de variáveis que atuam em cada caso (entidades, série de caracteres, seleção, etc).

The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer window displaying the 'ENTITY IfcActor' definition from the Steptools website. The browser's address bar shows the URL http://www.steptools.com/support/stdev_v9_docs/express/ifc/. The page content is as follows:

Entities

- [Ifc2DCompositeCurve](#)
- [IfcActionTimeControl](#)
- [IfcActor](#)
- [IfcActorRole](#)
- [IfcActuator](#)
- [IfcAddress](#)
- [IfcAirFilter](#)
- [IfcAirTerminal](#)
- [IfcAirTerminalBox](#)
- [IfcApplication](#)
- [IfcApproval](#)
- [IfcApprovalUsage](#)
- [IfcArbitraryClosedProfile](#)
- [IfcArbitraryOpenProfile](#)
- [IfcArbitraryProfileDefW](#)
- [IfcAssessory](#)
- [IfcAsset](#)
- [IfcAxis1Placement](#)
- [IfcAxis2Placement2D](#)
- [IfcAxis2Placement3D](#)

ENTITY IfcActor

```

ENTITY IfcActor
  SUBTYPE OF (IfcObject);
  TheActor      : IfcActorSelect;
  INVERSE
    IsActingUpon : SET OF IfcRelAssigsToActor FOR RelatingActor;
END_ENTITY;

```

Explicit Attributes

Entity IfcActor has the following local and inherited explicit attributes:

Attribute	Type	Defined By
GlobalId	IfcGloballyUniqueId (STRING)	IfcRoot
OwnerHistory	IfcOwnerHistory (ENTITY)	IfcRoot
Name	IfcLabel (STRING)	IfcRoot
Description	IfcText (STRING)	IfcRoot
ObjectType	IfcLabel (STRING)	IfcObject
TheActor	IfcActorSelect (SELECT)	IfcActor

[All Definitions] [entities] [defined types] [global rules] [functions] [procedures] Generated by STEP Tools™ EXPRESS to HTML Converter

Figura 24 – Entidades das classes IFC com seus atributos

Fonte: http://www.steptools.com/support/stdev_v9_docs/express/ifc/

2.2.5. A Linguagem XML como opção para integração de sistemas

A linguagem XML surge como a mais nova opção para a integração de sistemas. XML é o acrônimo de – *Extensible Markup Language*, originalmente direcionada para o processamento de documentos, proposta e controlada pelo mesmo organismo que mantém o padrão HTML - o consórcio W3C (*World Wide Web*). Conforme Décio (2000), os grandes fabricantes de sistemas já incorporaram esta opção em seus produtos. Bancos de dados, ferramentas de desenvolvimento, computação distribuída, *browser*, *wap*, enfim, onde há transferência de informação é possível se utilizar XML.

A XML tem como propósito fundamental a descrição de informações, sendo esta possibilidade extremamente importante para armazenamento, recuperação e transmissão de informações. Pode-se dizer que XML não é uma simples linguagem pré-definida de marcação, mas sim uma metalinguagem possível de descrever outras linguagens onde é possível elaborar a própria marcação.

Ahmad (2001) afirma que com o advento de XML, a possibilidade de publicar versões customizadas de uma mesma página para diferentes tipos de clientes, faz do XML um novo *framework* de padrão para a web.

Décio (2000) afirma que o objetivo do XML é descrever dados. Não se trata de querer transferir informações essencialmente incompatíveis, como carregar uma figura de Autocad (*dwg*) em Word (*doc*), mas sim de uma maneira de fazer com que ambos os programas, se desejarem trocar documentos, descrevam esses documentos usando sintaxe e estrutura comuns.

Segundo Daun e Merten (2002), a linguagem XML é utilizada em diferentes áreas e pode representar uma grande ferramenta para a comunicação e integração. Afirmam que um estudo feito pelo *Giga Information Group* (2001), apresenta que entre as empresas que usam XML:

- 45% utilizam a XML para aplicações de missão crítica (com extrema importância para a empresa);
- 13% utilizam a XML para aplicações de missão não crítica;
- 40% utilizam a XML para aplicações piloto.

O estudo também mostra que a XML é utilizada nas seguintes áreas:

- 33% a utilizam para troca de dados e mensagens;
- 27% utilizam para integração de aplicações;
- 13% para integração dos dados;
- 12% para publicação de conteúdo;
- 6% para a construção de portais;
- 6% para outras finalidades.

Pode-se definir a linguagem XML como uma tecnologia para infra-estrutura, pois sobre a estrutura simples e bem formada de XML, outras aplicações são construídas. Segundo Leon (2001), a força do XML está em sua grande capacidade de facilitar o fluxo de dados semi-estruturados entre aplicativos e sistemas heterogêneos. Existindo três maneiras de armazenar e gerenciar os dados:

- Através de um banco de dados projetado especificamente para XML⁴;
- Com um banco de dados baseado em objetos⁵, modificado;
- Em um banco de dados relacional⁶.

As empresas Microsoft, Oracle e IBM já acrescentaram extensões XML aos bancos de dados relacionais, sendo provavelmente estes que terão a prioridade junto a maioria dos usuários.

Ahmad (2001) apresenta quanto a criação de XML, que os donos do conteúdo criam e desenvolvem os arquivos XML e não precisam saber como o conteúdo é processado ou apresentado. Sendo que alguns fabricantes estão permitindo que seus bancos de dados produzam dados XML diretamente com instruções de seleção.

A maioria das aplicações baseadas na Internet tem desenvolvimento baseado na arquitetura em três camadas ou *three-tier*, divididas na interface com o usuário, a lógica da aplicação e o armazenamento dos dados mantidos separadamente. Segundo Leon (2001), XML pode ser acrescentada a aplicativos empresariais já existentes, com um servidor XML realizando a transformação e conversão de dados, antes usados em EDI, (por exemplo).

⁴ O objetivo dos bancos de dados é promover uma visão abstrata dos dados sem mostrar ao usuário como os dados são armazenados e mantidos. Os dados, normalmente, apresentam uma complexidade que é escondida através dos níveis de abstração.

⁵ O modelo de orientação a objeto está baseado no encapsulamento de códigos e dados em uma única entidade chamado objeto. A interface entre um objeto e o resto do sistema é definida como conjunto de mensagens. Os dados em banco de dados a objeto podem ter diferentes representações arbitrariamente longas, tais como: textos, dados de áudio, gráficos, imagens e vídeo entre outros.

⁶ No banco de dados relacional, cada tabela possui uma determinada estrutura em que uma linha representa o relacionamento entre um conjunto de valores. Uma vez que uma tabela é uma coleção de tais relacionamentos, há uma estreita correspondência entre o conceito de tabela e o conceito matemático de relação, de onde o modelo de dados relacional toma o seu nome.

O EDI realiza a transferência de dados estruturados, por padrões concordados de computador a computador, em um sistema restrito (geralmente em transações B2B). Este sistema era o mais utilizado pelas grandes corporações, apesar do alto custo de manutenção. Na medida que aumenta a base de aplicações em XML, a Internet poderá ser usada como meio de comunicação de dados usando em conjunto XML e EDI para a troca de dados eletronicamente, diminuindo sensivelmente os custos.

A especificação é o instrumento básico para permitir a transferência de dados através da linguagem XML, principalmente pela preparação de elementos de marcação, os DTDs e “Esquemas”.

2.2.5.1. Esquemas XML e DTD (*Document Type Definition*)

O Esquema XML (Schema XML) define os elementos (*tags*) usados em um documento que descreve os dados, seu objetivo é oferecer um conjunto de regras com as quais um usuário pode definir sua própria linguagem para descrever seus dados.

O DTD (*document type definition*), é um componente que define quais tags poderão aparecer no documento XML. Ele define tipos de elementos e atributos, e quais valores são válidos para estes. Contém ou aponta (internamente ou externamente – na Internet) para marcadores que fornecem uma gramática (DTD) para uma classe de elementos, sendo que assim servem como mecanismo de validação do vocabulário usado no XML. Os DTDs têm como principal desvantagem a sua sintaxe ser totalmente diferente da sintaxe XML.

Justamente devido a alguns problemas existentes nos DTDs, o W3C definiu um tipo alternativo de DTD chamado de esquema, sendo dividido em duas partes: estrutura e tipos de dados.

Segundo Walsh (1999), os esquemas XML apresentam as características:

- Tipos de dados mais elaborados. Permitem definir valores booleanos, números, datas e horas, URIs (*Uniform Resource Identifier*), inteiros, números decimais, números reais e intervalos do tempo;
- Criação de tipos de dados definidos pelo usuário, chamados *Archetypes*. Por exemplo na divisão de um dado chamado “concreto” e a partir dele definir dois elementos: “concreto fresco” e “concreto endurecido”, como do tipo concreto;
- Permite herança;
- Sustentação a *namespace* (prefixo adicionado ao XML, para permitir o intercâmbio de dados de fontes diversas, evitando problemas de ambigüidade e colisões de nomes).

O desenvolvimento de XML consiste na criação de vocabulários que serão processados por programas, que lembram a linguagem HTML, embora não sigam totalmente as regras, pode-se usá-lo como exemplo. O vocabulário consiste em *tags* como as de HTML (BODY, HTML, P, A, etc.) e a aplicação ocorre simplesmente com o *browser*. A diferença está na possibilidade de customização deste vocabulário conforme a necessidade, criando padrões para várias indústrias.

São exemplos de vocabulários: a especificação OFX (*Open Financial Exchange*), com envolvimento da Microsoft, que possibilita a integração de dados de transações financeiras; Outro exemplo é o CML (*Chemical Markup Language*) usado no intercâmbio de descrições de fórmulas ou moléculas, e reações químicas; A mathML (*Mathematical Markup Language*) serve para descrever e trocar fórmulas e

símbolos matemáticos; Na Indústria da Construção: a especificação ifcXML, aecXML, bcXML, blisXML, xbrXML, ebXML e outras.

Observa-se um grande crescimento no uso de XML, e com isto o surgimento de linguagens associadas a este. Devido ao aumento de documentos eletrônicos baseados em linguagem XML, isto contribui com o surgimento de linguagens de consulta, como exemplo XML-QL, E XQL.

SISTEMA AECXML:

A arquitetura do sistema aecXML é formada por diversos componentes que se relacionam, tendo a funcionalidade de cada componente associado a uma finalidade. O sistema aecXML utiliza a linguagem XML e caracteriza-se por gerar um padrão para comunicação eletrônica em arquitetura, engenharia e construção (AEC).

Na figura 25 se apresenta como é dividida a arquitetura aecXML:

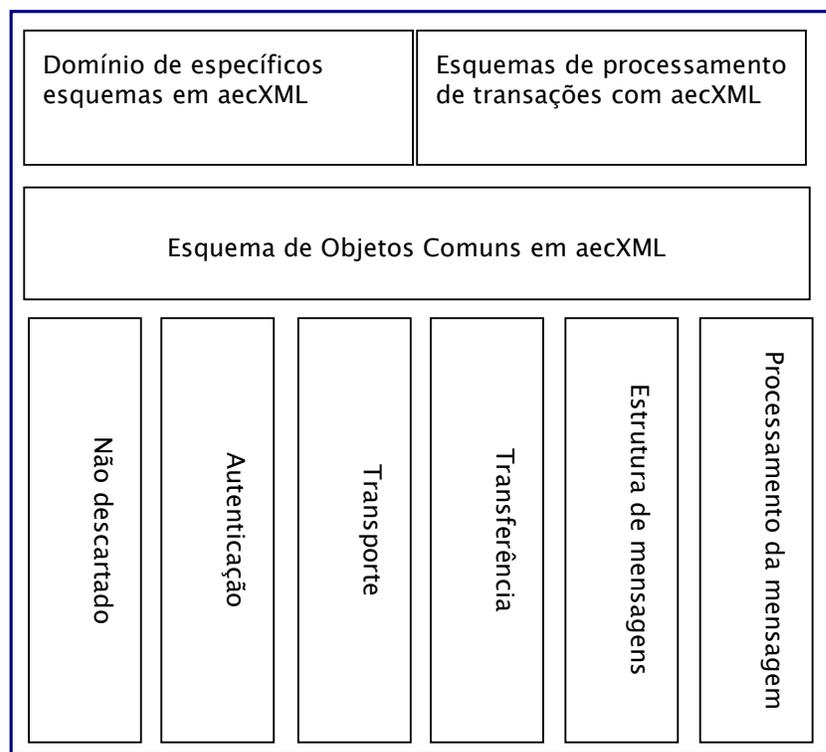


Figura 25 – Sistema de implementação aecXML

Esta arquitetura inclui um grupo de esquemas XML para descrever específicas informações para transferência de informação entre participantes envolvidos no projeto, construção, gerenciamento.

A missão do sistema aecXML é propiciar uma arquitetura aberta (*aecXML*) para colaboração entre esquemas AEC, agilizando possibilidade de transferência eletrônica da informação entre toda indústria AEC, propiciando interoperabilidade, segurança e manuseio consistente por todos os participantes. O sistema proporciona a possibilidade de transferência eletrônica entre os participantes que possuam interfaces de negócios.

A arquitetura do sistema aecXML, caracteriza-se por diversos componentes, incluindo: COS (*Common Object Schema*), DSS (*Domain Specific Schemas*), BPS (*Business Process Schemas*), IF (*Implementation Framework*).

Common Object Schema: No esquema da linguagem XML da W3C, cada elemento ou atributo deve ser associado com somente um tipo de dado definido. No esquema W3C, os atributos vêm com os tipos de dados definidos, como: *strings*, binários e dados. Em adição, novos tipos de dados podem ser declarados e reusados no esquema local bem como em outros esquemas. No aecXML, uma combinação de um ou mais elementos e atributos é chamada de objeto esquema ou simplesmente objeto. O COS (*Common Object Schema*) é um simples esquema pertencente a um *namespace* separado, que traz objetos que ocorrem em diferentes locais de transferência de informação em transações AEC. Tecnicamente, estes objetos incluem:

- ▶ Elementos globais;
- ▶ Atributos globais;
- ▶ Tipos de nomes complexos;

- Tipo de nomes simples.

Existem dois tipos de objetos comuns: os AEC não específicos, e os específicos. Enquadram-se em específicos AEC objetos: projeto, contratante, componentes de construção. E exemplo de objetos não específicos da área: Nome, e-mail, endereço, etc.

Domain Specific Schemas: O DSS é um grupo de esquemas para descrever informações estáticas da AEC. Estão constituídas neste grupo as informações necessárias para a transferência de informações, como por exemplo: Solicitação para envio de compra, aprovação de pedidos, encaminhamentos de conclusão de pedidos de dados, etc. Estes dados servem para definir os processos de negócios ou transferências.

Business Process Schemas: De maneira simplificada, pode-se dizer que o “COS” define as letras do alfabeto, o “DSS” define os nomes, e o “BPS”, define os verbos. Neste caso é fundamental a transferência dos dados de negócios para os participantes da cadeia. As funções deste tipo de componentes:

- Descrever detalhadamente interações e as respectivas atividades entre os participantes da AEC;
- Identificar quais as necessidades são apresentadas pelos participantes quando ocorrem as transações;
- Definir interfaces de transações entre os participantes.

Implementation Framework: Trata-se de uma solução aberta para participantes inseridos de uma cadeia. Com aplicações de negócios eletrônicos processados e comunicados de acordo com protocolos estritamente definidos.

Muitos sistemas de implementação XML estão disponíveis atualmente, embora não seja possível ainda se definir qual que se sobrepõe aos outros: Três dos

maiores são: RosettaNet, BizTalk e ebXML. Abaixo as características e similaridades são apresentadas para uma breve comparação.

Características comuns:

- Estrutura de mensagens comuns, compostas por documento de envio e corpo de mensagem em XML;
- Documentos de entrega identificados com propriedades;
- Controle dos processos de negócios;
- Recursos de sistema XML;

BizTalk:

- Utilização dos recursos SOAP (*Simple Object Access Protocol*);
- É utilizável por não apenas uma indústria específica;
- Suporte a esquema W3C XML;
- Suporta arquivos anexados;
- Possui como desvantagem rodar em sistema específico Microsoft.

RosettaNet:

- Bom suporte de T.I. para os participantes;
- Protocolo de transporte bem definido;
- Alguns dicionários são reutilizáveis para aecXML;
- Tem como desvantagem o uso de DTDs sem suporte pelo esquema W3C XML;
- Não pode ter arquivos anexados;
- Atua com setores industriais específicos.

ebXML:

- Trata-se de uma iniciativa das Nações Unidas (UM/CEFACT);
- Possui sistema de transporte e entrega de informações;

- Registro e repositório;
- Coordenação técnica e suporte;
- Marketing e serviços.

SISTEMA IFCXML:

Este sistema tem por meta a extração e validação da estrutura de especificação IFC para a comunidade XML. Entre os objetivos estão: Capacitar a troca de arquivos IFC alternativamente como documentos definidos em XML, e possibilitar a reutilização de conteúdo XML em estruturas para troca de dados e compartilhamento pela indústria da construção.

O escopo do IFCXML está baseado na extrapolação das definições do IFC atualmente escrito conforme a ISO 10303 (na linguagem Express), para servir como um esquema de especificação fazendo uso de XML.

Segundo LIEBICH (2001), do ponto de vista de caracterização, alguns pontos podem ser citados: Primeiro o uso de um esquema XML como instrumento obrigatório, segundo uma possibilidade maior de exportação e importação de documentos automaticamente através da estrutura “Express”, em terceiro seu detalhamento, que é apresentado abaixo:

- Os atributos são preservados dentro de um contexto de cenário (informação é associada a sua classe);
- Os atributos são definidos dentro do contexto da classe e não globalmente;
- O esquema possibilita o controle dos tipos de elementos referenciados ;

Os tipos de dados permitem adicionar valores numéricos e buscas *booleanas*, nas *strings*.

2.2.6. O projeto ideal - a obra virtual

Um projeto que apresente a obra virtualmente, é o que poderia ser chamado de projeto ideal. Este deve conter as possibilidades de visualização, simulação, e leitura e utilização de dados diversos. Ao imaginar este tipo de projeto, se verá que não existe junto à construção uma resposta pronta que satisfaça estas prerrogativas citadas.

Poder-se-ia buscar junto à indústria automobilística um projeto com proximidade do que se apresenta como ideal para a construção. Com a visualização do objeto projetado, com uma individualização das partes, podendo efetuar simulações, permitindo o acesso da mecatrônica nas operações de montagem, enfim, com a possibilidade de montagem do produto virtualmente.

Mas há neste sentido uma distância tecnológica acentuada. Para se ter uma idéia, pode-se analisar a quantidade de dados digitais gerados e trocados entre os parceiros, da indústria automobilística americana (pesquisa do NIST), apresentando que um projeto de automóvel gera transferência em torno de 7000 elementos de projetos CAD ao mês entre os parceiros.

Para que o projeto de construção consiga chegar a um nível que possa ser considerado ideal, há uma série de restrições que ainda devem ser vencidas, e que se constituem em “obstruções” para o avanço das soluções tecnológicas.

Como se poderá montar um edifício em softwares de simulação, se o projeto que o criou não é compatível com estes? Como se poderão ter informações do edifício, se parte destas estão somente com o projetista (e muitas tacitamente)?

Como será possível trabalhar em um projeto colaborativo, se não é possível transferir dados entre os parceiros?

Então o direcionamento de esforços para se chegar no projeto Ideal, deve antes de tudo resolver as questões existentes no setor em relação à informação e comunicação. Este projeto ideal deve ter amplas possibilidades de circular entre os agentes, representando tanto com realidade virtual sua composição gráfica-visual, como ter sob amplos aspectos todas as informações que se necessitam para a exata construção da obra, eliminando qualquer possibilidade de intervenção pós-projeto para modificações ou intervenção devido à falta de informação no projeto.

