

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
NORIE - NÚCLEO ORIENTADO PARA A INOVAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

COORDENAÇÃO DE PROJETO DE OBRA DE EDIFICAÇÃO:
PROPOSTA DE FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA
PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DO FLUXO DE
INFORMAÇÕES COM USO DE SISTEMA COLABORATIVO

Gustavo Garcia de Oliveira

Porto Alegre
junho 2005

GUSTAVO GARCIA DE OLIVEIRA

**COORDENAÇÃO DE PROJETO DE OBRA DE EDIFICAÇÃO:
PROPOSTA DE FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA
PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DO FLUXO DE
INFORMAÇÕES COM USO DE SISTEMA COLABORATIVO**

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

Porto Alegre
junho 2005

O48c Oliveira, Gustavo Garcia de

Coordenação de projeto de obra de edificação:
proposta de ferramenta computacional para
programação e controle do fluxo de informações com
uso de sistema colaborativo / Gustavo Garcia de
Oliveira. – 2005.

Dissertação (mestrado), Universidade Federal do
Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre,
BR-RS, 2005.

Orientadora: Prof.a Dr.a Carin Maria Schmitt.

1. Processo de projeto. 2. Simulação numérica. 3.
Construção civil. I.Schmitt, Carin Maria, orient.
II.Título

CDU-69:658(043)

GUSTAVO GARCIA DE OLIVEIRA

**COORDENAÇÃO DE PROJETOS DE OBRA DE EDIFICAÇÃO:
PROPOSTA DE FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA
PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DO FLUXO DE
INFORMAÇÕES COM USO DE SISTEMA COLABORATIVO**

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

Porto Alegre, 20 de junho de 2005.

Prof.a Carin Maria Schmitt
Dr. pelo PPGA / UFRGS
Orientador

Prof. Américo Campos Filho
Coordenador do PPGEC / UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Márcio Minto Fabrício (EESC/USP)
Dr. pela USP

Prof. Maurício Moreira e Silva Bernardes (UFRGS)
Dr. pelo PPGEC / UFRGS

Prof. Mirian Oliveira (PUC/RS)
Dr.a. pelo PPGA / EA/ UFRGS

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Prof.a Carin Maria Schmitt, pelo seu profissionalismo, confiança, dedicação, apoio e principalmente pela sua amizade e sinceridade à mim transmitidas no decorrer da orientação deste trabalho. À ela que muito admiro e respeito, meu sincero reconhecimento.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos que possibilitou a minha total dedicação ao desenvolvimento desta pesquisa.

Aos arquitetos, Gilfranco Medeiros Alves, Gabriel Viégas Centeno e Marcelo Guilherme de Figueiredo, mantenedores do sistema GPRO, pelo suporte técnico. Aos programadores Huberto Gastal Mayer e Eurico Antunes, da empresa WZERO pela sua contribuição no presente trabalho.

Aos integrantes do grupo de pesquisas em Sistemas de Informação do NORIE, em especial à Leandro Bordin, pela amizade e atenção demonstrada durante o período que tivemos oportunidade de trabalhar juntos. Ao “Xirú”, meu grande amigo do NORIE, César Winter Mello.

Agradeço aqueles que admiro e considero as pessoas mais importantes da minha vida: meus pais e minha irmã. Aos pais pelo esforço sem medidas e apoio incondicional e a todo o momento. Importante é recomeçar e sempre seguir em frente. Em especial agradeço à minha irmã Thais (meu “braço direito”), a qual bem entenderá quando digo que este trabalho representa muito mais vitória pessoal que uma conquista profissional.

Agradeço à Deus por fazer presente no passar deste trabalho pessoas que acreditam em mim e que me fizeram lembrar do meu potencial, mesmo quando eu próprio me sentia descrente. “Tchê” Volney valeu a força.

Enfim, agradeço a Deus por permitir passar por mais esta “peleia” por mais atribulado que tenha sido o caminho até a sua conclusão.

Obrigado à todos e, até a próxima.

RESUMO

OLIVEIRA, G. G. **Coordenação de projetos de obras de edificação: proposta de ferramenta computacional para programação e controle do fluxo de informações com uso de sistema colaborativo.** 2005. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

A elaboração de um projeto de obra de edificação é fruto da interação entre profissionais de diversas disciplinas desenvolvendo, simultaneamente, suas opções e decisões com relação ao mesmo. É necessário considerar a qualidade do processo de elaboração do projeto dependente de uma efetiva comunicação entre os membros da equipe. A indústria da construção civil está sendo beneficiada pelos recursos oferecidos pela tecnologia da informação como, por exemplo, os sistemas colaborativos (extranets de projeto). Estes sistemas corroboram na integração e comunicação entre os membros de um projeto. O objetivo da presente pesquisa foi a apresentação do desenvolvimento de modelo validado de ferramenta computacional projetada para complementar um sistema colaborativo pré-existente. Esta ferramenta foi denominada Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP). A finalidade do SIPROCON/PP é auxiliar no processo de tomada de decisão dos coordenadores através do monitoramento do cronograma e do fluxo do intercâmbio de informações das atividades geradoras de informações neste processo. O processo de desenvolvimento da ferramenta foi delineado em harmonia com a organização da pesquisa. Neste sentido, é assinalado o uso da prototipação e da simulação como estratégias de pesquisa, utilizados respectivamente na construção e validação do modelo da ferramenta. Ante a necessidade do experimento, foi criada uma atividade lúdica através da qual foi reproduzido o intercâmbio de informações de um processo de projeto denominada Sistemática de Simulação do Processo de Projeto (SS/PP) para validação do modelo da ferramenta. Logo, por meio do uso das simulações foram obtidos os dados correspondentes a validação da modelagem e aplicação do SIPROCON/PP e, ao mesmo tempo, necessários à conclusão da pesquisa. Diante disso, a partir da análise dos dados coletados é apontada a melhoria na qualidade do processo de elaboração do projeto considerando a formação de uma equipe equilibrada de projeto. Isso, fruto do conhecimento mais acurado do coordenador sobre o desempenho de cada projetista.

Palavras-chave: processo de projeto; ferramenta computacional; simulação; programação de atividades; planejamento informatizado

ABSTRACT

OLIVEIRA, G. G. **Coordenação de projetos de obras de edificação: proposta de ferramenta computacional para programação e controle do fluxo de informações com uso de sistema colaborativo.** 2005. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

Coordination of building construction design: proposal of computational tool for the programming and control of the flow of information with the use of collaborative system

The development of a building construction design is obtained from the interaction among professionals of various subjects developing, simultaneously, their options and decisions in relation to the design. It is necessary to consider the quality of the design development process, which depends on an effective communication among the members of the team. The civil construction industry has been benefited from the resources offered by information technology as, for instance, the collaborative systems (project web). These systems collaborate on the integration and communication among the members of a design. The aim of this research was the presentation of the development of validated model of computational tool designed to complement a pre-existing collaborative system. This tool was named Design Process Control and Programming System (SIPROCON/PP). The objective of SIPROCON/PP is to help the coordinators' decisions by monitoring the schedule and the flow of the interchange of information related to the activities that generate information in this process. The tool development process was defined taking the organization of the research into account. In this way, prototypes and simulations were used as research strategies in the tool model construction and validation respectively. Considering the experiment, a playful activity was created in order to reproduce the interchange of information of a design process. This activity was called Design Process Simulation System(SS/PP), and it is used in the tool model validation. Therefore, by the use of the simulations, the corresponding data to the validation of the modeling and to the application of SIPROCON/PP were obtained. These data were also necessary to the conclusion of the research. As a conclusion, after having analyzed the collected data, an improvement in the quality of the design development process was observed considering the formation of a balanced team. All these outcomes were obtained due to the coordinator's greater knowledge about the performance of each designer.

Palavras-chave: design process; computacional tool; simulation; schedule activity's

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: desenho das etapas da pesquisa	23
Figura 2: desenho do processo de desenvolvimento de software segundo o RUP	80
Figura 3: regra para definição do status das atividades de acordo com a sistemática de uso do SIPROCON/PP	90
Figura 4: exemplo da interface gráfica das páginas com os campos e respectivos códigos apresentada no DMS	94
Figura 5: pulmões de projeto e convergência	101
Figura 6: gerenciamento dos pulmões	102
Figura 7: desenho esquemático do processo de criação da SS/PP	104
Figura 8: desenho esquemático da modelagem dos fluxos de eventos ótimos e alternativos	105
Figura 9: cartões e dados da SS/PP	106
Figura 10: desenho para representação dos períodos formadores das atividades	108
Figura 11: cartões com valores do fator X do período de revisão utilizados na SS/PP ...	109
Figura 12: cartões correspondentes aos intervalos A a F e os valores para duração	110
Figura 13: cartões referentes ao percentual de segurança utilizados na SS/PP	111
Figura 14: valores X correspondentes a cada intervalo considerando um percentual de segurança de 20%	111
Figura 15: valores máximos de X obtidos de acordo com cada percentual de segurança	112
Figura 16: representação dos valores máximos da variação de <i>uploads</i> dentro do prazo de acordo com cada intervalo	113
Figura 17: cartões utilizados nos sorteios para definição do momento dos <i>uploads</i> e cartões referentes a variação dos <i>uploads</i> após o prazo	114
Figura 18: cartões referentes as variações dos <i>uploads</i> dentro do prazo para cada intervalo de duração planejada	114
Figura 19: cartões utilizados nos sorteios de avaliação dos <i>uploads</i>	115
Figura 20: cartões para dimensionamento do pulmão de projeto	116
Figura 21: cartões utilizados para definição da margem de controle da variabilidade dos <i>uploads</i> após o prazo	117
Figura 22: cartões correspondentes as alterações solicitadas pelos projetistas na programação do processo de projeto	119
Figura 23: representação de uma atividade com a indicação dos alertas disponibilizados pela ferramenta no decorrer da fase II	120
Figura 24: cartões utilizados nas avaliações dos <i>uploads</i>	121
Figura 25: cartões para definição das ações dos coordenadores após os sinais de alerta	121
Figura 26: alternativas implementadas para integração dos módulos do SINTEG/PP	123

Figura 27: desenho do intercâmbio de informações entre os módulos da ferramenta SINTEG/PP	125
Figura 28: ilustração da margem de controle da variabilidade permitida para escolha das datas	130
Figura 29: ilustração da sistemática das simulações realizadas com o auxílio da SS/PP e SINTEG/PP	133
Figura 30: fluxogramas correspondente a definição dos sinais de alerta	133
Figura 31: fluxograma da sistemática das simulações	134
Figura 32: fluxogramas das ações realizadas pelos intervenientes durante a etapa de programação de acordo com a SS/PP	136
Figura 33: representação das folgas das atividades não críticas caracterizadas como pulmões de convergência na programação IMCP	140
Figura 34: alertas referentes ao consumo dos pulmões (de convergência e projeto) disponibilizados pela ferramenta	141
Figura 35: dados da programação base apresentados no componente Projeto	142
Figura 36: componente Projeto do módulo ME2 do SINTEG/PP	143
Figura 37: fluxograma correspondente aos procedimentos realizados para ajustar a duração da programação de referência	144
Figura 38: comparativo da aplicação do percentual de segurança de acordo com o conhecimento do desempenho do projetista	145
Figura 39: fluxograma da sistemática das simulações para a fase II	147
Figura 40: combinações correspondentes à definição do momento do <i>upload</i> utilizadas na montagem das CDP	149
Figura 41: combinações correspondentes à definição da validade do <i>upload</i> utilizadas na montagem das CDP	149
Figura 42: exemplo da montagem de uma CDP	150
Figura 43: caracterização do desempenho dos projetistas	151
Figura 44: dados correspondentes ao desempenho dos projetistas	153
Figura 45: dados relativos ao desenvolvimento do processo de projeto apresentados no componente Projeto	154
Figura 46: combinações das CDP favorável e desfavorável	155
Figura 47: dados correspondentes ao desempenho dos projetistas	156
Figura 48: dados relativos ao desenvolvimento do processo de projeto apresentados no componente Projeto	157
Figura 49: combinações das CDP favorável, neutra e desfavorável	160
Figura 50: esquema ilustrativo da montagem das CDP	160
Figura 51: dados correspondentes ao desempenho dos projetistas	161

ABREVIATURAS

CAD: Projeto Auxiliado por Computador (*Computer Aided Design*)

CD: *Compact Disk*

CDP: Composição de Desempenho de Projetista

CPM: Método do caminho crítico (*Critical Path Method*)

DAS: Documento de Avaliação do Sistema

DMS: Documento de Modelagem do Sistema

IMCP: Início mais cedo possível

IMTP: Início mais tardio possível

PDS: Processo de Desenvolvimento de Software

RAS: Roteiro para Avaliação do Sistema

RUP: Processo Racional Unificado (*Rational Unified Process*)

SCPOA: Sistema Colaborativo Porto Alegre

SE: Sistema Externo

SI: Sistema de Informação

SINTEG/PP: Sistema Integrado de Programação e Controle do Processo de Projeto

SIPROCON/PP: Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto

SS/PP: Sistemática de Simulação do Processo de Projeto

TCP/IP: (*Transfer Control Protocol – Internet Protocol*)

TI: Tecnologia da Informação

TR: Teoria das Restrições (*Theory of Constraints*)

UML: Linguagem de Modelagem Unificada (*Unified Modeling Language*)

arq: arquiteto

eng.: engenheiro

prof.: professor

SIGLAS

AsBEA: Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

DECIV: Departamento de Engenharia Civil

PPGEC: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

NORIE: Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

SEBRAE: Serviço de Apoio às Micro e Pequena Empresas

SINDUSCON: Sindicato da Indústria da Construção Civil

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 O CONTEXTO DA PESQUISA	14
1.2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	17
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	21
2 ASPECTOS GERAIS E METODOLÓGICOS DA PESQUISA	22
2.1 PRESSUPOSTO DA PESQUISA	22
2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	22
2.2.1 Objetivo principal	22
2.2.2 Objetivos secundários	23
2.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA	23
2.3.1 Detalhamento das etapas da pesquisa	24
2.3.1.1 Pesquisa bibliográfica	24
2.3.1.2 Modelagem do Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP)	24
2.3.1.3 Desenvolvimento do Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP)	25
2.3.1.4 Criação da Sistemática de Simulação do Processo de Projeto (SS/PP)	26
2.3.1.5 Simulações	28
2.4 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA	29
3 PROCESSO DE PROJETO	30
3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO NO PROCESSO CONSTRUTIVO	30
3.2 A IMPORTÂNCIA DO PROJETO	33
3.3 CONSEQÜÊNCIAS DA FALTA DE QUALIDADE DOS PROJETOS	36
3.4 QUALIDADE NO PROCESSO DE PROJETO	41
3.4.1 Qualidade da solução de projeto	41
3.4.2 Qualidade da elaboração do projeto	42
3.4.3 Qualidade da apresentação do projeto	44
3.5 COORDENAÇÃO DE PROJETOS	45
3.5.1 Atividade e objetivos da coordenação do processo de projeto	46
3.5.2 O profissional coordenador de projetos	48
3.6 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS	50
3.6.1 Compatibilização entre projeto e obra.	51
3.7 INTERCÂMBIO DE INFORMAÇÕES NA CONSTRUÇÃO CIVIL	52

3.7.1 Intercâmbio de informações no processo de projeto: a importância de assegurar uma adequada troca de informações e o reflexo disto no processo	53
3.7.1.1 Intercâmbio de informações de projeto de acordo processo tradicional	55
3.7.1.2 Intercâmbio de informações de projeto de acordo processo colaborativo	56
3.7.2 A importância de assegurar uma efetiva troca de informações quando do uso de um sistema de colaborativo	57
3.8 A IMPORTÂNCIA DE REALIZAR A MODELAGEM DO PROCESSO DE PROJETO	59
3.9 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO (TI)	61
3.9.1 TI: ferramenta auxiliar ao gerenciamento da informação na construção civil	62
3.9.2 A importância da TI à integração na indústria da construção	65
3.9.3 A utilização da TI no processo de projeto	66
4 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO, INTERNET E MODELAGEM DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS	67
4.1 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO: IMPORTÂNCIA PARA O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS	67
4.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO: A IMPORTÂNCIA DAS INFORMAÇÕES NO PROCESSO DE TOMADA DE DECISÕES	68
4.3 INTERNET: ASPECTOS GERAIS E APLICAÇÕES NA CONSTRUÇÃO CIVIL ..	69
4.4 EXTRANETS	70
4.4.1 Aspectos gerais das extranets na indústria da construção civil	71
4.4.2 Extranets de projeto	72
4.4.3 Benefícios da tecnologia: vantagens oferecidas pelos sistemas extranets de projeto .	74
4.4.4 Gerenciamento inadequado da extranet	75
4.5 MODELAGEM DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS	78
4.6 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE (PDS)	79
4.6.1 Levantamento e análise dos requisitos do sistema	82
4.6.2 Técnica de modelagem dos casos de uso	82
4.6.2.1 Atores de um caso de uso	84
4.6.2.2 Fluxo de eventos de um caso de uso	85
4.6.2.3 Modelo de casos de uso	86
5 APRESENTAÇÃO DAS FERRAMENTAS: SIPROCON/PP, SINTEG/PP E SS/PP	87
5.1 SISTEMA DE PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DO PROCESSO DE PROJETO (SIPROCON/PP)	87
5.1.1 Caracterização da sistemática de utilização do SCPOA	88
5.1.2 Caracterização da sistemática de utilização do SIPROCON/PP	88

5.1.3 Aspectos gerais do processo de desenvolvimento do SIPROCON/PP	91
5.1.3.1 A etapa de concepção e modelagem do SIPROCON/PP: definição das necessidades dos usuários, requisitos e modelagem dos casos de uso da ferramenta	91
5.1.3.1.1 <i>Documento de Modelagem do Sistema (DMS)</i>	93
5.1.3.2 A etapa de construção do SIPROCON/PP	95
5.2 SISTEMÁTICA DE SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO (SS/PP)	97
5.2.1 O processo de desenvolvimento da Sistemática de Simulação do Processo de Projeto (SS/PP)	97
5.2.1.1 Breve revisão da Teoria das Restrições (TR): aplicação no gerenciamento de projetos	98
5.2.1.1.1 <i>Gerenciamento do projeto</i>	99
5.2.1.1.2 <i>Restrição</i>	100
5.2.1.1.3 <i>Pulmões de convergência, de projeto e de recursos</i>	100
5.2.1.2 Modelagem da Sistemática de Simulação do Processo de Projeto (SS/PP)	102
5.2.1.2.1 <i>Análise da influência do modelo de Bordin na definição da SS/PP</i>	104
5.2.1.2.2 <i>Modelagem dos fluxos de eventos do SIPROCON/PP: base da seqüência dos procedimentos da SS/PP</i>	105
5.2.1.3 Diretrizes da SS/PP	107
5.2.1.3.1 <i>Diretrizes dos tempos correspondentes as atividades</i>	108
5.2.1.3.2 <i>Diretrizes para definição dos períodos correspondentes as atividades</i>	110
5.2.1.3.3 <i>Diretrizes para definição do percentual de segurança</i>	111
5.2.1.3.4 <i>Diretrizes para definição do tempo limite (t_{lim})</i>	112
5.2.1.3.5 <i>Diretrizes para definição dos uploads</i>	114
5.2.1.3.6 <i>Diretrizes para definição dos pulmões de convergência e de projeto</i>	115
5.2.1.3.7 <i>Diretrizes das ações dos intervenientes durante a fase I</i>	118
5.2.1.3.8 <i>Diretrizes das ações dos intervenientes durante a fase II</i>	119
5.2.2 O processo de desenvolvimento do SINTEG/PP	121
5.2.2.1 A etapa de elaboração do SINTEG/PP: modelagem da integração	122
5.2.2.1.1 <i>Definição dos módulos da integração</i>	122
5.2.2.1.2 <i>Integração dos módulos</i>	123
5.2.2.1.3 <i>Definição do fluxo de dados entre os módulos</i>	124
5.2.2.2 A etapa de construção do SINTEG/PP: desenvolvimento dos componentes do módulo Ms-Excel®	125
5.2.2.3 Construção e sistemática de utilização dos componentes do módulo Ms-Excel® ..	126
5.2.2.3.1 <i>Componentes Importar e Exportar: conexões intremódulos SINTEG/PP</i>	127
5.2.2.3.2 <i>Componente Fase I: programação do processo de projeto</i>	127

5.2.2.3.3 Componentes Status–ATV, Status–ESP e Status–ETP: definição e monitoramento do status do processo de projeto	127
5.2.2.3.4 Componente Fase II: atualização da programação do processo de projeto no decorrer da fase II	128
5.2.2.3.5 Componentes Pulmões, Pulmões-PC e Pulmão-PP: instrumentos de controle e programação do processo de projeto	128
5.2.2.3.6 Componente Busca: pesquisa de informações relacionados ao processo de projeto	128
5.2.2.3.7 Componentes Feedback: identificação dos pontos críticos do processo e caracterização do desempenho dos projetistas	129
5.2.2.4 Funções implementadas nos componentes do módulo Ms-Excel®	129
6 SIMULAÇÕES DO INTERCÂMBIO DE INFORMAÇÕES NO PROCESSO DE PROJETO: ANÁLISE DOS RESULTADOS	132
6.1 SISTEMÁTICA DOS PROCEDIMENTOS NECESSÁRIOS PARA REALIZAÇÃO DAS SIMULAÇÕES DO INTERCÂMBIO DE INFORMAÇÕES NO PROCESSO DE PROJETO	132
6.2 DESCRIÇÃO DOS MODELOS SIMULADOS DA FASE I: ETAPA DE PROGRAMAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO	135
6.2.1 Modelo com a programação de referência do processo de projeto	136
6.2.2 Modelo com aplicação dos conceitos da Teoria das Restrições (TR)	138
6.2.2.1 Localização dos pulmões	139
6.2.2.2 Dimensionamento dos pulmões	140
6.2.3 Modelo com ajuste da duração da programação de referência	142
6.2.4 Aspectos observados nos modelos simulados da etapa de programação	146
6.3 DESCRIÇÃO DOS MODELOS SIMULADOS DA FASE II: ETAPA DE CONTROLE DO PROCESSO DE PROJETO	147
6.3.1 Criação das composições de desempenho de projetistas (CDP) para aplicação nos modelos simulados da etapa de controle do processo de projeto.....	148
6.3.2 Modelo para caracterização do desempenho dos projetistas	150
6.3.3 Modelo com o conhecimento do coordenador sobre o desempenho dos projetistas ..	155
6.3.4 Modelo com o desconhecimento do coordenador sobre o desempenho dos projetistas	159
6.3.5 Aspectos observados nos modelos simulados da etapa de controle	164
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	165
7.1 PRINCIPAIS CONSIDERAÇÕES	165
7.2 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	169
REFERÊNCIAS	170

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem a intenção de apresentar os principais aspectos do contexto no qual a pesquisa está inserida e que justificam sua realização.

1.1 CONTEXTO DA PESQUISA

O setor da construção civil no Brasil ainda aparece freqüentemente rotulado como um **setor atrasado** quando comparado a outros setores industriais devido à sua baixa produtividade, derivada, principalmente, de seu baixo nível de industrialização, elevado desperdício de materiais e reduzida qualificação de sua mão-de-obra, o que resulta também na baixa qualidade do seu produto final (FONTENELLE, 2002, p.1). Uma das conseqüências deste atraso na construção é o alto índice de desperdício, que resulta em custos adicionais não desejados, considerados como perdas, advindos de falhas do processo de projeto em decorrência de problemas na qualidade do mesmo (FRUET; FORMOSO, 1993, p.2-3). Dentre as várias razões apontadas para esta situação, está evidenciado que uma das maiores causas de desperdícios, perdas e retrabalhos tem como origem às soluções adotadas durante a etapa de elaboração e concepção dos **projetos**. Muitos fatores contribuem para esse contexto, sendo o principal deles atribuído ao fato do projeto ser desenvolvido sem considerar o processo construtivo. Como resultado desta falta de harmonia verificam-se projetos que, não raro, omitem informações, obrigando que alguns problemas tenham de ser resolvidos no canteiro de obras (DUARTE; SALGADO, 2002, p.65).