3. ESTUDO DE CASO MÚLTIPLO NOS ESCRITÓRIOS DE PROJETO

Situação atual do setor a partir da pesquisa realizada:

Para que se possa constituir um modelo ideal, torna-se necessário conhecer como se encontra a situação atual deste setor e quão distante se está tecnologicamente de chegar ao modelo idealizado. É manifesto que o setor possui uma série de dificuldades a serem ultrapassadas e que somente se chegará ao modelo ideal, resolvendo passo a passo suas dificuldades. Esta pesquisa nos escritórios, teve como objetivo em um primeiro momento coletar informações de como se comporta o processo de projeto em relação à comunicação e transferência de informações identificando as situações mais proeminentes, tendo depois como procedimento a quantificação destes problemas decorrentes da interoperabilidade em projetos.

Apresentam-se os resultados da pesquisa realizada junto aos escritórios de projetos, objetivando identificar os problemas de interoperabilidade e descontinuidade em diferentes tipos de projetos.

Foram acompanhados os procedimentos de execução dos projetos, com foco especial nos problemas existentes na fase de transferência dos arquivos e nos problemas existentes em relação ao uso e comunicação de informações no processo do projeto.

A pesquisa concentrou-se em escritórios que desenvolvem projetos em quatro modalidades: Arquitetura, Projeto Estrutural, Projeto Elétrico, Projeto Hidro-Sanitário.

3.1. Caracterização dos Escritórios Pesquisados

Define-se abaixo uma configuração dos escritórios onde se pode conceber, através das características de cada um, qual a realidade enfrentada em relação: a participação profissional, equipamentos existentes, informações relevantes sobre o processo e outros dados que podem contribuir à composição de um panorama contextual da empresa.

3.1.1. Escritório de Projetos de Sistemas Elétricos

O escritório pesquisado apresenta no seu currículo, 1896 projetos realizados durante um período de 23 anos de atuação. Possui características de inovação em seus procedimentos e demonstrou-se preocupado em acompanhar o desenvolvimento tecnológico do setor.

Atualmente a seguinte equipe trabalha na empresa:

- 02 Engenheiros Eletricistas;
- 03 Especialistas (Cadistas);
- 01 Engenheiro Eletricista *trainee*;
- 01 Secretária Administrativa;
- 01 Office boy.

Com esta estrutura de Recursos Humanos e com a estrutura física e de equipamentos, a empresa assume possuir a capacidade de desenvolvimento de

cerca de 30 projetos simultaneamente. Ressalta-se que esta possibilidade é amparada pela divisão das tarefas de cada projeto no processo, que se encontra consolidado através das adaptações recebidas durante os anos de experiência da empresa.

A estrutura de T.I. que a empresa possui, é assim distribuída:

- 08 PCs Desktop (dos quais 06 são usados diretamente no desenvolvimento do projeto);
- 01 Servidor (Conexão à Internet via cabo);
- 02 Linhas telefônicas / Fax.

Tem como principal meio de comunicação da empresa com os clientes, o uso de telefone, sendo que o e-mail encontra-se em segundo lugar. Dificilmente os clientes são recebidos no escritório e raramente os profissionais necessitam ir à obra.

A empresa usa com freqüência os softwares de CAD da empresa *Autodesk*, o *Autocad 14* e o *Autocad 2000*. Usa também softwares de simulação como o *Lúmen Micro* e outros fornecidos pelos fabricantes. Faz uso da plataforma *Windows*, operando o servidor com *Linux*, e também utiliza softwares do pacote *Office* da *Microsoft*. A empresa também possui diversas rotinas desenvolvidas em *AutoLisp* no próprio *Autocad*, como forma de agilização dos procedimentos e aumento de produtividade.

Em relação à terceirização de projetos, somente recebe este tipo de tratamento a plotagem, que inclusive faz parte da cadeia de projeto, pois o proprietário retira as pranchas diretamente no birô de plotagem, havendo um controle e sincronia entre o escritório e este parceiro.

Quanto ao desenvolvimento de trabalho colaborativo a empresa atualmente utiliza um servidor que é o arquivo local de todos os projetos desenvolvidos pelo escritório. O ambiente e a distribuição das estações de trabalho favorecem a circulação de informação entre os especialistas. Entre os engenheiros, é realizada uma reunião semanal para adequação das metas e objetivos do cronograma de entrega dos trabalhos.

Há uma experiência de trabalho colaborativo através do SADP, do Sistema “*Sistrut*”, e segundo o profissional entrevistado, para interagir com os parceiros, diversas modificações foram necessárias, tipo: adaptações de *layers*, blocos, textos, cotas, e arquivos, que tinham um padrão diferente ao já utilizado pelo escritório.

Em situações correntes, a empresa faz uso de e-mail para troca de arquivos com os parceiros, sendo este procedimento bastante comum.

A entrega dos projetos ao cliente é efetuada através do oferecimento de um arquivo (uma pasta), contendo os projetos em papel, incluindo Memorial Descritivo, orçamento (quando necessário), quantitativo de materiais e uma cópia em CD-ROM dos projetos. Embora seja entregue a cópia digital, é prática um tanto freqüente de algumas empresas contratantes voltarem a solicitar cópias impressas para o escritório. A empresa possui em organizados arquivos, os projetos realizados nos diversos anos, e que ocupa uma área de armário considerável, no ambiente de trabalho.

Destacam-se algumas situações existentes em que o projeto digital é interrompido para execução manual. Um dos casos é quando na fase de lançamento realizada pelo Engenheiro Eletricista, as anotações no projeto são realizadas sobre prancha impressa. Esta opção é justificada pelo profissional devido à dificuldade de visualização do projeto todo na tela do computador. Outro caso é quando do

quantitativo de materiais, há uma contagem sobre a prancha em papel de todos os elementos constituintes do projeto, este procedimento é justificado por ser realizada neste momento a conferência do projeto pelo profissional responsável. Ao questionar os profissionais, o porquê de em algumas situações a empresa ainda optar pelo uso de papel para registros e procedimentos, em alguns casos, os mesmos resumiram em três palavras os motivos: costume, praticidade e facilidade.

O tempo gasto na preparação do arquivo digital (dwg) é um item que foi destacado como ocorrência freqüente no processo de desenvolvimento do projeto. Uma vez que a empresa atua exclusivamente com projetos elétricos e de lógica, sempre ocorre o recebimento do projeto arquitetônico já realizado por outro profissional. A adequação deste projeto muitas vezes acarreta problemas, principalmente em relação à padronização de informações dispostas no projeto, *layers*, textos, etc...

Existem situações, como no caso da utilização do sistema *Sistrut*, em que o tempo gasto com a adaptação às padronizações existentes, foi significativo devido a diversas reformulações que se tornaram necessárias.

Alguns clientes possuem *layers* de acordo com a especificação da ASBEA, o que também implica em modificações na padronização do escritório, ou seja, eles são únicos, isso indica um tipo de problema de interoperabilidade.

Um dos maiores problemas enfrentados pelo escritório em relação aos projetos arquitetônicos, é quanto a não observação da utilização individual de *layer* por objeto, o que prejudica quando se necessita “congelar” alguns *layers*, obrigando uma modificação dos mesmos, gerando trabalho adicional. A empresa possui um padrão próprio para definição de *layers*, cotas, penas de plotagem, etc.

Um procedimento adotado no escritório para ganho de produtividade é a utilização de rotinas de comandos padronizadas pela empresa para uso no Autocad, através da modificação do arquivo *acad.pgp*, dispensando o uso de ícones. A empresa também desenvolveu rotinas internas no Autocad (em *AutoLisp*), como forma de agilizar o desenvolvimento, e também criou uma biblioteca própria de símbolos e blocos para uso no projeto. Estas rotinas têm funções diversas: Em uma delas há o auxílio para distribuição automática das luminárias em função da área a ser atendida, outra rotina identifica os circuitos existentes, compondo o somatório do Quadro de Cargas.

Alguns problemas ocorrem no processo de transferência de arquivos, pois caso não se receba a mesma versão usada no escritório do arquivo CAD, torna-se necessário fazer a conversão. Por questões de maior comodidade e costume, também devido as customizações terem sido terceirizadas (e na época foram efetuadas sobre a plataforma do *Autocad 14*), a empresa em muitos dos projetos opta por usar o *Autocad 14* e não a versão 2000. Este fato ocasiona em certos momentos a necessidade de retorno do arquivo à versão mais antiga, configurando-se em outro gênero de falta de interoperabilidade.

Alguns projetos arquitetônicos levados ao escritório em *MicroStation* (*Bentley*) ou em aplicativos do *Autocad*, ao serem transferidos em “*dxf*”, perdem a conformidade das fontes e cotas, ocasionando a necessidade de interferência no projeto para correção.

Ao utilizar softwares de simulação, há incompatibilidade no uso dos arquivos operados no *Autocad*, o que impede o aproveitamento dos mesmos. Torna-se necessário um trabalho específico de confecção de arquivo para uso naquele software.

Há também situações em que os projetos arquitetônicos, são criados por aplicativos do Autocad que têm incompatibilidades nos desenhos, quando não abertos pelo software específico em que foram criados (em alguns casos já foi utilizado o Engelétric, entre outros softwares).

3.1.2. Escritório de Projetos Estruturais

A empresa pesquisada desenvolve atividades ligadas à área de projetos estruturais há 13 anos. Tendo desenvolvido neste período cerca de 380 projetos em quase 1.500.000 m² (Um milhão e quinhentos mil metros quadrados).

Trabalham na empresa 11 pessoas, conforme apresentado abaixo:

- 03 Engenheiros Cíveis;
- 01 Engenheiro Civil - *trainee*;
- 07 Especialistas (Técnicos de nível médio);

A empresa destaca-se por possuir grande incremento de práticas inovativas e preocupação com melhorias proporcionadas pela inserção de novas tecnologias. Diversos procedimentos implementados no escritório possibilitam que a empresa (com os atuais recursos) desenvolva atualmente em média - 10 projetos concomitantemente, sendo este o limite estimado pelos administradores. A empresa tem como característica e vantagem competitiva frente à concorrência a entrega dos projetos estritamente no prazo, sendo esta característica possibilitada pelo alto grau de otimização dos procedimentos, via ferramentas computacionais.

A empresa possui controle de tempo de realização dos projetos, conferindo-lhe uma preocupação com a produtividade no processo produtivo dos mesmos.

A empresa possui 14 equipamentos PCs conectados à Internet, servidor próprio, um dos equipamentos é utilizado como *firewall*, utiliza tecnologia ADSL, possui 01 *Notebook*, e 01 *Plotter*.

Através destes recursos, a empresa tem como principal meio de comunicação com os parceiros (clientes), o uso de e-mail. Sendo que a atuação da empresa, em projetos estruturais, não fica restrita à região de Florianópolis, atuando fortemente no Estado de São Paulo, o que torna necessário um meio de comunicação ágil e de baixo custo.

A empresa utiliza o *Lotus Notes* para organização dos seus processos internos, e disponibiliza aos parceiros um ambiente web (ver figura 26) para os mesmos atualizarem, obterem, e entregarem seus projetos. Este procedimento também vem ao encontro das dificuldades que poderiam ser enfrentadas com a realização de projetos de cidades distantes (como no caso da atuação em São Paulo).

Como o projeto estrutural é intermediário ao processo total da execução do projeto de construção civil (posterior ao arquitetônico e anterior ao projeto elétrico e hidro-sanitário), o mesmo, salvo raras exceções, é entregue aos parceiros em meio digital. Ao cliente algumas vezes é entregue plotado. Embora a empresa possua um *plotter* este é um serviço terceirizado, pois o *plotter* do escritório é utilizado somente para serviços internos.

A empresa (em algumas situações) faz uso de arquivos com extensão "*dwf*" para publicação dos arquivos aos parceiros, sendo este recurso de boa aceitação

com o uso da web. A empresa utiliza prioritariamente o *Autocad* 14 para desenho, e o *Eberick* da empresa *AltoQi*, para o cálculo estrutural, e o *3D Studio Max*, para a geração de arquivos 3D. A justificativa para não ter migrado para o *Autocad* 2000, é devido às rotinas utilizadas pela empresa (criadas na versão 14 do *Autocad*), que são incompatíveis com esta versão. Uma série de procedimentos é automatizada através destas rotinas, como o cálculo e desenho de escadas, cisternas e peças especiais.

A empresa há pouco tempo disponibilizava para alguns clientes a simulação de projetos utilizando Realidade Virtual, desenvolvido pelo escritório. Esta atuação foi abandonada pela não agregação de valor ao projeto estrutural. Cabe frisar que as rotinas e as melhorias implementadas com ferramentas computacionais, são desenvolvidas no próprio escritório por um dos engenheiros, que tem tempo integral para este fim, pouco se envolvendo com o cálculo estrutural dos projetos, atuando especificamente no desenvolvimento das ferramentas computacionais.

A empresa oferece através da sua página na Internet, acesso aos parceiros para a atuação em projetos colaborativos. Sendo que a transferência de arquivos é feita através deste mecanismo web.

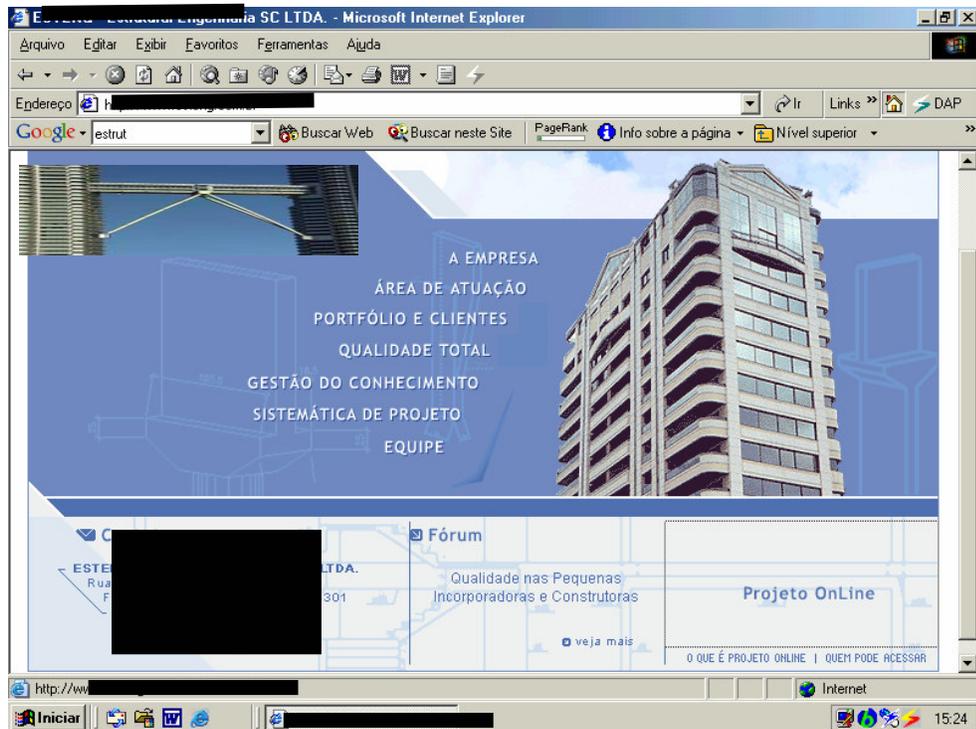


Figura 26 - Página da empresa com acesso ao “Projeto OnLine”

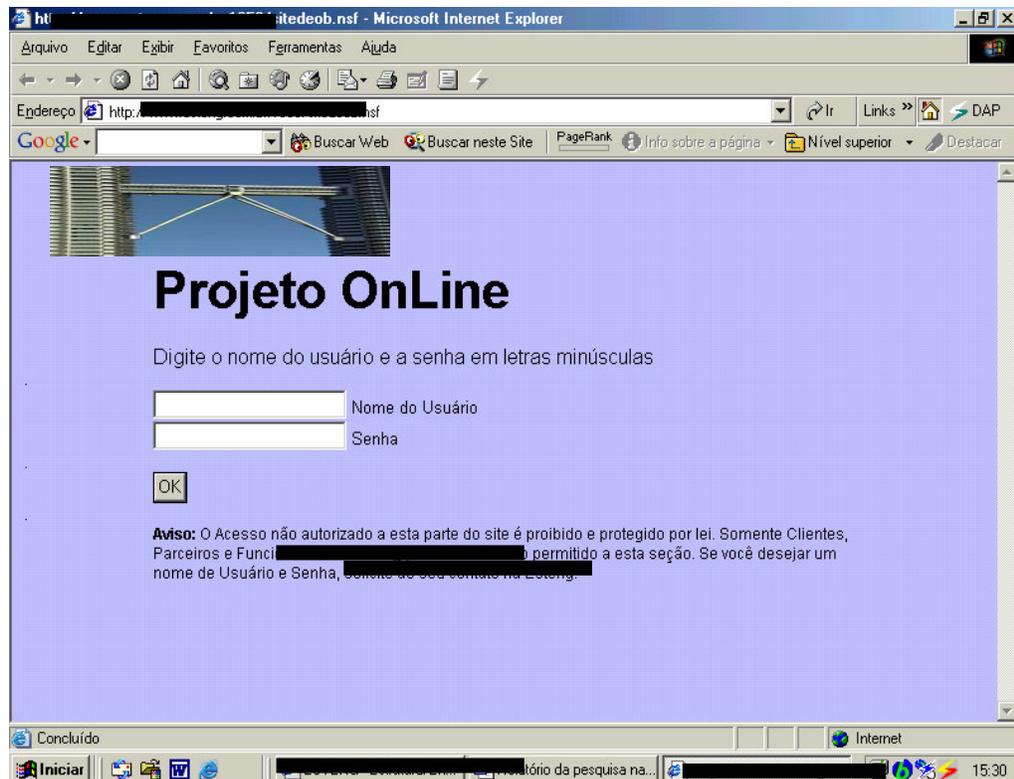


Figura 27 – Acesso para compartilhamento de projetos

No recebimento dos projetos arquitetônicos os mesmos necessitam ganhar um tratamento para eliminação de objetos e elementos não utilizáveis no projeto estrutural. Este procedimento requer um tempo, que pode ser aumentado em decorrência da incorreta utilização de *layers* (objetos distintos utilizando o mesmo *layer*), ou outros problemas relativos à falta de padronização. Este problema foi relatado pela equipe de trabalho do escritório, sendo que para solucioná-lo a empresa desenvolveu um aplicativo para modificação dos *layers* que automatiza os procedimentos, necessitando apenas um acompanhamento supervisionado do especialista que está atuando na operação.

O escritório possui um padrão de blocos, que recebem inserções com o passar do tempo de acordo com as necessidades, incorporando novos blocos aos já existentes.

A empresa utiliza projetos em 3D para buscar precisão no cálculo de volume de concreto. Através das propriedades de massa das peças, elimina a necessidade de cálculo da sobreposição de peças associadas, fazendo o procedimento de forma automatizada, via *Autocad* com associação do 3D *Studio Max*, utilizando recursos de 3D. Segundo o profissional entrevistado é possível reduzir em até 5% da quantidade de concreto de uma obra, o que no caso de uma grande obra, pode envolver um grande valor financeiro.

O quantitativo de materiais é totalmente automatizado, sendo que há integração entre o desenho e a relação de materiais gerada, não necessitando preocupação de atualização por parte do projetista, pois ela é feita concomitantemente.

A empresa destaca que não possui nenhum modo de registro interno ou de projeto que não venha a ser em meio digital. O papel é utilizado apenas para

conferência de projeto e para utilização na execução da obra. Neste sentido comprova-se que esta empresa encontra-se destacada tecnologicamente, pois a existência de empresas com estas características, não é comum no mercado, tendo destacado posicionamento em relação a inovações.

Os profissionais citaram como caso de retrabalho em projetos a não efetivação na execução do f_{ck} definido em projeto, necessitando ser verificado ou refeito o cálculo para adequação ao f_{ck} utilizado e definido pelo controle tecnológico.

3.1.3. Escritório de Projetos de Sistemas Hidro-Sanitários

A empresa de projetos hidro-sanitários desenvolve atividades ligadas a esta área da Engenharia Civil, há aproximadamente 20 anos, contabilizando em seu currículo cerca de 700 projetos já realizados.

Possui em seu quadro pessoal, a atuação de 07 profissionais, sendo que estes são responsáveis por desenvolver simultaneamente 10 projetos, sendo esta a capacidade máxima estimada pela gerência da empresa. Os colaboradores dividem-se nas seguintes especialidades:

- 02 Engenheiros Civis;
- 04 Especialistas em CAD;
- 01 Secretário Administrativo.

A empresa não possui nenhum controle de produtividade nos processos, não havendo controle do tempo dos projetos.

Quanto aos recursos de T.I., a empresa possui 06 computadores conectados à Internet, sendo dois deles via cabo. Os mesmos são utilizados também para projeto, com mais 05 equipamentos, totalizando 11 equipamentos. Possui 03 linhas telefônicas, uma delas servindo exclusivamente ao uso de fax.

Com estes recursos, o principal meio de comunicação da empresa com os clientes, é dado através do uso de telefone e e-mail.

Este escritório define como os principais softwares utilizados pela empresa, o Autocad (com aplicações de rotinas em Autolisp próprias da empresa), e as ferramentas do pacote Office da Microsoft. O Sistema Operacional utilizado é a plataforma Windows.

Os projetos são apresentados para os clientes tanto em papel, em meio digital (disquete, CD-ROM), bem como via Internet.

A empresa faz uso de e-mail para envio de arquivos para os clientes. No caso de trabalhos entregues em pranchas impressas, estas são plotadas por um serviço terceirizado (o único serviço não executado diretamente pela empresa).

A empresa além de utilizar o correio eletrônico para a troca de arquivos, em alguns casos também faz uso do sistema SADP do SISTRUT, e do sistema do escritório de projetos estruturais que em alguns projetos é parceiro desta empresa.

Ocorrem como já identificado com os outros escritórios, problemas com a “limpeza” dos arquivos, que muitas vezes trazem sobreposições de objetos por mesmos *layers*, sendo que estes em alguns projetos trazem a padronização do modelo ASBEA, embora a empresa possua um próprio modelo pré-definido.

Há alguns blocos que poderiam ser padronizados, pois são utilizados entre os parceiros, principalmente no caso dos projetos de prevenção de incêndio, quando se trata de blocos de aterramento e pára-raios, em associação com o escritório parceiro

que desenvolveu o projeto elétrico. Em outros casos, há um modelo de blocos próprio da empresa, que serve para dar um padrão nos projetos.

Em nenhum caso a empresa faz uso de visualização do projeto em 3D, e também não utiliza nenhuma situação de simulação dos eventos possíveis decorrentes dos projetos.

O quantitativo de materiais é realizado parcialmente por recursos de ferramentas computacionais. Pois o projeto de esgoto tem o quantitativo realizado automaticamente por um aplicativo desenvolvido junto ao Autocad. Já o projeto da parte hidráulica, tem seu levantamento quantitativo realizado manualmente, enquanto o projeto de prevenção de incêndio, tem o levantamento realizado de forma parcial, parte manual e parte automática.

A empresa efetua toda a parte de desenho dos projetos através de ferramentas computacionais, todas as informações são digitais, não necessitando passar por nenhum desenvolvimento em papel.

3.1.4. Escritórios de Projetos Arquitetônicos

No caso dos projetos arquitetônicos, optou-se por não trabalhar apenas com uma empresa, pois se ampliou a possibilidade de acompanhar o processo em três escritórios, que possuem características um pouco variadas entre eles.

Dividir-se-á a apresentação dos escritórios em três partes:

Escritório 1: Atua neste escritório o seguinte grupo de profissionais: 02 Arquitetos, 01 Engenheiro Civil, e três especialistas em CAD. Este escritório possui

05 computadores, conectados à Internet através de ADSL. Possui larga experiência, atua a mais de 15 anos no mercado e já executou mais de 500 projetos.

Escritório 2: Atuam neste 03 Arquitetos, um estagiário de Arquitetura, e 04 especialistas em CAD. Este escritório possui 06 computadores, sendo que 05 deles são utilizados no setor de produção de projeto. Atua a cerca de onze anos no mercado e estima ter projetado mais de 500 projetos.

Escritório 3: Atuam 02 Arquitetos com 02 especialistas em CAD (cadistas), tendo no escritório a existência de 04 computadores, a empresa estima já ter realizado cerca de 300 projetos.

Buscando-se caracterizar os três escritórios, pôde-se identificar que em todos há uma grande expectativa com as possibilidades de desenvolvimento dos sistemas ligados a T.I.. Também há um bom aproveitamento dos recursos dos softwares CAD sendo que no escritório 01 e 02, se opera com aplicativos que rodam no Autocad da Autodesk (*Arqui 3D*). Também em alguns projetos mais elaborados, há o uso do software “3D Studio”, sendo que no escritório 03, há a terceirização de projetos em que haja necessidade de uma apresentação mais elaborada, ou necessidade de visualização em Realidade Virtual.

O Escritório 01 possui experiência em trabalho colaborativo através de *extranet*, tendo também já feito uso do Sistema SISTRUT. Os dois outros não possuem experiência neste sentido, atuando apenas da forma tradicional sem o uso de ambiente virtual.

Todos os escritórios possuem uma padronização interna própria de cada um, no sentido de blocos de desenho. Apenas o escritório 01 adota a padronização da ASBEA para os layers. Justamente neste sentido, um dos escritórios relata os

problemas existentes com a padronização da espessura das penas para impressão como um problema que tem causado alguns transtornos à empresa.

Em cada escritório observou-se um modo particular de controle dos projetos. No escritório 01, o controle de andamento dos projetos é realizado através de formulário físico interno, uma espécie de planilha que tem o andamento dos processos. No escritório 02 o controle é feito por uma planilha eletrônica (Excel da Microsoft) e no terceiro escritório há uma prancha em papel afixada na parede que traz as etapas já atendidas de cada projeto, os encaminhamentos dados, e onde se encontram os documentos do projeto.

3.2. Resultados quantitativos da pesquisa

Para possibilitar uma análise entre os diversos projetos, utilizou-se como padrão, projeto de edificações multifamiliares de 12 pavimentos. Desta forma, buscou-se coletar dentro da execução deste tipo similar de projeto as perdas existentes no processo de confecção do mesmo em suas diversas modalidades (estrutural, elétrico, hidro-sanitário, arquitetônico). No caso dos resultados dos escritórios de projetos arquitetônicos, realizou-se uma média com os dados encontrados em cada um dos escritórios. Buscou-se trabalhar com projetos que não tivessem muita disparidade, seja no seu uso, na área, n^o de pavimentos, grau de complexidade, enfim, fez-se uma seleção dos projetos que tinham alguma compatibilidade, dentro dos apresentados pelo escritório.

Pela dificuldade encontrada em se realizar o acompanhamento em alguns projetos, que demoravam alguns dias para seu desenvolvimento, incorporou-se

como elementos para a pesquisa os dados médios do tempo despendido em cada situação, que foram informados pelos profissionais nas entrevistas realizadas. Muito próxima da metodologia utilizada por BRUNNERMEIER e MARTIN (2002), junto a cadeia produtiva da indústria automobilística americana, nesta etapa, (que no caso da cadeia automotiva foi chamada de “avaliação custo agregado”), buscou-se junto aos responsáveis técnicos da empresa a informação histórica estimativa, a respeito de todos os componentes de custos surgidos pela falta de interoperabilidade no processo.

Definiu-se uma classificação para os tipos de custos de interoperabilidade: transferência dos dados, interrupção de projetos, mitigação, e outros, (específicos para cada caso, ou tipo de projeto).

a) Transferência de dados: Os custos provenientes da transferência dos dados, são comumente detectados no início do trabalho, pois derivam de problemas com uso do arquivo, e em muitos casos necessitam de uma nova transferência, acarretando atraso no início do processo. Há ainda casos durante o processo, que se verificados em tempo ainda podem ser corrigidos;

b) Mitigação: Estes custos consistem em recursos necessários para corrigir os problemas causados por falta de interoperabilidade após eles já terem ocorrido. Casos em que a tradução de dados entre softwares parceiros não pôde ser executada ou a reentrada de dados necessita ser feita manualmente, obrigam a contabilização de um custo extra no processo do projeto;

c) Interrupção: As situações que necessitam de deslocamento do projeto (ou projetista) da ferramenta que estava sendo utilizada, necessitando a paralisação do

trabalho. Dentro deste item podem ser incluídos: Detalhamentos, Revisão de projetos, Refinamento (cálculos, criação de blocos e *layers*), simulações, etc.

d) Outros: Aqueles custos que não se enquadram perfeitamente nos já definidos, têm neste espaço sua classificação. Já que uma série de outros custos de ocorrência eventual pode surgir no decorrer de pesquisas deste formato. Por exemplo, no caso de um projeto necessitar ser paralisado para dar lugar a outra atividade.

Abaixo são apresentados os quadros síntese de cada uma das modalidades de projeto, sendo que na seqüência também é apresentado um “quadro síntese geral”, que possibilita verificar a informação da perda média com interoperabilidade, entre os escritórios pesquisados. O tempo despendido e o tempo de execução do projeto foram ajustados em função das informações prestadas pela entrevista estruturada realizada junto aos profissionais.

Tipo de Projeto	Tipo de custos com Interoperabilidade	Tempo despendido* (horas)	Tempo de execução do projeto (horas)	Percentual de perda (%)
Projeto Estrutural	Transferência	4 h	160 h	2,5
	Mitigação	9 h	160 h	5,6
	Interrupção	9 h	160 h	5,6
	Outros	4 h	160 h	2,5
TOTAL DE PERDAS NO PROJETO			= 16,20 %	

* O tempo despendido é dado em horas efetivamente trabalhadas

Quadro 11 - Perda percentual devido a interoperabilidade - Projeto Estrutural

Tipo de Projeto	Tipo de custos com Interoperabilidade	Tempo despendido* (horas)	Tempo de execução do projeto (horas)	Percentual de perda (%)
Projeto Elétrico	Transferência	4 h	128 h	3,12
	Mitigação	8 h	128 h	6,25
	Interrupção	8 h	128 h	6,25
	Outros	4 h	128 h	3,12
TOTAL DE PERDAS NO PROJETO				= 18,74 %

* O tempo despendido é dado em horas efetivamente trabalhadas

Quadro 12 - Perda percentual devido a interoperabilidade - Projeto Elétrico

Tipo de Projeto	Tipo de custos com Interoperabilidade	Tempo despendido* (horas)	Tempo de execução do projeto (horas)	Percentual de perda (%)
Projeto Hidro-Sanitário	Transferência	8 h	160 h	5,0
	Mitigação	8 h	160 h	5,0
	Interrupção	12 h	160 h	7,5
	Outros	10 h	160 h	6,25
TOTAL DE PERDAS NO PROJETO				= 23,75 %

* O tempo despendido é dado em horas efetivamente trabalhadas

Quadro 13 - Perda percentual devido a interoperabilidade - Projeto Hidro-Sanitário

Tipo de Projeto	Tipo de custos com Interoperabilidade	Tempo despendido* (horas)	Tempo de execução do projeto (horas)	Percentual de perda (%)
Projeto Arquitetônico	Transferência	10 h	200 h	5,0
	Mitigação	15 h	200 h	7,5
	Interrupção	18 h	200 h	9,0
	Outros	20 h	200 h	10,0
TOTAL DE PERDAS NO PROJETO				= 31,50 %

* O tempo despendido é dado em horas efetivamente trabalhadas

Quadro 14 - Perda percentual devido a interoperabilidade - Projeto Arquitetônico

Modalidade de projeto	Percentual de perda individual por projeto (%)	Geral
Arquitetônico	31,50	22,55 %
Hidro-Sanitário	23,75	
Elétrico	18,74	
Estrutural	16,20	

Quadro 15 – Perda percentual devido a Interoperabilidade nas diversas modalidades

A média encontrada como resultante entre os escritórios de projeto chegou a um percentual aproximado de 22%. Este resultado chama atenção para as possibilidades de melhoria de produtividade que pode ser buscada pelo setor, pois muito embora a investigação pautou-se em um período de tempo (até certo ponto

curto, devido às circunstâncias da tese) e com apenas alguns projetos realizados pelo escritório, é relevante destacar que existe uma freqüência entre os tipos de problemas existentes. Esta margem de perdas, localizada acima de 20%, pode-se afirmar como um valor estimativo médio que não pretende fixar com números exatos a perda, mas chamar atenção para os problemas gerados por interrupção em projetos e a falta de interoperabilidade, que podem muito bem ser ainda maior. Pois em todos os momentos tomou-se cuidado em manter-se fiel às informações, e em caso de algum conflito, a iniciativa sempre se pautou em usar os valores menores. Analisando os resultados, observou-se que este valor deve mesmo balizar as discussões sobre as perdas percentuais, pois já é conceituada entre a bibliografia internacional uma possível perda próxima de 30% (LATHAM, 1994).

Com estes dados é possível se realizar um cálculo de perdas monetárias, sendo estimado em função da movimentação financeira gerada pelo setor, distinguindo-se o subsetor de projetos. Embora um cuidado muito grande neste sentido deve ser tomado pois a existência de uma série de fatores complexos, pode acarretar significativas divergências. Sem este intento específico, o trabalho visa principalmente servir como elemento instigador para o empenho no desenvolvimento de pesquisas que visem a solução dos problemas da falta de interoperabilidade e interrupções diversas em projetos.

3.3. Problemas detectados na integração entre os projetos

Identificou-se através da pesquisa, uma série de problemas existentes na integração entre os projetos, necessitando a interrupção deste para a realização de

comunicação entre os parceiros, gerando custos de mitigação. Da apuração realizada foi possível detectar a interferência entre os agentes participantes e esta informação é importante, pois comprova situações de projeto onde há necessidade da integração entre os agentes.

Usou-se uma entrevista estruturada junto aos responsáveis técnicos dos escritórios para identificar quais eram as principais situações de interferência que estes tinham em relação aos demais agentes participantes do processo.

Identificou-se um alto grau de interdependência entre os projetos, o que identifica a necessidade de circulação da informação (atualizada) para todos os envolvidos, dirimindo assim casos de reposição de trabalho já realizado.

Apresentam-se situações colhidas através da pesquisa, onde as mesmas são divididas nas quatro modalidades de projeto que foram investigados, identificando qual projeto está relacionado com este na situação de interferência identificada.

a) Modalidade de Projeto Investigado: **ESTRUTURAL**

- Projeto(s) Atingido(s): Projeto Hidro-Sanitário, Elétrico e Arquitetônico;

Situação de interferência: Modificação da seção de elementos estruturais.

- Projeto(s) Atingido(s): Projeto Arquitetônico;

Situação de interferência: Modificação da localização de pilares.

- Projeto(s) Atingido(s): Projeto Arquitetônico;

Situação de interferência: Não uso de seções pré-dimensionadas.

- Projeto(s) Atingido(s): Projeto Hidro-Sanitário, Elétrico e Arquitetônico;

Situação de interferência: Necessidade da criação posterior de um elemento estrutural.

b) Modalidade de Projeto Investigado: **ARQUITETÔNICO**

- Projeto(s) Atingido(s): Projeto Hidro-Sanitário, Elétrico e Estrutural;

Situação de interferência: Mudança dimensional de ambientes ou cotas.

- Projeto(s) Atingido(s): Projeto Estrutural, Elétrico e Hidro-Sanitário;

Situação de interferência: Modificação do pé direito de um ambiente.

- Projeto(s) Atingido(s): Projeto Estrutural;

Situação de interferência: Alteração da fachada da Edificação.

- Projeto(s) Atingido(s): Consolidação de projeto em 3D;

Situação de interferência: Inadequação dos degraus de escadas.

c) Modalidade de Projeto Investigado: **HIDRO-SANITÁRIO**

- Projeto(s) Atingido(s): Estrutural;

Situação de interferência: Passagem de tubulação pelo elemento estrutural.

- Projeto(s) Atingido(s): Estrutural;

Situação de interferência: Modificação das dimensões das peças utilizadas.

- Projeto(s) Atingido(s): Elétrico;

Situação de interferência: Necessidade de passagem de tubulação horizontal em parede.

d) Modalidade de Projeto Investigado: **ELÉTRICO**

- Projeto(s) Atingido(s): Estrutural;

Situação de interferência: Modificação da localização do Quadro de Disjuntores (com a chegada de grande número de circuitos).

- Projeto(s) Atingido(s): Estrutural, Arquitetônico;

Situação de interferência: Definição do Quadro de Distribuição.

- Projeto(s) Atingido(s): Hidro-Sanitário;

Situação de interferência: Passagens de tubulações em áreas molhadas.

- Projeto(s) Atingido(s): Lógica;

Situação de interferência: Utilização de pontos comuns de conexão com interruptores.

Cabe aqui uma consideração. Muito embora seja possível uma inúmera quantidade de outras situações, estas interferências detectadas possibilitam a investigação na criação de um protocolo mínimo para a comunicação entre os parceiros, para solucionar no menor tempo possível o problema detectado. Vem ao encontro do esforço que o trabalho se propôs realizar, que é de solucionar problemas de interoperabilidade e integração em projetos de edificações.

3.3.1. Síntese dos problemas detectados

Embora o foco do trabalho na implementação da investigação e da solução do problema, tenha se concentrado especificamente para a área de projetos, esta atitude é plenamente justificada principalmente por ser lá o início de todo o processo da construção, e que a partir deste processo gera inúmeros movimentos em toda a cadeia produtiva.

Identificou-se na pesquisa junto aos escritórios de projetos, um alto grau de interdependência nos projetos e entre os parceiros que se envolvem no desenvolvimento de projetos para edificações.

Não há um padrão entre as situações ocorridas entre os parceiros, pois neste caso, permitiria uma ação única para solução para o problema. Os casos que necessitam interrupção do projeto com troca de informação entre os participantes, são diversos, podendo em alguns casos ocorrer entre apenas dois parceiros, e em outros casos trazer um número maior de envolvidos.

Há também inúmeras situações identificadas entre os parceiros, que advém da falta de interoperabilidade entre os softwares utilizados. O software CAD, por ser a ferramenta de uso comum entre os agentes pesquisados, tem uma série de inconveniências no tocante aos dados transferidos, necessitando soluções que venham diminuir as perdas de produtividade. Entre os problemas cita-se: O uso do padrão DXF, que não oferece resultados adequados para transferência de arquivos (com a perda de informações); a utilização de padrões próprios do escritório, em vez do uso de padronizações já instituídas, como por exemplo, a padronização de *layers* e diretórios da ASBEA; a dificuldade de utilizar arquivos CAD diretamente em softwares de simulação que tem distanciado esta aplicação que teria muito a contribuir nas soluções de projeto. Enfim, são inúmeros os problemas detectados na pesquisa. Neste momento tentar-se-á agrupá-los de uma forma mais consistente.

É possível criar uma divisão entre os problemas detectados e classificá-los em três grandes grupos: Problemas com transferência da informação, problemas de integração e problemas ligados à falta de interoperabilidade.

No quadro 16, identificam-se os problemas encontrados, sendo que os mesmos possuem uma forte relação, no sentido de necessitarem de soluções muito próximas, quase sempre ligadas à necessidade de padronização ou melhoria na informação e comunicação, de alguma forma. Destes problemas detectados uma grande parte tem solução na implementação de soluções através de T.I..