Entretanto, na construção civil, apesar do atraso tecnológico existente em relação a outras indústrias decorrente principalmente do conservadorismo e da lentidão com que ocorrem as mudanças no setor, evidencia-se que este tem sido forçado a inovar devido à globalização e à grande competitividade (NASCIMENTO; SANTOS, 2001) exigindo das empresas procedimentos de gestão rigorosamente associados à qualidade e produtividade (ULRICH; SACOMANO, 1999). Os processos de projeto e execução de qualquer edificação envolvem um grande número de intervenientes tomando decisões, algumas vezes ao longo de anos (AUSTIN et al., 1994, p.446). Neste sentido, um dos principais problemas que enfrenta a indústria da construção civil e, em particular, o subsector edificações, é seu alto grau de

fragmentação (OLIVEIRA, 1999, p.60; ZEGARRA et al., 1999). Esta fragmentação advém da participação de vários profissionais relacionados às diversas fases necessárias para a conclusão de um empreendimento e, também, freqüentemente é vista como uma das maiores causas da baixa produtividade na construção (NITITHAMYONG; SKIBNIEWSKI, 2004, p.491; DAWOOD et al., 2002, p.557). Esta situação tem como conseqüência a duplicidade, ruídos e perdas na troca de informações, não se consolidando um sistema eficiente que proporcione tomadas de decisão rápidas e eficazes¹ (ZEGARRA et al., 1999; JACOSKI; LAMBERTS, 2002).

Além disto, esta interdependência e a característica multidisciplinar do processo de construção, fazem com que as relações entre os diversos agentes se desenvolvam de forma muito complexa (ZEGARRA et al., 1999). A crescente **complexidade** do ambiente da construção civil, seja nos aspectos técnicos, sociais ou financeiros (AUSTIN et al., 1994, p.445), requer, ao mesmo tempo, especialização e generalização para assegurar que todos aspectos sejam considerados (KALAY, 1998). A escala e complexidade dos modernos empreendimentos da construção têm exigido soluções complexas referentes à comunicação. E, com o advento da Internet², é comum ter um empreendimento com participantes de diferentes partes do país ou mesmo do mundo. Esta globalização de projetos de construção torna a comunicação eficiente de extrema importância. Tal necessidade de comunicação e integração aponta para a tecnologia da informação (TI) como uma potencial solução. (AHMAD et al., 1995, p.163; TANG et al., 2001; ZEGARRA; CARDOSO, 2001, p.6).

Desta forma, mesmo na indústria da construção civil, considerada tradicional e conservadora, com a popularização do uso da Internet, a globalização e o aumento da competitividade no setor, ocorreram avanços tecnológicos nos últimos anos, principalmente através de investimentos em TI, proporcionando maior produtividade, qualidade e redução dos custos (NASCIMENTO; SANTOS, 2001). O uso da tecnologia da informação e comunicação na indústria da construção civil está criando novas oportunidades para colaboração, coordenação e intercâmbio de informações entre os profissionais que trabalham num empreendimento

¹ **Eficácia**: significa fazer as coisas certas e está baseada em resultados e produtos. **Eficiência** significa fazer as coisas bem, com desempenho e está baseada em métodos, meios e tempos. E, **efetividade** significa fazer certa a coisa certa e da maneira certa. É soma da eficiência e da eficácia e está baseada na regularidade, praticidade, durabilidade e constância (REZENDE, 2002a, p.96).

² Internet: pode ser definida como uma rede global de computadores, ou ainda como a união de um enorme número de redes ao redor do mundo que se comunicam entre si através de meios físicos, e com base em protocolos e padrões pré-estabelecidos. O protocolo de comunicação na Internet atende pelas siglas TCP/IP (*Transfêr Control Protocol – Internet Protocol*), o qual tem o intuito de organizar a troca de informações (PFAFENBERGER, 1998, p.24; ALMEIDA; ROSA, 2000, p.22; RIVARD, 2000, p.45).

(CALDAS; SOIBELMAN, 2003, p.395). O uso da Internet, dentro do arcabouço da TI como um todo, vem facilitando o desenvolvimento do projeto de forma colaborativa, através da integração de todos os profissionais envolvidos, não mais seqüencialmente, mas simultaneamente (SOUZA FILHO; CASTRO, 2001, p.105).

De todas as aplicações da TI, a Internet é a tecnologia que melhor proporciona, até este momento, um ambiente de trabalho colaborativo na construção. Mais especificamente, as extranets de projeto vêm rapidamente ganhando novos adeptos (SOIBELMAN; CALDAS, 2000, p.588). Deste modo, vários profissionais julgam de suma importância que as decisões sejam tomadas de forma conjunta desde as primeiras etapas do projeto. Assim, podem ser analisadas as interferências destas decisões no trabalho de cada especialidade envolvida (BORDIN et al., 2002a, p.5) exigindo um crescente entendimento da importância de um efetivo gerenciamento do projeto para assegurar um adequado andamento do mesmo (AUSTIN et al., 1999, p.279; CHOO et al., 2004, p.313).

Cada projeto de construção, ou melhor, cada empreendimento, é praticamente único, e existem grandes conjuntos de dados que são produzidos exclusivamente voltados para um empreendimento. Percebe-se, também, um grande número de participantes nesse processo: com diferentes especialidades, fazendo da indústria da construção uma indústria fragmentada e muito complexa. Nesse meio fragmentado é necessário que os vários participantes compartilhem informações pertinentes a concepção do projeto (SANTOS, 1999, p.101; LISTON et al., 2001, p.69). Para Jacoski e Lamberts (2002), relevam que a integração da informação na construção como estratégia, pode se configurar como um mecanismo essencial para:

- a) diminuição de erros;
- b) aumento do trabalho em equipe;
- c) ganho de eficiência e rapidez;
- d) melhoria da qualidade e produtividade.

Neste sentido, as extranets representam um grande avanço com relação a troca de informações entre os vários envolvidos durante a elaboração de um projeto de edificação e por este motivo seu emprego está rapidamente ganhando espaço na indústria da construção civil (SOIBELMAN; CALDAS, 2000, p.590-591). Porém, o processo de projeto de obras de

edificação está sofrendo alterações bastante marcantes com a utilização de extranets de projetos, haja vista a substituição do processo tradicional pelo colaborativo, o qual exige uma postura diferenciada dos profissionais pois os expõe a situações inusitadas (SCHMITT et al., 2001). Em estudo recente foram identificadas dificuldades por parte dos projetistas no que diz respeito à troca de informações através do sistema, atribuindo a falta de gerência como um dos fatores responsáveis por este entrave (BORDIN et al., 2002a, p.7).

Diante deste contexto, a presente pesquisa teve por objetivo principal a modelagem, desenvolvimento e validação de ferramenta computacional de apoio ao processo de coordenação de projetos utilizando-se sistemas colaborativos (extranet) através de cronograma das atividades geradoras de informações neste processo no subsetor edificações, especificamente para edifícios residenciais multifamiliares de múltiplos pavimentos. Esta ferramenta foi denominada Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP). O seu desenvolvimento advém do interesse dos proprietários de um sistema colaborativo estabelecido na cidade de Proto Alegre em realizar a sua complementação com uma ferramenta de caráter controlador do cronograma das atividades de projeto. Portanto, o SIPROCON/PP foi concebido visando minimizar o tempo de espera por respostas devido a falta de mecanismos de monitoramento do fluxo de informações. Na prática possibilitará que todos os usuários envolvidos no processo de projeto e, principalmente, o coordenador de projeto tenham conhecimento do desenrolar das atividades, detectando eventuais atrasos e suas relações de dependência com outras atividades, agilizando com isso, a tomada de decisão e a busca de novas soluções. A principal vantagem para os futuros usuários desta ferramenta está focada no acompanhamento eletrônico do andamento das atividades, visto que todas as trocas de informações ficarão devidamente registradas. Isto torna mais fácil acompanhar tanto o trabalho de cada profissional isoladamente quanto o da equipe como um todo.

1.2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Ulrich e Sacomano (1999) apontam como uma diretriz básica para a melhoria do processo de projeto a garantia de uma efetiva comunicação entre os profissionais envolvidos. Entretanto, a estruturação convencional da construção civil, na qual prevalece a divisão do trabalho e a falta de interação entre os agentes envolvidos, faz com que a possibilidade de desenvolver um trabalho em conjunto seja um tanto difícil de ser alcançado. Este problema é observado há muito tempo. Em 1993, Fruet e Formoso (1993, p.34) destacavam que a difusão da

informação é um dos itens que precisavam ser melhorados nas organizações, pois a falta de integração, e mesmo de comunicação entre os envolvidos em determinado projeto, era uma das principais causas de seu insucesso.

Os fluxos de informações estão diretamente relacionados a tomada de decisão, a qual é afetada quando a comunicação entre os projetistas é deficiente. A falta de padrões e procedimentos para a circulação das informações pode ser considerada como uma das razões de projetos deficientes, mesmo quando estes são desenvolvidos por profissionais de alta capacidade técnica. O fato de não haver um efetivo intercâmbio de informações entre os projetistas, pode gerar **incompatibilidades e indefinições de projeto** (AUOAD et al., 1995, p.268; COSTA; ABRANTES, 1996, p.830; WHYTE; EDGE, 1996, p.552). Neste sentido, alguns autores afirmam ser indiscutível que o subsetor de edificações necessita aperfeiçoar o seu processo de projeto e que o uso da extranet, a qual vem rapidamente ganhando novos adeptos na construção civil, representa uma possibilidade promissora para a melhoria da troca de informações, porém, igualmente ressaltam que novos processos exigem atenção redobrada (BORDIN et al., 2002a, p.3; JACOSKI; LAMBERTS, 2002).

Para colaborar os participantes necessitam compartilhar o acesso as informações. Neste sentido, antes da plena implementação do uso de recursos computacionais mais avançados, como os baseados na Internet, Kalay (1998) salientava que existiam problemas que surgem ao se proporcionar tal acesso, tais como, de:

- a) **semântica**: a informação desenvolvida por um profissional poderá não ser compreensível aos demais, devido a uma linguagem particular e convenções que cada profissão utiliza para representar e codificar seu trabalho;
- b) **sincronização**: as informações ao longo de um processo são desenvolvidas incrementalmente e sem sincronidade. A informação que um profissional necessita dispor a partir de um outro poderá não estar disponível. Para evitar atraso o primeiro profissional terá de fazer decisões com base em suposições, as quais poderão ou não ser verdadeiras. Além disso, não existe uma clara definição de seqüência de tomada de decisão, ou seja, o trabalho de cada profissional pode restringir o trabalho de outros;
- c) **comunicação**: é necessário existir um meio para compartilhar a informação no momento certo e de maneira simples.

Deste modo, a “tomada de decisão é particularmente difícil quando se trabalha em situações de incerteza (falta de informação)” (GÓMEZ, 2000, p.99). Logo, a **informação oportuna, exata e disponível** é fator crucial no processo de tomada de decisão (AHMAD et al., 1995, p.167). Logo, o gerente deve estar atento à variabilidade que permeia o processo da construção para poder tomar decisões racionais com um nível de risco aceitável, à luz das circunstâncias e do tempo disponível (SALDANHA, 1991, p.77). Segundo Moreau e Back (2000, p.131), freqüentemente existe variabilidade na execução das atividades quando algum retrabalho é requerido. Em virtude de muitos dos erros que se cometem no decorrer da elaboração de projetos terem sua origem na falha da informação ou na comunicação defeituosa se torna cada vez mais importante aprimorar os ambientes de comunicação e os meios pelos quais as trocas de informações são realizadas.

Assim, a construção civil, que é uma das indústrias mais dependentes de informações, as quais assumem os mais diversos formatos incluindo, entre outros, desenhos gráficos detalhados, fotos, análises de custo e de risco, contratos, deve buscar no uso de Tecnologia de Informação (TI) suas respostas para estes problemas. Portanto, informações exatas e no momento certo são importantes para todos os participantes subsidiarem as suas tomadas de decisão (TAM, 1999, p.107). A fase de projeto referente a construção de edificações envolve um grande número de especialidades que necessitam parcelas específicas de informações a cada momento. Isto resulta numa produção de uma quantidade imensa de informações, as quais, freqüentemente, são gerenciadas inadequadamente. No sentido de melhorar a eficiência e intensificar a integração da informação dentro da indústria da construção é necessário estabelecer uma estrutura apropriada de distribuição destas informações (AOUAD et al., 1995, p.268). O uso da Internet como plataforma de comunicação pode assegurar uma transferência mais efetiva durante o processo de construção (TAM, 1999, p.107).

No entanto, a maioria dos projetistas menciona que devido ao fato da extranet possibilitar uma maior rapidez no fluxo de informações é de extrema importância que haja uma efetiva coordenação do processo. Uma vez que um grande volume de informações está fluindo entre os membros de um projeto, cresce a necessidade de verificar se informações precisas e relevantes, e somente estas, estão disponíveis a cada um destes profissionais no momento apropriado. Neste sentido, o coordenador de projetos assume um papel de extrema importância à medida que, com seu auxílio, há a possibilidade de melhor selecionar e

distribuir as informações. No entanto, é necessário disponibilizar ao coordenador ferramentas que facilitem este trabalho (GUERRERO, 2004, p.80).

Esta tecnologia é razoavelmente nova e seus usuários ainda não utilizam totalmente seus recursos. Em muitos casos, a figura do coordenador de projetos é responsável por organizar e disponibilizar os arquivos de projeto de forma de que cada agente só tenha contato direto com os documentos que precisa para realizar as tarefas que lhe cabem em certo momento (NASCIMENTO, 2004, p.9). Ao contrário do que muitos pensavam, com o uso da extranet a figura do coordenador de projetos assumiu um papel tão ou mais importante na gestão do processo, no qual uma das principais funções atribuídas ao coordenador é a seleção e distribuição de informações. No entanto, a possibilidade do rápido fluxo de informações, sem a mediação e controle do coordenador de projeto, resulta em muitas informações sem a qualidade desejada, causando duplicidade e retrabalho. Com isso, uma das grandes vantagens das extranets, que é a possibilidade de troca rápida de informações, acaba tornando-se uma das reclamações dos projetistas. Isto ocorre quando a rapidez no fluxo, faz com que muitas informações geradas não possuam a qualidade desejada (GUERRERO, 2004, p.80).

Portanto, diante do que foi apresentado, o presente trabalho tem a proposta de modelar, desenvolver e validar uma ferramenta computacional denominada **Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto** (SIPROCON/PP) de apoio ao processo coordenação de projetos com base em sistemas colaborativos (extranet). Esta ferramenta visa auxiliar os coordenadores no monitoramento do intercâmbio de informações entre os intervenientes, na programação e controle do processo de projeto. Neste sentido, ao proporcionar aos projetistas não somente o tempo adequado e a melhoria na distribuição de informações, mas, principalmente assegurar que aquelas necessárias para realização de suas atividades estarão disponíveis em tempo e qualidade, se estará contribuindo para que existam decisões mais rápidas.

Os coordenadores, ao serem beneficiados com a minimização do tempo gasto em monitorar o desenrolar do processo, poderão então estar mais direcionados a melhoria da qualidade da elaboração e da solução do projeto. Com isso, se estará contribuindo com a qualidade da solução do projeto visando atingir seus objetivos de melhoria da construtibilidade, redução de custos (sem reduzir padrão de qualidade), compatibilização adequada entre os diversos projetos, busca da melhoria da qualidade do produto final, redução de perdas, de retrabalhos e de patologias.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Inicialmente, é relevante assinalar que o presente trabalho é formado pela presente **parcela descritiva** correspondente a dissertação, a qual, é por sua vez, complementada por meio de um CD³.

O objetivo deste CD é apresentar, por exemplo, os documentos gerados e simulações realizadas no decorrer da pesquisa correspondentes aos apêndices referenciados na dissertação, e colocá-los ao dispor das pessoas que obtiverem acesso ao trabalho.

É relevante assinalar que o uso do CD isoladamente não possibilita acesso ao conteúdo completo da dissertação uma vez que aspectos importantes do trabalho tais como, o método e a análise dos resultados, somente foram apresentados na parcela descritiva do conjunto.

A dissertação propriamente dita, foi estruturada em sete capítulos, da forma apresentada a seguir. O primeiro capítulo é destinado à introdução, apresentando o contexto e a justificativa da pesquisa. O segundo capítulo é destinado à apresentação dos aspectos gerais e metodológicos da pesquisa.

No capítulo três, por sua vez, apresenta-se a fundamentação teórica utilizada neste trabalho acerca do processo de projeto, enfatizando em aspectos considerados importantes quando se pretende analisar, por exemplo, o intercâmbio de informações, uso da TI e de extranets de projeto na indústria da construção civil.

O capítulo quatro, por sua vez, dá continuidade a fundamentação teórica, descrevendo aspectos considerados importantes relativos a sistemas de informação principalmente àqueles destinados ao apoio do processo de tomada de decisão. Além disso, introduz conceitos e definições sobre a modelagem de sistemas computacionais.

No capítulo cinco tem-se a descrição das ferramentas desenvolvidas no decorrer das várias etapas do trabalho. O capítulo seis é reservado para a apresentação das simulações e análise dos resultados obtidos. Finalmente, o capítulo sete apresenta as considerações finais e as recomendações para futuras pesquisas.

³ CD: para obter acesso ao conteúdo do CD anexo à dissertação siga as instruções apresentadas no arquivo **Instruções.doc** gravado no CD.

2. ASPECTOS GERAIS E METODOLÓGICOS DA PESQUISA

Neste capítulo será realizada a apresentação dos aspectos metodológicos da pesquisa. Logo, são detalhados os pressupostos, os objetivos, o delineamento e as delimitações da pesquisa.

2.1 PRESSUPOSTO DA PESQUISA

Para o desenvolvimento do presente trabalho foram assumidos como pressupostos a validade:

- a) das extranets como ferramenta auxiliar à trabalhos colaborativos, tornando mais eficaz o intercâmbio de informações entre profissionais provenientes de diferentes organizações envolvidos num projeto.
- b) do modelo de redes CPM das atividades geradoras de informação no processo de projeto de obras de edificação apresentado por Bordin (2003). O referido modelo serviu de base para o desenvolvimento e validação da ferramenta de controle do cronograma das atividades do processo de projeto de obras de edificação, a ser implementado em um Sistema Colaborativo gerenciado por empresa da cidade de Porto Alegre (RS), denominado neste trabalho Sistema Colaborativo Porto Alegre (SCPOA).

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal desta pesquisa é o desenvolvimento de modelo validado de ferramenta computacional que apóie a atividade de coordenação de projetos, com base no monitoramento do cronograma das atividades geradoras de informações neste processo no subsetor edificações, especificamente para projetos de obras de edificios residenciais multifamiliares de múltiplos pavimentos.

2.2.2 Objetivos secundários

Os objetivos secundários da pesquisa são:

- modelagem de ferramenta para programação e controle do processo de projeto;
- definição de sistemática para simulação do processo de projeto para validação do modelo da ferramenta proposta por meio de experimento;
- desenvolvimento de um protótipo exploratório para auxiliar na criação e validação do modelo desenvolvido para a ferramenta de programação e controle do processo de projeto.

2.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Para o desenvolvimento do trabalho foi estabelecido o desenho das atividades da pesquisa conforme representado na figura 1.

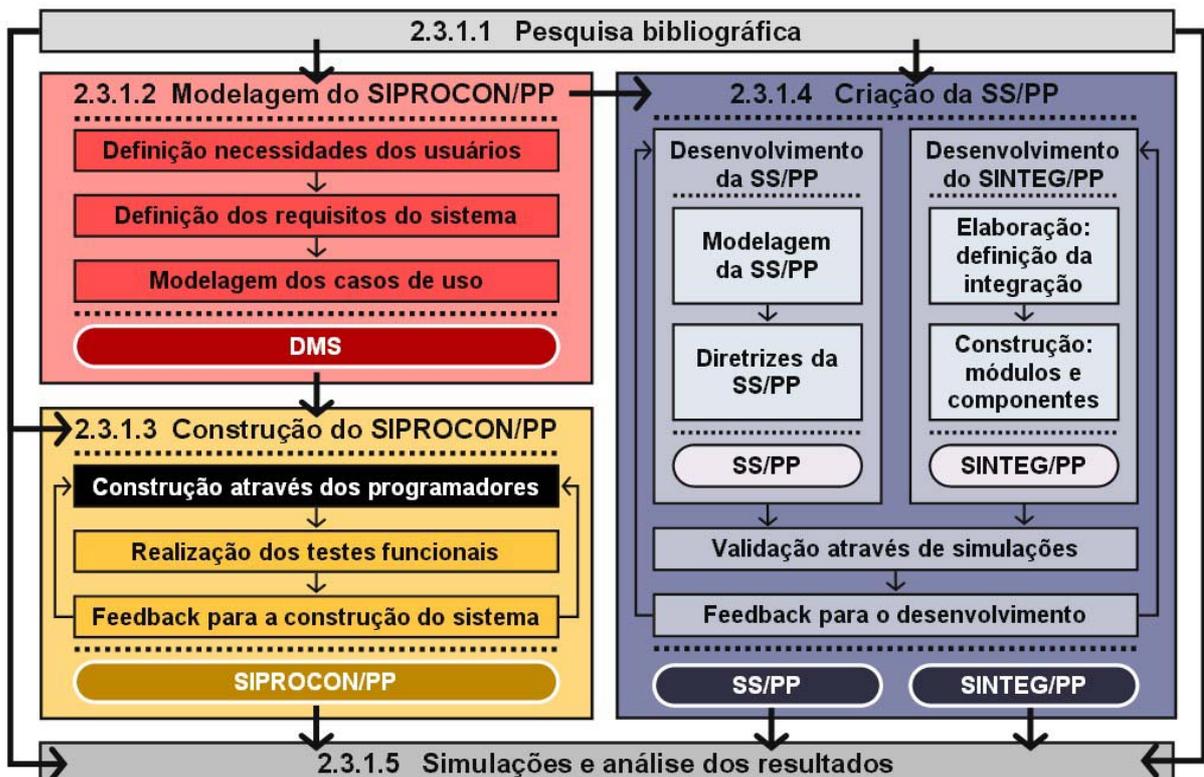


Figura 1: desenho das etapas da pesquisa

2.3.1 Detalhamento das etapas de pesquisa

Visando um melhor esclarecimento da pesquisa, são descritas suas etapas nos tópicos a seguir.

2.3.1.1 Pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica foi realizada durante o decorrer do trabalho, com a finalidade de prover de informações as diversas etapas da pesquisa e, desta maneira, possibilitar respostas ao problema proposto. A pesquisa bibliográfica foi tão mais intensa em determinados momentos do que em outros, quão maior foi a necessidade de esclarecimentos específicos para às questões levantadas. Evidentemente, em todos momentos a pesquisa esteve fundamentada em bibliografia pertinente ao seu tema, buscando-se informações em área de interesse como, por exemplo, intercâmbio de informações no processo de projeto, utilização da tecnologia da informação no processo de projeto, aplicações baseadas em Internet (intranet, extranet, sistemas intra e interorganizacionais), sistemas colaborativos para desenvolvimento de projetos e modelagem de sistemas computacionais.

2.3.1.2 Modelagem do Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP)

A fase inicial da etapa de concepção do Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP) foi a sua modelagem. Logo, foi realizada busca de informações em diversas fontes com a finalidade de subsidiar o processo de projetar o funcionamento da ferramenta proposta, tanto no âmbito do processo de projeto, principalmente da coordenação do mesmo, quanto junto ao Sistema Colaborativo Porto Alegre (SCPOA). Neste último aspecto, além da revisão bibliográfica, foram ouvidos os responsáveis pelo desenvolvimento deste sistema colaborativo e realizadas avaliações do sistema pré-existente.