SÍNTESE DOS PROBLEMAS DETECTADOS
FALTA INTEROPERABILIDADE
Existência de diferentes softwares entre os parceiros
Falta de padronização de instrumentos de trabalho em CAD (layers, blocos, etc)
Uso de versões diversas entre os parceiros
Inexistência de transferência eletrônica automática a partir do projeto
Incompatibilidade entre os tipos de arquivos eletrônicos usados entre os parceiros
Perda de dados na conversão de arquivos
Necessidade de tarefas manuais
Falta de reciprocidade no tipo dos dados entre os parceiros
Uso de padrão não comum entre os agentes (padrão próprio somente do escritório)
TRANSFERÊNCIA DE INFORMAÇÃO ENTRE OS AGENTES
Falta de um ambiente (canal) de comunicação (padrão) entre os agentes
Falta de registro de informações para futuras conferências
Perda de informação durante o processo
Uso de meios informais para comunicação
Informação distorcida em projetos que tem diversos envolvidos
INTEGRAÇÃO DE PROJETOS
Alto grau de interdependência entre os projetos
Necessidade de intervenção de parceiros para solucionar problemas
Inexistência de um coordenador fixo para o projeto (assumindo diferentes agentes para situações próximas)
Múltiplos agentes atuando ao mesmo tempo gerando problemas de organização
Falta de instrumento de revisão e compatibilidade de projetos (com o uso de 2D)
Pouca utilização de simulações em projetos

Quadro 16 - Síntese dos problemas detectados

4. IMPLEMENTAÇÃO DE UMA SOLUÇÃO COM IFC/XML

Os principais agentes na cadeia fazendo parte de um mesmo ambiente e realizando troca de informações e dados somente por meios digitais, configura-se como sendo um cenário realizável em curto prazo. É sobre esta situação que muitos dos problemas que são detectados atualmente devem ser corrigidos. Cita-se a necessidade de especificação de todos os produtos e processos e a criação de uma ferramenta para adequação sintática e semântica das informações.

Para se efetivar procedimentos que venham colaborar na criação de um Modelo Integrado Interoperável, é que se buscou a realização da pesquisa junto aos escritórios de projeto na região de Florianópolis (SC). Estes escritórios possuem uma distância tecnológica em relação ao Modelo imaginado. Nem por isso se tornam menos importantes para a pesquisa, pois possuem um destacado posicionamento em relação ao restante dos escritórios do mercado, principalmente no sentido do uso de tecnologias.

Desta pesquisa realizada nestes escritórios, é que se parte então para apresentar através de um pequeno protótipo uma solução para a diminuição nos problemas detectados, sejam eles de interoperabilidade, integração ou transferência de informação.

Para o caso de interoperabilidade entre sistemas, se definiu o uso de arquivos IFC como solução, ocorrendo a transferência através de uma linguagem texto que se torna compatível com qualquer software que faça a devida importação/exportação. Há situações em que somente este dispositivo não é suficiente, é o caso quando há a necessidade em que a informação não retorne como um objeto de desenho, mas

sim seja convertida em linguagem natural em uma informação textual. Algumas experiências estão sendo realizadas no mundo no sentido de padronizar os vocabulários que utilizam IFC e XML (conforme será visto mais adiante), com o intuito de se consolidar a extração da informação do projeto em forma de textos para serem utilizados em diversos produtos, sejam eles, de orçamento, memorial descritivo, etc.

Nesta solução que ora é apresentada, busca-se além de ratificar o uso do IFC como padrão para interoperabilidade em projetos, explorar as qualidades interoperáveis da linguagem XML, bem como aplicar a solução às situações identificadas na pesquisa junto aos escritórios de projetos.

No protótipo implementado é possível ocorrer a inserção de informações dentro do próprio projeto (dentro do desktop do CAD), que serão posteriormente repassadas a um ambiente Web. Com esta transferência automática de dados, permite-se dirimir as situações de paralisação de projeto, sendo que o uso das informações pode ter fins diversos entre os parceiros, entre os quais: informar problema a ser solucionado, questionar situações adotadas, gerar quantitativos específicos, enfim, inúmeras oportunidades que necessitem de informação do projeto e necessitem ser integradas e disponibilizadas entre os parceiros. Esta opção é, sem dúvida uma contribuição significativa para o processo de projeto que tem então a possibilidade de troca de informações, já a partir do projeto CAD, sendo estes dados transformados em IFC e repassados com uso da linguagem XML para um ambiente *web*.

Na figura 28, se apresenta de forma elucidativa o modelo integrado interoperável, confrontando-se com a situação investigada. Sendo que no contexto, buscou-se equacionar os problemas existentes, buscando almejar as condições

ideais, que culminaria no atendimento às condições para ir ao encontro desta proposição.

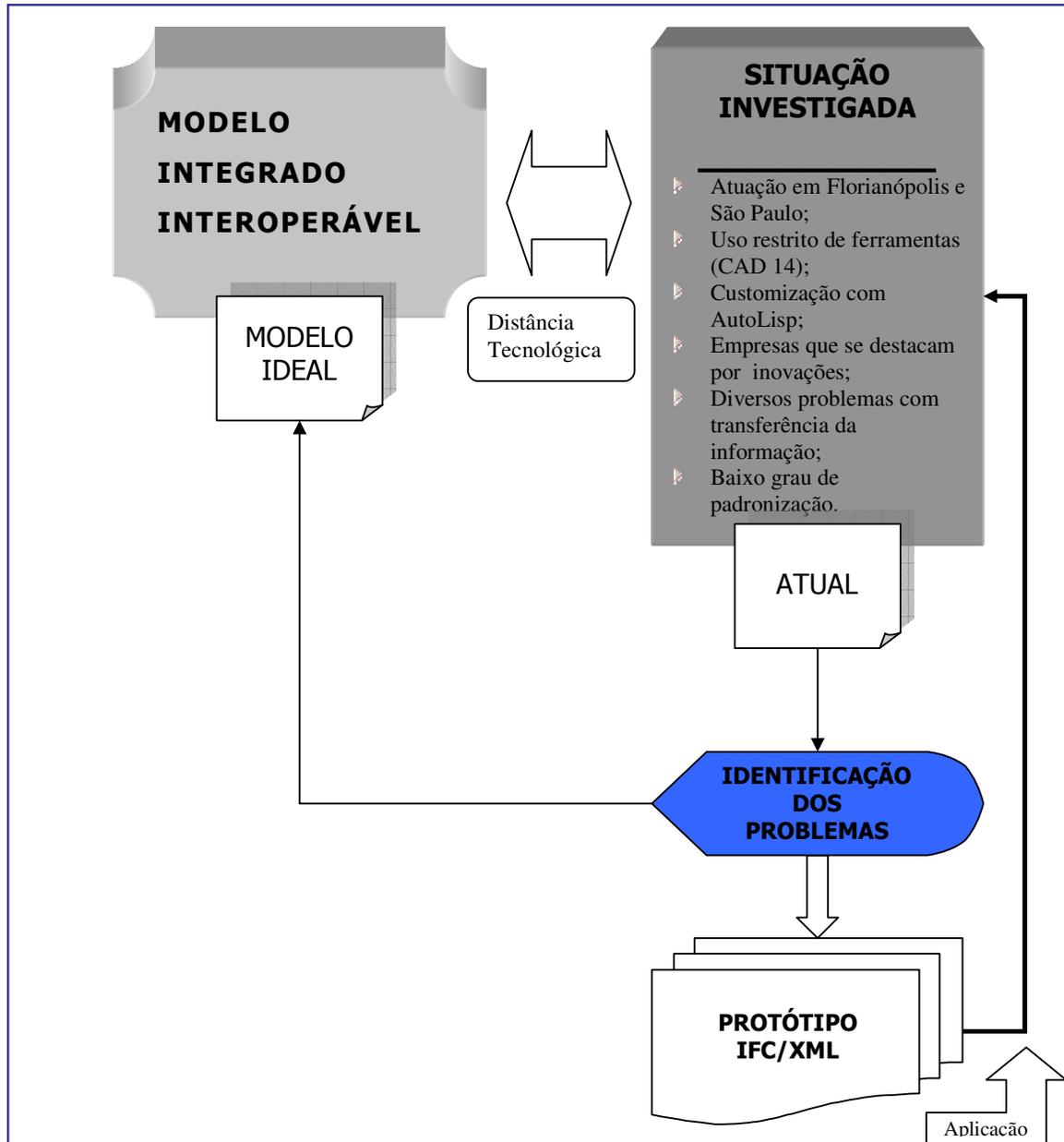


Figura 28 – Concepção da pesquisa resultando na implementação IFC/XML
Fonte: Desenvolvido pelo autor

Da pesquisa realizada nos escritórios, observou-se que para integração das informações e compartilhamento destas junto aos parceiros ou interessados, torna-se necessário fixar um padrão de protocolo para que haja uma compatibilidade entre os dados dos diversos agentes do setor. Coletou-se através das entrevistas junto aos especialistas, alguns itens indispensáveis para a transferência de informação entre os agentes quando da ocorrência de interferência entre os projetos, sendo definidos os seguintes itens:

- Nome do Projeto: A informação a respeito de qual projeto está se tratando é essencial de forma que haja uma imediata identificação do projeto em questão;
- Modalidade de Projeto: O projeto a que se refere à informação (estrutural, elétrico, arquitetônico, etc), também se torna um elemento de ajuda no momento em que se buscam informações sobre a situação ocorrida;
- Dados de localização no projeto: Para se situar a respeito da posição no projeto em que se refere à informação, as coordenadas podem colaborar significativamente como de forma de localizar o elemento na planta (ou objeto projetado), principalmente quando associados a algum software de visualização (ex: *Visio da Microsoft*);
- Dados de desenho: Os dados de desenho podem trazer informações a respeito de uma peça (se for o caso), podem trazer o nome do bloco (desenho) que se está informado, ou ainda outros dados de identificação;
- Localização Geral: Informações da prancha a que se refere a situação;
- Informações complementares: São informações que visam através de algum texto trazer as informações necessárias à alguma solução;

- Prazo de resolução: A respeito da necessidade da solução da interferência, o prazo pode ser fundamental para os encaminhamentos futuros do projeto.
- Identificação de envio: Uma identificação para o agente que está enviando o protocolo do projeto torna-se necessária, para que o retorno e o registro sejam facilitados.

Para propiciar a efetivação de um exemplo concreto do estudo, foram definidos alguns objetos extraídos do projeto para que fossem apresentados os atributos e fossem definidos os protocolos necessários para a transferência da informação. Pensou-se em buscar objetos de diferentes níveis de sistemas para se ter um grupo aleatório, sem se ter uma concepção somente, pelo contrário abrangendo um conjunto de situações.

Os objetos definidos foram: porta, janela, parede, estrutura e tubulação. Cada um destes objetos foi definido através de um protocolo, composto de cinco classes de atributos (estruturados a partir da entrevista junto aos especialistas), de tal forma que as informações destas classes pudessem conter os valores de atributos necessários para a transferência da informação. Os cinco tipos de classes de atributos definidos para este trabalho são: Elementos de desenho, Propriedades físicas do material, especificação do sistema construtivo, informação para a gestão de interferências no projeto e dados gerais do projeto.

Muitos dos atributos utilizados já são extraídos automaticamente através do software *Architectural Desktop*, utilizado como ferramenta de CAD para a geração dos objetos de desenho. Nos quadros dos objetos abaixo, é possível identificar quais são os atributos já existentes, e quais foram sugeridos pelo trabalho realizado com base na pesquisa. Torna-se possível com a fixação deste protocolo uma

padronização da geração da informação, salientando-se que para esta padronização ganhar representatividade, é indispensável a participação dos agentes da cadeia produtiva na sua consolidação.

OBJETO 1:

PORTA				
Atributos de desenho	Propriedades físicas do elemento	Especificação e Sistema Construtivo	Atributos para a gestão de interferências no projeto	Atributos gerais do projeto
Cor do layer*	Largura*	Tipo	Observação n ^o	Nome projeto
Nome do layer*	Altura*	Padrão	Autor	Tipo do Projeto
Tipo da linha*	Espessura*	Cor	Interferências	Autor
Escala da linha*	Massa	Código	Prancha	
Espessura linha*		Descrição*	Prazo resolução	
Padrão de plotagem*		Preço		
Situação em x*				
Situação em y*				
Situação em z*				
Rotação*				
Elevação*				
% de abertura no desenho*				
Largura de inserção na parede*				
Hyperlink*				
* Elementos gerados pelo Architectural Desktop				

Quadro 17 – Geração de atributos do objeto “PORTA”

OBJETO 2:

JANELA				
Atributos de desenho	Propriedades físicas do elemento	Especificação e Sistema Construtivo	Atributos para a gestão de interferências no projeto	Atributos gerais do projeto
Cor do layer*	Largura*	Tipo	Observação n ^o	Nome projeto
Nome do layer*	Altura*	Padrão	Autor	Tipo do Projeto
Tipo da linha*	Espessura*	Cor	Interferências	Autor
Escala da linha*	Massa	Código	Prancha	
Espessura linha*		Descrição*	Prazo resolução	
Padrão de plotagem*		Preço		
Situação em x*				
Situação em y*				

Situação em z*				
Rotação*				
Elevação*				
Peitoril*				
% de abertura no desenho*				
Largura de inserção na parede*				
Hyperlink*				
* Elementos gerados pelo Architectural Desktop				

Quadro 18 – Geração de atributos do objeto “JANELA”

OBJETO 3:

PAREDE				
Atributos de desenho	Propriedades físicas do elemento	Especificação e Sistema Construtivo	Atributos para a gestão de interferências no projeto	Atributos gerais do projeto
Cor do layer*	Espessura*	Tipo	Observação n ^o	Nome projeto
Nome do layer*	Altura*	Padrão	Autor	Tipo do Projeto
Tipo da linha*	Comprimento*	Cor	Interferências	Autor
Escala da linha*	Massa	Código	Prancha	
Espessura linha*		Descrição*	Prazo resolução	
Padrão de plotagem*		Preço		
Ponto inicial em x*				
Ponto inicial em y*				
Ponto inicial em z*				
Ponto médio em x*				
Ponto médio em y*				
Ponto médio em z*				
Ponto final em x*				
Ponto final em y*				
Ponto final em z*				
Rotação*				
Elevação*				
Justificado (direita)*				
Ajustado cantos e sobreposições*				
Hyperlink*				
* Elementos gerados pelo Architectural Desktop				

Quadro 19 – Geração de atributos do objeto “PAREDE”

OBJETO 4:

ESTRUTURA				
Atributos de desenho	Propriedades físicas do elemento	Especificação e Sistema Construtivo	Atributos para a gestão de interferências no projeto	Atributos gerais do projeto
Cor do layer*	Espessura*	Tipo	Observação n ^o	Nome projeto
Nome do layer*	Altura*	Padrão	Autor	Tipo do Projeto
Tipo da linha*	Comprimento*	Cor	Interferências	Autor
Escala da linha*	Massa	Código	Prancha	
Espessura linha*		Descrição*	Prazo resolução	
Padrão de plotagem*		Preço		
Ponto inicial em x*				
Ponto inicial em y*				
Ponto inicial em z*				
Ponto final em x*				
Ponto final em y*				
Ponto final em z*				
Rotação*				
Elevação*				
Justificado (direita)*				
Ajustado cantos e sobreposições*				
Hyperlink*				

* Elementos gerados pelo Architectural Desktop

Quadro 20 – Geração de atributos do objeto “ESTRUTURA”

OBJETO 5:

TUBULAÇÃO				
Atributos de desenho	Propriedades físicas do elemento	Especificação e Sistema Construtivo	Atributos para a gestão de interferências no projeto	Atributos gerais do projeto
Cor do layer*	Espessura*	Tipo	Observação n ^o	Nome projeto
Nome do layer*	Altura*	Padrão	Autor	Tipo do Projeto
Tipo da linha*	Comprimento*	Cor	Interferências	Autor
Escala da linha*	Massa	Código	Prancha	
Espessura linha*		Descrição*	Prazo resolução	
Padrão de plotagem*		Preço		
Situação em x*				
Situação em y*				
Situação em z*				
Rotação*				
Elevação*				
Hyperlink*				

* Elementos gerados pelo Architectural Desktop

Quadro 21 – Geração de atributos do objeto “TUBULAÇÃO”

Ao realizar as entrevistas com os profissionais, se formulou um protocolo mínimo para ser utilizado quando da geração de informações a partir da ferramenta CAD. Foram prestadas informações aos entrevistados dos procedimentos de inserção de informações para serem geradas automaticamente. Os mesmos informaram então quais seriam as mínimas informações que deveriam estar contidas neste protocolo, para que a comunicação entre os envolvidos se desse de forma adequada. Abaixo é apresentado um exemplo de protocolo mínimo, montado em decorrência dos elementos apresentados pelos profissionais quando da entrevista, como sendo os dados mínimos que deveriam constar quando da transferência de uma informação em decorrência de um problema existente no projeto.

Nome do Projeto	Modalidade de Projeto	Coord.	Dados de desenho Altura/Comprimento / Largura	Localização/ Prancha	Informação complem.	Prazo p/ Solução
(Edifício Exemplo)	(Estrutural)	(X)	(Altura)	(E2)	(Verificar a situação da tubulação)	(set./03)
		(Y)	(Comprimento)			
		(Z)				
Enviado por: (Identificação do envio)						

Quadro 22 – Protocolo mínimo de transferência obtido de informações dos especialistas

Este quadro não se obriga a ter estes elementos apresentados de forma única, pois em caso de situações diferenciadas, é possível a inserção ou modificação de outros dados para fazerem parte do mesmo.

Partindo da situação dos escritórios de projeto, onde se observou em uma série de momentos, situações existentes em projeto, que poderiam ser solucionadas com a troca de informação entre os agentes, houve a determinação em formular uma sugestão para melhoria destas situações, fazendo uso dos recursos que se apresentam com a evolução das ferramentas computacionais.

Observa-se que para solucionar grande parte das situações de projeto, seria importante possibilitar a comunicação já naquela fase. Portanto a utilização de objetos que possibilitem a inserção de informações, representa uma que vai além da maneira de atuação que se tem hoje nos escritórios de projeto.

Um relacionamento entre os agentes envolvidos no processo de projeto através de ferramentas computacionais, poderá contribuir em muito na resolução dos problemas de comunicação e informação.

Para viabilizar tecnicamente esta possibilidade, a pesquisa então se direciona para o intercâmbio de dados sintáticos e semânticos a partir do projeto como forma de possibilitar avanços no sentido de tornar virtual alguns procedimentos, sendo estes: de comunicação, transferência de dados, compatibilização de arquivos, etc.

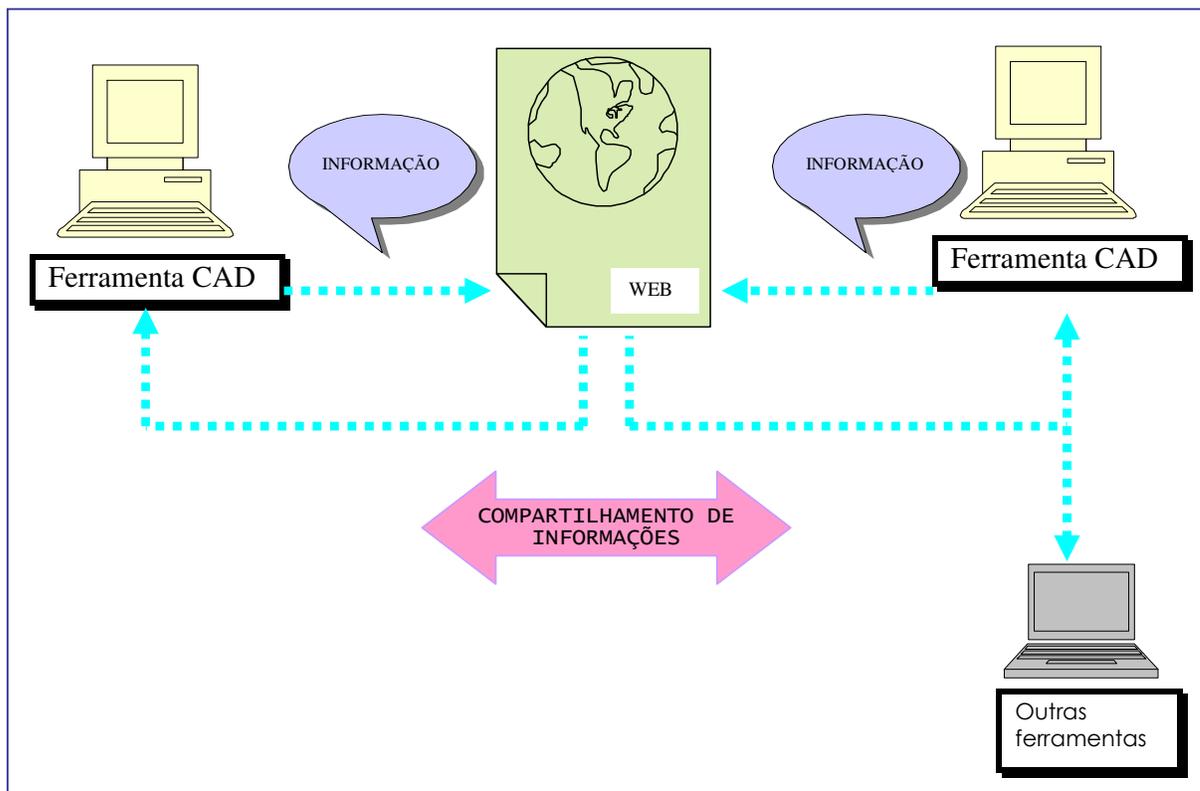


Figura 29 – Um ambiente virtual de troca de informação - a Web
Fonte: Desenvolvido pelo autor

As informações introduzidas no projeto CAD podem ser compartilhadas com outros agentes de projeto, utilizando-se como ambiente virtual a *Web*, tanto para a troca, como circulação da informação. Com a fixação desta diretriz que se auto-sustenta pelas inúmeras vantagens e facilidades já apresentadas no transcórrer deste trabalho, pauta-se então por implementar uma solução que torne possível este compartilhamento interoperável de dados entre os participantes de um projeto.