A técnica utilizada na modelagem foram os **diagramas de caso de uso**⁴. Na modelagem, foram definidos os **requisitos funcionais** do SIPROCON/PP com base nas necessidades dos usuários. Os requisitos funcionais foram, posteriormente, modelados em **casos de uso**, através dos quais

⁴ Diagramas de Caso de Uso: descrições textuais da funcionalidade do sistema a partir da perspectiva do usuário. São uma das maneiras mais comuns de documentar os requisitos dos sistemas, delimitando-o e definindo sua funcionalidade. É uma das várias técnicas disponibilizadas na UML (*Unified Modeling Language*) para extrair, entender e definir requisitos funcionais de um sistema (FARAJ et.al., 2000, p.79).

definem a funcionalidade da ferramenta, ou seja, **o que o sistema deveria fazer ou de que modo o sistema deveria auxiliar os usuários nas tarefas de programação e controle do processo**. Na continuidade da modelagem da ferramenta foram definidas as soluções adequadas para cada um dos requisitos do sistema em conformidade com as limitações do **ambiente de desenvolvimento**⁵. Conforme (CARDOSO, 2003, p.17-18) é impossível restringir os requisitos do cliente, uma vez que a cada passo e conforme o sistema vai sendo construído vai se tornando mais claro também como deverá funcionar e que características tecnológicas deverá ter: vai se percebendo, assim, a necessidade de novos recursos a serem implementados. Uma vez modelados, os casos de uso foram especificados num formato adequado os **programadores**⁶ junto ao SCPOA realizarem a construção da ferramenta computacional. Para tal, foi elaborado o **Documento de Modelagem do Sistema (DMS)**. No CD anexo ao presente trabalho através dos *links* **Apêndices**, opção **Apêndice A - Documento de Modelagem do Sistema e, Ferramentas**, opção **Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP)**, é exemplificado parcialmente o DMS.

2.3.1.3 Desenvolvimento do Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP)

Uma vez transposta a etapa inicial de modelagem do SIPROCON/PP, foi iniciada a construção da ferramenta, na qual o pesquisador participou indiretamente através da realização dos **testes funcionais**⁷ do sistema ao término de cada **iteração**⁸, sob o ponto de vista dos usuários finais. Deste modo, não coube ao pesquisador e, sim aos programadores definirem os pormenores relacionados ao domínio computacional como, por exemplo, a

5 Ambiente de desenvolvimento: é o fluxo central de apoio no processo de engenharia de software, cujo propósito é definir e administrar o ambiente no qual o sistema está sendo desenvolvido. Inclui descrições do processo e ferramentas de desenvolvimento (KRUCHTEN, 2001, p. 233).

6 Programadores: também são conhecidos por desenvolvedores. São as pessoas que construirão o sistema (FOWLER, 2000, p.39).

7 Testes funcionais: estão baseados nos casos de uso desenvolvidos para o sistema. Os fluxos ótimos e alternativos são aplicados ao sistema, a fim de garantir o funcionamento de acordo com os casos de uso trabalhados na iteração que se está finalizando (CARDOSO, 2003, p.60; KRUCHTEN, 2001, p.197).

8 Iteração: sucessão distinta de atividades com um plano delineado e critérios de avaliação que resultam em liberação (interna ou externa). A liberação é um subconjunto do produto final que é o objeto da avaliação a um marco principal. O **marco** é o ponto no qual uma iteração formalmente finda, ou seja, corresponde a um ponto de liberação. Cada iteração contém todas as fases usuais do ciclo de vida da análise, do projeto, da implementação e do teste. Assim sendo, escolhe-se uma função e constrói-se, após escolhe-se outra, e assim por diante (FOWLER, 2000, p.31; KRUCHTEN, 2001, p.56; 275; QUATRANI, 2001, p.197).

definição da **arquitetura do sistema**⁹, **linguagem de programação**¹⁰, **banco de dados**¹¹. A fase de construção foi um processo iterativo e incremental em virtude da utilização de um **protótipo evolutivo**¹² como base de desenvolvimento. Este protótipo foi continuamente aprimorado através do *feedback* proporcionado pelos resultados dos testes funcionais ao término de cada iteração. Os testes de validação das funções do SIPROCON/PP foram realizados para todos os caso de uso da ferramenta, com base numa seqüência de procedimentos padrão especificada no **Roteiro de Avaliação do Sistema (RAS)**. Os resultados dos testes da ferramenta eram apresentados aos programadores através do **Documento de Avaliação do Sistema (DAS)**. Ao final desta etapa foi concluído o desenvolvimento deste protótipo evolutivo e obtida uma versão validada do SIPROCON/PP.

No **CD** anexo ao presente trabalho são apresentados exemplos do RAS e DAS. Através dos *links Apêndices*, opção **Apêndice B – Roteiro de Avaliação do Sistema (RAS)** e, **Ferramentas**, opção **Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP)**, é apresentado o RAS. Por meio dos *links Apêndices*, opção **Apêndice C – Documento de Avaliação do Sistema (DAS)** ou, **Ferramentas**, opção **Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP)**, é apresentado o DAS.

2.3.1.4 Criação da Sistemática de Simulação do Processo de Projeto (SS/PP)

Em virtude das vicissitudes ocorridas ao longo da construção do SIPROCON/PP ocorreram alterações no escopo original da pesquisa exigindo que novas estratégias fossem empregadas

⁹ Arquitetura do sistema: a arquitetura diz respeito às decisões relativas a organização de um sistema ou software, compreendendo a seleção dos elementos estruturais e suas interfaces, para que este sistema seja resolvido em conjunto com o seu comportamento, ou seja, especificar a colaboração entre estes elementos. Arquitetura de software não se concentra somente na estrutura e no comportamento, mas também com o uso, a funcionalidade, a performance, resiliência ou poder de recuperação, restrições econômicas e tecnológicas, *trade-offs* e questões estéticas (KRUCHTEN, 2001, p. 277).

¹⁰ Linguagem de programação: é a linguagem escrita que os programadores utilizam para controlar os computadores transmitindo mensagens por seqüências ordenadas de palavras e símbolos (ALMEIDA; ROSA, 2000, p.194).

¹¹ Banco de dados: um conjunto de informações relacionadas entre si, referentes a um mesmo assunto e organizadas de maneira útil, com o propósito de servir de base para que o usuário recupere informações, tire conclusões e tome decisões. Qualquer coleção de dados organizados de tal forma que possibilite a localização rápida dos itens escolhidos (ALMEIDA; ROSA, 2000, p.180).

¹² Protótipo evolutivo: o protótipo evolutivo como indica o nome, evolui ao longo do desenvolvimento do sistema, ou seja, de uma iteração para a próxima. Embora inicialmente sejam desenvolvidos com baixa qualidade poderão ser refinados ao longo do processo. Para poderem ser refeitos de forma controlada, os protótipos evolutivos tendem a ser projetados de modo bastante formal e testados um pouco formalmente, até mesmo nas fases iniciais (KRUCHTEN, 2001, p.186-188).

a fim de alcançar os objetivos propostos inicialmente. Neste sentido, a intenção inicial era realizar a validação da ferramenta com a participação de usuários finais (projetistas e coordenadores) em aplicação prática do seu uso. Isto porque havia a dependência do SCPOA para disponibilizar versão adequada para tal fim sem a possibilidade de ocorrência de falhas, que tanto poderiam criar problemas para os usuários e suas empresas e desestimular o uso de uma versão comercial desta ferramenta. Logo, a opção inicial foi validar a aplicabilidade do SIPROCON/PP através de demonstrações simuladas do seu uso. Porém, foi constatada na construção do SIPROCON/PP a impossibilidade de uso, também, em simulações. Diante disso, para possibilitar a validação da modelagem desenvolvida para o SIPROCON/PP através de simulações, foi criada uma atividade lúdica denominada **Sistemática de Simulação do Processo de Projeto (SS/PP)**, a qual foi desenvolvida concomitantemente a criação de uma ferramenta computacional denominada **Sistema Integrado de Programação e Controle do Processo de Projeto (SINTEG/PP)** em substituição ao SIPROCON/PP.

Através da SS/PP foi reproduzida a comunicação e o intercâmbio de informações entre os intervenientes de um processo de projeto sob o conceito de verossimilhança suscitando a incerteza que lhe é intrínseca, fruto da variabilidade de desempenho dos projetistas relacionada ao cumprimento dos prazos para realização das atividades e a validade das informações transmitidas. A variabilidade e a incerteza são endêmicas no processo da construção civil (SALDANHA, 1991, p.93) tornando os processos difíceis de planejar e controlar (SANTOS, 2001, p. 25). Logo, um fator crucial com relação à programação de obras e projetos é a confiabilidade, pois uma programação será tanto mais confiável quanto menos vulnerável for em relação a incerteza (SANTOS, 2001, p.27).

Com a SS/PP foi gerado um contexto alusivo à um projeto, a partir do qual foram realizadas as avaliações da aplicação da ferramenta por meio de experimento com uso de simulações. O processo de desenvolvimento da SS/PP foi realizado em duas etapas, correspondentes a modelagem da dinâmica e das diretrizes da SS/PP respectivamente. A dinâmica da SS/PP foi concebida com a premissa de uma atividade lúdica, na qual através de sorteios era reproduzida a variabilidade e a incertezas de um processo de projeto. Os procedimentos realizados na dinâmica da SS/PP foram definidos através da associação da sistemática do modelo de Bordin (2003) com a sistemática de utilização do SIPROCON/PP. Posteriormente, foram elaboradas as diretrizes que disciplinavam a utilização da SS/PP nas simulações.

Concomitantemente, a criação da SS/PP foi realizado o desenvolvimento e especificação de uma ferramenta computacional sob o conceito de **protótipo exploratório**¹³ denominada SINTEG/PP de suporte à este processo de criação. A construção deste protótipo foi realizada pelo pesquisador com o intuito de recriar o SIPROCON/PP. Na construção do SINTEG/PP foi utilizado o DMS obtido na etapa de modelagem para subsidiar os programadores com as informações necessárias ao processo de desenvolvimento do SIPROCON/PP. A validação da SS/PP e do SINTEG/PP foram realizadas em conjunto por meio de simulações no decorrer da sua construção possibilitando o seu aprimoramento fruto dos resultados obtidos.

2.3.1.5 Simulações

As simulações foram realizadas com a finalidade de reproduzirem o intercâmbio de informações num processo de projeto. Para tal, foi utilizada a rede CPM¹⁴ de atividades do modelo de Bordin (2003). Por conseguinte, foram realizadas as tarefas de programação e monitoramento do processo de projeto. A vantagem em realizar um experimento através de simulação como estratégia de pesquisa foi a de obter resultados semelhantes aos que seriam alcançados se tivessem sido realizadas avaliações reais com usuários finais, porém mais rapidamente. Isto se adequou às condições de prazo da pesquisa. Segundo Saldanha (1991, p. 57), para referir-se a simulação, é necessário introduzir o conceito de **sistema-objeto**, isto é, as partes do mundo real que se quer estudar, ou seja, o objeto ou tema da investigação ou experiência de aprendizado. Logo, a simulação é uma manipulação dinâmica de um modelo com o objetivo, que pode ser:

- a) para ajudar na compreensão do funcionamento de determinado sistema-objeto;
- b) para ajudar na tomada de decisão das pessoas que controlam algum aspecto do sistema-objeto;

¹³ Protótipo exploratório: o protótipo exploratório é projetado para testar uma suposição fundamental que envolve funcionalidade ou tecnologia, ou ambos. São geralmente rápidos de serem construídos, servindo também para esclarecer requisitos mais detalhadamente, e testar suposições que envolvem a tecnologia ou a funcionalidade do sistema, ou ambos (KRUCHTEN, 2001, p.186-188).

¹⁴ Rede CPM: o método redes CPM (*Critical Path Method* ou, Método do Caminho Crítico) foi criado para analisar processos que envolviam muitas atividades encadeadas. É um método determinístico haja visto que considera tempos exatos, baseados em uma experiência pregressa. Com o uso de rede CPM é possível analisar as dependências entre as atividades e, ainda, ter acesso a um grande número informações para a tomada de decisão. As redes são desenvolvidas tendo como base dois componentes: **atividades** (execução efetiva de operações que consomem tempo e/ou recursos) e **eventos** (ou nós, são marcos que caracterizam determinados instantes da programação e não consomem nenhum tipo de recurso ou tempo) (LIMMER, 1997, p. 40-41).

- c) para treinar pessoas no conhecimento sobre determinado sistema-objeto.

No presente trabalho o sistema-objeto corresponderia ao gerenciamento do intercâmbio de informações no processo de projeto de obras de edificações na indústria da construção civil. A SS/PP em associação ao modelo de Bordin (2003) proporcionaram o sistema-objeto tido como base de experimentação necessária às simulações. Neste sentido, a SS/PP foi utilizada para dinamizar o processo de projeto nas simulações proporcionando a criação de situações de incerteza fruto da variabilidade de desempenho dos projetistas alusivas a um contexto próximo da realidade. Neste sentido, foi possível avaliar a aplicação da ferramenta assistindo a tomada de decisão dos coordenadores de projeto na tarefa de programação e controle do processo. As simulações do processo de projeto compreenderam as seguintes fases:

- a) estabelecimento da programação do processo de projeto (fase I);
- b) controle do processo de projeto (fase II).

Pelo fato de ter sido definido que o nível de análise do processo de projeto seria o das atividades, as redes CPM do modelo de Bordin (2003) representando um modelo ideal de um processo de projeto subsidiaram as simulações completamente. As simulações foram realizadas no protótipo exploratório SINTEG/PP em razão do completo desenvolvimento desta ferramenta. Após as simulações, os resultados coletados foram analisados visando especificar como a ferramenta poderia auxiliar os coordenadores de projeto.

2.4 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

A primeira delimitação deste trabalho refere-se ao caráter controlador do cronograma das atividades de projeto da ferramenta, a qual, preferencialmente, destina-se ao uso de coordenadores de projeto, o que por sua vez condicionaram a concepção e os recursos que foram disponibilizados. Contudo, os projetistas poderão igualmente se beneficiar da sua utilização. Uma outra delimitação diz respeito a não implementação e, tampouco o acompanhamento do uso da ferramenta em condições reais de projeto, conforme anteriormente destacado tanto por razões de cunho tecnológico quanto sociológico. A última delimitação destaca que o desenvolvimento da ferramenta foi realizado considerando as características de um único sistema colaborativo comercial da cidade de Porto Alegre (RS).

3. PROCESSO DE PROJETO

O objetivo deste capítulo é apresentar a importância do processo de projeto, bem como a sua necessidade e impacto das decisões realizadas no decorrer do seu desenvolvimento no contexto do processo construtivo. Assim, são analisadas questões como a pouca importância dada as decisões efetuadas nesta etapa, com ênfase no intercâmbio de informações durante o referido processo. Adicionalmente, se discorre sobre a modelagem de processos e o papel e responsabilidades da coordenação de projetos. Finalmente, dá-se ênfase a aplicação da tecnologia da informação para integração dos intervenientes no processo de projeto.

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO NO PROCESSO CONSTRUTIVO

Dentro do contexto atual, de evolução da construção de edifícios, deve ser considerada irreversível a tendência de maior pressão sobre o **processo¹⁵ de projeto**: um dos problemas para a evolução do setor. É necessário a sua busca por um caráter mais próximo daquele do demais setores industriais (MELHADO, 1998, p.623). Deste modo, na atualidade, dentro do ambiente das empresas, a atividade de projeto deve estar definitivamente vinculada à estratégia de inovação tecnológica traçada em cada organização, pois é mundialmente reconhecida como fator crucial no bom desempenho empresarial (NAVEIRO; OLIVEIRA, 2001, p.16). Assim sendo, o projeto vem sofrendo uma evolução conceitual significativa, que não só amplia o seu escopo como reposiciona o seu papel no contexto do processo construtivo de edificações (PERALTA, 2002, p.26).

Neste sentido, as edificações estão se tornando gradativamente mais complexas frente a demanda dos consumidores. Isto tem conduzido, também, para um crescente número de profissionais envolvidos no projeto, cada um com campo muito específico e especializado de conhecimento e atuação (COSTA; ABRANTES, 1996, p.829). Conseqüentemente, os projetos hoje estão muito mais complexos do que antes e passam a envolver, entre outras exigências, altos investimentos de capital, profissionais de diversas especialidades, prazos curtos, ampla variedade de intervenientes, rigorosos padrões de qualidade. Estes fatores associados a rápida velocidade da evolução em tecnologia da informação e comunicação tem

15 Processo: conjunto de atividades pré-determinadas feitas para gerar produtos/serviços que atendam às necessidades dos clientes (SOUZA et al., 1995, p.59).

influenciado as práticas de gerenciamento de projetos (ALSHAVI; INGIRIGE, 2003, p.349; GUERRERO, 2004, p.12).

A complexidade dos projetos de edificação é devido ao grande número de subsistemas com variados inter-relacionamentos (HUOVILA; SERÉN, 1998, p.232) reflexo do grande número de especialistas que contribuem no processo de tomada de decisão (ALSHAVI; INGIRIGE, 2003, p.350) implicando numa maior quantidade de informações a ser gerada e que deverá circular (GÓMEZ, 2000, p.9). O processo de desenvolvimento do projeto é, portanto, um processo de **transformação de informações** até se alcançar a descrição completa do objeto (NAVEIRO, 2001, p.50). Entretanto, é importante frisar que não existe uma definição satisfatória para projeto (NAVEIRO, 2001, p.31). Quando se fala em projeto, muitas são as definições e variações de contextos nos quais essa é utilizada. Deste modo, pode-se pensar em projeto, por exemplo, no sentido de empreendimento, pensar no sentido de concepção, plano, conjunto de desenhos (SANTOS, 1999, p.16).

Segundo Thomaz (2001, p.93) o projeto compreende um conjunto de desenhos; cálculos; modelagens; memoriais de construção; quantificações; fluxogramas de atividades; cronogramas; especificações de materiais, equipamentos e processos necessários à perfeita construção da obra e sua manutenção preventiva ao longo de sua vida útil que lhe foi prevista. De acordo com a AsBEA (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA, 2000, p. 17), a palavra projeto significa, genericamente, intento, desígnio, empreendimento e, em sua acepção técnica, um conjunto de ações caracterizadas e quantificadas, necessárias à concretização de um objetivo. Embora este sentido se aplique a diversos campos de atividades, em cada um deles o projeto se materializa de forma específica.

Conseqüentemente, existem várias definições propostas para projeto, todas incompletas e muito dependentes da formação e da experiência profissional de quem opina (NAVEIRO, 2001, p.33). Segundo Melhado e Agopyan (1995, p.2), a maioria dos conceitos e definições de projeto, obtidos a partir da bibliografia relacionada com o tema, estão ligados ao **procedimento** ou **prática de projetar**. Projetar envolve uma grande quantidade de conhecimentos práticos, denominados conhecimentos tácitos, que só se adquirem através da prática. Portanto, projetar se aprende projetando. Nessa atividade são utilizados três tipos básicos de conhecimentos para gerar (NAVEIRO, 2001, p. 27):

- a) idéias;

- b) conhecimentos para avaliar conceitos;
- c) conhecimentos para estruturação do processo de projeto.

Portanto, o que existe, fruto do senso comum a respeito do assunto, é que projetar é uma atividade complexa, e que os problemas a serem enfrentados pelos projetistas são pouco estruturados ou incompletos. O fato dos problemas serem incompletos não deve ser considerado uma falha, mas uma especificidade das situações enfrentadas pelos projetistas. Num projeto, a identificação do que falta definir faz parte do trabalho do projetista e, é normalmente o que ele faz em primeiro lugar, de forma a diminuir o grau de indefinição presente na proposta inicial (NAVEIRO, 2001, p.31).

Souza et al. (1995, p.127) destacam que “É na etapa de projeto que acontecem a concepção e o desenvolvimento do produto, neste caso a obra (edificação), que devem ser baseados na identificação das necessidades dos clientes em termos de desempenho e custos das condições de exposição a que será submetido”. Deste modo, “[...] desde a fase inicial de concepção arquitetônica, ou seja, a definição do **partido arquitetônico**¹⁶, até o detalhamento dos projetos das demais especialidades, a liberdade de decisões entre alternativas vai sendo substituída pelo amadurecimento e desenvolvimento das soluções adotadas.” (FABRICIO et al., 1999, p.2). Em resumo este é um processo de descoberta e de resolução de problemas (PERALTA, 2002, p.33). Deste modo, o projeto visa antecipar a execução da obra, o que pressupõe o conhecimento pleno da mesma, ou seja, **o projeto deve ser capaz de construir no papel**. Por conseguinte, qualquer esforço dispensado durante o projeto repercute em ganhos sensíveis e possui custos reduzidos quando comparados aos que advêm das modificações feitas posteriormente, durante a execução, pois as modificações feitas no papel são mais simples de serem efetuadas (MELHADO, 1994, p.4).

Portanto, “[...] os projetos devem compreender informações completas, precisas e detalhadas sobre a obra que está se pretendendo materializar, [...] em resumo, devem definir o quê vai ser feito, como vai ser feito, com que materiais, e em que época.” (THOMAZ, 2001, p.95). Souza et al. (1995, p.127) salientam que além das decisões com relação à forma, tamanho, tipologia e padrão da edificação, decisões sobre custos e tempos são tomadas ainda nesta fase. Isto ressalta a importância da gestão do processo de projeto, uma vez que o mesmo tem influência

¹⁶ Partido arquitetônico: o partido é uma aproximação, uma análise dos aspectos mais importantes de um problema arquitetônico, ou seja, fixa a concepção básica de um projeto, em termos de organização planimétrica e volumétrica, assim como suas possibilidades estruturais e de relação com o contexto (MAHFUZ, 1995, p.27).

sobre todo o processo de construção e, por conseguinte, na qualidade do produto final. Silva (1996, p.106) assinala que ao definir as características físicas das edificações, o projeto concentra a maior possibilidade de influência na determinação dos custos iniciais relativos aos materiais e componentes empregados, mão-de-obra necessária para a execução dos serviços e dos custos de operação e manutenção ao longo de toda a vida útil. Diante ao contexto que foi apresentado, Naveiro (2001, p.33), destaca algumas propostas para definição de projeto, as quais são:

- a) processo de tomada de decisão;
- b) atividade de resolução de problemas;
- c) processo de planejamento e busca de soluções;
- d) processo de satisfação de restrições.

3.2 A IMPORTÂNCIA DO PROJETO

A busca por otimização em todos os aspectos do projeto de arquitetura tem sido crescente diante de novas realidades da indústria de construção civil. Lopes et al. (2002), indicam que pode-se resumir estas alterações:

- a) na crescente complexidade das edificações;
- b) no grande número de agentes;
- c) na necessidade de redução dos custos;
- d) nas exigências de qualidade e eficiência certificadas.

Da eficiência da elaboração do projeto depende a qualidade do produto resultante, justificando-se, portanto a adoção de procedimentos metodologicamente estabelecidos que visem orientar simultânea e conjuntamente os vários profissionais e estabelecer adequado fluxo de informações entre eles (MELHADO, 1994, p.4). Peralta (2002, p.27), concordando com esta afirmação, destaca que a preocupação com o projeto tornou-se maior por ser a sua elaboração considerada uma das principais fontes de melhoria do desempenho do produto edificação: diminuição de custos de produção e de ocorrências de falhas tanto no produto quanto no processo e, por sua vez, de otimização das atividades de execução.

No entanto, na construção de edifícios o projeto tem sido tratado apenas como um componente legal a fim de viabilizar o empreendimento. Por isso, no momento atual, ele tem tido um tratamento de cunho meramente complementar, quando deveria ocupar o papel principal norteando todo o processo construtivo (VANNI, 1999, p.43). O projeto deveria ser capaz de subsidiar as atividades de produção em canteiro com informações de alto nível e que não poderiam ser igualmente geradas no ambiente de obra. A partir de um bom projeto, seria possível elaborar um planejamento e uma programação eficientes, assim como um programa efetivo de controle da qualidade para materiais e execução (MELHADO, 1994, p.4). Franchi et al. (1993, p.138) ainda destacam que a falta de integração entre as etapas de projeto e produção é um dos fatores determinantes na geração de perdas, pois aspectos importantes na construtibilidade do projeto podem ser negligenciados.

Entretanto, muitas vezes o projeto de um edifício é entendido como um ônus que o empreendedor deve ter antes do início da obra. É visto, portanto, como despesa a ser minimizada o quanto for possível, já que não estão disponíveis recursos financeiros necessários e suficientes para executar o empreendimento antes da aprovação do projeto junto aos órgãos competentes (MELHADO, 1994, p.4). Na maioria das vezes discutem-se valores de honorários, desviando-se do foco principal que deve ser o que e como será entregue o projeto. Enfim, ficam num segundo plano, em relação aos valores dos honorários, o conteúdo e a qualidade do trabalho profissional (FABRICIO, 2002, p.71). Logo, os empreendedores continuarão a receber, como produto de seus contratos, projetos desvinculados e incompatíveis entre si se continuarem a (PICORAL, 2000, p.66):

- a) encarar o projeto como custo e não como investimento;
- b) contratar os projetos de forma seqüencial e desvinculada;
- c) não definir o produto que estão contratando junto a cada projetista;
- d) não estabelecer procedimentos de coordenação para os diversos projetos.

Se o empreendedor quer um projeto que atenda às necessidades da obra, ele precisa rever seu processo de contratação e coordenação dos mesmos (PICORAL, 2000, p.66). Entretanto, as fases iniciais de projeto têm recebido relativamente pouca atenção e, igualmente as decisões realizadas neste período (AUSTIN et al., 2002, p.193). Apesar do projeto ser importante para o sucesso de um empreendimento, verifica-se que o mesmo não é elaborado de forma adequada. Deste modo, a maioria dos problemas enfrentados durante a construção do edifício

tem origem na má qualidade das informações fornecidas em projeto (BAÍIA; MELHADO, 1998). Muitas vezes as diversas disciplinas de projeto não são objeto de nenhum tipo de compatibilização, além disso, há uma ausência de informações relevantes gerando inúmeros problemas que o pessoal da obra deverá solucionar no momento da construção (BARROS, 1999). Portanto, a atividade de projeto não cessa quando da entrega do projeto à obra, na medida em que existe a imprevisibilidade e que a eficácia das decisões tomadas em projeto só pode ser efetivamente avaliada durante a execução, a permanência da equipe de projeto ao longo daquele período é fundamental (MELHADO; AGOPYAN, 1995, p.15).

Segundo Picoral (2000, p.149), os projetos foram deixando, gradativamente, de atender plenamente sua finalidade e muitas decisões passaram a ser efetuadas na obra, refletindo-se na redução da qualidade do empreendimento. Na medida em que os projetos deixam de atender plenamente sua função, deixam também, de ser prestigiados. Porém, Melhado e Agopyan (1995, p.4) afirmam que “[...] as decisões realizadas no decorrer da fase de projeto têm uma grande capacidade de influenciar o custo final do empreendimento.”. Conforme Souza et al. (1995, p.130), a razão para isto é que quanto mais se avança da fase de projeto para a fase de execução e uso, diminui o potencial de redução de custos, uma vez que concluído o projeto estarão estabelecidas todas as condições em que o processo de execução ocorrerá.

Neste sentido, o processo de elaboração do projeto é o definidor das características físicas da edificação como forma, dimensões, espaços, materiais, componentes e sistemas, que por sua vez definem a tecnologia a ser empregada. Ao definir esses aspectos se estabelece as condições de maior ou menor facilidade de construir através da coordenação e integração entre as partes, seja do ponto de vista funcional ou do ponto de vista dimensional. As condições de continuidade e repetição de operações de execução são também definidas pelo projeto, o qual interfere dessa forma sobre a produtividade do processo de produção (SILVA, 1996, p.106). Assim, em virtude de nessa fase inicial de desenvolvimento de projetos existir investimento de poucos recursos financeiros, uma vez que obra ainda não iniciou, se tem uma grande capacidade de influência na redução de falhas, através da possibilidade de detalhamento da solução escolhida (PICORAL, 2000, p.5). Da mesma forma, os fatores que determinam os custos de operação e de manutenção também estão essencialmente ligados às definições de projeto, embora tenham a influência das ações de uso (custos de operação e de manutenção). Inúmeras são as variáveis que podem intervir na determinação desses custos dentro desse espectro deixado pela solução de projeto, mas os limites estarão pré-fixados pelas opções do projetista (SILVA, 1996, p.106).

3.3 CONSEQUÊNCIAS DA FALTA DE QUALIDADE DOS PROJETOS

A falta de interesse e de compromisso com a integração dos projetos faz com que cada especialista envolvido nesse processo desenvolva sua parcela de trabalho sem compatibilizar com as demais. Apesar desta realidade estar mudando, pelo menos nas empresas mais organizadas, o problema mais grave desta situação é que somente durante a execução da obra é que se vai perceber a incompatibilidade dos projetos, não havendo mais tempo, na maioria dos casos, para se propor novas soluções em projeto. Com isso, são vários os problemas que, irremediavelmente, podem gerar, entre outros: grandes prejuízos, retrabalhos e atrasos no cronograma da obra (SANTOS, 1999, p.24). Essa situação somente ocorre, na medida em que o projeto e a execução têm tratamentos dissociados e distintos. Não há dúvida que é importante que haja união e entrelaçamento entre estas duas importantes etapas (VANNI, 1999, p.21), haja visto que a falta de integração entre o projeto e o processo construtivo constitui um grave problema para a condução da obra (FRUET; FORMOSO, 1993, p.35).

Da mesma forma, Duarte e Salgado (2002, p.65) afirmam que uma das principais causas das patologias nas construções tem como origem o projeto. Reforçam a idéia anterior ao justificarem que, dentre os fatores que contribuem para essa distorção, o principal é o fato do projeto ser desenvolvido sem levar em conta o processo construtivo. Como resultado dessa dissociação, verificam-se projetos que não raro, omitem informações, exigindo que alguns detalhes sejam desenvolvidos no canteiro. Percebe-se que este alerta é antigo verificando que Ioshimoto (1988, p.109) já destacava a relação entre as patologias freqüentemente encontradas nas edificações e a negligência dada ao processo de projeto:

[...] do ponto de vista da qualidade dos produtos, neste caso as obras, avaliados de acordo com seu desempenho durante o uso, a presença de patologias diversas, demonstra a desconsideração de determinados aspectos relativos às exigências de desempenho, durante o processo de elaboração dos projetos [...].

Ramos (2002, p.32) salienta que pouca importância é dada à atividade de projeto pelos construtores, mas a influência sobre os custos do edifício é relevante, visto que é menos oneroso corrigir um projeto do que uma obra executada, principalmente quando se tem em vista a redução de perdas e de custos. Conforme destacam Franchi et al. (1993, p.138), dentre as “[...] causas de perdas relacionadas ao projeto, uma é atribuída a falta de compatibilidade entre os diferentes projetos – arquitetônico, estrutural, elétrico, hidráulico, telefônico, [...]”. Esta idéia também é considerada por Novaes (1995, p.86), visto que tanto no projeto quanto

na execução, “[...] as inadequações resultam da falta de compatibilidade, física, geométrica e produtiva, entre detalhes afins.”.

Na construção brasileira verifica-se um grande número de problemas oriundos de falhas na execução do empreendimento advindas do inadequado detalhamento de projetos, bem como na falta de harmonização entre os diferentes projetos. Estas falhas típicas de projetos correspondem a “[...] incompatibilidade entre diferentes projetos, erros ou diferenças de cotas, de níveis e alturas [...]”, além da “[...] falta de especificação de materiais componentes e inexistência ou inadequação de detalhamentos [...]” (FRUET; FORMOSO, 1993, p.34). Portanto, Freitas (1995, p.168), destaca que a adoção de uma modulação no projeto, em função de materiais padronizados existentes no mercado, a especificação dos serviços, bem como de alternativas construtivas aceitáveis e a preocupação com a construtibilidade do projeto são fatores que influenciam na redução das perdas e desperdícios:

O desperdício de materiais ocorre desde a seleção dos fornecedores da empresa, passando pela equipe de projeto, na qual tem-se projetos inadequados e não compatibilizados; na fase de aquisição dos materiais quando no transporte, recebimento e armazenagem destes materiais; na fase de execução da obra com aumento do consumo de materiais para correção das imperfeições; até à fase de pós-ocupação na qual ocorre desperdício de materiais devido a reparos.

Vários são os levantamentos efetuados em diversos países que apontam a fase de projeto como o principal causador de defeitos na construção. Conforme Thomaz (2001, p.98), na França, com base em levantamentos executados por companhias seguradoras francesas na década de 80, são apontados como fontes das patologias falhas decorrentes:

- a) dos **projetos**: 42%;
- b) dos processos construtivos: 24%;
- c) dos materiais: 17%;
- d) do uso indevido das obras: 10%;
- e) de outras causas: 7%.

Estes estudos mencionados são relevantes quando relacionados com os dados apontados por Goldman (1986, apud CORRÊA; NAVEIRO, 2001), nos quais os custos da etapa de projeto variam em média de 1,6 a 2,7% do custo total do edifício. Por sua vez, Edlin (1991 apud

AUSTIN et al., 1994, p.445), estes valores são da ordem de 3 a 10% do custo total do edifício. Na origem das falhas ocasionadas por projetos, Vanni (1999, p.19) destaca:

- a) projetos incompletos;
- b) incompatibilidade dos diversos projetos;
- c) alterações nos projetos;
- d) conflitos entre os distintos projetos;
- e) falta de coordenação;
- f) tempo perdido em reuniões mal conduzidas;
- g) erros na especificação dos materiais;
- h) falta de detalhamento;
- i) dificuldades de interpretação da representação gráfica utilizada;
- j) planejamento inadequado;
- k) falta de padronização e construtibilidade.

Os profissionais responsáveis pelos projetos complementares, salienta Picoral (2000, p. 54) com exceção do projeto estrutural, apresentam seus projetos de forma muito esquemática, com existência de poucas cotas e pouco comprometimento com a posição da maioria das instalações. Segundo Fruet e Formoso (1993, p.34), o detalhamento inadequado é freqüentemente devido ao desconhecimento do projetista do material que será utilizado na obra ou a mudanças de material devido a falta ou preço de mercado. Estes problemas são detectados por alguns profissionais quando afirmam que há “[...] falta de soluções técnicas nos projetos [...]”, “[...] falta de interesse dos projetistas em conhecer elementos construtivos [...]” e “[...] inadequação do memorial descritivo à obra [...]”. Outra causa é o início da obra dar-se antes da conclusão do projeto executivo.

Desta forma, em virtude da qualidade resultante dos projetos elaborados, modificações são realizadas nesses no decorrer da execução das obras. Assim, existe uma grande parcela de perda que é causada por problemas relacionados ao projeto, tais como (FRANCHI et al., 1993, p.196):

- a) modificações no transcorrer do processo construtivo;

- b) falta de consulta ou de cumprimento às especificações;
- c) detalhamento insuficiente do projeto, bem como de coordenação entre os diversos projetos.

Segundo Moreau e Back, (2000, p.130) mais da metade dos erros e omissões nos desenhos e especificações de projetos de edificações são devido a deficiente coordenação entre as disciplinas de projeto. Por sua vez, em diagnósticos realizados com empresas de construção civil de pequeno porte na cidade de Porto Alegre, Fruet e Formoso (1993, p.33), identificaram que mais de 90% destas efetuavam modificações de projeto durante a obra. Quanto ao início da obra, 55% das empresas só iniciavam a obra após a conclusão do projeto executivo, mas 22% iniciavam a obra antes da conclusão do projeto executivo e, as restantes não possuíam regra fixa para início da obra. Segundo Koskela (1992) a incidência de modificações de projeto em fases avançadas, deve ser minimizada, evitando-se perdas, pela redução de erros através da gestão da qualidade.

Assim, falhas no processo construtivo parecem ter sua origem concentrada justamente no processo de desenvolvimento de projetos: aquele que no Brasil é, normalmente, desenvolvido sob a pressão do tempo (PICORAL, 2000, p.5). No Brasil, a etapa de concepção é desenvolvida em aproximadamente um terço do tempo consumido pela etapa de produção. Esta diferença na duração das etapas de concepção e produção esta associada à tecnologia construtiva adotada e à identificação da importância do projeto para a qualidade do produto final (OLIVEIRA, 1999, p.82). Concomitantemente, na realidade brasileira, os panoramas econômico, político e social estão sempre suscetíveis a mudanças. Desta forma, o empreendedor empenha-se para viabilizar economicamente o empreendimento e, quando esse viabiliza-se, os prazos acabam pressionando a etapa de projeto, com tempos reduzidos para seu desenvolvimento (PICORAL, 2000, p.30). Com isso, é hábito destinar tempos mínimos para a etapa de projetos e executar a obra em vários anos.

O pequeno tempo atribuído à confecção do projeto faz com que as discussões entre os profissionais a respeito das soluções a serem adotadas, bem como o detalhamento do projeto se tornem insuficientes. O ganho de tempo irreal na etapa de concepção, na qual 80% dos custos do empreendimento são definidos, pode fazer com que o prazo de execução da obra seja prolongado e cause, até mesmo, o insucesso do empreendimento (OLIVEIRA, 1999, p.82). Entretanto, em países desenvolvidos o tempo destinado às fases de projeto chega a ser

da mesma ordem de grandeza daquele dedicado posteriormente à obra, procurando-se, com isto evitar as deficiências e os desperdícios comuns na fase de execução e obter um melhor desempenho do produto final (PERALTA, 2002, p.29; VANNI, 1999, p.42). Em alguns países, como nos Estados Unidos, o tempo destinado às etapas de concepção e produção são aproximadamente iguais (OLIVEIRA, 1999, p.82). Segundo Picchi (1993, p.311) “[...] estudos franceses recomendam, para uma obra habitacional de 12 a 18 meses de duração, a alocação de uma prazo de 6 a 18 meses para a concepção [...]”.

Tomando a produtividade do setor da construção civil residencial nos Estados Unidos com base 100, Nascimento Neto e Simonetti (1998 apud Fontenelle, 2002, p.1) reportaram relatório da consultoria McKinsey realizado a partir de um profundo estudo sobre a capacidade econômica brasileira entre os anos de 1995 a 1997, que apontou que a produtividade do mesmo setor no Brasil seria 35. Indicou, ainda, a possibilidade de crescimento de no máximo 66% em dez anos, sendo uma única mudança simples apontada nesse estudo para reverter essa situação: **fazer projetos mais fáceis de executar**. Interessante conforme destaca Fontenelle (2002, p.1) é que esse estudo comparou a produtividade usando construções (conjuntos habitacionais para a população de baixa renda) e mão-de-obra semelhantes. Por exemplo, no canteiro de obras americano trabalhavam pedreiros de baixa escolaridade (assim como os nossos), a maioria mexicanos, que mal falavam inglês. Segundo a pesquisa, “A diferença é que os pedreiros mexicanos recebiam melhor orientação de seus engenheiros e trabalhavam num **projeto** que, de tão bem elaborado, não deixava margem a erro.”.

Entretanto a prática de projeto da maior parte das empresas construtoras e incorporadoras brasileiras é desenvolvida de forma não planejada, segmentada e seqüencial e com evidente carência de interação e comunicação entre os diversos agentes envolvidos (ROMANO et al., 2001). Neste sentido, a desorganização da atividade de projeto constitui uma forma de bloqueio à inovação tecnológica e à racionalização progressiva do processo de produção como um todo (ULRICH; SACOMANO, 1999). No entanto, alguns autores (SCHMITT et al., 2001) afirmam que o processo de projeto de obras de edificação está sofrendo alterações culturais bastante marcantes com a utilização de extranets de projetos. Com a substituição do processo tradicional pelo colaborativo, há exigência de uma postura diferenciada dos profissionais, já que os expõe a situações inusitadas, e a possibilidade de melhores resultados é possível.

3.4 QUALIDADE NO PROCESSO DE PROJETO

A qualidade e confiabilidade do projeto podem influenciar o número de interferências realizadas na obra, ocorrências de retrabalho, a racionalização do consumo de materiais além, da facilidade e eficiência da construção (MOREAU; BACK, 2000, p.128). Dentro de um ambiente de gestão da qualidade, o processo de projeto deve estar voltado ao atendimento das necessidades de informação de todos os clientes internos que atuam no ciclo de produção do empreendimento. Esse objetivo deve ser atingido de forma eficiente e coerente com a atuação dos demais agentes, evitando retrabalhos na elaboração desse projeto (MELHADO, 2001, p.72). A qualidade do projeto, além de influenciar a eficiência da obra, é fator determinante na decisão de compra do cliente e, portanto, a concepção e desenvolvimento do produto devem ser baseados na identificação das necessidades dos clientes em termos de desempenho e custo (PERALTA, 2002, p.18; PICCHI, 1993, p.86). No entanto, não se pode esquecer que existe um limite de responsabilidade técnica, quando as empresas incorporadoras e construtoras, projetistas e contratantes não podem simplesmente atender às solicitações dos clientes se estas não forem compatíveis com as condições técnicas adequadas ao desenvolvimento do edifício ao longo de toda a sua vida útil (SILVA; SOUZA, 2003, p.14).

As atividades destinadas à coordenação de projetos e à compatibilização de soluções incluem-se dentre os instrumentos de garantia da qualidade do processo de projeto na produção de edifícios (PICCHI, 1993, p.310-311). No entanto, apesar do reconhecimento da importância destes instrumentos, verifica-se que, em geral, o seu emprego ainda é menos intenso do que seria necessário. A ausência de análises de interferências e implicações recíprocas entre projetos gera a necessidade de adaptações durante a execução da obra, visando compatibilizar os projetos e facilitar ou, algumas vezes, possibilitar a produção, com a conseqüente ocorrência de paradas, esperas e retrabalhos (NOVAES, 1999). Deste modo, o grande problema que está ocorrendo atualmente ocasionando a falta de qualidade nas empresas construtoras e incorporadoras de construção de edifícios é a improvisação de etapas que são resolvidas *in loco* fruto da dissociação entre projeto e a execução (VANNI, 1999, p.42).

3.4.1 Qualidade da solução de projeto

A solução de projeto adotada tem, também, forte impacto no processo de execução da obra, pois define partidos arquitetônicos, detalhes construtivos e especificações que permitem uma

maior ou menor facilidade de execução, afetando positiva ou negativamente os custos de construção. A qualidade da solução de projeto dita a qualidade da solução de projeto

A solução de projeto adotada tem, também, forte impacto no processo de execução da obra, pois define partidos arquitetônicos, a descrição da solução ou da apresentação, resultante da clareza e da precisão do projeto executivo, das especificações técnicas, dos memoriais de cálculo e dimensionamento (OLIVEIRA, 1999, p.69; SOUZA et al., 1995, p.127). Segundo Silva (1996, p.99), a qualidade da solução refere-se ao conjunto resultante:

- a) da **concepção espacial e funcional**, levando-se em conta os valores sócio-culturais e de desempenho técnico e econômico;
- b) da **concepção estética e simbólica** que está ligada ao ato criativo, mas também aos valores culturais do ambiente em que a edificação será inserida;
- c) das **especificações técnicas** do ponto de vista de comportamento resultante da edificação sob as condições de uso ao longo de toda a vida útil, respeitando-se inclusive as relações econômicas entre custos iniciais e custos ao longo da vida útil (operação, manutenção, renovação, reposição e, também, demolição);
- d) das relações que o projeto estabelece entre as atividades necessárias para a produção, que determinam a produtividade a ser atingida no processo de trabalho, e por consequência os custos de execução.

3.4.2 Qualidade da elaboração do projeto

Para assegurar a qualidade da solução e da apresentação do projeto, é necessário controlar a qualidade do seu processo de elaboração. Para tal, a empresa contratante deve (SOUZA et al., 1995, p. 127):

- a) estabelecer diretrizes para o desenvolvimento do projeto;
- b) garantir a coordenação e integração entre os vários projetos;
- c) exercer a análise crítica dos mesmos;
- d) controlar a qualidade quando do recebimento do projeto.

Assim sendo, para que se atinjam os resultados previstos é fundamental que a equipe esteja bem integrada e que haja uma definição explícita das responsabilidades de cada um dos intervenientes, seus papéis e quais são as regras a serem seguidas (PICORAL, 2000, p.95). Segundo Silva e Souza (2003, p.14), é necessária a introdução de uma visão da qualidade nos processos de desenvolvimento de projeto com mecanismos que possibilitem que cada agente assegure a qualidade daquilo que lhe diz respeito no produto projeto a ser gerado. Isto visa, sobretudo, reduzir a complexidade gerencial do desenvolvimento de projeto e diminuir riscos de se chegar a um produto final construído com defeitos provenientes do projeto ou com o não-atendimento às necessidades dos usuários. No entanto, não é somente a qualidade do processo de desenvolvimento de projeto que garantirá a qualidade do produto resultante. A gestão da qualidade parte do princípio de que os agentes envolvidos possuem a capacitação técnica necessária para operar seus processos. É necessário atingir um grau de maturidade em que cada agente seja responsável pela qualidade dos processos sob a sua responsabilidade.

O controle de produção, realizado durante a elaboração dos projetos, deve ser exercido, inicialmente, pelo próprio profissional de projeto, ao respeitar, tanto os parâmetros intrínsecos à sua própria disciplina de projeto e demais documentos legais pertinentes, quanto aos dados contidos nas informações transmitidas pelos demais participantes do processo de projeto. Adicionalmente, deve ser exercido no âmbito da coordenação de projetos, e pode, eventualmente, ser acrescido de controle externo independente. Incluídas dentre as atribuições da coordenação de projetos, as atividades de compatibilização devem abranger tanto soluções de um mesmo projeto, adotadas em suas distintas fases de elaboração, quanto soluções que apresentam afinidades, presentes em projetos distintos. Da mesma forma, devem ser também compatibilizadas as soluções dos projetos com o processo construtivo (NOVAES, 1999).

Conforme Silva (1996, p.103), o conhecimento das relações de dependência entre todas as atividades de projeto e a visualização de todo o **sistema de desenvolvimento de projeto** é parte fundamental do processo, pois permite a efetiva divisão de responsabilidades entre todos os integrantes e o efetivo gerenciamento de prazos e qualidade. Através do fluxo possibilita-se assegurar que atividades que mantêm intrínseca relação de dependência possam ser desenvolvidas com elevado grau de integração. Segundo Fruet e Formoso (1993, p.33), nos seus diagnósticos os **gerentes técnicos**¹⁷ apontaram os erros de cotas, níveis e alturas e

¹⁷ Gerente técnico: foi definido no trabalho de Fruet e Formoso (1993, p.22) como o profissional especializado, que gerencia obras, normalmente estabelece relações com trabalhadores, empreiteiros e fornecedores, supervisiona os serviços e garante o andamento do trabalho em canteiro.

incompatibilidade entre diferentes projetos como problemas detectados na elaboração de projetos. Além destes, também foram citados:

- a) falta de especificação de materiais;
- b) detalhamento inadequado e falta de detalhamento;
- c) inexistência de soluções técnicas nos projetos;
- d) atraso na entrega de projetos;
- e) falta de interesse dos projetistas em conhecer elementos construtivos;
- f) inadequação do memorial descritivo à obra;
- g) excesso de diversidade de plantas;
- h) revisão feita por pessoas não habilitadas.

Segundo Souza et al. (1995, p.142), o controle da qualidade do projeto refere-se ao controle da qualidade durante o processo de elaboração, exercido pelos próprios projetistas e pela coordenação de projeto, e ao controle de recebimento de projeto. Para exercer o controle da qualidade do projeto é preciso garantir a existência de determinados parâmetros, que atuam como padrões de referência para implementar o controle. Estes parâmetros podem ser representados por indicadores de consumo, limites dimensionais, número de elementos e componentes construtivos, tipos de elementos, componentes e materiais, normas e critérios de dimensionamento, métodos de execução, detalhes construtivos, ou outros que sejam considerados oportunos em função da especificidade do empreendimento.