O intercâmbio de dados a partir do projeto é uma questão importante para o desenvolvimento de novas soluções na integração dos processos e na resolução de problemas de comunicação. É um desafio bastante grande a ser vencido, principalmente pela quantidade de informações geradas pelo setor e seus diversos agentes, cada qual com uma série de especificidades, produtos e processos. Além disso pela combinação destes fatores, com a possibilidade da existência de problemas de interoperabilidade entre os sistemas concebidos com a finalidade de armazenar, visualizar e gerenciar o manuseio destes dados.

Entre outros problemas que podem ocorrer estão a distorção de dados e a perda de informação, além da incompatibilidade existentes entre os dados pré-concebidos e definidos através de distintos vocabulários não padronizados entre os diversos agentes.

Neste sentido uma abordagem básica para intercâmbio de dados de projeto, é a possibilidade de gerar conversões sintáticas diretas, realizando a tradução de arquivos IFC, extraídos do projeto. Neste caso, o trabalho é facilitado pela geração de arquivos com formato de exportação *ASCII* de fácil legibilidade, o que permite a conversão de dados a partir dos atributos IFC, já pré-determinados. Não há então como exaltar a utilidade e necessidade que os arquivos IFC (que correspondem a textos estruturados) terão sobre a implementação de soluções ligadas à

transferência de informações, seja no âmbito de interoperabilidade entre softwares, seja no uso de ambientes (virtuais) *web*.

Os formatos de intercâmbio podem ser configurações documentadas, nas quais o sistema organiza os dados em formato de exportação, facilitando a leitura por outro sistema e possibilitando uma conversão sintática. Desta conversão abre-se a possibilidade de internamente neste formato de intercâmbio, estarem informações de comunicação e relacionamento, também codificadas através do IFC.

Abaixo se apresenta o formato de dados extraídos de um projeto de CAD (dwg) do *Architectural Desktop* – ADT, transformado em arquivo de extensão IFC.

```
ISO-10303-21;
HEADER;
FILE_DESCRIPTION(('IFC 1.5 Exchange File'),'2;1');
FILE_NAME('ADT.dwg','2001-06-27T13:47:43',('Anyone'),('Autodesk'),'0.9 -
IFC Step Toolbox Version 1.5.1'),'AutoCAD','AutoCAD');
FILE_SCHEMA(('IFC151'));
ENDSEC;
DATA;
#1=IFCAUDITTRAIL(993646062,$,0,$,0,$,0,());
#2=IFCOWNERHISTORY(0,0,'AecIfcUtility','UNSPECIFIED',#1);
#4=IFCPERSON('Anyone',$,$,$,$,(),());
#16=IFCNOTATIONFACET('NotationString',$);
#17=IFCCLASSIFICATIONNOTATION((#16));
#18=IFCCLASSIFICATION('WallMaterial',$,#17,'Brick',$);
#19=IFCCLASSIFICATIONLIST((#18),1);
#24=IFCAUDITTRAIL(993646062,$,0,$,0,$,0,());
#25=IFCOWNERHISTORY(0,0,'AecIfcUtility','UNSPECIFIED',#24);
#27=IFCAUDITTRAIL(993646062,$,0,$,0,$,0,());
#28=IFCOWNERHISTORY(0,0,'AecIfcUtility','UNSPECIFIED',#27);
#29=IFCRELCONTAINS('*&QEKYQ>/O0RXYK45Q,$',#28,(),.F.,.F.,#22,(#26),.PROJECT
CONTAINER.,.T.);
#34=IFCAUDITTRAIL(993646062,$,0,$,0,$,0,());
#35=IFCOWNERHISTORY(0,0,'AecIfcUtility','UNSPECIFIED',#34);
#36=IFCRELCONTAINS('*&QENYQ>/O0RXYK45Q,$',#35,(),.F.,.F.,#26,(#33),.SITECON
TAINER.,.T.);
#43=IFCAUDITTRAIL(993646062,$,0,$,0,$,0,());
#44=IFCOWNERHISTORY(0,0,'AecIfcUtility','UNSPECIFIED',#43);
#3=IFCPROJECTAPPREGISTRY((#5));
#5=IFCREGISTEREDAPPLICATION('','AutoCAD',#4);
#6=IFCPROJECTTEAMREGISTRY((#9));
#7=IFCPERSON('Anyone',$,$,$,$,(),());
#9=IFCPERSONANDORGANIZATION(#7,#8,());
#8=IFCORGANIZATION('Autodesk',(),(),$);
.. (o arquivo não é concluído aqui. Por questões de espaço, foi interrompido nesta linha).
```

Figura 30 – Arquivo texto de extensão IFC gerado a partir de um projeto CAD

Para que se proceda a utilização dos dados gerados a partir do projeto CAD em outros aplicativos, torna-se necessário haver uma compatibilização entre os elementos definidos no projeto e os elementos do formato de intercâmbio. Assim torna-se coerente a criação de uma ferramenta computacional, que organize os dados, convertendo-o em formato de transferência tanto para a fase de utilização em outro software como para a fase de importação dos dados por outro sistema CAD.

4.1. O intercâmbio sintático e semântico possibilitado pelos arquivos de texto

Os arquivos textos vêm contribuir como uma linguagem inserida ao projeto, além do contexto já utilizado até o momento. Pois, segundo Naveiro e Oliveira (2001), o processo de projeto já utiliza várias linguagens para representar aspectos particulares do produto em elaboração, que são:

- ▶ Semântica: Descrição verbal ou textual do objeto, como por exemplo, especificar o material que será utilizado naquela situação ou o processo que será utilizado;
- ▶ Gráfica: São os esboços, desenhos técnicos, em perspectiva;
- ▶ Analítica: Equações, regras e procedimentos que são utilizados para definir a forma ou a função do artefato;
- ▶ Física: Modelos em escala reduzida, protótipos, maquetes.

A ênfase atual se dá especialmente nos objetos de desenho que podem incorporar informações além das representadas graficamente. Ao se gerar arquivos textos provenientes de projetos realizados com o uso dos objetos IFC, oportuniza-se a existência de um intercâmbio sintático e semântico das informações provenientes

dos arquivos de desenhos. (lembrando que estes possuem padronização, criada pelo organismo IAI), tornando-se necessário fazer uso de uma espécie de “tradutor”, para ter resposta em linguagem natural dos elementos extraídos do projeto.

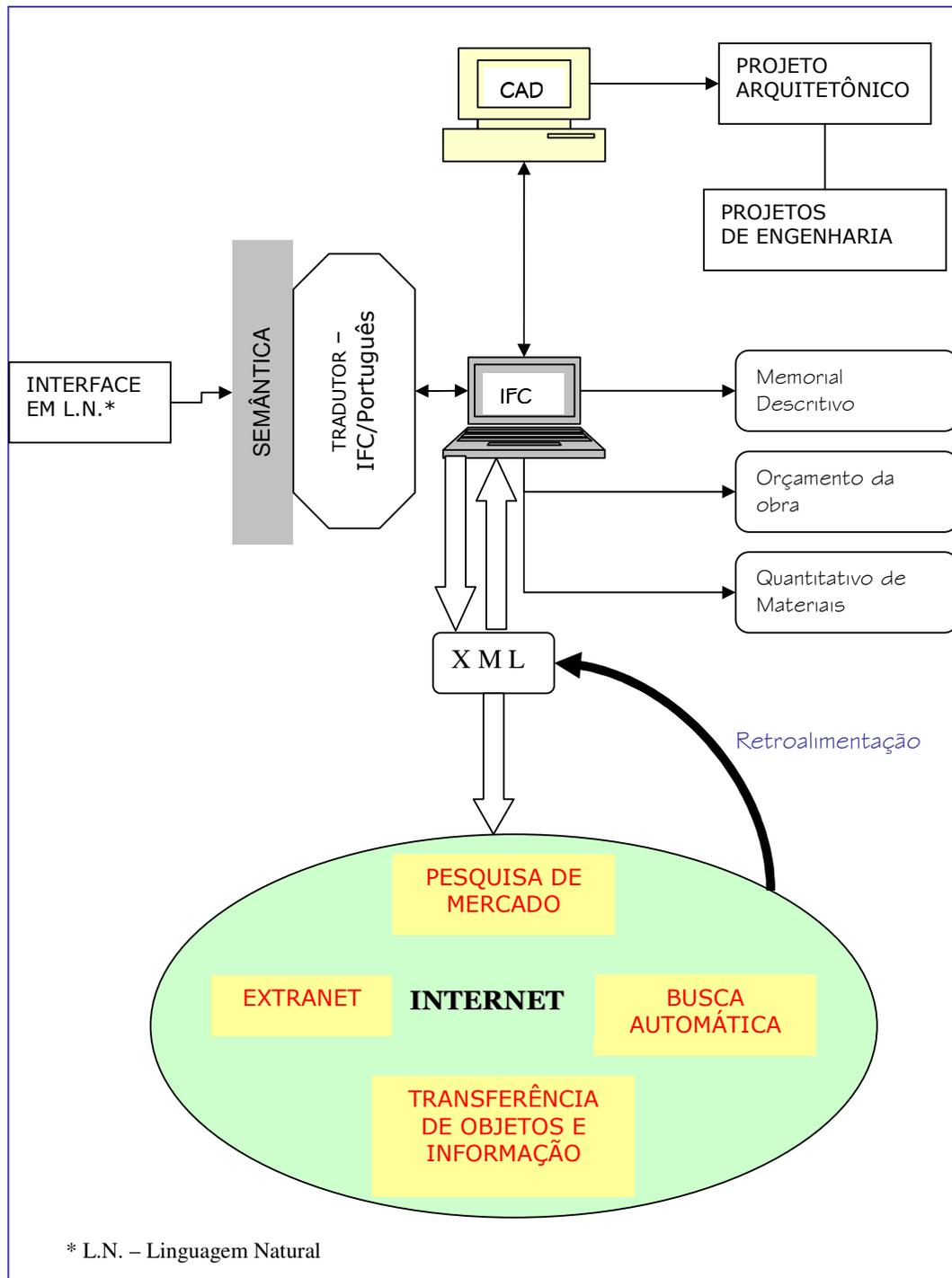


Figura 31 – Contexto da situação proposta para uso de informações geradas no CAD
Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na figura 31 se visualiza uma disposição do que se atinge com a proposição do trabalho, onde se tem da geração de projeto em CAD uma transformação destes em arquivos IFC, sendo criado automaticamente os arquivos XML através de uma ferramenta, podendo esta linguagem de marcação ser usada na Internet para futuras aplicações, como pesquisa de mercado, uso em *extranet*, transferência de informação, busca automática na *web*, e outras possibilidades.

4.2. Conversão sintática de atributos de linguagem IFC para XML

A implementação de um protótipo a partir de ferramentas CAD as quais são compatíveis com a linguagem IFC (*Industry Foundation Classes*), tem-se a possibilidade de exportar estes projetos como arquivos com extensão IFC. Estes arquivos IFC são arquivos texto que possuem informações relativas à exportação de objetos contidos no projeto tais como elementos utilizados (portas, janelas, paredes), informações referentes ao projetista, medidas, entre outras. Estas informações estão dispostas de acordo com o padrão IFC, o qual possui a tarefa de regulamentar os diversos objetos utilizados em projetos, sejam eles arquitetônicos, hidro-sanitários ou qualquer outro tipo suportado por este padrão.

O arquivo IFC armazena dados referentes ao projeto, porém, estes dados por si só não fazem algum sentido quando estão codificados (ilegíveis, abstratos ao usuário). Portanto, faz-se necessário de uma camada intermediária (software) para manipular estes dados de arquivos IFC. O software é uma aplicação responsável por extrair e padronizar estes dados de acordo com os arquivos IFC. Desta forma, é

possível transformar dados codificados em linguagem IFC em outros tipos de dados e também transformá-los em informação em nível de usuário. A aplicação intermediária foi desenvolvida na linguagem JAVA, a qual toma como entrada um arquivo IFC a ser analisado transformando e padronizando dados utilizando linguagem de marcação. A linguagem de marcação utilizada foi a XML (eXtended Markup Language), que tem por objetivo principal padronizar e sobretudo estruturar dados. Os dados extraídos dos arquivos IFC são processados e organizados pela aplicação e, posteriormente, estruturados em arquivos XML possibilitando disponibilizar estas informações de inúmeras formas.

Com a transformação das informações extraídas de arquivos IFC e padronizadas com XML, é possível distribuí-las e/ou disponibilizadas através da Internet de modo a possibilitar diversas aplicações, como pesquisa de mercado, transferência de objetos, busca automática, entre outras formas.

Para a conversão idealizada, partiu-se então para a formulação de um protótipo com possibilidade de geração de informações específicas de interesse do usuário, através de um “tradutor” intermediário. As etapas de funcionamento do protótipo sugerido, foram divididas em cinco fases, que definem ocasiões onde ocorrem modificações ou utilização dos dados. Estas fases, excetuando-se a fase de desenho, podem ocorrer automaticamente pelas ferramentas, sem a intervenção do usuário. Descreve-se o procedimento realizado com as seguintes etapas: Customização da ferramenta CAD, arquivo IFC, Aplicação Java, Arquivo XML, Informação disponibilizada na *Web*:

- Customização da ferramenta CAD: Utiliza-se uma ferramenta CAD com suporte aos objetos IFC. Para dar alimentação às informações necessárias, torna-se necessário a customização da ferramenta CAD, pois é através desta

que se introduzem os dados que serão usados e distribuídos através da Internet;

- Arquivo IFC: Da ferramenta CAD através do dispositivo de exportação do arquivo em IFC, um arquivo texto é gerado com a padronização dos elementos de desenho;
- Aplicação Java (tradutor): Implementou-se um software que é o responsável pela geração das informações a partir de uma padronização das informações oferecidas pelo arquivo IFC, extraindo os dados a partir de um projeto para a montagem de um conjunto de elementos com representatividade sintática e semântica para o usuário. Este software faz uso de “strings” pré-definidas, para que se possibilite transformar os dados para a “linguagem natural” – L.N., Esta transformação oferece a compreensão das informações quando da utilização destas em ambientes de trabalho, e na *Web* mais especificamente;
- Arquivo XML: Através da padronização dos elementos e de seus atributos, é propiciada a criação de um arquivo XML, gerado automaticamente a partir da aplicação em Java, sendo possível utilizar as informações em aplicativos na Internet;
- Informação disponibilizada na *Web*: Esta é a fase de utilização da informação, que ao ser informada no projeto (ainda na ferramenta CAD) pode automaticamente ser gerada na *homepage* dos participantes do projeto, pode ser usada para realizar uma pesquisa de mercado com os objetos de projeto (porta, janela, etc.), pode ser transferida em ASCII para outras ferramentas computacionais, enfim as inúmeras oportunidades de compartilhamento das informações de projeto através da *Web*.

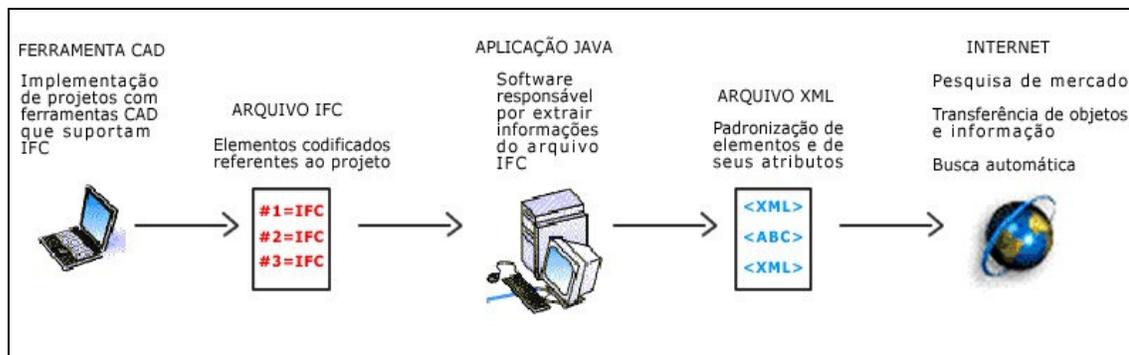


Figura 32 – Protótipo de conversão sintática de elementos de arquivos IFC

Fonte: Desenvolvido pelo autor

O procedimento que desencadeia o processo ocorre ainda na ferramenta CAD, que neste caso sofre uma customização, para possibilitar a inclusão de informações textuais dentro do projeto.

Este tipo de customização em escritórios de projeto, vem a ser um diferencial de extrema importância para ganhos de produtividade. Em geral, algumas atividades constituem-se em processos que se repetem quando da elaboração dos projetos. Em outras situações como no apresentado neste trabalho, a partir da customização da ferramenta, é possível implantar alguns procedimentos no projeto, que no momento da exportação das informações do projeto através das classes IFC, garantam a efetiva transferência da informação conforme esperado pelo projetista.

Abaixo se demonstra a geração dos arquivos IFC através do Menu – *Desktop*, do software “*Architectural Desktop*” da *Autodesk*. O arquivo texto (de extensão IFC), é gerado automaticamente através da padronização desenvolvida pela IAÍ.