3.4.3 Qualidade da apresentação do projeto

A produtividade no canteiro de obras depende da qualidade da apresentação do projeto, pois a interpretação e as relações de interface de um projeto em relação aos demais definem a forma como as atividades se desenvolvem no canteiro de obras e a possibilidade de ocorrência de perdas de materiais e erros de execução, bem como a qualidade final do serviço executado (SILVA, 1996, p.104). Silva (1995, p.59) considera que os projetos devem atender alguns aspectos quanto a sua qualidade de apresentação. Neste sentido relaciona:

padrões de apresentação gráfica em todos os documentos; padrões de integração de sistema informatizados; padrões para apresentação de detalhes construtivos; padrões

para apresentação dos documentos preliminares do projeto em cada etapa; padrões de apresentação de detalhes construtivos; padrões de apresentação das especificações técnicas; padrões de apresentação de memoriais técnicos e memoriais de vendas.

Vários projetos são apresentados com abreviaturas e nomenclaturas que na maioria das vezes somente o projetista consegue entender. Deste modo, durante a fase de projeto, o desenvolvimento de procedimentos que permitam a padronização da apresentação dos projetos, de componentes e detalhes construtivos é imprescindível para o completo entendimento das atividades a serem desenvolvidas. Segundo Freitas (1995, p.170), “A padronização facilitará a leitura do projeto, evitando dúvidas na fase de execução e modificações no projeto no decorrer da obra”. Portanto, devem ser estabelecidos os parâmetros de apresentação dos projetos, de forma detalhada, especificando-se todos os documentos que devem compor cada parte do projeto e suas respectivas condições de apresentação (SOUZA et al., 1995, p.142).

3.5 COORDENAÇÃO DE PROJETOS

O bem sucedido desempenho de grandes empreendimentos multidisciplinares requer uma atenta coordenação para assegurar que todos envolvidos estarão constantemente informados de todas as modificações para eliminar erros e limitar as modificações de projeto (AUSTIN et al., 1994, p.446). Portanto, em um cenário de alta complexidade, no qual a interação e integração entre os agentes que participam de um empreendimento imobiliário assumem um novo formato e importância, deve-se destacar a função de coordenação do processo de projeto. Esta se mostra cada vez mais essencial para o sucesso e aumento da eficiência global no desenvolvimento das atividades (FONTENELLE, 2002, p.76).

Trata-se de reconhecer que o projeto é um processo iterativo e coletivo, exigindo assim uma coordenação do conjunto das atividades envolvidas, compreendendo momentos de análise crítica e de validação das soluções. Porém, isto não deve impedir o trabalho especializado de cada um dos seus participantes. Essa coordenação deve considerar aspectos do contexto legal e normativo que afetam cada empreendimento, estabelecer uma visão estratégica do desenvolvimento do projeto e levar devidamente em conta as suas incertezas (MELHADO, 2001, p.70; 2002). “Projetar torna-se, assim, um ato coletivo e circunstanciado e, na

construção de edifícios, as dimensões de seu processo não nos permitem encerrar sua delimitação no campo de uma única profissão.” (MELHADO, 2002).

3.5.1 Atividade e objetivos da coordenação do processo de projeto

A abrangência e enfoque dados para definir a atividade de coordenação de projetos variam entre os autores:

- a) um processo que compreende a organização das etapas do projeto, a análise, controle e compatibilização das soluções técnicas, a elaboração de projetos executivos e o acompanhamento do desempenho destes (RODRÍGUEZ; HEINECK, 2002);
- b) função gerencial a ser desempenhada no processo de elaboração do projeto, com a finalidade de assegurar a qualidade do projeto como um todo durante o processo, objetivando garantir que as soluções adotadas tenham sido suficientemente abrangentes, integradas e detalhadas, de modo que, após o término do projeto, a execução ocorra de forma contínua, sem interrupções e improvisos (SOUZA et al., 1995, p.142);
- c) ação de gerenciar as interdependências entre atividades, envolvendo a locação de recursos, sincronização, tomada de decisões em grupo, comunicação e percepção dos objetivos comuns e o monitoramento do desempenho de todos os intervenientes em suas tarefas no sentido de alcançar metas comuns (O'BRIEN; SMITH, 1994 apud JACQUES, 2002, p.1493);
- d) atividade capaz de subsidiar todos os projetistas intervenientes no processo com diretrizes bem definidas e documentos de referência atualizados; detectar e compatibilizar os problemas de interface entre os diversos projetos e entre estes e o processo construtivo antes do início da obra, tendo como resultado um conjunto de documentos que atendam plenamente a concepção proposta pelo projeto arquitetônico e os meios previstos para a produção do empreendimento (PICORAL 2000, p.37).

Segundo a AsBEA (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA, 2000, p.14), a **coordenação** pressupõe, a análise de alternativas de projeto,

a definição em conjunto ou não com o proprietário/contratante das diretrizes para os diversos projetos envolvidos na edificação, visando a obtenção de um conjunto harmônico de projetos que atendam aos requisitos programáticos, técnicos e financeiros do proprietário/contratante, além da compatibilização do projeto arquitetônico com os demais a ele complementares. A etapa de coordenação de projetos tem os seguintes objetivos (SOUZA et al., 1995, p.145):

- a) garantir uma perfeita comunicação e integração entre os participantes do projeto e de um empreendimento entre suas várias fases;
- b) possibilitar a solução das interferências entre as partes distintas elaboradas por vários projetistas;
- c) garantir a coerência entre o produto projetado e o processo de execução da empresa;
- d) gerenciar as decisões envolvidas na elevação da produtividade;
- e) controlar e garantir a qualidade do projeto.

Rodríguez e Heineck (2002) ainda destacam que a aplicação do conceito de construtibilidade está implicitamente inserida dentro da coordenação de projetos. Tem por objetivo específico racionalizar os recursos e como objetivo geral melhorar o desempenho do empreendimento, para desse modo participar de um sistema de gestão da qualidade. Para atingir tais metas, segundo Souza et al. (1995, p.145), a etapa de coordenação de projetos deve obedecer à princípios tais como:

- a) a definição clara e precisa dos objetivos e parâmetros de projeto;
- b) definição de todas as partes que devem constituir o projeto;
- c) qualificação dos profissionais de projeto e serviços de apoio;
- d) elevado conhecimento tecnológico;
- e) padronização de procedimentos gerenciais e de projeto;
- f) elevada integração do projeto e execução;
- g) definição de sistemáticas de avaliação
- h) retroalimentação do projeto.

A atividade de coordenação de projeto está presente ao longo de todo o desenvolvimento do projeto e dependendo das definições contratuais poderá abranger um grupo mais ou menos amplo de atividades, abrangendo, normalmente, as seguintes tarefas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA, 2000, p.37):

- a) compatibilizar dados e informações;
- b) coordenar as soluções de cada projeto específico e de consultorias intervenientes na concepção e execução da obra;
- c) verificar as interfaces entre os projetos complementares, o projeto arquitetônico e as exigências do contratante;
- d) compatibilizar os projetos complementares e estes com o arquitetônico.

Segundo Vanni (1999, p.97), algumas vantagens são obtidas quando existe a coordenação de projeto como, por exemplo:

- a) execução ocorre de forma contínua e sem interrupções;
- b) maior produtividade pela obtenção de menor rotatividade, tarefas menores, equipes perfeitamente integradas;
- c) redução de custos e retrabalho;
- d) melhoria da qualidade dos projetos;
- e) maior compatibilização dos projetos complementares;
- f) confiabilidade nos cronogramas de entregas;
- g) redução das alterações em projetos;
- h) redução do desperdício de material e mão-de-obra.

3.5.2 O profissional coordenador de projetos

O coordenador de projeto é o profissional responsável por realizar e fomentar ações de organização, controle e troca de informações entre os projetistas. Tem por objetivo que os projetos das mais variadas especialidades sejam elaborados de forma organizada, nos prazos especificados e cumprindo os objetivos definidos para cada um deles (RODRÍGUEZ;

HEINECK, 2002). Dentre as atividades da coordenação de projetos pode-se citar (SOUZA et al., 1995, p.141):

- a) estabelecimento de cronogramas das etapas e fases de cada projeto, condicionando as entregas e aprovações;
- b) programação de reuniões entre as equipes técnicas para transmitir as recomendações para a elaboração dos projetos e requisitos a serem atendidos;
- c) programação de reuniões entre as equipes técnicas de desenvolvimento de projetos para verificar o andamento dos trabalhos e compatibilizar as interferências;
- d) elaboração de atas das reuniões com registro de questões, prazos e responsabilidades;
- e) verificação do cumprimento, desempenho e aprovação dos serviços;
- f) autorização para o pagamento dos serviços.

A coordenação de projetos pode ser exercida por um arquiteto ou engenheiro civil, profissional funcionário da empresa ou contratado para este fim exclusivo, por um único profissional ou por uma equipe (SOUZA et al., 1995, p.142; PICORAL, 2000, p.38). Diante estas várias possibilidades, Fontenelle (2002, p.76) salienta que ainda não há, tanto no meio acadêmico como no profissional, um consenso com relação ao conceito, funções, responsabilidades e métodos a serem empregados na atividade de coordenação do processo de projeto.

Contudo, independente de qual profissional assumirá a coordenação, o mesmo deve possuir algumas características que indiquem sua capacidade de realização desta atribuição. De acordo com vários autores o profissional responsável pela coordenação do projeto deve (MELHADO, 1994, p.182; RODRÍGUEZ; HEINECK, 2002; VANNI, 1999, p.97):

- a) possuir características de liderança, sabendo usá-las quando do surgimento de impasses em áreas de interesse de mais de uma especialidade de projeto;
- b) ter uma visão global de todos os projetos;
- c) conseguir manter uma equipe bem integrada com o comprometimento de todos os envolvidos;

- d) ser profissional com vivência no campo de projeto e também de execução de obras, de tal forma que possa transmitir claramente à equipe a orientação adequada que promova a necessária integração dessas duas etapas;
- e) conhecer as normas municipais e concessões;
- f) estar atualizado acerca das inovações tecnológicas do setor;
- g) conseguir resolver todos os problemas e, sempre que houver algum, que ele saiba qual projeto ele afetará;
- h) conseguir determinar o cumprimento dos prazos esperados;
- i) saber programar e controlar todas as fases do projeto.

3.6 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

No âmbito da coordenação de projetos, a elaboração de novos projetos, aliada ao reconhecimento do universo de variáveis que condicionam o seu desenvolvimento, implica na valorização das atividades de compatibilização das soluções presentes em projetos distintos (NOVAES, 1999). “Compatibilização de projetos é a atividade de gerenciar e integrar projetos correlatos, visando um perfeito ajuste entre os mesmos e conduzindo para a obtenção dos padrões de controle da qualidade total de determinada obra.” (SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS; SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DO PARANÁ, 1995, p.17). A compatibilização dos projetos tem como objetivo a redução de incompatibilidades entre os projetos específicos resultantes, muitas vezes, da falta de coordenação de projeto. Deve ser desenvolvida em diferentes momentos da elaboração dos projetos, sempre que ocorrerem interferências nas interfaces entre os projetos (PERALTA, 2002, p.53), para eliminar ou minimizar conflitos entre os projetos inerentes à determinada obra, simplificando a execução e otimizando a utilização de materiais e da mão-de-obra, bem como a subsequente manutenção (SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS; SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DO PARANÁ, 1995, p.19). Estes problemas se não corrigidos, geram graves problemas no canteiro de obras na fase de execução da obra (SCHMITT, 1999).

Normalmente, o coordenador de projeto é o profissional centralizador do processo de compatibilização, capacitado para integrar os projetos, traduzir os anseios do empreendedor e coordenar a equipe de projetistas. A este profissional cabe interagir em todos os projetos específicos, visando à perfeita compatibilização entre os mesmos (SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS; SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DO PARANÁ, 1995, p.21). Novaes (1998, p.172) salienta que “[...] a principal condição a ser imposta para a compatibilização de projetos diz respeito à necessidade de prévia elaboração dos projetos que a intensidade da racionalização construtiva introduzida ao processo construtivo exigir [...]”. Portanto, a compatibilização de projetos permite reduzir o desperdício de materiais (SANTOS et al., 2002, p.771). No entanto, “[...] a falta de integração entre as etapas de projeto e de produção é um dos fatores determinantes na geração de perdas, na medida que aspectos importantes na construtibilidade do projeto podem ser negligenciados [...]” (FRANCHI et al., 1993, p.138).

3.6.1 Compatibilização entre projeto e obra

A compatibilização de projetos pode constituir-se em importante fator de melhoria da construtibilidade e da racionalização construtiva, tendo por função principal a integração das soluções adotadas nos projetos do produto e nos projetos para produção, assim, como, nas especificações técnicas para a execução de cada subsistema (NOVAES, 1998, p.172). Portanto, os projetos devem ser realistas e levar em conta a praticidade no construir, enfocando o abrangente conceito de construtibilidade (VANNI, 1999, p.21). Esse conceito surgiu no Reino Unido (*buidability*) e nos Estados Unidos (*constructability*) nos primeiros anos da década de 80 (BRANDÃO; HEINECK, 1998, p.208; PERALTA, 2002, p.47). Segundo Oliveira (1994 apud BRANDÃO; HEINECK, 1998, p.208), “[...] construtibilidade de um edifício pode ser entendida como a habilidade ou facilidade deste em ser construído.”. Griffith (1987 apud BRANDÃO; HEINECK, 1998, p.208) “[...] destaca que a aplicação da construtibilidade pode fazer com que os projetos tornem mais fácil, rápida, e econômica a execução das obras.”.

Pelas definições, a construtibilidade significa a busca pela otimização da construção pela eficiência do processo ao projeto, servindo como condutor da evolução tecnológica (PERALTA, 2002, p.47). A construtibilidade refere-se ao emprego adequado do conhecimento e da experiência técnica em vários níveis para racionalizar a execução dos

empreendimentos, enfatizando a relação entre as etapas de projeto e execução. A construtibilidade no projeto pode ser considerada como a aplicação desse conhecimento e experiência durante o desenvolvimento dos projetos, junto as diretrizes gerais que permitam racionalizar a execução dos empreendimentos (RODRÍGUEZ; HEINECK, 2003). A melhoria da construtibilidade do sistema construtivo refere-se, portanto, à qualidade alcançada nas vinculações dos componentes dos diversos subsistemas, em projeto e produção, do ponto de vista das compatibilizações físicas, dimensionais, tecnológicas e produtivas (NOVAES, 1999). No entanto, segundo Gus (1996, p.85), “[...] a compatibilização entre projetos é pouco praticada e a interação entre projeto e execução é prejudicada pelo pouco contato entre projetistas e obra.”.

3.7 INTERCÂMBIO DE INFORMAÇÕES NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A indústria da construção civil é extremamente dependente de **dados**¹⁸ e **informações**¹⁹ que se apresentam numa grande diversidade de formatos. Podem incluir desenhos detalhados, fotos, análises de custos, orçamentos discriminados, especificações. A quantidade de informação gerada e intercambiada durante o ciclo de vida de um projeto é enorme mesmo para pequenos empreendimentos de construção (DENG et al., 2001, p.239; TAM, 1999, p.107). Muitas vezes nas empresas da construção civil, apesar de existirem dados e informações úteis para diferentes setores, os fluxos de informação acontecem de maneira pouco eficiente e, a sua transferência e intercâmbio são muito ineficazes. Esta situação traz como consequência a duplicidade, ruídos e perdas de informações e conhecimento e, principalmente, leva a não consolidação de um sistema eficiente de informações que sirva para que se tenha tomadas de decisão rápidas e eficazes (ZEGARRA; CARDOSO, 2001, p.1). Ahmad et al. (1995, p.165), salientavam que, para a construção, o intercâmbio de informações é um aspecto essencial para o bom desenvolvimento do processo de produção e o sucesso desta troca depende da acessibilidade e da qualidade dos dados. Segundo Dawood et al. (2002, p.558), dois terços dos problemas na construção civil são causados pela inadequada coordenação e ineficiente

¹⁸ Dado: é entendido como um elemento da informação, um conjunto de letras, números ou dígitos, que tomado isoladamente não transmite nenhum conhecimento, ou seja, não contém um significado claro (REZENDE, 2002a, p.30).

¹⁹ Informação: é todo o dado trabalhado, útil, tratado, com valor significativo atribuído ou agregado a ele e com um sentido natural e lógico para quem a utiliza. Quando a informação é gerada e usada por pessoas e pelos recursos computacionais, possibilitando a geração de cenários, simulações e oportunidades, pode ser chamada de conhecimento. O conceito de **conhecimento** complementa o de informação com valor relevante e de propósito definido (REZENDE, 2002a, p.30).

comunicação. Neste sentido, a solução para qualquer melhoria no processo de comunicação é a **coordenação do intercâmbio de informações**.

3.7.1 Intercâmbio de informações no processo de projeto: a importância de assegurar uma adequada troca de informações e o reflexo disto no processo

Tudo o que acontece durante o desenvolvimento de um empreendimento, desde a sua concepção até a sua finalização e entrega do produto final, está baseado em informações. Estas informações precisam ter consistência, conteúdo, velocidade e conseqüentemente qualidade para que se alcance o êxito do empreendimento (SANTOS, 1999, p.52). Assim, a informação está sendo vista como o principal insumo do processo, já que a principal atividade em qualquer empreendimento é avaliar e processar informações e, então, comunicar a todos os envolvidos. Deste modo, manipular o fluxo de informação está sendo visto como o fator crucial para organizar uma equipe multidisciplinar de projeto com êxito (AUSTIN et al., 1994, p.446). Conforme Bentley (1981 apud PICCHI, 1993, p.305), “[...] levantamento realizado na Inglaterra, em 27 obras de edifícios, identificou 501 problemas relacionados com a qualidade, dos quais 57% decorrentes das falhas atribuídas ao **projeto** e, destes quase metade (45%) destas falhas de projeto, representando 26% do total foram causadas por inexistência ou **falta de clareza nas informações de projeto**.”.

Portanto, todos participantes devem trabalhar para obter um conjunto compreensível de documentos e desenhos coerentes descrevendo completamente o objeto projetado e os procedimentos para sua construção. O completo atendimento deste objetivo é dependente da eficiência da comunicação dentro da equipe de projeto, uma vez que grande parte das decisões ao longo do trabalho de cada projetista deve levar em consideração as restrições impostas pelas necessidades dos demais (COSTA; ABRANTES, 1996, p.830). Conseqüentemente, o sucesso de um processo de projeto depende da qualidade e da disponibilidade das informações (CHOO et al, 2004, p.313) e, quanto maior a complexidade maior a demanda por processamento da informação (ZEGARRA; CARDOSO, 2001, p.3).

Neste sentido, ao longo de todo o projeto, as informações relevantes devem ser identificadas e disseminadas entre os membros da equipe sendo que a performance do projeto pode ser melhorada através da implementação de uma efetiva comunicação (THOMAS et al., 1998, p.58). Austin et al. (1994, p.445) salientam que na construção civil a maioria dos problemas

está relacionada as **deficientes informações originadas no projeto** e Schmitt (1998, p.269) complementa afirmando que as informações são em grande número e bastante complexas. Mesmo havendo entendimento da importância da troca de informações, a lacuna na comunicação continua sendo o maior obstáculo para o sucesso do projeto (THOMAS et al., 1998, p.65). Tam (1999, p.107) destaca que a distância física, a variedade e formato dos dados geram barreiras de comunicação. Austin et al. (1994, p.446), também consideram que a falta de planejamento e de organização de atividade de projeto acabam fornecendo **informações insuficientes para seu adequado desenvolvimento**, resultando em um projeto falho, no qual não são propostas as soluções mais adequadas.

Logo, uma importante parte do nível de qualidade obtido numa edificação é derivada das decisões realizadas durante o processo de projeto (COSTA; ABRANTES, 1996, p.830). O sucesso de um projeto de construção depende da comunicação entre os participantes do processo (DENG et al., 2001, p.239). Isso sugere que o processo de comunicação entre os profissionais de projeto deve ser bastante integrado, de modo a se obter uma melhor compatibilização entre os projetos específicos e, com isso, um melhor resultado no aproveitamento das diversas soluções propostas pela equipe de projeto (SANTOS, 1999, p.55). No entanto, a efetividade da comunicação depende do intercâmbio de informações entre os participantes, mas principalmente do entendimento destes (THOMAS et al., 1998, p.60).

Portanto, é fundamental a conscientização de empreendedores e construtores da importância da contratação dos profissionais responsáveis pelos projetos complementares na fase inicial de desenvolvimento do projeto arquitetônico, isto é, a partir do estudo preliminar. Deste modo, estes profissionais podem subsidiar o arquiteto, na medida em que este considere necessário, indicando as soluções técnicas mais adequadas para cada situação proposta, de forma que estas sejam adequadamente contempladas no projeto de arquitetura (PICORAL, 2000, p.28; PERALTA, 2002, p.74). Por consequência, na etapa de execução da obra, surgirá uma menor quantidade de erros incidentes de falhas no projeto, fazendo com que se otimize as tarefas no canteiro e se consiga um menor prazo de execução de obra (SANTOS, 1999, p.55). O resultado final do processo tende a ser projetos melhor especificados, definidos e detalhados (PICORAL, 2000, p.66).

Conforme Choo et al. (2004, p.314) um fator crucial na obtenção de qualidade no projeto é fazer com que as informações estejam disponíveis e acessíveis entre os diversos participantes

de um projeto quando estas forem solicitadas, tanto informalmente quanto formalmente, por exemplo, através de desenhos. A intenção é direcionar a informação correta para a pessoa certa no momento apropriado. Logo, o projeto deve ser planejado, gerenciado e controlado em torno do fluxo de informações, ao invés de ter marcação de entregas, ou seja, de produtos finais. No entanto, atividade de projeto é altamente interdependente e encontrar uma sequência que minimize os prejudiciais retrabalhos é difícil.

Problemas de retrabalho podem ocorrer devido a informações conflitantes ou não recebidas no momento adequado pelas partes envolvidas. A causa principal para isto é a lacuna no fluxo de informações entre as diferentes partes envolvidas num projeto. Por exemplo, arquitetos e clientes fazem, freqüentemente, modificações no projeto e não comunicam aos demais envolvidos a tempo destes, efetivamente, implementarem estas alterações: resultam em retrabalhos (ALSHAVI; INGIRIGE, 2003, p.351). Estes profissionais, por sua vez, quando envolvidos na elaboração de um projeto de edificação, possuem atualmente duas opções para a condução das suas atividades. A primeira delas é o desenvolvimento do trabalho de acordo com o processo tradicional e a segunda é aquela que está apoiada na utilização de portais de colaboração ou sistemas colaborativos, também conhecidos por extranets de projeto. Estas duas formas de desenvolvimento de projetos possuem características bem diferenciadas com relação ao intercâmbio de informações entre os agentes envolvidos (BORDIN, 2003, p.47).

3.7.1.1 Intercâmbio de informações de projeto de acordo processo tradicional

O processo tradicional de projeto de obras de edificação pode ser caracterizado como aquele que envolve profissionais de arquitetura e engenharia de várias especialidades que são designados por um cliente para desenvolvimento de um produto. Este grupo pode ser formado para um projeto específico ou mantido ao longo de vários projetos para um mesmo ou vários clientes. Como é comum que uma empresa construtora, o cliente, trabalhe com mais de um arquiteto, é usual a alternância dos profissionais ao longo dos projetos. Isto, apesar dos esforços de coordenadores de projeto, ocasiona alguns problemas de integração dos profissionais podendo ser caracterizado como um processo de comunicação bastante centralizado. Muitas vezes, o uso de correio eletrônico (*e-mail*) é ineficaz, pois ainda muitos profissionais não têm o hábito de utilizá-lo como meio corrente de comunicação. Nesses casos, as mensagens enviadas não são lidas ou quando lidas já não são importantes, pois outra forma de contato já foi realizada. Esta dificuldade com o uso de recursos computacionais pode

não se restringir ao correio eletrônico. Alguns profissionais, apesar de terem um escritório atualizado quanto a recursos de tecnologia de informação (TI), não utilizam pessoalmente esses recursos. Portanto, no processo tradicional, é necessária uma permanente cobrança por parte do coordenador do projeto de tarefas indicadas para cada participante e da incerteza de cada um sobre as definições realizadas pelos outros profissionais (SCHMITT et al., 2001).

Fabricio et al. (1999, p.2) propõem um esquema genérico que representa o processo de projeto tradicional, no qual destacam a participação isolada do arquiteto na fase de concepção do empreendimento. Salientam que neste processo, fragmentado e sequencial, a possibilidade de colaboração entre projetistas é bastante reduzida e problemática, já que a proposição de modificações por um projetista de determinada especialidade implica na revisão de projetos já amadurecidos de outras especialidades significando enormes retrabalhos ou até mesmo o abandono de projetos inteiros.

No estudo realizado por Bordin et al. (2002a, p.5), confirma-se a configuração deste esquema genérico de Fabricio et al. (1999), no qual em uma fase de concepção do empreendimento o arquiteto trabalha de forma isolada, conforme as exigências ou pré-requisitos disponibilizados pelo cliente, construtora ou proprietário do terreno, uma vez que os demais projetistas não estão ainda contratados. Os referidos autores destacam que, por vezes, acontece uma consulta informal à profissionais especialistas de outras áreas (como, por exemplo, sistema estrutural ou instalações prediais) para solução de dúvidas que se distanciam muito do conhecimento técnico do arquiteto. Estes profissionais habitualmente pertencem à equipe de projeto, mas até aquele momento não foram confirmados neste novo projeto. Como consequência, na maioria das vezes, estas consultas não são devidamente registradas, uma vez que a troca de informação se dá informalmente. Com isso, a qualidade da informação também é prejudicada visto que não há um maior compromisso por parte dos consultores, dado o fato de o profissional não ter a garantia de ser contratado para a realização do projeto.

3.7.1.2 Intercâmbio de informações de projeto de acordo processo colaborativo

É fato indiscutível a vantagem da utilização de ferramentas computacionais no setor da construção civil. Percebe-se a sua utilização na área de projetos e, em outras frentes como, por exemplo, suprimentos, planejamento e na integração de profissionais de várias especialidades, o chamado projeto colaborativo (FROSCH; NOVAES, 2002). O processo colaborativo para

desenvolvimento de projetos envolve, assim como no tradicional, um grupo de profissionais para o desenvolvimento de um ou mais projetos de obras de edificação, mas com a diferença de oferecer um canal distribuído de troca de informações através da utilização da extranet. A extranet pode ser caracterizada como uma rede na qual existe a permanente atualização e disponibilidade *on-line* de informações. Neste processo, o coordenador de projeto passa a ser um supervisor do funcionamento do sistema e agente que define a necessidade de reuniões para tomadas de decisão com a participação direta destes profissionais. A possibilidade de mais fácil integração entre profissionais e suas atividades, a transparência do processo e o controle efetivo do momento que novas informações são disponibilizadas tem sido vista pelos profissionais tanto como vantagens quanto desvantagens. Esta alternância de opiniões reflete o momento de mudança que o grupo de profissionais enfrenta, principalmente nas primeiras experiências e que, por sua vez, ocasionam controvérsia sobre os reais aspectos positivos deste processo. Dentre os exemplos de desvantagens pode-se citar a realização mais freqüente das solicitações para alterações nos projetos pelos demais projetistas, o que causa para alguns, como por exemplo, o responsável pelo projeto arquitetônico, o constante ajuste. De qualquer forma, a flexibilidade no projeto como fruto da fácil e rápida comunicação pode representar um resultado mais maduro que representará na obra uma menor incidência de problemas originados no projeto (SCHMITT et al., 2001).

3.7.2 A importância de assegurar uma efetiva troca de informações quando do uso de um sistema de colaborativo

Os sistemas colaborativos tem seus princípios baseados na colaboração. Conforme Kvan (2000, p.410), colaboração pode ser entendida como uma união para solucionar um problema. Isto significa trabalhar conjuntamente compartilhando metas com as quais a equipe de projeto deve estar atenta para encontrar as soluções que satisfazem as necessidades que foram concebidas. Para O'Brien (2001, p.227), a meta dos sistemas colaborativos é permitir que se tenha maior facilidade e eficácia no trabalho em equipe quanto a:

- a) **comunicação**: compartilhar informações uns com os outros;
- b) **coordenação**: coordenar reciprocamente os esforços individuais de trabalho e uso de recursos;
- c) **colaboração**: trabalhar juntos cooperativamente em projetos e tarefas comuns.

Julgando pela existência das TI em desenvolvimento, e a rapidez com que são desenvolvidas, pode-se ser otimista a respeito das futuras aplicações de tais tecnologias em projetos colaborativos, a nível interorganizacional (TANG et al., 2001). Este novo paradigma colaborativo baseado na Internet é caracterizado pelos conceitos de propriedade, acessibilidade, disponibilidade e pontualidade da informação, em conjunto com noções de implementação e controle (ROJAS; SONGER, 1999, p.39-40):

- a) **propriedade:** em um sistema colaborativo, a propriedade da informação muda de individual para coletiva. Nos sistemas tradicionais, por exemplo, cada indivíduo conhece somente uma pequena parcela da informação sobre o processo. Se qualquer indivíduo é removido do processo, ou algum dado é perdido, o conhecimento também se perde. Nos atuais sistemas, toda a informação reside em um banco de dados central. O processo independe das pessoas que o implementam;
- b) **acessibilidade:** em um sistema deste gênero a acessibilidade da informação muda de isolada para universal. Em um sistema tradicional, a informação reside fisicamente em documentos e somente as pessoas que acessam estes documentos podem se beneficiar da informação. Sendo assim, valor é adicionado ao sistema somente pelos indivíduos que possuem ou necessitam da informação. Em contraste, os sistemas colaborativos dão suporte a acessibilidade universal da informação. Portanto, o local físico e a propriedade se tornam irrelevantes. A adição de valor se dá pela existência e acessibilidade da informação;
- c) **disponibilidade:** esta muda de reduzida para completamente disponível. Um sistema com base na Internet está disponível 24 horas por dia, 365 dias por ano, não se limitando a restrições de horários de funcionamento das instituições;
- d) **pontualidade:** a pontualidade da informação em um sistema colaborativo muda de atrasada para imediata, uma vez que a mesma está sempre disponível. Em sistemas tradicionais se requer a presença de funcionários de escritório para localizar, acessar, processar e editar a informação, com um sistema colaborativo baseado na Internet isso pode ser feito pelo próprio usuário.

O processo de implementação e controle também é diferente em um sistema colaborativo. As características mencionadas acima, claramente demonstram que o coordenador de um sistema deste gênero tem imediato e universal acesso as informações do processo. As tomadas de decisão são feitas com base na experiência, conhecimento e na informação disponível. Com isso pode-se dizer que quanto mais informado estiver o coordenador, maior as chances de sucesso. As capacidades de um sistema deste tipo também permitem ao coordenador melhor revisar e avaliar o desempenho dos participantes do processo. Além disso, a integração de novas pessoas no processo se vê facilitada, uma vez que toda a informação encontra-se disponível em um único local (ROJAS; SONGER, 1999, p.40).

3.8 A IMPORTÂNCIA DE REALIZAR A MODELAGEM DO PROCESSO DE PROJETO

De acordo com Araújo et al. (2001), a modelagem é vista como uma etapa comum a qualquer esforço de melhoria de processos, e seu objetivo é conhecer e explicitar a forma com que o processo é executado na prática. Segundo Tzortzopoulos (1999, p.5-6) a característica mais importante da modelagem, talvez, esteja relacionada à visão sistêmica do processo, que demonstra que qualquer faceta do trabalho deve ser vista e analisada em relação ao todo. Desta forma, todas as atividades envolvidas podem ser mais facilmente controladas e relatadas enquanto uma estratégia coerente pode ser mantida através de todo o processo. Esta mesma autora afirma que a existência de um modelo facilita a implementação de melhorias em função da possibilidade de análise e planejamento do processo. Além disso, possibilita que todos os intervenientes tenham uma visão global do processo e seus papéis e responsabilidades possam ser definidos de forma clara e sistêmica, o que tende a facilitar a troca de informações entre os mesmos. É possível, também, reduzir o tempo de elaboração dos projetos, a partir da definição clara das atividades e de suas relações de precedência, favorecendo a criação de vantagem competitiva em resposta a pressões de mercado.

Modelar um processo significa, em última análise, conhecer e explicitar a forma com que o processo é executado na prática. Porém esta tarefa pode ser muito complexa (ARAÚJO et al., 2001). Tem sido muito difícil nos últimos anos estabelecer um consenso no mercado da construção civil a respeito dos processos que fazem parte do desenvolvimento do projeto e suas respectivas responsabilidades. Em parte, isso se explica pela diversidade de arranjos

possíveis hoje em função da natureza do empreendimento, ou seja, se (SILVA; SOUZA, 2003, p.15):

- a) **comercial**: como, por exemplo, edifícios de escritórios, lojas, restaurantes, cinemas, hotéis, escolas;
- b) **industrial**: com características particulares e vários níveis de complexidade para os mais diversos ramos da indústria;
- c) **residencial**: para os diversos segmentos de mercado.

Modelagem de processos não é ciência exata. Não existe resposta única, ou solução final. Dezenas de soluções como, por exemplo, formas de entender e agrupar processos e atividades são sempre possíveis. Modelar é aprender: quanto mais se modela, mais se aprende sobre o processo. Aceitar isso como fato é essencial para o sucesso da modelagem (ARAÚJO et al., 2001). Assim, Bordin (2003), com o intuito de organizar e aperfeiçoar a troca de informações entre os diversos profissionais envolvidos no desenvolvimento de um projeto de edificação, propôs um modelo de rede de precedências das atividades geradoras de informações deste processo, mapeando a troca de informações e necessidade de comunicação entre os envolvidos. Este modelo foi concebido como resultado de uma série de entrevistas com profissionais da área de projeto. Explicita quais são as informações que cada projetista necessita para o desenvolvimento de suas tarefas e aquelas que são geradas a partir de então, destacando a relação de precedência entre estas atividades e as dos demais projetistas. Cabe salientar que este modelo compreende as atividades correspondentes tanto à etapa de projeto legal²⁰ quanto a etapa de projeto executivo²¹.

A ênfase das entrevistas esteve ligada à identificação das informações que cada profissional necessita, produz e disponibiliza. Caracterizou, ainda, o momento em que cada interveniente faz uso das mesmas ao longo do processo. De acordo com a sistemática proposta, cada informação está vinculada a uma atividade, para a qual é possível conhecer não só as dependências, ou seja, a(s) atividade(s) precedente(s) e sucessora(s), como também, identificar os responsáveis por disponibilizar tal informação. Para tal, tornou-se necessário

20 Projeto legal: destina-se a obtenção das licenças e alvarás da obra, de acordo com as normas vigentes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA, 2000, p. 28).

21 Projeto executivo: tem por objetivo a obtenção de um conjunto de documentos elaborados, em escala conveniente, de todos os elementos da obra ou serviço, necessários à exata execução técnica e artística da edificação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA, 2000, p. 28).

definir as atividades de cada interveniente, caracterizar as dependências entre as mesmas e, posteriormente, desenvolver uma seqüência padrão com base nas redes CPM (BORDIN, 2003). Através deste conjunto de entrevistas, foram obtidas informações sobre a prática de projeto e sistemática adotada pelos profissionais das diferentes especialidades envolvidas no processo, especificamente por empresas e escritórios do subsetor de edificações da indústria da construção civil na cidade de Porto Alegre (RS). Portanto, a sistemática do modelo proposto corresponde a esta realidade. No entanto, há que se ressaltar que este trabalho salienta apenas uma parte das especialidades presentes na crescente complexidade dos atuais projetos de edificação. Portanto, não se deve conceber o modelo proposto como único ou inflexível, mas sim passível das modificações e ajustes que se fizerem necessários de acordo com a utilização a que se destine (BORDIN, 2003).

3.9 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO (TI)

Durante a última década, ou menos, relevantes melhorias na produtividade vivenciadas por uma ampla variedade de indústrias tem sido associadas à implementação da tecnologia da informação (TI). A TI proporcionou a estas indústrias grandes vantagens na velocidade das operações, consistência da geração de dados, acessibilidade e intercâmbio de informações (STEWART; MOHAMED, 2003, p.1).

A indústria da construção civil considerada tradicional e conservadora, com a popularização da Internet, a globalização e com o aumento da competitividade no setor tem procurado inovar para obter maior produtividade, qualidade e redução dos custos. Em virtude dos avanços tecnológicos obtidos nos últimos anos, como por exemplo, em TI, ocorreram mudanças no setor (NASCIMENTO; SANTOS, 2001; NASCIMENTO, 2004, p.12). Segundo Schimming (1993, apud AHMAD et al., 1995, p.163; KOLAREVIC et al., 2000, p.73), o avanço tecnológico, a expansão dos mercados, a competição ditada pela globalização e a renovada demanda por qualidade e produtividade estão tornando o assunto pertinente à integração dos vários estágios envolvidos no processo de construção mais crítico do que nunca.

No ambiente distribuído e dinâmico da construção civil, a habilidade para intercambiar e integrar dados oriundos de diferentes fontes e de diferentes formatos tornou-se crucial o desenvolvimento de processos apoiados pelos sistemas de gerenciamento da informação

(CALDAS; SOIBELMAN, 2003, p.395). O **aumento da produtividade** é um dos principais objetivos na adoção de TI (NASCIMENTO, 2004, p.13). Entende-se por TI o conjunto de *hardware*, *software* e dispositivos de comunicação que permitem o compartilhamento e o acesso à informação (TANG et al., 2001). Portanto, TI designa o conjunto dos conhecimentos que se aplicam na utilização da informática envolvendo-a na estratégia da empresa para obter vantagem competitiva (NASCIMENTO; SANTOS, 2001).

Para Rezende (2002a, p. 41; 2002b, p. 83), pode-se conceituar a TI como recursos tecnológicos e computacionais para gestão e uso da informação. A TI é todo o tipo de tecnologia que opere com informação, num sistema de informação (SI), na automação de um processo industrial, na comunicação entre computadores de duas organizações ou, ainda, no uso pessoal dos recursos computacionais. Conforme Rivard (2000, p.37), TI é a tecnologia que envolve a introdução, armazenamento, processamento e distribuição da informação por meios eletrônicos. Sua finalidade na indústria da construção civil é principalmente facilitar a troca e a gerência da informação ao longo dos processos do setor.

Assim sendo, para atender à **complexidade** e às necessidades empresariais, atualmente não se pode desconsiderar a TI e seus recursos disponíveis, sendo muito difícil elaborar SI essenciais da empresa sem envolver esta tecnologia (REZENDE, 2002a, p.41). A infra-estrutura das organizações está sendo redefinida pelas potencialidades da TI. Ela está oferecendo o potencial para realizar muitas das necessidades de integração na indústria da construção civil. É importante perceber que a TI não é a única solução para todos os problemas enfrentados pela indústria da construção. Entretanto, pode efetivamente possibilitar a integração (SANTOS, 1999, p.107-108).

3.9.1 TI: ferramenta auxiliar ao gerenciamento da informação na construção civil

Na indústria da construção civil, cada empreendimento possui características próprias, o que lhe confere um grau de unicidade (AHMAD et al., 1995, p.166). Essa unicidade caracteriza os projetos como meio para planejamento e execução de algo que nunca foi realizado anteriormente, sendo conseqüentemente, único. Mesmo sendo o objeto do projeto, pertencente a uma tipologia definida como, por exemplo, residências, cada uma destas têm, por exemplo, uma particular finalidade, será construída num tipo de solo específico, numa determinada

topografia (GÓMEZ, 2000, p.56). Adicionalmente, também existe uma grande quantidade de dados gerados durante o seu ciclo de vida e um considerável número de participantes envolvidos no seu processo de desenvolvimento. Neste ambiente fragmentado é necessário que os vários intervenientes compartilhem informações. A cooperação entre os participantes é essencial para atingir a proposta do projeto, de facilitar a etapa de construção (AHMAD et al., 1995, p.166). Conforme Schmitt (1998a), é necessária a coordenação das contribuições de cada participante, pela exigência e existência de uma vasta quantidade de informações.

A natureza dinâmica do processo construtivo, a interdependência entre vários agentes e a necessidade do trabalho em equipe, flexibilidade e alto grau de coordenação já eram percebidos há vários anos, como indicativo de que a TI tinha um grande potencial dentro da indústria da construção civil (AHMAD et al., 1995, p.163). Mas, anos mais tarde, Andresen et al. (2000, p.57-58), constatavam que a indústria da construção civil não havia investido em TI como ocorreu nos outros setores da indústria. Os autores afirmam, também, que a falta de casos demonstrados do uso efetivo de TI no setor criava dificuldades para os gerentes justificarem investimentos futuros, apostando nos benefícios desta tecnologia. Outro fato importante é que as inovações nesse setor ocorrem ao longo de anos (ANDRESEN et al., 2000, p.58; MAK, 2001, p.257) e apenas depois de consolidada é que uma tecnologia passa a ser adotada por um número razoável de empresas (NASCIMENTO, 2004, p.12). Com isso, as aplicações da tecnologia da informação na construção civil caracterizam-se por serem fragmentadas, discretas e não sistematizadas (MAK, 2001, p.257). As empresas de engenharia foram as primeiras em utilizar os benefícios da informática, através da utilização de ferramentas de cálculo, de desenho assistido por computador (CAD), simuladores. Porém, não utilizaram a informática para gerir seu próprio negócio: gerenciar informação (GÓMEZ, 2000, p.72).

Na indústria da construção civil, a comunicação ou o intercâmbio de informações é uma das mais importantes funções. O sucesso na comunicação depende da qualidade e acessibilidade dos dados, assim como da eficiência e da eficácia dos sistemas de processamento de dados (AHMAD et al., 1995, p.165). Para Alshavi e Ingirige, (2003, p.360), uma comunicação deficiente é a principal causa das falhas nos projetos. A TI apresenta-se como uma possível resposta a esta demanda por coordenação e comunicação das empresas do ramo, visto que atualmente a oferta de produtos no mercado é cada vez maior e seus custos são cada vez menores. Sendo assim, existe uma tendência crescente por parte das indústrias de incorporar a TI em seus processos de produção e produtos. No entanto, na indústria da construção, a

maioria das empresas ainda visualiza a TI como uma ferramenta para resolver problemas pontuais (ZEGARRA et al., 1999).

Ahmad et al. (1995, p.163-164) acrescentam que a TI pode ser vista como um mecanismo que auxilia os procedimentos tradicionais e principalmente como um agente inovador que permite novas e diferentes maneiras de organização e operação de processos. Segundo estes autores as empresas de construção e os escritórios de projeto podem se beneficiar através do replanejamento de muitos de seus processos e funções, sendo a TI empregada para auxiliar nesta tarefa. Neste contexto, alguns autores, destacam que a TI apresenta-se como um mecanismo de comunicação e coordenação e, caminho para atingir a integração tão procurada no setor (ZEGARRA; CARDOSO, 2001, p.6; MICALI, 2000, apud NASCIMENTO; SANTOS, 2001). A implementação da TI não deve ser vista como simplesmente uma mera melhoria tecnológica, mas, que deve ser considerada como uma complexa mudança organizacional que envolve decisões gerenciais (AHMAD et al., 1995, p.170).

O suporte e o treinamento dos usuários sempre tem sido identificado como um obstáculo na implementação da tecnologia da informação na construção. Entretanto, com a Internet, isto concentra-se na aprendizagem do manuseio da interface, ou seja, o *web browser*²² (MAK, 2001, p. 261). Segundo Tang et al. (2001), a globalização dos processos está tornando a tecnologia da informação uma necessidade. Mas é preciso considerar que as novas tecnologias, embasadas na Internet, são apenas ferramentas. Deste modo, elas não substituem anos de trabalho e somente se implantadas de maneira adequada, podem melhorar as práticas de engenharia e construção. Portanto, os autores alertam para o fato de que é necessário entender os processos existentes antes da implantação da tecnologia, alcançando assim os melhores resultados.

A TI e seus recursos nem sempre resolvem os problemas nas empresas e muito menos organizam as mesmas. Tecnologia por tecnologia, sem planejamento, sem gestão e ação efetiva, não traz contribuição para a empresa (REZENDE, 2002a, p.29). Assim, “[...] o importante é que as empresas que decidirem pelo uso destas tecnologias deverão considerar o replanejamento dos fluxos de informações para o melhor aproveitamento e com vistas a

²² *Web browser*: também denominado de navegador Internet, é o programa de aplicação cliente que permite acessar, por meio de uma interface gráfica, de maneira aleatória ou sistemática, informações diversas, contendo, por exemplo, textos, imagens, gráficos, sons. O acesso ao servidor remoto, que pode ou não estar ligado à Internet, pode ser feito via rede local ou modem (ALMEIDA; ROSA, 2000, p. 181)

obterem ganhos de eficácia nos seus processos, e não somente de eficiência.” (ZEGARRA et al., 1999).

3.9.2 A importância da TI à integração na indústria da construção

Embora as inovações de TI junto à indústria da construção sejam cada vez mais presentes, alguns problemas, continuam a persistir. São relatos na literatura, entre outros, a falta de integração e a troca de informação entre os elementos ao longo do processo construtivo, bem como sistemas de informação deficientes (CINTRA, 1998). A implementação de novas e inovadoras TI e SI nas empresas de construção civil necessita de um desenvolvimento de planos estratégicos de implementação. Infelizmente, pouca atenção tem sido dada ao potencial uso, tanto da TI quanto dos SI, na construção civil (STEWART et al., 2002, p.681). Neste sentido, a utilização da TI está restrita, principalmente, às aplicações que melhoram a produtividade interna e ainda não sendo exploradas as oportunidades que oferecem no campo da competitividade. As empresas do ramo da construção civil ainda não entraram totalmente na era da TI, pois constata-se que os principais aplicativos utilizados são de suporte às suas operações, devido ao fato de que essas empresas conseguem continuar trabalhando sem o uso intensivo desta tecnologia (ZEGARRA et al., 1999).

Um dos principais problemas que enfrenta a indústria da construção civil, e em particular o subsetor edificações, é o seu alto grau de fragmentação (AUSTIN et al., 2002, p.192), sendo normalmente constituída por numerosas empresas de pequeno e médio porte, nas quais a fragmentação se projeta também na sua organização interna. É comum, por exemplo, que se perceba numa construtora a existência de uma grande desarticulação interna, devido ao fato de que seus diferentes departamentos atuam de forma independente um dos outros. Desta maneira, apesar de muitas vezes existirem dados e informações úteis para diferentes departamentos, os fluxos de informação acontecem de maneira pouco eficiente e a transferência e intercâmbio de dados e informações é pouco eficaz, devido à falta de integração. Esta situação tem como consequência a duplicidade, ruídos e perdas de informações e, principalmente, não se consolida um sistema eficiente de troca de informações que proporcione tomada de decisões rápidas e eficazes (ZEGARRA et al., 1999; ZEGARRA; CARDOSO, 2001, p. 6; JACOSKI; LAMBERTS, 2002). Jacoski e Lamberts (2002), relevam que a integração da informação na construção 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.

3.9.3 A utilização da TI no processo de projeto

A etapa de projeto é considerada como uma das mais importantes do processo construtivo, já que o projeto contém as informações necessárias para se executar a obra. A qualidade da obra, como já foi salientado neste trabalho, tanto em termos de prazo quanto de custo, está fortemente relacionada à qualidade do projeto, a qual depende de uma troca de informações eficiente e oportuna entre todos os projetistas, a obra e os demais agentes envolvidos. Portanto, o processo de projeto, em virtude de sua característica multidisciplinar, exige um alto grau de coordenação e integração (ZEGARRA et al., 1999). A divisão clássica do processo de projeto em etapas seqüenciais com níveis de detalhamento crescente tem mudado nos últimos anos com o uso das ferramentas de TI (NASCIMENTO; SANTOS, 2001). No entanto, na maioria dos casos, ainda não se utiliza a TI para agilizar este intercâmbio de informações (ZEGARRA et al., 1999).