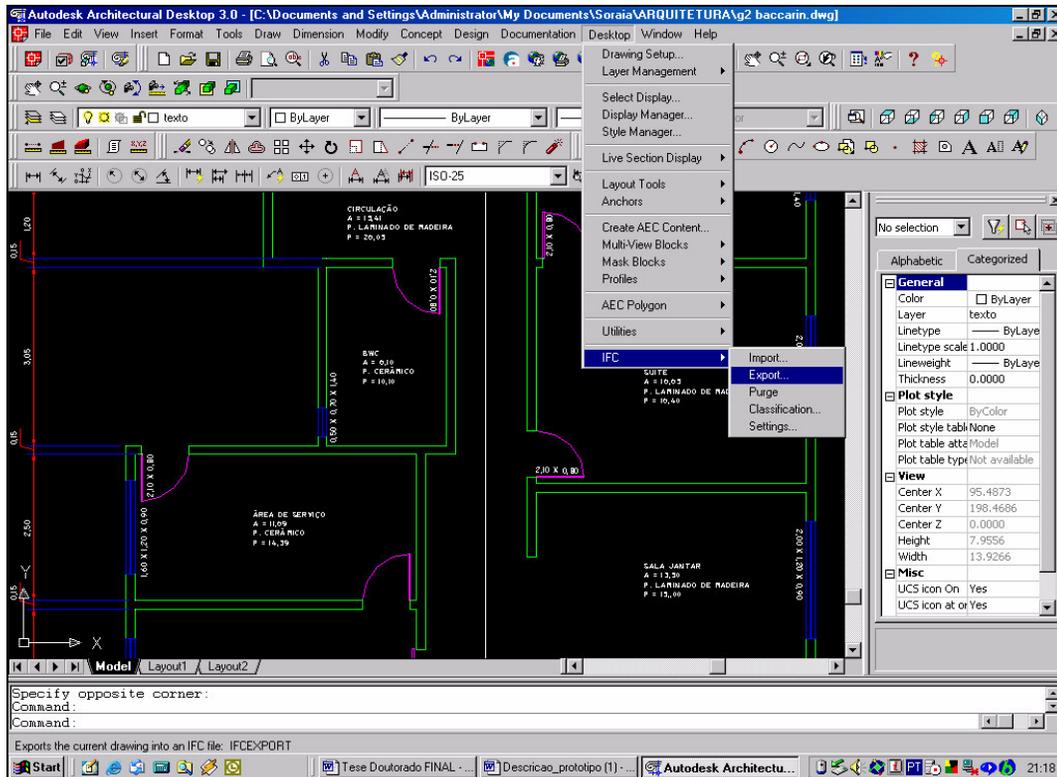


Figura 33 – Exportação de elementos de projeto para geração do arquivo IFC
 Fonte: Desenvolvido pelo autor

O arquivo gerado pela ferramenta CAD, pode agora ser aberto em qualquer software de texto, pois todos os elementos de desenho (ou também informações referentes ao processo, como é apresentado neste trabalho), foram transformados em elementos textuais. Mostra-se abaixo um arquivo IFC extraído de um projeto da ferramenta CAD.

```

ISO-10303-21;
HEADER;
FILE_DESCRIPTION(('IFC 1.5 Exchange File'),'2;1');
FILE_NAME('ADT.dwg','2002-09-24T22:56:35','Anyone'),('Autodesk'),'0.9 - IFC Step Toolbox
FILE_SCHEMA(('IFC151'));
ENDSEC;
DATA;
#1=IFCAUDITTRAIL(1032917402,$,$,0,$,0,$,0,());
#2=IFCOWNERHISTORY(0,0,'AecIfcUtility','UNSPECIFIED',#1);
#4=IFCPERSON('Anyone',$,$,$,$,(),());
#16=IFCNOTATIONFACET('NotationString',$);
#17=IFCCLASSIFICATIONNOTATION(#16);
#18=IFCCLASSIFICATION('WallMaterial',$,#17,'Brick',$);
#19=IFCCLASSIFICATIONLIST((#18),1);
#24=IFCAUDITTRAIL(1032917402,$,$,0,$,0,$,0,());
#25=IFCOWNERHISTORY(0,0,'AecIfcUtility','UNSPECIFIED',#24);
#27=IFCAUDITTRAIL(1032917402,$,$,0,$,0,$,0,());
#28=IFCOWNERHISTORY(0,0,'AecIfcUtility','UNSPECIFIED',#27);
#29=IFCRELCONTAINS('fkONxe3(1?b:/-:xl=U3',#28,(),.F.,.F.,#22,(#26),.PROJECTCONTAINER.,.T.);
#34=IFCAUDITTRAIL(1032917402,$,$,0,$,0,$,0,());
#35=IFCOWNERHISTORY(0,0,'AecIfcUtility','UNSPECIFIED',#34);
#36=IFCRELCONTAINS('-2Q*c-1R4TSM%Y5koj9>',#35,(),.F.,.F.,#26,(#33),.SITECONTAINER.,.T.);
#43=IFCAUDITTRAIL(1032917402,$,$,0,$,0,$,0,());
#44=IFCOWNERHISTORY(0,0,'AecIfcUtility','UNSPECIFIED',#43);
#10=IFCSIUNIT(*,.LENGTHUNIT,.MILLI,.METRE.);
#20=IFCMATERIAL('DefaultWallMaterial',#19);
#21=IFCPROJECTMATERIALREGISTRY((#20,#47));
#73=IFCAUDITTRAIL(1032917403,$,$,0,$,0,$,0,());
#74=IFCOWNERHISTORY(0,0,'AecIfcUtility','UNSPECIFIED',#73);
#76=IFCAUDITTRAIL(1032917403,$,$,0,$,0,$,0,());

```

Figura 34 – Arquivo IFC extraído de um projeto

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Com o intuito de utilização de outras informações a partir do projeto, se desenvolveu um software, capaz de fazer a “tradução” dos dados extraídos em IFC, para utilização em linguagem natural na Internet.

O arquivo IFC exportado da ferramenta CAD é convertido através de um software desenvolvido em Java para gerar automaticamente os dados codificados de objetos IFC e transformá-lo e recodificá-lo para a linguagem de marcação XML, estruturando as informações para serem utilizadas na *Web*.

Este desenvolvimento opera com o objetivo de analisar um determinado arquivo IFC, adequando-o à linguagem natural, gerando um arquivo XML.

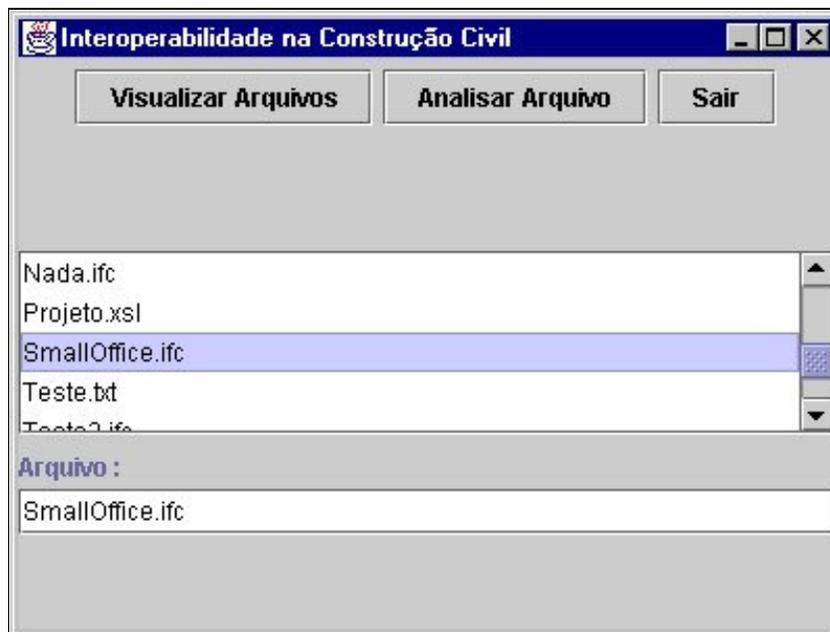


Figura 35 – Software desenvolvido em Java para atuar como “tradutor”
Fonte: Desenvolvido pelo autor

O problema existente devido a interoperabilidade, de forma alguma é uma dificuldade sofrida somente pelo setor da construção. Muitos outros setores também buscam uma solução para o problema, que tem se apresentado como um desafio a todos os sistemas computacionais. No sentido de resolver este problema é que o padrão XML foi projetado, apresentando principalmente a vantagem de ser ideal para descrever estruturas de dados hierárquicos e complexos, permanecendo legível – sendo os dados armazenados em formato ASCII (seguindo a sintaxe XML, ao invés de uma forma binária de codificação), também é ideal para tornar o dado acessível através de “*parsers*” e APIs padronizadas, dando uma caracterização visual e de conjunto, conforme a necessidade do usuário. Outra característica que deve ser destacada é que os dados permanecem ricos semanticamente e o seu significado é factível de ser compartilhado entre os agentes no processo de transferência.

Mesmo nos casos onde haja nomenclaturas com mais de um significado, é possível haver o uso correto da informação. Um dicionário de termos pode-se constituir em uma solução utilizada por ferramentas de tradução semântica, mesmo em casos de entidades com mesmo nome e significados diferentes, podendo co-existir em um mesmo documento, desde que indicada por domínios diferentes através dos *namespaces*⁷.

A apresentação de um documento XML depende de uma folha de estilos. A linguagem de folha de estilos padrão é a *Extensible Style Language* (XSL). Outras linguagens de estilos também são suportadas, como *Cascading Style Sheets* (CSS).

Abaixo é apresentado um fragmento do arquivo xsl, que é o responsável para a geração da página contendo os elementos do projeto.

```

<?xml version="1.0" ?>
- <HTML xmlns:xsl="http://www.w3.org/TR/WD-xsl">
- <BODY>
  <H3>ELEMENTOS </H3>
  - <TABLE BORDER="1" CELLPADDING="2">
    - <TR>
      - <TD>
        <B>Codigo_do_Elemento</B>
      </TD>
      - <TD>
        <B>Nome_do_Elemento</B>
      </TD>
    </TR>
    - <xsl:for-each select="Projeto/Elementos/Elemento">
      - <TR>
        - <TD>
          <xsl:value-of select="Codigo_do_Elemento" />
        </TD>
        + <TD>
          <xsl:value-of select="Nome_do_Elemento" />
        </TD>
      </TR>
    </xsl:for-each>
  </TABLE>
  <H3>PORTA - Elementos de desenho</H3>
  - <TABLE BORDER="1" CELLPADDING="2">
    + <TR>
      - <xsl:for-each select="Projeto/Elementos/Elemento/Elementos_de_desenho">
        - <xsl:if match=".[Cor_do_layer = 'Preta']">
          - <TR>
            - <TD>
              <xsl:value-of select="Cor_do_layer" />
            </TD>
            - <TD>
              <xsl:value-of select="Nome_do_layer" />
            </TD>
            - <TD>
              <xsl:value-of select="Tipo_da_linha" />
            </TD>
            - <TD>
              <xsl:value-of select="Escala_da_Linha" />
            </TD>
          </TR>
        </xsl:if>
      </xsl:for-each>
    </TABLE>
  </BODY>
</HTML>

```

Figura 36 – Arquivo xsl gerador da página de informações do projeto

Fonte: Desenvolvido pelo autor

⁷ Namespace é um mecanismo que possibilita eliminar ambigüidades no significado de elementos em que cada um vem de um vocabulário diferente.

The screenshot shows a web browser window with the following content:

JANELA - Elementos de desenho

Cor_do_Layer	Nome_do_Layer	Tipo_da_linha	Escala_da_Linha	Espessura_da_linha	Padrao_de_Plotagem	Situacao_em_x	Situacao_em_y	Situ
Marron	Layer 2	Tipo 2	1	2	3	4	5	3

JANELA - Propriedades fisicas do material

Largura	Altura	Espessura	Massa
1.5	2	2	6

JANELA - Especificacao e sistema construtivo

Tipo	Padrao	Cor	Codigo	Descricao	Preco
2	5	Marron	0002	Janela de Madeira	100.00

JANELA - Informacao para a gestao de interferencias no projeto

Observacao numero	Autor	Interferencias	Prancha	Prazo_de_resolucao
2	Marcos	Projeto estrutural	E2	Janeiro/03

JANELA - Dados gerais do projeto

Nome_do_projeto	Tipo_do_projeto	Autor
Exemplo Edificio	Planta baixa	Jose

Figura 37 – Página gerada automaticamente a partir dos dados de projeto
 Fonte: Desenvolvido pelo autor

A *homepage* acima contempla o produto final do trabalho, pois informações trazidas do projeto (comunicação, elementos de desenho, e outros) podem ser trocadas através da Internet. Embora a página acima apresente os dados de projeto de forma documental (sem muita elaboração) é importante frisar que pode haver a customização da mesma de acordo com as necessidades do usuário, constando todas as informações necessárias em cada situação específica. São inúmeras as situações que podem ser implementadas, a partir deste protótipo, podendo-se citar: a troca de informações entre os parceiros de projetos, a geração automática de e-mail a partir da necessidade de solução de problemas no projeto, a criação de aplicativos para geração de orçamentos, quantitativos, consulta de preços, e muitas outras implementações (todas fazendo uso de ambiente virtual – a *web*).

As especificações dos elementos de atributos, foram geradas em função de uma simulação, pois ainda não há um padrão de vocabulário definido o que poderia gerar maior objetividade na implantação do “tradutor” sugerido neste trabalho. Caracterizando mais uma vez a necessidade de uma solução para desenvolvimento de um vocabulário para a construção.

È importante observar que os dados que foram apresentados como disponíveis na Internet, a qualquer momento, podem retornar ao projeto de forma similar ao processo de extração do projeto, quer dizer, através da transformação destes dados em informações IFC pelo tradutor, podem ser importados para um projeto em softwares CAD. Desta forma concretiza-se a transferência interoperável de dados entre ambientes CAD e *web*.

5. CONCLUSÕES

A partir do crescente uso de Tecnologias da Informação junto ao setor da construção, se constata que há uma ocorrência cada vez maior de ferramentas disponibilizadas pelas novas tecnologias que participam como atividades meio do processo, contribuindo satisfatoriamente para o aumento da produtividade e melhoria da qualidade dos produtos.

A situação do setor de projetos frente aos problemas enunciados durante o trabalho, deixam transparecer a necessidade urgente de uma organização quanto aos vocabulários utilizados por toda a construção. Cabe questionar do porquê de grandes grupos ainda não se colocarem à frente deste processo, e o porquê de tantas dificuldades para esta padronização, que conforme apresentado, seria fundamental para a integração da informação e a diminuição da interoperabilidade no processo de projeto.

A elaboração de um cenário que represente uma distribuição organizada e controlada da informação por sistemas interligados via web, se constitui em uma das finalidades concluintes deste trabalho, que se obrigou a realizar apenas um protótipo, devido dificuldades encontradas na organização dos vocabulários. Portanto, a velocidade da introdução de novos procedimentos para melhoria dos processos no setor da construção através dos recursos de T.I., requer necessariamente a resolução de problemas estruturais, como a padronização de vocabulários e a interoperabilidade entre os softwares.

O projeto ideal apresentado pela tese, ressalta não somente a questão da transferência e compartilhamento de dados entre os parceiros, mas vislumbra a consolidação da obra virtual através do projeto.

Para que se consiga chegar a esta meta, problemas pontuais devem ser corrigidos pois a distância tecnológica ainda é grande. Embora o uso de software CAD, já esteja amplamente disseminado, o setor possui uma disparidade quantitativa e qualitativa no uso de tecnologias entre os diversos participantes do processo. A diferença tecnológica e uma variação de aplicativos existentes faz com que o setor apresente uma série de problemas em relação à interoperabilidade de dados entre os parceiros.

Neste sentido, quantificou-se a perda de produtividade ocasionada pela falta de interoperabilidade em cerca de 22 %, detectada pela pesquisa nos escritórios de projetos. A solução para as situações detectadas pela pesquisa, corresponde a um aumento de customização das ferramentas CAD, da total interoperabilidade e da integração da informação. Esta última, se utilizada como estratégia, pode se configurar como um mecanismo essencial para diminuição de erros, aumento do trabalho em equipe, ganho de eficiência e rapidez, com melhoria da qualidade e produtividade.

A transferência da informação entre os participantes do projeto é inconsistente, usualmente há troca de informações somente por parte do grupo participante do projeto. Muita informação é perdida, sendo que em alguns casos é gerada em contradição e em outras situações desnecessariamente duplicada. Devido a estes fatos, os projetos tendem a ser mais demorados e mais caros que o necessário.

Através da pesquisa nos escritórios de projetos, foram comprovadas situações onde o projetista interrompia o processo para buscar informações, ou encaminhar questionamentos para seu parceiro. Em outras havia a necessidade de se devolver o projeto para que o mesmo tivesse a versão do CAD modificada para que pudesse ser utilizado. Também se verificou que em alguns momentos utilizavam-se canais informais para troca de informações. Desta forma a interrupção no processo era inevitável, ocasionando uma perda de produtividade no projeto.

Com a participação de múltiplos agentes no processo, e o aumento das condições de trabalho colaborativo (com atuação mais intensiva e interativa entre os parceiros), torna-se necessário organizar a informação para que esta esteja disponibilizada quase que simultaneamente e concomitantemente ao processo de projeto.

Neste sentido é que a solução utilizada com o uso de um ambiente web, recebendo informações textuais diretamente do projeto, disponibilizando esta informação aos parceiros para uso em um sistema CAD, ou outro aplicativo, corresponde a uma solução que converge à meta pré-estabelecida da busca de um modelo interoperável ideal.

Verifica-se com base neste trabalho, a necessidade de preparar os instrumentos existentes no setor para adaptar os recursos tecnológicos aos processos da etapa de projeto. Um esforço deveria ser dado para a busca de uma padronização dos vocabulários usados pela construção, como forma de ajustar as divergências semânticas nas nomenclaturas usadas pelos diversos participantes do setor, além da necessidade de uma equivalência com os sistemas internacionais de classificação. Com o crescente uso de linguagens texto (como a XML), os vocabulários tendem a adquirir uma significativa importância, sendo que problemas

gerados por divergências regionais (ou em âmbito maior), por diferenças entre fabricantes, ou outros fatores que até algum tempo atrás não ofereciam maiores preocupações, agora aparecem como restrições condicionantes à adequação da informação do setor.

A solução apresentada faz com que seja possível migrar informações automaticamente de um ambiente de desenho (CAD), para um ambiente *web*, através de informações textuais (usando linguagem XML transcrita de classes IFC) e também o retorno de informações da *web* diretamente para o projeto CAD.

Este tipo de conversão sintática de atributos de linguagem IFC para uso em XML, pode se tornar um elemento de valia para alguns processos do projeto na construção civil. Como já verificado anteriormente neste trabalho, alguns padrões já estão sendo desenvolvidos e decorrem justamente da associação dos elementos IFC com o padrão XML. O que então deve ser elemento de discussão neste momento, são os valores dos atributos utilizados pelas “*tags*” definidas por algum destes padrões já existentes, pois ainda há a falta de uma definição de vocabulários para serem utilizados com este fim.

Fica desta maneira comprovada a possibilidade do uso de simples ferramentas, como o protótipo desenvolvido, para solucionar problemas que ainda representam um empecilho à evolução do processo de projeto. Mais ainda, o tradutor desenvolvido demonstra a viabilidade prática da integração técnica através da *web*, constituindo-se em uma experiência que oferece ganho significativo no processo de troca de informações no projeto.

Ao utilizar as classes IFC esta tese oferece uma aplicação efetiva desta padronização que já está disponível, mas que ainda não possui seu uso efetivo pelo setor. Portanto, este trabalho tem a incumbência de apresentá-las e como tal,

constituir-se em real contribuição ao avanço no desenvolvimento do conhecimento da gestão da informação e comunicação na construção civil. Não obstante a esta incursão ora citada, o trabalho avança mais, demonstrando a possibilidade de uso das classes IFC também como elementos de organização da informação quando da existência de interferências entre as diversas modalidades de projetos. Evidencia desta forma a comprovação da viabilidade técnica de integração através da web. Constitui-se com esta aplicação em uma contribuição ao avanço do conhecimento, ao oferecer esta solução para as situações de interferências entre as modalidades de projeto, permitindo a troca de informação e comunicação entre os agentes participantes do processo de projeto de edificações.