A introdução de computadores nos processos de desenvolvimento dos projetos alteraram os meios de geração dos desenhos e informações pertinentes feitas no papel, enquanto que não foram alterados em seus fundamentos os métodos de compartilhamento de dados através dos limites organizacionais (AHMAD et al., 1995, p.166; SOUZA FILHO; CASTRO, 2001, p.102). Em 2001, Zegarra e Cardoso (2001, p.6) afirmavam que o panorama de emprego da TI dentro do subsetor de edificações revelava ainda uma baixa freqüência de uso, mas tinham a expectativa que, num futuro próximo, a Internet conseguiria mudar esta situação. O que se constata atualmente é o aumento do uso de recursos de TI baseados em Internet mas permanecendo aquém do real potencial existente. Desta maneira, é indiscutível que o subsetor de edificações necessita aperfeiçoar o seu processo de projeto e que o uso da extranet, a qual vem rapidamente ganhando novos adeptos na construção civil, representa uma possibilidade promissora para a melhoria da troca de informações (BORDIN et al., 2002a, p. 3; JACOSKI; LAMBERTS, 2002).

4. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO, INTERNET E MODELAGEM DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS

O objetivo deste capítulo é proporcionar uma visão geral sobre a importância dos sistemas de informação no processo de projeto o seu valor na tomada de decisão do referido processo. O assunto Internet é abordado para demonstrar sua importância neste contexto, porém trata-se exclusivamente das extranets para desenvolvimento de projetos na indústria da construção civil. É, também, apresentado o tópico modelagem de sistemas computacionais, a fim de oferecer embasamento teórico aos comentários sobre as etapas de desenvolvimento deste trabalho necessárias para alcançar seus objetivos.

4.1 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO: IMPORTÂNCIA PARA O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS

Todas as ações realizadas durante o desenvolvimento de um projeto, desde a sua concepção até a sua finalização e entrega do produto final, estão baseadas em informações. Estas informações precisam ter consistência, conteúdo, velocidade e, conseqüentemente, qualidade para que se alcance êxito no projeto. Logo, devem ser organizadas, dentro de um sistema, de modo que possam ser disponibilizadas no instante que forem solicitadas pelos participantes do projeto nas suas atribuições (SANTOS, 1999, p.52). De maneira geral, atualmente, as informações se apresentam em grande volume, disponibilizadas nos mais diversos meios de comunicação, exigindo de todos a **seleção** e **organização** das informações para sua efetiva utilização. Deste modo, todo sistema, usando ou não recursos de TI, que manipula e gera informação, pode ser genericamente considerado SI (REZENDE, 2002a, p.30).

Neste sentido, sistemas de informação são todos os sistemas que geram informações, que são dados trabalhados para **execução de ações** e para auxiliar processos de **tomada de decisão** (REZENDE, 2002a, p.19). Um SI é composto por um conjunto de dados que entram no sistema (entradas) e outros conjuntos de dados mantidos em arquivos ou tabelas e sobre os quais se aplica uma rotina de trabalho, um programa, um processamento, de modo a se obter informações de saída (impressas ou não) (CASSARRO, 2001, p.52). Os SI têm como maior **objetivo** auxiliar os processos de tomada de decisão na empresa e, se eles não se propuserem

atender a esse objetivo, sua existência não será significativa (REZENDE, 2002a, p.32). Velocidade e qualidade de informação são atributos essenciais de um SI para suporte gerencial (LIMA Jr, 1990, p.8; SANTOS, 1999, p.8). Uma decisão nada mais é do que uma escolha entre alternativas, obedecendo a critérios previamente estabelecidos (CASSARRO, 2001, p.41). Segundo Gómez (2000, p.72), dentro de um projeto de engenharia, todo SI deve garantir ao menos os seguintes aspectos:

- a) **propriedade**: é especialmente crítica no caso de empresas de engenharia, pois seu principal produto é a informação gerada e o seu maior acervo é a história de projetos passados;
- b) **privacidade**: mesmo dentro do projeto as informações contidas e que circulam no sistema devem ser mantidas privadas, de forma a evitar constrangimento e inibições por parte dos participantes do projeto;
- c) **acesso**: a eficiência do trabalho dentro de um grande projeto de engenharia depende em grande parte da troca segura de informação entre os participantes;
- d) **exatidão e atualidade**: a informação deve ser exata, e estar disponível no momento certo para a pessoa que necessitar desta informação.

4.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO: IMPORTÂNCIA DAS INFORMAÇÕES NO PROCESSO DE TOMADA DE DECISÕES

A informação, se adequadamente estruturada, contribui para que a empresa se torne mais e mais dinâmica, a ponto de se afirmar que “[...] tanto mais dinâmica será uma empresa quanto melhor e mais adequadas forem as informações de que os gerentes dispõem para as suas tomadas de decisão.” (CASSARO, 2001, p.34). Assim sendo, o que se pode pretender de qualquer sistema gerencial são informações de qualidade compatível com a decisão a ser tomada. Portanto, o SI balizará as decisões, pois deverá: ser capaz de gerar informação com a velocidade compatível com a exigência da decisão e ser eficiente no conteúdo da informação, que deverá responder às críticas quanto ao risco contido na decisão a tomar (LIMA Jr, 1990, p.8). Entretanto, os maiores problemas que os sistemas de informações gerenciais enfrentam dizem respeito a estruturar estas informações, arquivá-las e recuperá-las, os seja, torná-las disponíveis com qualidade e no tempo requeridos (CASSARRO, 2001, p.46). A intensidade da informação é aspecto a ser tratado cuidadosamente. Não se deve confundir qualidade com

detalhamento (LIMA Jr, 1990, p.8). **Rapidez, segurança e disponibilidade** de informações são fatores cruciais no processo de tomada de decisões. Através dos recursos de compartilhamento de dados os participantes podem otimizar o tempo de suas decisões e incrementar sua produtividade, tendo como resultado minimização dos erros tipicamente gerados nos canais comuns de comunicação, isto é, através de papéis (SANTOS, 1999, p.103).

4.3 INTERNET: ASPECTOS GERAIS E APLICAÇÕES NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Há uma grande mudança na tecnologia da informação (TI) cuja importância os executivos, acadêmicos e tecnólogos concordam com unanimidade. É o crescimento explosivo da Internet e das tecnologias e aplicativos afins, e seu impacto nos negócios, sociedade e sobre a própria TI (O'BRIEN, 2001, p.10). Na indústria da construção civil a Internet, como previsto por Alshavi e Ingirige (2003, p.352), está sendo utilizada como uma eficiente ferramenta de comunicação. A Internet, intranets²³ e extranets suportam comunicações mundiais e colaboração entre funcionários, clientes, fornecedores e outros parceiros comerciais (O'BRIEN, 2001, p.113). A Internet está mudando o modo como as empresas são operadas e como as pessoas trabalham, se tornou uma plataforma vital para comunicações eletrônicas e para a colaboração e o comércio eletrônico (O'BRIEN, 2001, p.10). Tanto em sistemas de informação intra-organizacionais como na passagem dos sistemas do âmbito intra para interorganizacional, a Internet assume um papel fundamental. Através da Internet é possível resolver os problemas de comunicação existentes entre parceiros de projetos dispersos (AMOR; FARAJ, 2001, p.63), proporcionando uma rápida transferência de informações sem

²³ Intranet: devido à disseminação e facilidade de uso da rede Internet foi criado o conceito de intranet, o qual pode ser definido como uma rede interna de comunicação, que se utiliza dos recursos e da infra-estrutura de comunicação de dados da Internet, compartilhando os mesmos *softwares* e equipamentos de rede, a partir do protocolo de comunicação TCP/IP. A diferença entre intranet e Internet é que a primeira existe somente dentro do âmbito de uma organização, com acesso restrito ao pessoal de uma companhia, em sua matriz e filiais, enquanto que a Internet é uma rede global e aberta a todos. Embora algumas redes intranets permitam aos usuários acesso à Internet, na verdade destina-se a atender, especificamente, as necessidades de informação internas da corporação (ALMEIDA; ROSA, 2000, p.53; 192; CASSARRO, 2001, p.50; CURRY; STANCICH, 2000, p.249; O'BRIEN, 2001, p.214). As intranets se tornaram populares devido a rápida disseminação e o enorme sucesso da Internet. Se apresentam como uma ferramenta que oferece ganhos em competitividade às empresas, a medida que são redes flexíveis, com baixo custo de criação e de fácil utilização, já que a maioria das pessoas sabem como usar os recursos da Internet, dispensando muitas vezes a necessidade de treinamento. Outra vantagem reside no fato de que como a Internet não tem um caráter proprietário, os dispositivos de *hardware* e *software* são economicamente viáveis e os produtos criados por diferentes fabricantes são compatíveis entre si (PFAFFENBERGER, 1998, p.21; 30–31).

restrições de locação, tempo ou sistemas operacionais (ALSHAVI; INGIRIGE, 2003, p.353; TAM, 1999, p.107).

A Internet se converte, a cada dia, em um manancial de informações que podem e devem alimentar os SI das empresas, informações relativas aos clientes, aos fornecedores, à concorrência, à comunidade na qual a empresa opera. Enfim, sobre tudo o que se possa pensar, a ponto de se poder afirmar que o que não falta hoje em dia são informações (CASSARRO, 2001, p.50). A fragmentação do processo de construção certamente afeta o processo de tomada de decisão, uma vez que as distâncias entre os profissionais geram barreiras de comunicação: entre os vários escritórios intervenientes ou entre a construtora e a obra. O uso da Internet como plataforma de comunicação pode assegurar uma transferência de informações mais efetiva (DENG et al., 2001, p.240). Para solução de problemas internos a organização estão disponíveis as intranets e, para possibilitar acesso de parceiros externos a organização, as extranets. Como este trabalho foca o uso das extranets somente este tipo de recurso será detalhado.

4.4 EXTRANETS

Avanços na TI têm mudado práticas de engenharia e o gerenciamento da construção, com a possibilidade de rompimento de barreiras de tempo e distância. Desta forma, a troca de informações entre diferentes empresas cada vez mais se faz necessária, criando novas oportunidades e desafios para a indústria da construção civil (TANG et al., 2001; SOIBELMAN; CALDAS 2000, p.588; AHMAD et al., 1995, p.163). **Extranet** ou *Project Web* pode ser definida, de forma genérica, como uma rede de computadores que usa a tecnologia da Internet para conectar empresas com seus fornecedores, clientes e outras empresas que compartilham objetivos comuns (SOIBELMAN; CALDAS, 2000, p.588; MAK, 2001, p.259; O'BRIEN, 2000, p.34). As extranets possuem vários recursos que corroboram na comunicação, coordenação e tomada de decisão rápida e oportuna. Estes sistemas viabilizam a realização de transações comerciais entre empresas através da Internet, prestação de serviços, troca de informações estratégicas e a substituição de práticas como as de tirar cópias, envio de fax e uso de correio (NASCIMENTO; SANTOS, 2001). Por usar os padrões abertos da Internet, os parceiros não precisam usar o mesmo sistema operacional, por exemplo, Windows, *hardware* ou *browser* (ALMEIDA; ROSA, 2000, p.188; NITITHAMYONG; SKIBNIEWSKI, 2004, p.492).

4.4.1 Aspectos gerais das extranets na indústria da construção civil

No âmbito da construção civil as extranets permitem melhorar a comunicação entre profissionais que participam do desenvolvimento de um mesmo empreendimento (como por exemplo: da incorporadora ou construtoras, projetistas, consultores, fornecedores) através de ferramentas que permitem a troca de informações digitais entre seus profissionais: engenheiros, arquitetos, tecnólogos, projetistas, consultores (NASCIMENTO, 2004, p.18). O principal fator do uso crescente das extranets tem sido a simplicidade de sua interface com base nos recursos da Internet, ou seja, interface *web*. Isto significa que para ser capaz de acessar uma extranet de projeto, o participante somente necessita uma conexão a Internet e um microcomputador com um *browser* padrão instalado. Deste modo, qualquer membro de uma equipe de projeto está habilitado a utilizar uma extranet de projeto com o mínimo de infra-estrutura local em TI (WATSON; DAVOODI, 2002, p.2).

Na prática, estes sistemas possibilitam um novo modelo de gerenciamento de uma obra, já que os dados referentes ao empreendimento ganham um endereço exclusivo na *web*, de acesso restrito aos inscritos no projeto, no qual são documentadas e armazenadas todas as informações, comunicações e alterações de projeto numa tentativa de racionalização de processos e ganho em competitividade (ANDRESEN et al., 2003; RODRIGUES, 2001, p.30; SOIBELMAN; CALDAS, 2000, p.588). O funcionamento do sistema está baseado no fato de existir um ambiente exclusivo para o projeto, no qual tanto o gerenciador quanto os vários intervenientes multidisciplinares (arquitetos, engenheiros e fornecedores) poderão armazenar, visualizar e alterar arquivos relacionados ao projeto (NASCIMENTO; SANTOS, 2001). Além disso, estes sistemas disponibilizam as informações vinte e quatro horas por dia, sete dias por semana. Com isso, são registradas todas as inclusões, alterações e exclusões em todo o ciclo de vida dos documentos armazenados (NASCIMENTO, 2004, p.18).

Neste sentido, toda a comunicação a ser desenvolvida no projeto deve ser realizada obrigatoriamente através da extranet, utilizando-se, na maior parte dos casos, de *e-mails* ou de transferência de arquivos (SOIBELMAN; CALDAS, 2000, p.588). A partir deste armazenamento e centralização das informações, as mesmas podem ser rastreadas mais facilmente, sendo possível, também, identificar quem são os responsáveis por eventuais problemas (ROJAS; SONGER, 1999, p.40). Ao possibilitar a comunicação *on-line* entre os diversos componentes de uma equipe de projeto, estes sistemas contribuem para reduzir riscos, falhas ou erros no desenvolvimento dos empreendimentos (RODRIGUES, 2001, p.30).

A segurança das informações é mantida através de mecanismos de *hardware* e *software* normalmente utilizados em servidores *web* (por exemplo: *firewall*²⁴, criptografia²⁵ e antivírus) e através do controle de acesso dos usuários (acesso, armazenamento ou alteração de documentos) definidos pelos coordenadores do empreendimento (NASCIMENTO, 2004, p.18). Conforme Soibelman e Caldas (2000, p.588), as alternativas existentes se enquadram dentro de três opções:

- a) contratação de serviço de um provedor especializado;
- b) aquisição de *software* específico;
- c) criação de sistema próprio.

4.4.2 Extranets de projeto

As extranets de projeto são o resultado de esforços ao redor do mundo para se conseguir maior produtividade e eficiência na indústria da construção civil (ANDRESEN et al., 2003). Estes sistemas computacionais têm como um de seus principais objetivos solucionar o problema da falta de informação para elaboração de projetos da indústria da construção civil (NASCIMENTO, 2004, p.25). Este problema tem sido detectado em vários estudos nos últimos anos e sua solução é considerada como um dos meios pelos quais se pretende alcançar maior produtividade e qualidade na indústria da construção civil. Dawood et al. (2002, p.559) consideram a efetiva comunicação entre toda a cadeia produtiva como um pré-requisito para se conseguir maior produtividade na indústria da construção civil. As extranets de projeto viabilizam um meio de comunicação no qual empreendedores, projetistas e construtores harmonizam suas relações em prol dos interesses do desenvolvimento de um empreendimento.

As extranets de projeto podem ser classificadas em extranets de armazenamento e de gerenciamento de projetos. As funções das extranets (NASCIMENTO, 2004, p.17; NITITHAMYNG; SKIBNIEWSKI, 2004, p.491) são, quando de:

²⁴ *Firewall*: corresponde à uma barreira de segurança baseada em *hardware* e *software* que protege a rede corporativa contra acessos externos não autorizados (ALMEIDA; ROSA, 2000, p. 188).

²⁵ Criptografia: processo de tornar as informações indecifráveis para protegê-las de visualização ou uso não autorizados. Para poderem ser lidos ou utilizados, dados criptografados precisam ser decodificados (ALMEIDA; ROSA, 2000, p.184).

- a) armazenamento,
 - arquivam documentos em um servidor na web;
 - possuem alguns recursos de correio eletrônico;
- b) gerenciamento,
 - monitoramento do fluxo de documentos e processos (*workflow*);
 - sistema de comunicação com notificações de novas atividades de projeto;
 - reuniões virtuais;
 - mensagens de novos documentos;
 - recomendações;
 - atualizações de arquivos;
 - registro de operações;
 - visualização de arquivos de diversos aplicativos.

“As extranets de projetos são sistemas que fornecem uma memória construtiva para toda a cadeia e não apenas para a construtora, podendo ainda padronizar o relacionamento entre os agentes e retroalimentar o desenvolvimento de projetos futuros” (NASCIMENTO; SANTOS, 2001). No entanto, conforme se constata em resultados de pesquisas recentes, este conceito pode ser aceito teoricamente, pois um dos princípios básicos do uso de um sistema do tipo extranet, que é “[...] a possibilidade de se ter ao final do empreendimento, um banco de dados que contenha todas as informações acerca do projeto, não têm sido possível uma vez que os projetos só são disponibilizados no sistema depois que a concepção arquitetônica está feita.”. Esta constatação é função do fato que o arquiteto trabalha de forma isolada durante a concepção do projeto arquitetônico (BORDIN et al., 2002a, p.3).

Mas, de qualquer modo, as extranets de projetos são ferramentas que permitem centralizar, administrar, controlar o fluxo de informações e tornar acessível, via navegador de *web-sites*, o resultado do trabalho dos diversos profissionais e empresas envolvidas no processo. Além disso, possibilitam uma redução no tempo e esforços necessários para a transferência de informações através da aproximação virtual dos intervenientes do processo (NASCIMENTO; SANTOS, 2001). As principais funcionalidades das extranets de projeto são (NASCIMENTO, 2004, p.17; RODRIGUEZ, 2001, p.33):

- a) armazenamento de documentos, como arquivos CAD, figuras, memorandos, planilhas;

- b) visualização de documentos, com o uso de visualizadores para cada tipo de arquivo;
- c) comunicação, como correio eletrônico, grupos de discussão, vídeo conferencia;
- d) automação dos processos e do fluxo de trabalho (*workflow*).

Segundo os autores, dependendo da empresa prestadora do serviço, são fornecidos aos usuários alguns recursos adicionais como calendário de gerenciamento de atividades, sistema de gerenciamento de documentos, planilha de custos para controle de orçamentos e automação de processos para fins de verificação e aprovação de documentos.

A utilização das extranets no desenvolvimento de projetos de obras de edificações deverá significar a real integração do processo. Isto se deve ao fato de que as extranets, como qualquer outra tecnologia, necessitam de uma contínua avaliação, para que desta maneira venham a ser definitivamente incorporadas no mercado como uma forte plataforma auxiliar a trabalhos colaborativos, ditados pela globalização dos atuais empreendimentos de construção (SCHMITT et al., 2001).

4.4.3 Benefícios da tecnologia: vantagens oferecidas pelos sistemas extranets de projeto

Existe uma grande expectativa na comunidade do setor da construção civil de que as extranets permitam aumentar a eficiência de seus processos podendo assim contribuir para um aumento de sua produtividade. Muitos dos benefícios obtidos com a TI estão ligados aos recursos disponíveis pela Internet, como notificações automáticas do andamento de um empreendimento por e-mail, reuniões virtuais das equipes de projeto em salas de bate-papo e fotos digitais que mostram o andamento da obra (NASCIMENTO, 2004, p.22). Segundo Rodrigues (2001, p.32), caracterizam-se como vantagens dos sistemas extranets de projeto:

- a) o acesso ao sistema em geral, feito por assinatura com os dados armazenados em provedores externos desonerando a empresa de tais serviços e do investimento exigido para este fim;
- b) o projeto/empreendimento tem endereço próprio na Internet;

- c) o acesso do usuários é permitido via senha arbitrada pelo gerente principal do projeto;
- d) os sistemas permitem a interface entre vários colaboradores e agentes on-line e em tempo real;
- e) os arquivos/projetos podem se acessados fazendo-se o *download*²⁶ evitando a correspondência por e-mail simples ou o transporte físico de correspondência, modelos já obsoletos e ineficientes;
- f) o acesso a informações é cerca de 30% mais rápido que por e-mail, devido ao processo de *download* dos arquivos em vez de fazê-los trafegar normalmente pela *web*;
- g) o uso dos sistemas com acesso via banda larga amplia a velocidade da transmissão;
- h) o sistema facilita a posterior pesquisa de informações.

Apesar das inúmeras vantagens oferecidas pelas extranets, esta tecnologia necessita de uma contínua análise e monitoramento para que seja definitivamente aceita e incorporada pelo mercado. Ainda existem problemas de implementação que devem ser superados (BORDIN et al., 2002b).

4.4.4 Gerenciamento inadequado da extranet

O desenvolvimento e a implementação bem-sucedida de uma extranet começa com uma compreensão clara do problema que ela pode resolver. O problema deve ser relatado para despertar uma simpatia imediata e evidenciar os benefícios para todos os participantes do sistema (PFAFFENBERGER, 1998, p.392). Estes aspectos são evidenciados nos resultados de entrevistas realizadas por Guerrero (2004, p.80), nas quais 65% dos respondentes não tinham certeza de quais seriam os benefícios com o uso, e não sabiam os objetivos pretendidos com a implantação de uma extranet. Diante disso, demonstraram baixo interesse no uso da ferramenta, uma vez que implicava em mudanças nos procedimentos.

²⁶ Download: é a transferência de um arquivo de outro computador para o seu computador através da rede. O ato de “baixar” um arquivo é fazer o download do mesmo. O processo contrário, ou seja, de “subir um arquivo” é chamado de upload (ALMEIDA; ROSA, 2000, p.186).

Pode-se afirmar que a principal vantagem oferecida por estes sistemas é a velocidade do fluxo de informações (RODRIGUES, 2001, p.30). Por sua vez, Watson e Davoodi (2002, p. 1) salientam “A vantagem logística de proporcionar a todos os membros de um empreendimento de construção com acesso fácil às versões atualizadas dos documentos relevantes independentemente da localização geográfica é substancial.”. No entanto, esta possibilidade do rápido fluxo de informações, sem a mediação e controle do coordenador de projeto, gera muitas informações sem a qualidade desejada, causando duplicidade e retrabalho. Com isso, uma das grandes vantagens das extranets que é a possibilidade de troca rápida de informações, acaba tornando-se, uma das reclamações dos projetistas visto que devido a esta rapidez no fluxo, muitas informações geradas não possuem a qualidade desejada. Daí, a importância do coordenador, na avaliação e distribuição das informações (GUERRERO, 2004, p.80).

As extranets de projeto podem, por um lado, ajudar na obtenção rápida de dados atualizados, mas, por outro, causar a chamada **sobrecarga de informações** (*information overload*) (NASCIMENTO, 2004, p.29). A sobrecarga de informações ocorre quando indivíduos recebem mais informações do que conseguem absorver (FARHOOMAND; DRURY, 2002 apud NASCIMENTO, 2004, p.29), ou quando é enviada grande quantidade de informações não solicitadas (EDMUNDS; MORRIS, 2000, p.19). Guerrero (2004, p.96), demonstrou que a inclusão da figura do coordenador eliminou o problema do projetista trabalhar com arquivos não analisados e compatibilizados, evitando o acúmulo excessivo de informação desnecessária pela falta de conhecimento e adoção de critérios para avaliar a qualidade da informação.

Não há dúvida de que a crescente disponibilidade de informações a partir de recursos eletrônicos contribui grandemente para o aumento do volume de informações (NASCIMENTO, 2004, p.29). A Internet têm sido apontada como a maior contribuição para esta sobrecarga de informações, porém, outros autores apontam que este problema já existia antes do aparecimento da Internet. Assim, não fica claro se a Internet tem maximizado ou minimizado os problemas desta ordem (EDMUNDS; MORRIS, 2000, p.17; 21).