5.1. *Recomendações para futuros trabalhos*

Devido ao seu caráter inovador, esta tese estimula a realização de novas pesquisas ligadas ao tema. Identificadas algumas restrições metodológicas e por situações do atual estado do setor, também mencionadas durante o trabalho, sugere-se que novos estudos dentro deste tema sejam realizados:

a. Um trabalho futuro ligado a esta tese diz respeito à quantificação do ganho de produtividade, principalmente decorrente da adequação de ferramentas web para a circulação da informação entre os parceiros de projeto. Para este trabalho torna-se importante ter como pré-condição a utilização de um vocabulário padronizado no setor.

b. Outro trabalho a ser implementado é a sistematização do fluxo das informações técnicas que tramitam entre os parceiros de projeto. Ao identificar as situações existentes, poderá ser constituído um grupo padronizado de ações entre estes agentes, usando protocolos padrões durante o processo de desenvolvimento do produto.

c. Investigar a extração de conhecimento a partir da utilização de “*data mining*”. Dos dados gerados durante o processo, constituir um banco de informações textuais (organizadas em linguagem XML), podendo a partir da utilização das técnicas de “mineração de dados” apresentar respostas provenientes do cruzamento entre as diversas informações existentes em projetos.

d. Pesquisas formas para efetivar a utilização de arquivos IFC, primeiramente desenvolvendo um manual em língua nacional, para facilitar a compreensão por parte do setor. Derivado deste trabalho também se sugere uma padronização à nomenclatura correspondente aos atributos usados em IFC, para a língua portuguesa, ou a associação a algum projeto internacional que faz a discussão de uma linguagem comum.

e. Desenvolver protótipos de conversão de objetos (ou processos) que são usados em situações específicas da construção nacional (ou de língua portuguesa), podendo assim corroborar a utilização das classes IFC. Também realizar um trabalho de identificação de situações singulares que ainda não possuem o aporte de elementos IFC, ou da criação de atributos que correspondam às situações necessárias do setor, estas ações apresentam-se como atividade que dá continuidade ao trabalho apresentado por esta tese.

Ainda como pesquisa a desenvolver pode-se citar a criação de softwares que possuam o recebimento automatizado de dados resultando em aplicativos de

orçamentos, planejamento, catálogos, memoriais descritivos, etc. Seriam aplicações que trariam um aumento de produtividade e melhoria nos processos, e seriam viáveis de serem implementadas a partir do prosseguimento dos trabalhos desta tese, configurados a partir de classes IFC, tendo assim um padrão a ser seguido e disponibilizado através da linguagem XML em um ambiente *web*.

Enfim, as sugestões para novos trabalhos podem ser agrupados em itens que compõem um escopo de pesquisas futuras relacionadas a esta tese:

- Verificação de modos de comunicação e facilidade de integração;
- Desenvolvimento de padrão de comunicação de dados para a transferência da informação e integração de dados;
- Desenvolvimento de ferramentas de T.I. para integrar atividades dos participantes envolvidos em cada estágio do projeto;
- Padronização de nomenclaturas e vocabulários do setor;
- Padronização de classes IFC para dados de processo e de gestão;
- Racionalidade de projetos, com o direcionamento para uma padronização mundial de objetos;
- Uso de sistemas com base no conhecimento, para retenção de informações para agilização em futuros processos similares.
- Desenvolvimento de um modelo de produto, para acompanhamento desde o projeto até a pós-ocupação.
- Desenvolvimento de um sistema eletrônico de construção para visualização de construção através de Realidade Virtual, sua performance sob muitos aspectos: energia, movimento de pessoas, demolição, etc.
- Utilização de modelos 4D para a integração da execução com o projeto.

- Pesquisa de relacionamento entre agentes, a partir das suas necessidades e informações.
- Pesquisa de novos métodos de trabalho, com uso de trabalho colaborativo com o uso de multimídia e os diversos recursos computacionais;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, A. XML – Conteúdo dinâmico como atração. **Network Computing**, São Paulo, ano 3, n. 28, p. 66-69, jun. 2001.

AHMED, W. F., THABET, W. Y. A virtual Construction Environment for preconstruction planning. **Automation in Construction**, n. 12, p. 139–154, 2002. Disponível em <www.elsevier.com/locate/autcon>. Acesso em: 20 jun. 2003.

AMOR, R. A UK survey of integrated project databases. In: CONFERENCE OF INFORMATION TECHNOLOGY IN CONSTRUCTION, Estocolmo, Suécia. **Proceedings...** Estocolmo: CIB – International Council for Building Research Studies and Documentation, 1998. p. 67-75.

AMORIM, G. M. **Estratégias para difusão de um ambiente virtual para comércio eletrônico via Internet**. 1999. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis.

AMORIM, S. R. L. **Tecnologia, organização e produtividade na construção**. Rio de Janeiro, 1995, 118 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro.

ANUMBA, C.J. **An integrated two dimensional and three dimensional data structure for a structural engineering CAD system**. Tese PhD, Universidade de Leeds, Leeds, 1989.

ANUMBA, C.J.; WATSON A.S. An integrated CAD data structure for structural engineering. **Computing Systems in Engineering**, 1991, vol 2, n. 01 p. 115-123.

_____. An innovative approach towards designer-oriented CAD systems. **The Structural Engineer**, 1992, vol. 70, n.09 p. 165-169.

AOUAD, G. *et al.* An industry foundation classes Web-based collaborative construction computer environment: WISPER. **Automation in Construction**, n. 10, p. 79–99, 2000. Disponível em <www.elsevier.com/locate/autcon>. Acesso em: 29 jan. 2001.

_____; SUN, M. Integration technologies to support organisational changes in the construction industry. In: 7th ISPE – INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCURRENT ENGINEERING, 2000, Lyon, França. **Proceedings...** Lyon: 2000. p.596-604. Disponível em: <<http://www.scpm.salford.ac.uk/siene/france.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2001.

ARMSTRONG, A. e HAGEL III, J. The real value of on-line communities. **Harvard Business Review**, v. 40, n. 01, maio./jun. 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8950**: Classificação da Indústria da Construção, Rio de Janeiro, 1985.

BAZJANAC V.; CRAWLEY D. B. **The implementation of Industry Foundation Classes in simulation tools for the building industry**. Building Simulation 1997. Disponível em: <<http://www.hvac.okstate.edu/pdfs/bs97/papers/P125.PDF>>. Acesso em: 05 jun. 2002.

BALDWIN, A. *et al.* Simulating work process changes. **Loughborough University**, Disponível em: <<http://info.lboro.ac.uk/departamentos/cv/research/conmand/swpc.htm>>. Acesso em: 20 jul. 1999.

BANWELL, H. The placing and management of contracts for building and civil engineering work, **HMSO**, London, 1964.

BARROS, M. M. B. **Metodologia para implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios**. São Paulo, 1996, 422 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade de São Paulo, São Paulo.

BASSO, C. A. M. **Aplicação de XML para estruturação de ambientes de controle acadêmico baseado em ontologias**. Porto Alegre, 2002, 103 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Computação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre.

BETTS, M. **Strategic Management of I.T in Construction**. London: Blackwell Science, 1999, 406 pg. ISBN 0-632-04026-2.

BORDIN, L.; GERRERO, J. M. C. N.; SCHMITT, C. M. A importância de melhor gerenciar a utilização de Sistemas colaborativos para o desenvolvimento de Projetos na indústria da construção civil. In: Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 02, 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS, 2002, 1 CD.

BRANDON, P. e BETTS, M. **Integrated Construction Information**, E&F Spon, Londres, 1995.

BRUNNERMEIER, S. B. e MARTIN, S. A. Interoperability Cost Analysis of the US. Automotive Supply Chain. Final Report. **Research Triangle Institute/National Institute for Standards and Technology – NIST**, Mar.1999. Disponível em: <<http://www.planetcad.com/COMP/Articles/NIST.pdf>>. Acesso em: 09 dez. 2001.

_____. Interoperability costs in the US automotive supply chain. **Supply Chain Management: An International Journal**, 2002, V.07, n.02, p. 71-82. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/1359-8546.htm>>. Acesso em: 26 abr. 2002.

CALDAS, C. H., SOIBELMAN L. Automated classification methods: Supporting implementation of pull techniques for information flow management. In: IGLC, 10, Gramado – RS. **Proceedings...** 2002, n. 10. Disponível em: <http://www.cpgec.ufrgs.br/norie/iglc10/papers/99-Caldas&Soibelman.pdf>. Acesso em: 06 set. 2002.

_____. Automating hierarchical document classification for construction management information systems. **Automation in Construction**, n. 12, p. 395–406, 2003. Disponível em <www.elsevier.com/locate/autcon>. Acesso em: 26 jun. 2003.

_____. Avaliação da logística de informação em processos inter-organizacionais na construção civil. In SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2., 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2001. 1 CD.

CAMBIAGHI, H. et al. **Diretrizes gerais para intercambialidade de projetos em CAD: Integração entre projetistas, construtoras, e clientes.** São Paulo: PINI, 2002, 44 p. ISBN 85-7266-140-9.

CAPRA, F. **A teia da vida** (The Web of life). Uma nova compreensão científica dos sistemas. São Paulo: Cultrix, 1996, 256 p. ISBN 85-316-0556-3.

CDCON – Terminologia e codificação de materiais e serviços para a construção. Disponível em <<http://www.cdcon.ufjf.br>>. Acesso em: 27 nov. 2002.

CINTRA, M. A. H.; AMORIM, S. R. L. **Sistemas de informação no gerenciamento de projetos.** Aplicação do DFD: Diagrama de fluxo de dados. Disponível em: <www.infohab.org.br>. Acesso em: 20 jul. 2000.

CINTRA, M. A. H. **Sistema de informação e gerenciamento de projetos: um estudo de caso na cidade de Juiz de Fora.** Niterói: 1998. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DA CONSTRUÇÃO HABITACIONAL. **CTECH.** Documento Fórum Construção Disponível em: <<http://www.pbpq-h.gov.br/info/ctech.html>>. Acesso em: 13 set. 2000.

CROSS, N. Natural intelligence in design. **Design Studies.**, vol. 20, n. 1, Jan. 1999.

CUTTING-DECELLE *et al.* PSL: A common language for the representation and exchange of process information in construction. In: 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATION IN ARCHITECTURE, ENGINEERING AND CONSTRUCTION, 2001, Loughborough, UK. **Proceedings...** Loughborough: Loughborough University, 2001. p. 865-878.

DAUM B., MERTEN, U. **Arquitetura de sistemas com XML.** Rio de Janeiro: Campus, 2002, 182 p. ISBN 85-352-1069-5.

DÉCIO, O. C. **Guia de consulta rápida XML.** São Paulo: Novatec, 2000. 96 p. ISBN 85-85184-89-8.

DRUCKER, P. **Administrando em tempos de grandes mudanças.** São Paulo: Pioneira, 1999, 286 p. ISBN 85-221-0014-4.

ECONSTRUCT PROTOTYPE DEMONSTRATION. BCXML cd-rom, versão 1.0, Maio, 2002, 1 CD-ROM.

FABRÍCIO, M. M. O projeto como processo intelectual e como processo social. Texto de apoio didático. USP-EESC: São Carlos, 2002.

- FANIRAN, O.O.; LOVE P. E. D.; ANUMBA, C. J. Methodological issues in design-construction integration. **Logistics Information Management**. 2001, vol. 14, n. 5/6, p. 421-426.
- FARAJ, A. *et al.* An industry foundation classes web-based collaborative construction computer environment: Wisper. **Automation in Construction**, 10, 2000, 79 – 99. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/autcon>. Acesso em: 10 mai. 2003.
- FARIAS, A. Capital Intelectual – Andrade Gutierrez valoriza conhecimento. **Revista Computerworld**, ano 8, n. 314, p. 11, fev. 2000.
- FERREIRA, J.C.G. e HEINECK, L.F.M., Informatização de um escritório de arquitetura. In: Congresso Técnico-Científico de Engenharia Civil, 1996, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1996, 6 v., v 1, p. 060-070.
- FINN, G. Building Quality into design Engineering. **Quality Digest**, 2000. Disponível em: <http://www.qualitydigest.com/feb00/html/design.html>. Acesso em: 03 jan. 2002.
- FONSECA, F., EENHOFER, M. Ontology-Driven Geographic Information Systems. In: 7th ACM Symposium on Advances in Geographic Information System, Kansas City, **Proceedings...** Kansas City, Nov. 1999, p. 14-19..
- FORUM DE COMPETITIVIDADE DA CADEIA PRODUTIVA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **Recomendações para a competitividade – Plano de metas e ações**. Minuta atualizada em 09 jun. 2000. Disponível em: <<http://www.PBQP-h.gov.br/>>. Acesso em: 23 set. 2000.
- FROESE, T. **IRMA-tica'93** - E-mail Conference on the IRMA model, abril, 1994. Disponível em: <<ftp://irma.hs.jhu.edu>>. Acesso em: 12 maio 2000.
- FROSCH, R.; NOVAES, C.C. A viabilidade de padronização e otimização de informações para desenhos eletrônicos na construção civil: estudo de caso. In: Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 02, 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS, 2002, 1 CD.
- 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, II, 1993, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: NORIE, UFRGS, 1993, p. 1- 51.
- GOLDMAN, S.; NAGEL, R.; PREISS, K. **Organizações Virtuais**. In: **Agile Competitors**, São Paulo: Érica, 1995. cap.6, p. 188-221.
- GOMES, L. E. L. F.; MORGADO C. R. V.; QUELHAS, O. L. G. Implantação de programas de melhorias no canteiro de obras: inibidores e facilitadores. In: Congresso de Engenharia Civil, II, 1996, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: UFJF, 1996, 2v, V 2, p.76 – 80.
- HAMMAD, I. U.; RUSSEL, J. S.; ABOUD-ZEID, A. Information Technology (IT) and integration in the construction industry. In: **Construction Management and Economics**, v. 13, n. 2, p. 163-171, mar. 1995.

HAMMAD, M. M.; ALKASS, S. T. Architecture of an online document information centre for construction projects. In: 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATION IN ARCHITECTURE, ENGINEERING AND CONSTRUCTION, 2001, Loughborough, UK. **Proceedings...** Loughborough: Loughborough University, 2001. p. 449-462.

HELENE, P. Lições de Gabriela. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 05 jan. 2000. p. A2.

HIGGIN, G. e JESSOP, N. Communications in the building industry: The report of a pilot study, **Tavistock Institute of Human Relations**, London, 1964.

INGIRIGE, B.; AOUAD, G.; SUN, M. Awareness of information standardisation in the UK construction industry: A preliminary survey by the SIENE Network. In: CONSTRUCTION IT AFRICA, 2001, Mpumalanga, Africa do Sul. **Proceedings...** Mpumalanga: CIB - International Council for Building Research Studies and Documentation, 2001. n. 6. Disponível em: <<http://buildnet.csir.co.za/constructionitafrica/authors/Papers/w78-006.pdf>>. Acesso em: 04 jul. 2001.

INTERNATIONAL ALLIANCE FOR INTEROPERABILITY. Disponível em: <<http://www.iai-international.org>>. Acesso em: 11 ago. 2002.

JACQUES, J. J. Gestão da definição e transmissão de informações técnicas no processo de projeto. In: Anais ENTAC 2002. **Anais...** Foz do Iguaçu. PR, 2002.

JACOSKI, C.; LAMBERTS R. A interoperabilidade como fator de integração de projetos em construção civil. In: Workshop Nacional: Gestão do processo de projeto na construção de edifícios, II, 2002, PUCRS, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, PUCRS, 2002. 1 CD-ROM.

_____. A utilização de arquivos IFC para a integração de dados junto à Indústria da Construção. In: Seminário de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil, Curitiba. **Anais...** Curitiba – PR: UFPR, 2002.

_____. Vetores de virtualização da Indústria da Construção – A integração da informação como elemento fundamental ao uso de T.I. In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, ENTAC 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ANTAC, 2002. 1 CD-ROM.

JONES, Q. Virtual-Communities, Virtual Settlements e Cyber-Archaeology a Theoretical outline. **JCMC**, dez. 1997. Disponível em: <<http://www.ascusc.org/jcmc/vol3/issue3/jones.html>>. Acesso em: 16 jul. 1999.

KAGIOGLOU, M. et al. **Generic guide to the design and construction process protocol.** University of Salford, Salford, 1998

LAKATOS, E. M. **Metodologia Científica.** São Paulo: Atlas, 2000, 290 p.

LATHAM, M. Constructing the Team. Joint Review of Procurement and Contractual Arrangements in the United Kingdom Construction Industry, **HMSO**, Tavistock Publications, London, 1994

LEON, M. Encontre um lar para seus dados XML. **Revista Computerworld**, ano 9, n. 340, p. 30 – 31, abr. 2001.

LÉVY, P.O. O que é a virtualização. In: **O que é virtual?** São Paulo: Ed. 34, 1996. cap 1, p. 14-25.

_____. Ciberultura. Tradução de Carlos Irineu da Costa. São Paulo: Ed. 34, 1999, 264 p. ISBN 85-7326-126-9.

LIEBICH T. **XML schema language binding of Express for IFCXML**. Documento de divulgação da International Alliance for Interoperability – IAI. Versão 1.02, Dez. 2001, 76 pg.

LI, H. *et al.* Design concept as a model for modeling design process and its knowledge. **International Journal of Construction Information Technology**, 1998, vol 06, n.1, p. 87-103.

LIMA JÚNIOR, P. O.; CÂMARA, G. GeoBR: Intercâmbio sintático e semântico de dados espaciais. **Informática Pública**, vol. 04, n. 02, jul./dez. 2002.

LOPES, R. A; MENEZES, A. A. C.; AMORIM, S. R. L. Gestão para o fluxo de informações no processo de projeto – estudo de caso. In: Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 02, 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS, 2002, 1 CD.

LOVE, P. E. D; GUNASEKARAN, A. Concurrent engineering in the construction industry, **Concurrent Engineering: Research Applications**, 1997, vol. 05, n. 02, p. 155-162.

MELHADO, S. B. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios**. 2001. Tese de Livre Docência. Universidade Politécnica de São Paulo. São Paulo, SP.

MELHADO, S. B.; AGOPYAN, V. **O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo: USP, 1995, 22. ISSN 0103-9830.

MELHADO, S. B.; HENRY, E. Quality management in French architectural offices and its singularities In: Quality Assurance Conference on Implementation of Construction and Related Systems: A Global Update. **Proceedings...**: CIB (TG 36), Lisboa, Portugal, 2000.

MELLO, R. S. Aplicação de ontologias à banco de dados semi-estruturados. 2000. 195 f. Tese (Doutorado em Ciências da Computação) – Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre.

MOURA, M. L. S. **Manual de Elaboração de projetos de pesquisa**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1998, 134p.

MURRAY, M.; NKADO, R.; LAI A. The integrated use of information and communication technology in the construction industry. In: CONSTRUCTION IT AFRICA, 2001, Mpumalanga. **Proceedings...** Mpumalanga: CIB-International

Council for Building Research Studies and Documentation, 2001. n. 39. Disponível em: <<http://buildnet.csir.co.za/constructionafrica/authors/Papers/w78-039.pdf>> . Acesso em: 04 jul. 2001.

NAISBITT, J. **Paradoxo Global**. Tradução de Ivo Korytowski. Rio de Janeiro: Ed. Campus; 1999, 333 p. ISBN 85-7001-885-1.

NASCIMENTO, L. A. e SANTOS, E. T. Barreiras para o uso da tecnologia da informação na Indústria da Construção. In: Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 02, 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS, 2002, 1 CD.

NAVEIRO, R. M., OLIVEIRA, V. F. **O projeto de Engenharia, Arquitetura e Desenho Industrial: Conceitos, Reflexões, Aplicações e Formação Profissional**. Juiz de Fora: Ed. UFJF, 2001, 188 p. ISBN 85.85252-63-4.

NICOLINI, D.; HOLT R.; e SMALLEY MARK. Integrating project activities: the theory and practice of managing the supply chain through clusters. **Construction Management and Economics**, n.19, p. 37-47, 2001. Taylor e Francis Ltd, ISSN 0144-6193. Disponível em: <<http://www.tandf.co.uk/journals>> . Acesso em: 10 dez. 2001.

NOVAES, C. C. **Diretrizes para Garantia da Qualidade do Projeto na Produção de Edifícios Habitacionais**. São Paulo, 1996. 280 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br>>. Acesso em jan.2003.

OLIVEIRA, M. **Um método para obtenção de indicadores visando a tomada de decisão na etapa de concepção do processo construtivo: a percepção dos principais intervenientes**. Porto Alegre, 1999, 309 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

OXMAN, R. Design media for the cognitive designer. **Automation in Construction**. v.9, 2000. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/autcon>. Acesso em: 10 mai. 2003.

PEREIRA, L. T. V., BAZZO, W. **Ensino de Engenharia: na busca do seu aprimoramento**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1997, 167 p. ISBN 85-328-0096-3.

PICORAL, R.B. e SOLANO, R.S., Coordenação de projetos: procedimentos de incorporadoras. In: Congresso Técnico-Científico de Engenharia Civil, 1996, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1996, 6 v., v 1, p. 083-092.

PICORAL, R. Coordenação de projetos - estudo comparativo entre procedimentos de gerência de documentos: sistema convencional x sistema extranet. In: Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 02, 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS, 2002, 1 CD.

POCOCK, J. B. LIU, L., KIM, M. K. Impact of management approach on project interaction and performance. **Journal of construction engineering and management**. v. 123, N. 4, p. 411-418, dez 1997.

PROJETO CDCON. Desenvolvimento de terminologia e codificação de materiais e serviços para construção. Documento impresso, Rio de Janeiro, set. 2001.

REIS, P.F.; MELHADO, S.B. Os sistemas de gestão da qualidade e as atuais tendências na área de projeto das pequenas e médias empresas de construção de edifícios. Workshop Qualidade do Projeto. **Anais...** Rio de Janeiro, PROARQ/FAU/UFRJ, 1997. p. 27-30.

RODRÍGUEZ, M. A. A., HEINNECK, L. F. M. A construtibilidade no processo de projeto de edificações In: Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 02, 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS, 2002, 1 CD.

ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations.** 4 Ed., New York: The Free Press, 1995.

ROSZAK, T. **The cult of information.** University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California, 1994, 270 p. ISBN 0-520-08584-1.

ROSENMAN, M. WANG, F. A component agent based open CAD system for collaborative design. **Automation in Construction.** N. 10, 2001.p. 383-397. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/autcon>>. Acesso em: 09 dez. 2001.

SANTOS, A. **Metodologia de intervenção em obras de edificações enfocando o sistema de movimentação e armazenamento de materiais: Um estudo de caso.** 1995. 149 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.

SANTOS, A.; POWELL, J. A.; FORMOSO, C. T. Setting stretch targets for driving continuous improvement in construction: analysis of Brazilian and UK practices. **Work Study.** Vol. 49, n. 2, p. 50-58, 2000. Disponível em: < <http://www.emerald-library.com>>. Acesso em 15 fev. 2002.

SCHMITT, C. M. Integração dos documentos técnicos com o uso de sistema de informações computadorizado para alcançar qualidade nos projetos de obras de edificação. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7^o, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 1998. p. 117-124.

SILVA, M. A. C. Estratégias competitivas na Indústria da construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 1995, Rio de Janeiro, v.1,1995. **Anais...** Rio de Janeiro: ANTAC, 1995, p. 97-102.

SOIBELMAN, L.; CALDAS, C.H.S. O uso de extranet no gerenciamento de projetos: o exemplo norte-americano. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2000. p. 588-595.

SOUZA, R. **Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte.** São Paulo, 1997, 335 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade de São Paulo, São Paulo.

SOUZA, R. *et al.* **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras.** São Paulo: Pini, 1995, 247p.

STEIL, A. V. e BARCIA, R. M. Aspectos estruturais das organizações virtuais. In: ENAMPAD 99, 1999, Foz do Iguaçu. **Anais do ENAMPAD 99**, Foz do Iguaçu, set. 1999, 15 p.

STOUFFS, R. e KRISHNAMURTI R. Standarization: A critical view. In: CONSTRUCTION IT AFRICA, 2001, Mpumalanga. **Anais...** Mpumalanga: CIB-International Council for Building Research Studies and Documentation, 2001. n. 6. Disponível em: <<http://buildnet.csir.co.za/constructitafrica/authors/Papers/w78-073.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2001.

THORNE, P. Product Data Interoperability. **PLANETCAD**. Project N. M1975, 14 p. out. 2000. Disponível em: <<http://www.planetcad.com/COMP/Articles/Interoperability.pdf>>. Acesso em: 09 dez. 2001.

TOLMAN, F. P. Product modeling standards for the building and construction industry: past, present and future. **Automation in Construction**, n. 8, 1999, p. 227–235.

TREVISAN E ASSOCIADOS. A cadeia produtiva do setor da construção. **Publicação Trevisan**. 1999, n. 135, p. 10 – 15.

TURK, Z. Internet as a construction information technology. In: Information Technology in Construction, 1996, Glasgow, Scotland. **Proceedings...** Glasgow, 1996, p. 14 – 16.

TZORTZOPOULOS P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadores de pequeno porte.** 1999. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.

VAN NEDERVEEN, S; TOLMAN, F. Neutral Object Tree support for inter-discipline communication in large-scale construction. **ITCON**. Set. 2001. Ed.: B. C. Björk. Disponível em: <<http://itcon.org/2001/3.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2002.

VICTOR, C. I. **Tecnologia da Informação e gerência de projetos: estudo da construção do Campus da Universidade Federal Fluminense.** Orientação de Sérgio Roberto Leusin de Amorim, Niterói, RJ. UFF. 2000. 207p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, 2000. Disponível em : <<http://www.infohab.org.br>>. Acesso em: 04 abr. 2002.

VIEIRA NETTO, A. **Construção Civil e produtividade: ganhe pontos contra o desperdício.** São Paulo: Pini, 1993, 189 p. ISBN 85-7266-019-4.

WALSH, N. **Understanding XML Schemas.** Disponível em: <<http://www.xml.com/pub/a/1999/07/schemas.html>>. Acesso em: 20 dez. 2001.

ZEGARRA, S. L. V.; FRIGERI, V. J.; CARDOSO, F. F. A tecnologia da informação e a indústria da construção de edifícios. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, 1º, Recife, 1999. **Anais...** Recife, PE. 1999,10 p.

ZHU, Y.; ISSA, R. R. A.; COX, R. F. Web-based Construction document for interoperability. In: 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON INNOVATION IN ARCHITECTURE, ENGINEERING AND CONSTRUCTION, 2001, Loughborough, UK. **Proceedings...** Loughborough: Loughborough University, 2001. p. 835-846.

GLOSSÁRIO

Atributo – Elemento construtivo da estrutura XML. Um par nome-valor dentro de um elemento entre *tags* que modifica certas características do elemento. Para XML, todos os valores devem vir entre aspas (simples ou duplas).

Agente – Gerador de informação dos diversos campos de conhecimento (Arquitetura, Engenharia Civil, Elétrica, Hidráulica) e responsáveis por estas informações.

Banco de Dados - Representa o arquivo físico de dados, armazenado em dispositivos periféricos, onde estão armazenados os dados de diversos sistemas, para consulta e atualização pelo usuário.

Banco de Dados Hierárquicos – Os dados são distribuídos em estrutura de árvore, sendo a estrutura hierárquica com raiz, parte de um para muitos relacionamentos.

Banco de Dados Relacional – É o mais recente dos três, os dados são dispostos em tabelas que podem ser relacionados. Podem-se relatar dados em qualquer arquivo ou tabela para dados em outro arquivo ou tabela.

Browser – Programa que permite a navegação pela Internet.

CAD – (*Computer Aided Design*) Denominação de softwares utilizados para auxiliar no desenho de projetos.

CDATA – Elemento construtivo da estrutura XML. Seções CDATA podem ser usadas para delimitar *tags* ou caracteres reservados e, portanto, evitar que sejam interpretados. A seção CDATA é útil para permitir a inclusão de *markup* e *scripts* no documento XML. A sintaxe para seções CDATA é <![CDATA[...]]>.

CEO – (*Chief Executive Office*) Diretor executivo.

Character Data – Elemento construtivo da estrutura XML. O conteúdo textual de um elemento ou atributo. XML diferencia entre texto e markup.

Character Set – O mapeamento de um conjunto de caracteres em seus valores numéricos. Por exemplo, Unicode é um conjunto de caracteres de 16 bits capaz de codificar todos os caracteres conhecidos, e é usado mundialmente como um padrão de codificação de caracteres.

CIO – (*Chief Information Office*) Diretor de informática.

Correio eletrônico – O e-mail é um meio de comunicação, baseado no envio e recepção de textos, chamados de mensagens, através de uma rede de computadores. Cada usuário de e-mail possui um endereço Internet para corresponder-se.

CRM – (*Customer Relationship Manager*) Gerenciamento de relações com os clientes, grande preocupação das empresas atuais.

CSS (Cascading Style Sheets) - Descrições de formatação que oferece maior controle sobre a apresentação e layout de elementos HTML e XML.

Data mining – (mineração de dados) Técnica de extração de conhecimento em banco de dados.

Data Type (Tipo de Dados) – O tipo de conteúdo de um elemento, tais como um número, uma data e assim por diante. Em XML, um autor pode especificar o tipo de dados de diversas maneiras. A recomendada pelo W3C é a Schema.

Data warehouse – (Super) banco de dados, que distribui informações e ferramentas para toda a organização .

Declaração XML – A primeira linha de um arquivo XML, em geral, contém uma instrução de processamento “xml”, conhecida como a declaração XML. Essa declaração pode possuir pseudo-atributos para indicar a versão da linguagem XML que o documento segue, o conjunto de caracteres e se o documento pode ser usado como uma entidade independente (sem referência a um DTD externo).

Dialeto XML – Qualquer vocabulário de XML definido por um DTD projetado para um propósito especializado, tais como BIOML (BIOpolymer Markup Language), CML (Chemical Markup Language), MathML, CDF, TalkML.

Document Object Model (DOM) – Interface independente de linguagens e plataforma que permite a scripts e programas criarem e atualizarem dinamicamente o conteúdo, a estrutura e o estilo de documentos XML.

Document Type Definition (DTD) – Regras que definem quais *tags* podem ser usadas em um documento XML e quais os valores válidos.

EDI – (*Electronic Data Interchange*). Mecanismo de troca de dados, utilizado entre empresas.

ERP – (*Enterprise Resources Planning*). Sistema de Gestão empresarial.

Ethernet: Tipo de rede local de computadores que trafega em alta velocidade, a 10 Mbps.

Homepage – Página de acesso ao site na Internet.

HTML – *Hypertext Markup Language*. Linguagem de programação.

HTTP – *Hypertext Transfer Protocol*. Protocolo de transferência de páginas da *web*.

Internauta - Nome dado ao usuário da Internet.

Internet – Rede mundial de computadores surgida através de redes de menor tamanho.

Interoperabilidade – Habilidade de habilidade para comunicar dados através de diferentes atividades produtivas. É essencial para a produtividade e competitividade de muitas indústrias, devido à eficiência requerida pelos projetos pela produção, onde o processo conta com uma representação digital do produto e com a participação de diferentes agentes.

Intranet – São redes corporativas que utilizam a tecnologia e infra-estrutura de comunicação de dados da Internet. São utilizadas na comunicação interna da própria empresa e/ou comunicação com outras empresas.

Links ou Hiperlinks – Conexão, ou seja, elementos físicos e lógicos que interligam os computadores da rede. São ponteiros ou palavras chaves destacadas em um texto, que quando "clikadas" nos levam para o assunto desejado, mesmo que esteja em outro arquivo ou servidor.

Markup – Elemento construtivo da estrutura XML. Texto em um documento XML usado como marcação.

Metadados (*metadata*) – São dados que descrevem outros dados.

Namespace – Mecanismo de resolver conflitos de nomeação entre elementos em um documento XML em que cada um vem de um vocabulário diferente.

Schema – Sistema de representar um modelo de dados que define os elementos e atributos dos dados e o relacionamento entre os elementos.

SGML – (*Standard Generalized Marking Language*). Metalinguagem usada para construir outras linguagens de marcação.

Site – Conjunto de páginas da *web* pertencente a uma empresa ou indivíduo.

Tags – Elementos que descrevem os dados.

TCP/IP - (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) Família de protocolos que torna possível a comunicação de computadores de redes diferentes. É um padrão de fato para inter-redes abertas e a linguagem universal da Internet.

T.I. – Termo abreviado de Tecnologias da Informação.

Unicode – Superconjunto do conjunto ASCII. Um esquema de codificação de caracteres com 16 bits, incluindo não apenas os alfabetos gregos e romanos e os símbolos matemáticos e pontuações especiais.

URI (Uniform Resource Identifier) – Tecnologia de endereçamento pela qual URLs são criados. Tecnicamente, *http://* e *ftp://*, são subconjuntos específicos de uma URI.

Vocabulário XML – Os elementos propriamente ditos usados em formatos de dados especializados. Vocabulários podem ser definidos em um DTD ou Schema, com o relacionamento estrutural entre os elementos.

VRML – Linguagem de modelagem em realidade virtual

Web – Serviço da Internet que mostra páginas no navegador do usuário.

Wire – Web Internet Resource Executive.

WWW – *World Wide Web*, sigla que representa a grande rede mundial.

XML válido – XML que está em conformidade com o vocabulário especificado em um DTD ou schema.

W3C (World Wide Web Consortium) – Consórcio da World Wide Web, fundado em 1994 para desenvolver padrões para a web (<http://www.w3.org>)

XSL (Extensible Stylesheet Language) – Linguagem para transformar um documento xml em outros formatos, tais como HTML para apresentação no browser.

Outros glossários podem ser buscados nos endereços eletrônicos abaixo:

- The World Wide *Web* Acronym and Abbreviation Server
 - <http://www.ucc.ie/info/net/acronyms/acro.html>
- The Computer Network Glossary
 - <http://www.cnet.com/Resources/Info/Glossary>
- The Jargon Dictionary
 - <http://www.netmeg.net/jargon>

APÊNDICE

Formulários de Entrevista

- Formulário Empresa
- Formulário Projeto

FORMULÁRIO EMPRESA

Nome: _____

Profissional Responsável: _____

N.º CREA: _____

(Os dados acima serão divulgados somente caso haja interesse da empresa)

1. Há quanto tempo a empresa desenvolve atividades ligadas à área de projeto de construção?

2. Quantos projetos já fazem parte do currículo da empresa?

3. Quantos empregados trabalham na empresa?

4. Como a empresa se classifica quanto à inovação de processos?

Sempre inovando Média inovação Não se destaca neste aspecto

5. Quantos projetos a empresa desenvolve simultaneamente? E qual a capacidade estimada com os recursos atuais?

6. Há algum tipo de controle de produtividade nos processos? O tempo é controlado?

7. Quantos equipamentos de T.I. a empresa possui?

_____ PCs conectados a internet;

_____ Desktop para projeto;

_____ Telefones;

_____ Fax;

8. Qual é o principal meio de comunicação da empresa com os clientes?

Telefone E-mail Verbo (no escritório)

9. Quais os principais softwares usados pela empresa?

10. Como são apresentados os projetos para os clientes?
 Em papel Em meio digital Via Internet
11. Existem serviços terceirizados? Quais?
12. A empresa possui intranet para trabalho colaborativo?
13. A empresa usa a Internet para troca de arquivos?
 Não Sim, via e-mail Sim, via ambiente web
14. Você possui alguma experiência na utilização de serviços via Internet?
() Temos um site que oferece nossos produtos e serviços;
() Nosso cliente pode preparar seu pedido, e acompanhar sua solicitação;
() Possuímos um grupo de profissionais que atua on-line no processo de desenvolvimento de projetos;
() Não temos site, é projeto futuro de nossa empresa;
() Não há possibilidades da Internet na nossa atividade.
15. Sua empresa compra, ou já comprou produto via Internet ?
() Adquirimos produtos com freqüência;
() Possuímos uma comunidade de fornecedores no qual adquirimos os produtos em conjunto;
() Efetuamos contato com fornecedores de produtos via Internet;
() Não achamos seguro a compra via Internet;
() Não se enquadra na nossa atividade.
16. Em que aspecto a Internet poderá lhe proporcionar alguma oportunidade
() Controle e integração nos projetos
() Marketing
() Vendas de serviços
() Informação
() Não trará nenhum aspecto relevante

FORMULÁRIO - PROJETO

Dados a serem coletados sobre o projeto a ser acompanhado:

Instrumentos de trabalho especificados:

- Análise dos documentos e processos de cada escritório;
- Coleta de dados de caracterização do escritório através de uma planilha estruturada;
- Acompanhamento das diversas etapas de projeto, com controle de custo, tempo, modificações e deficiências do projeto;
- Coleta dos dados do *workflow* do processo, identificando as atividades realizadas e os principais procedimentos adotados;
- Instrumento de análise para avaliação comparativa da situação apresentada, com a expectativa do modelo desenvolvido.

PESQUISA:

Tipo do Projeto:

- () Arquitetônico
- () Estrutural
- () Hidro-sanitário
- () Elétrico
- () Preventivo Incêndio
- () Outros

Tema da obra:

- () Comercial
- () Residencial Multifamiliar
- () Residencial Unifamiliar

Área a ser construída: _____

Quantidade de pavimentos: _____

Qual é o custo da obra: _____

Qual é o custo médio de um projeto deste padrão? _____

Quantos profissionais atuam neste tipo de projeto? _____

Informações a serem colhidas, sobre os aspectos: tempo, custos, interoperabilidade:

a) SOBRE O TEMPO:

_____ Tempo total gasto com o projeto;

_____ Tempo em cada fase do projeto. Como a empresa costuma dividir o trabalho?
Quantas fases podem representar sua confecção?

Tempo gasto em cada fase indicada acima. E que profissional atua em cada fase?

_____	_____	profissionais:	_____
_____	_____	profissionais:	_____
_____	_____	profissionais:	_____
_____	_____	profissionais:	_____
_____	_____	profissionais:	_____
_____	_____	profissionais:	_____

_____ Tempo gasto na preparação do arquivo;

_____ Tempo gasto com revisão do projeto;

_____ Tempo gasto com re-serviço e reformulações;

_____ Tempo gasto com trabalhos não ligados ao projeto (modificações nos sistemas de arquivos, por ex.);

_____ Tempo gasto com falta de interoperabilidade

(Identificar através da tabela de ocorrência);

_____ Tempo gasto com paralisações ou interrupções no projeto

(Identificar através da tabela de ocorrência);

c) SOBRE OS CUSTOS:

_____ Qual é o custo médio de um profissional de Engenharia?

_____ Qual é o custo médio de um profissional especialista (em CAD)?

_____ Qual é o custo de anual de atualização de equipamentos e softwares?

b) SOBRE A INTEROPERABILIDADE:

1. Informar quais os problemas com falta de interoperabilidade e com o controle da informação que foram detectados ao longo de todo o processo?

2. Quais se destacaram durante as diversas etapas?

3. Já houve algum procedimento no que necessitou ser refeito? Qual o motivo?

QUESITOS A SEREM RESPONDIDOS:

1. Como funciona o processo de transferência dos arquivos?
2. Há atuação colaborativa em algum projeto? Como se procede a troca de informações?
3. Os arquivos do projeto arquitetônico ao serem recebidos, necessitam receber algum tipo de tratamento?
4. Há problema de definição de *layers* entre a empresa e os parceiros?
5. Existem blocos de desenho que são comuns com outro parceiro?
6. Como são definidos os blocos de projeto? Há alguma padronização dos mesmos?
7. Como são definidos os *layers* dos projetos, segue-se algum padrão?
8. Há algum tipo de visualização do projeto em 3D?
9. Como é feito o quantitativo de materiais?
10. Quais os softwares de simulação que são utilizados?
11. Há algum tipo de registro que não seja digital? Quais? E qual o tempo gasto com eles?
12. Qual o motivo de se usar registro em papel?
13. Há alguma incompatibilidade entre os softwares usados pela empresa?
14. Há alguma incompatibilidade entre os softwares em relação aos usados pelos parceiros?
15. Quais tipos de arquivos (extensões) são utilizados pela empresa?
16. Existe algum problema freqüente no uso de algum tipo de arquivo? Qual o arquivo e qual problema?