Deste modo, pode-se ter a idéia clara de que o processo de projeto de obras de edificação está passando por alterações bastante marcantes com a utilização de extranet. A substituição do processo tradicional pelo colaborativo, através do uso da extranet exige uma postura diferenciada dos profissionais e os expõe a situações igualmente diferenciadas. Esta nova alternativa de desenvolvimento do projeto nem sempre é facilmente absorvida e entendida

pelos participantes (SCHMITT et al., 2001), pois a forma de trabalho do processo de projeto tradicional não dá ao grupo de participantes o caráter de equipe (BORDIN et al., 2002a, p.3) que será percebido com a extranet. Segundo O'Brien (2001, p.229), uma equipe de trabalho pode ser definida como um grupo de trabalho colaborativo, cujos membros estão comprometidos com a colaboração, ou seja, trabalhando entre si de um modo cooperador que transcende a coordenação de atividades de trabalho individuais encontrada em um grupo de trabalho típico. Desta forma, a colaboração é a chave que faz de um grupo de pessoas uma equipe, e o que torna uma equipe bem-sucedida.

Estes conceitos de colaboração no processo de projeto confirmam que sem a participação efetiva e o comprometimento de todos os participantes do processo, criam-se ruídos no fluxo de informações, comprometendo o desenvolvimento de todo o potencial da tecnologia da extranet (GUERRERO, 2004, p.101). A maturidade colaborativa indica o nível com que os indivíduos se dispõem a trabalhar em conjunto e compartilhar informações e experiências, visando o sucesso do empreendimento (O'BRIEN, 2000, p.35-37; NITITHAMYONG; SKIBNIEWSKI, 2004, p.502-503). A falta de gerência na comunicação se evidencia também devido ao fato de os projetistas ainda fazerem uso de outros meios de comunicação, que não a extranet, para a troca de informações. Entre os projetistas, é comum a troca de informações por meio de telefone e fax, paralelamente ao sistema (GUERRERO, 2004, p.81).

O grande número de canais de comunicação tradicionais impõe desafios para as redes extranet, uma vez que se torna fácil desviar o uso do *web-site* com outras tecnologias que são mais familiares aos usuários. Para evitar isso se requer disciplina da equipe de projeto. Neste aspecto, também se deve dar muita atenção à definição do limite do sistema, para que todas as informações realmente importantes estejam no sistema e com isso façam parte do banco de dados central (O'BRIEN, 2000, p.35-37; NITITHAMYONG; SKIBNIEWSKI, 2004, p.502-503). A ocorrência destes desvios contraria premissas básicas do uso das extranets, uma vez que informações importantes são perdidas e por conseqüência não podem ser utilizadas para a retroalimentação de futuros projetos. O uso de outros meios de comunicação também pode ser justificado pelo fato de que o sistema representa algo relativamente novo para os projetistas e por isso, algumas barreiras não foram, ainda, superadas pelos mesmos. Ocorre certa resistência à mudanças. Em parte, o problema pode ser atribuído a falta de treinamento e assessoramento durante o uso. Também neste aspecto é importante salientar que o uso do sistema colaborativo é, em geral, introduzido pela construtora e, portanto, não representa algo totalmente assumido e absorvido pelos profissionais (GUERRERO, 2004, p.81).

A implementação de uma extranet envolve uma série de mudanças, as quais afetam a maneira como as pessoas trabalham. Conseqüentemente, deve-se levar em consideração que os indivíduos tendem normalmente a resistir às mudanças, especialmente em um setor bastante conservador como o da construção civil (O'BRIEN, 2000, p.35-37; NITITHAMYONG; SKIBNIEWSKI, 2004, p.502-503). Para Andresen et al. (2003), as principais barreiras encontradas no uso de uma extranet de projeto são a falta de planejamento e coordenação sem a adoção de objetivos comuns (como, por exemplo: reduzir custo, tempo, precisão em desenhos CAD, reduzir o número de plotagens) para todas as empresas participantes do processo, a dificuldade em elaborar contratos especificando direitos e responsabilidades de cada agente participante.

Um outro aspecto, com relação a troca de informações entre os projetistas, apontado pelos profissionais entrevistados diz respeito à formação de equipes de projeto. Todos concordam que a manutenção da mesma equipe ao longo de vários projetos é algo bastante produtivo, a medida que as particularidades e as exigências de informações de cada projetista vai se tornando mais clara para os demais membros da equipe. Portanto a disponibilização das informações através de um sistema instantâneo como a extranet é relevante, visto que sendo conhecido o momento oportuno e necessário para que as informações sejam repassadas, cada profissional entenderá melhor o porquê das exigências de informações a cada momento e será mais bem compreendido pelos outros profissionais da equipe (BORDIN et al., 2002a, p.4).

4.5 MODELAGEM DE SISTEMAS COMPUTACIONAIS

Neste tópico alguns conceitos e definições correlatos ao processo de desenvolvimento de software (PDS) são assinalados para melhor fundamentar os comentários referentes tanto ao posicionamento do pesquisador quanto dos produtos obtidos em cada etapa da pesquisa. Deste modo, a partir do delineamento de um PDS, enfatiza-se na descrição da fase de concepção de um software, haja visto o envolvimento direto do pesquisador na modelagem do Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP). A modelagem de sistemas é realizada para focalizar nas características importantes, para discutir alterações e correções nos requisitos do usuário a baixo custo e mínimo risco e, principalmente para confirmar que foi entendido o ambiente do usuário e que foi documentado de tal maneira que os **projetistas**

de sistemas²⁷ e programadores possam construí-lo (YOURDON, 1990, p.167). Num PDS, um modelo é uma simplificação da realidade que descreve completamente um sistema de uma perspectiva em particular. Dentre os modelos propostos na UML (*Unified Modeling Language*) tem-se o modelo de casos de uso (KRUCHTEN, 2001, p.23). O modelo de casos de uso foi a técnica utilizada na modelagem do Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP).

UML no entanto é uma **linguagem de modelagem**, não uma metodologia. UML não tem noções do processo, que é uma parte importante de uma metodologia. Para que as técnicas de modelagem tenham algum sentido, é necessário que se saiba como elas se encaixam no processo (FOWLER, 2000, p.29). Nesse sentido, o *Rational Unified Process*²⁸ (RUP) é um guia para o uso efetivo da UML para modelar, descrevendo quais modelos são necessários, porque são necessários e como são construídos (KRUCHTEN, 2001, p.23). Portanto, para apresentação do processo de desenvolvimento do SIPROCON/PP utiliza-se a terminologia do RUP, com o intuito de contextualizar neste a aplicação da técnica de modelagem utilizada.

4.6 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE (PDS)

Para o desenvolvimento de um sistema, muitas fases devem ser vencidas (figura 2). A primeira é a fase de **concepção**, na qual surge a idéia para um sistema, junto à definição geral de suas exigências e de sua forma. Durante essa fase de desenvolvimento, é estabelecida uma visão geral do sistema, muitas idéias e suposições são validadas ou rejeitadas. Estas idéias vêm de muitas fontes: clientes, programadores e revisão de sistemas existentes (QUATRANI, 2001, p.12). A meta da fase de concepção é alcançar o consentimento de todos os interessados e dentre os objetivos desta fase destaca-se, por exemplo, a discriminação inicial dos casos de uso do sistema, também chamados de **comandos de utilização**, ou seja, uma visão do

²⁷ Projetista de sistemas: é a pessoa (ou grupo de pessoas) que tem a tarefa de transformar uma lista isenta de tecnologia dos requisitos do usuário em um projeto arquitetural de alto-nível que fornecerá a estrutura com a qual os programadores poderão trabalhar. O projetista de sistemas deve fornecer informações suficientemente acuradas para que o **analista de sistemas** possa dizer se os requisitos do usuário que ele está documentando são tecnologicamente viáveis. Fundamentando-se nas informações recebidas do projetistas de sistemas, o analista pode ter de negociar com o usuário para modificar os seus requisitos (YOURDON, 1990, p. 69).

²⁸ *The Rational Unified Process* (RUP): processo de engenharia de *softwares* que se destina ao desenvolvimento de sistemas computacionais. Este processo tem por objetivo assegurar alta qualidade na produção de um *software*, de modo que se consiga atender as necessidades dos usuários finais, bem como dos proprietários, dependendo da ótica do problema, dentro de um prazo previamente estabelecido e economicamente viável (KRUCHTEN, 2001, p.17).

comportamento da funcionalidade deste. A funcionalidade de um sistema é definida por um conjunto de casos de uso em que cada um representa um fluxo específico de eventos (KRUCHTEN, 2001, p.156). Um dos resultados desta fase é um modelo de casos de uso, o qual será complementado na fase de elaboração, que lista todos os casos de uso e atores que foram identificados (FOWLER, 2000, p.31; KRUCHTEN, 2001, p.56).

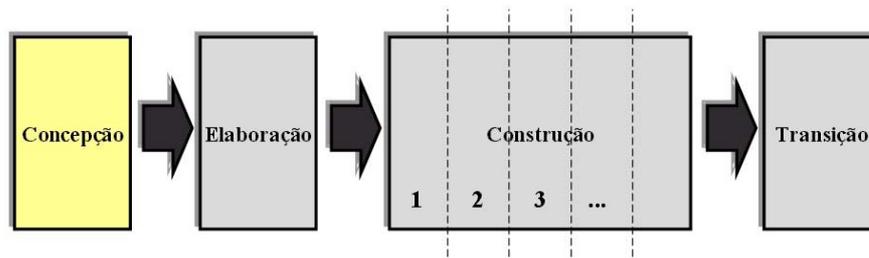


Figura 2: desenho do processo de desenvolvimento de software segundo o RUP (fonte: FOWLER, 2000, p.31)

Na **elaboração**, efetua-se a coleta dos requisitos mais detalhados, uma análise e planejamento para a construção do sistema. Neste momento, é necessário ter uma melhor compreensão do problema, ou seja, o que realmente será construído e como será realizado (FOWLER, 2000, p.31; KRUCHTEN, 2001, p.52-53; QUATRANI, 2001, p.198). A fase de **construção**, segundo o RUP, consiste de várias iterações, nas quais, a cada iteração constrói-se software de qualidade, testado e integrado, que satisfaz um subconjunto de requisitos de projeto. A entrega pode ser externa, para usuários iniciais, ou interna. Cada iteração contém todas as fases usuais do ciclo de vida da **análise**, do **projeto**, da **implementação** e do **teste**. Portanto, escolhe-se uma função e constrói-se, após escolhe-se outra, e assim por diante (FOWLER, 2000, p.31; KRUCHTEN, 2001, p.56; QUATRANI, 2001, p.197).

Segundo Fowler (2000, p.30) um processo de desenvolvimento é iterativo e incremental quando o software não é implementado em um instante no fim do projeto, mas é, ao contrário, desenvolvido e implementado em partes. No entanto, mesmo com este tipo de processo iterativo, algum trabalho é deixado para ser feito no fim, na fase de **transição** como, por exemplo, testes finais, ajuste de performance e treinamento de usuário (FOWLER, 2000, p.31; KRUCHTEN, 2001, p.52-53). Os testes facilitam a integração e o funcionamento do sistema, devendo ser documentados para que possam ser repetidos a qualquer momento durante o

desenvolvimento. Ao final, quando todos os casos de uso forem realizados, ou todos os requisitos forem atendidos, obtêm-se o sistema (CARDOSO, 2003, p.71).

Neste trabalho, o autor esteve limitado as fases de concepção e construção do Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP). Na fase concepção realizou a modelagem da ferramenta e, na construção, ao final de cada iteração efetuou os testes funcionais solicitados pelos programadores. Portanto, serão detalhados, principalmente, alguns esclarecimentos sobre a fase de **concepção**: fase de descobertas, na qual o problema a ser resolvido é verbalizado e discutido entre a equipe e os clientes (QUATRANI, 2001, p.14). Este problema na realidade é composto pelo conjunto de necessidades que o cliente tem em relação à automação de qualquer processo ou trabalho que um sistema possa resolver. Existem inúmeras formas de resolver o mesmo problema e, conseqüentemente existirão vários tipos de sistemas que podem ser desenvolvidos a partir destas necessidades (CARDOSO, 2003, p.71).

Muitas abordagens podem ser feitas para modelar o problema e expressar as exigências do sistema a ser desenvolvido. Neste sentido, os modelos auxiliam a entender e a moldar o problema que se pretende resolver, bem como a sua solução (KRUCHTEN, 2001, p.81). Diferentes tipos de sistemas podem exigir modelos diferentes para realçar adequadamente as características importantes. Portanto, deve-se utilizar qualquer modelo que seja útil e adequado para a situação (YOURDON, 1990, p.168-169). Segundo Kruchten (2001, p.82) um modo efetivo de entender e modelar o problema recomendado pelo RUP é a técnica de modelo de casos de uso. Casos de uso provêem meios de expressar o problema, de modo que isso seja compreensível a uma gama extensiva de interessados: usuários, programadores e clientes.

Deste modo, uma vez sendo apresentado ao problema, é preciso formatá-lo e analisá-lo, ou seja, cabe realizar o levantamento e análise dos requisitos de forma a identificar os possíveis riscos da não implementação do sistema nas condições apresentadas pelo cliente. De posse dos requisitos, tem-se a modelagem dos casos de uso que irão atender a estes requisitos. Para tal, deve-se buscar nos requisitos funcionais, aqueles com os quais o cliente irá interagir: os casos de uso que permitirão atendê-los (CARDOSO, 2003, p.71; FOWLER, 2000, p.55). Os casos de uso são usados para capturar o que o sistema deveria fazer do ponto de vista do usuário. Isto se reflete no modelo de caso de uso o qual é resultado dos requisitos funcionais do sistema (FOWLER, 2000, p.33; KRUCHTEN, 2001, p.82).

4.6.1 Levantamento e análise dos requisitos do sistema

Requisito, ou necessidade do cliente, ou seja, o problema, é o nome dado a todo tipo de necessidade que se identifica para um sistema e, normalmente, é obtido através de entrevistas com os clientes ou com alguém que conheça a necessidade dos usuários (CARDOSO, 2003, p.13; KRUCHTEN, 2001, p.156). Na tarefa de definição dos requisitos as técnicas de UML como, por exemplo, os casos de uso podem ser postas mais adequadamente em uso. A obtenção de requisitos não é uma atividade trivial, uma vez que quem os fornecerá muitas vezes não sabe exatamente como o sistema deverá funcionar, ou seja, sabe qual é o problema, mas não têm idéia de como é a solução. Por essas e outras razões que se deve dedicar uma atenção muito grande para obter requisitos. (CARDOSO, 2003, p.13; FOWLER, 2000, p.32).

Uma forma de facilitar a especificação dos requisitos é dividi-los em requisitos funcionais, de dados, de interface e não-funcionais (CARDOSO, 2003, p.14; KRUCHTEN, 2001, p.156). Dentre estes requisitos, o autor do presente trabalho limitou-se a lidar com os requisitos funcionais, ou seja, os requisitos com os quais os usuários finais do sistema interagem. Um requisito funcional especifica uma ação que o sistema deverá ser capaz de realizar, sem levar em consideração restrições físicas como, por exemplo, o comportamento das entradas e saídas do sistema (CARDOSO, 2003, p.14). Adicionalmente, nesta fase de levantamento de requisitos, devem-se desenvolver **protótipos de interface**, ou seja, janelas de interface com o usuário para que possa ser avaliada pelo cliente como uma prévia do produto final (CARDOSO, 2003, p.17-18).

4.6.2 Técnica de modelagem dos casos de uso

Para o entendimento deste item é necessário conhecer alguns conceitos: **caso de uso**, **ator** e **modelo de caso de uso**. Um caso de uso é uma iteração típica que o usuário tem com sistema a fim de atingir um objetivo. Os casos de uso modelam um diálogo entre um ator e o sistema e, representam a funcionalidade oferecida por este, ou seja, quais capacidades serão oferecidas a um ator. Um ator é alguém ou sistema externo (SE), que interage com o sistema que está sendo proposto (KRUCHTEN, 2001, p.82). A definição formal de um caso de uso é: uma seqüência de transações realizadas por um sistema, que permite um resultado medido de valores de um ator em particular. O nome de um caso de uso normalmente carrega o valor fornecido ao ator (CARDOSO, 2003, p.20; FOWLER, 2000, p.33; QUATRANI, 2001, p.19;

KRUCHTEN, 2001, p.83). O modelo de caso de uso consiste no conjunto de todos os casos de uso para o sistema, ou uma porção deste, junto com o conjunto de todos os atores que interagem com estes casos de uso, descrevendo assim a funcionalidade completa do sistema. Portanto, uma boa coleção de casos de uso é central para compreender o que o seu usuário deseja e constitui-se em todos os possíveis modos de usar o sistema (FOWLER, 2000, p.26; KRUCHTEN, 2001, p.82; QUATRANI, 2001, p.22).

Os casos de uso surgem quando se focaliza nos resultados de valor que um sistema fornece a um ator e quando se agrupa a sucessão de ações que o sistema executa para prover esses resultados de valor. Outro modo útil de se pensar sobre este conceito é considerar que um caso de uso cumpre uma meta particular que um ator tem, para ser realizado pelo sistema (KRUCHTEN, 2001, p.86). A rápida descrição de um caso de uso declara seu objetivo em poucas frases oferecendo uma definição de alto nível da funcionalidade deste. Essa descrição é criada durante a fase de concepção, quando o caso de uso é identificado e define o que o sistema faz quando o caso de uso é executado (QUATRANI, 2001, p.22; KRUCHTEN, 2001, p.83). As seguintes perguntas podem ser usadas para identificar o caso de uso de um sistema (QUATRANI, 2001, p.19):

- a) quais são as tarefas de cada ator?;
- b) qualquer ator criará, armazenará, mudará, apagará ou lerá informações no sistema?;
- c) quais comandos de utilização criarão, armazenarão, mudarão, apagarão ou lerão essas informações?;
- d) qualquer ator precisará informar ao sistema sobre mudanças externas?;
- e) qualquer ator deve ser informado sobre determinadas ocorrências no sistema?;
- f) quais comandos de utilização suportarão e manterão o sistema?;
- g) todas as exigências funcionais podem ser realizadas pelos casos de uso?.

Para identificar um caso de uso e, realizar o seu desenvolvimento devem ser seguidos os seguintes passos (CARDOSO, 2003, p.21; KRUCHTEN, 2001, p.33):

- a) analisar e agrupar todos os requisitos do ponto de vista das funcionalidades (requisitos funcionais) do sistema a ser desenvolvido, ou seja, deve-se

imaginar um ciclo completo de uso do sistema e determinar quais requisitos estão associados a este ciclo;

- b) uma vez agrupados, determinar quais são os atores que interagem com este ciclo de uso. Após, descrever os fluxos ótimos para este ciclo, ou seja, o fluxo onde nada de errado acontece e a entrada do ator levará ao resultado final sem erros ou problema;
- c) descrever os fluxos alternativos ou de exceção para este ciclo, ou seja, quando e onde algo pode dar errado;
- d) partes de um caso de uso podem aparecer em outros casos de uso. Por exemplo, o caso de uso para identificar o *login*²⁹ do usuário analisando nome e senha. Desta forma, é interessante dividir o caso de uso em partes para não repetir a descrição.

4.6.2.1 Atores de um caso de uso

A identificação de atores é o primeiro passo para a criação de casos de uso, pois um ator representa uma classe³⁰ fora do sistema que se envolve de alguma forma com o mesmo. O uso do conceito de classe é importante porque um ator não é um objeto, ou seja, não é uma pessoa (ou sistema externo) em particular que irá utilizar o sistema, é sim o papel que essa pessoa (ou sistema externo) específica ou conjunto de pessoas representam para o sistema. A denominação ideal seria papel e não ator, pois isto confunde os projetistas, os quais acabam identificando somente as pessoas que acessam o sistema e não levam em consideração que outros sistemas externos podem e devem ser representados como ator. Um ator pode: apenas fornecer informações ao sistema, fornecer e receber informações para e do sistema ou apenas receber informações do sistema (CARDOSO, 2003, p.19-20; FOWLER, 2000, p.52; QUATRANI, 2001, p.16). Segundo Fowler (2000, p.52) um usuário pode desempenhar mais de um papel e, por isso, quando lidar com atores, é importante pensar nos papéis em vez de pensar nas pessoas ou em cargos. Os atores são mais úteis quando se está propondo os casos

²⁹ Login: ou nome de usuário é o nome utilizado para identificar um usuário e permitir seu acesso a uma rede ou serviço. Para conectar-se ao provedor de acesso, é preciso uma identificação (login) e uma senha (password). Também pode ser chamado de *login* o próprio processo de identificação e autenticação de um usuário em um servidor ou rede (ALMEIDA; ROSA, 2000, p.195).

³⁰ Classe: descrição de um grupo de objetos com propriedades (atributos) comuns, comportamento (operações) comum e relacionamentos comuns com outros objetos (QUATRANI, 2001, p.197).

de uso. Em face de um grande sistema, frequentemente pode ser difícil propor uma lista de casos de uso. Nestas situações, é mais fácil chegar primeiro a lista de atores e, então, estabelecer os casos de uso para cada ator. Para Cardoso (2003, p.20), dois critérios são importantes para identificar um ator, deve:

- a) ser possível identificar pelo menos um usuário que represente o ator candidato, pois isto ajuda a encontrar somente os atores relevantes e ignorar os atores imaginários;
- b) existir um mínimo de sobreposição de papéis entre os diferentes atores que se relacionam com o sistema.

Após identificar os atores, deve dar um nome e fazer uma breve descrição dos papéis de cada ator no sistema. É muito importante definir nomes que representem o maior número de papéis de um determinado ator, porque assim facilitará a identificação (CARDOSO, 2003, p.20). Uma vez definidos os atores do sistema, deve-se iniciar a identificação dos casos de uso, para transformar os requisitos do sistema ditos pelo cliente em algo que possa ser entendido pelos programadores. Esta passagem representa o elo de ligação entre o processo de desenvolvimento e as necessidades do cliente (CARDOSO, 2003, p.21).

4.6.2.2 Fluxo de eventos de um caso de uso

A parte mais importante do caso de uso é seu fluxo de eventos, o qual descreve a sucessão de ações entre o ator e o sistema. É escrito em linguagem natural, numa prosa simples, consistente, com um uso preciso de condições que utilizam um glossário comum do domínio do problema (KRUCHTEN, 2001, p.84). Frequentemente, casos de uso têm um fluxo comum, também denominado ótimo, em que tudo dá certo, e muitas alternativas que podem incluir situações de erro e também maneiras alternativas das coisas darem certo (FOWLER, 2000, p.49-50). O fluxo de eventos de um caso de uso é uma descrição dos eventos necessários para conseguir o comportamento exigido de uma funcionalidade. É escrito em termos do que o sistema deve fazer e não como o sistema deve fazer. Ou seja, é escrito na linguagem do domínio, não em termos de implementação. O fluxo de eventos deve incluir (QUATRANI, 2001, p.22):

- a) quando e como o caso de uso inicia e termina?;

- b) qual interação o caso de uso tem com os atores?;
- c) quais são os dados necessários ao caso de uso?;
- d) a seqüência normal de eventos para o caso de uso;
- e) a descrição de quaisquer fluxos alternativos.

A documentação do fluxo de eventos é criada na fase de elaboração de uma forma iterativa, ou seja, primeiro, é feita apenas uma rápida descrição das etapas necessárias para efetuar o fluxo normal do caso de uso, isto é, qual funcionalidade é fornecida pelo caso de uso. Com o progresso da análise, as etapas são atualizadas para acrescentar mais detalhes. Finalmente, são acrescentados os fluxos adicionais ao caso de uso, os seja, as outras opções que possibilitariam alcançar os resultados (QUATRANI, 2001, p.23).

4.6.2.3 Modelo de casos de uso

O comportamento do sistema em desenvolvimento, isto é, qual funcionalidade precisa ser fornecida pelo sistema, é documentado em um modelo de casos de uso que elucida as funcionalidades pretendidas, seus atores e os relacionamentos entre os casos de uso e os atores. Um modelo de caso de uso fornece um veículo de comunicação usado pelos clientes ou usuários finais e os desenvolvedores, para discutir a funcionalidade e o comportamento do sistema. O modelo de casos de uso é iniciado na fase de concepção, com a identificação de atores e principais casos de uso do sistema. Este modelo é então maturado na fase de elaboração, quando informações mais detalhadas são acrescentadas aos casos de uso identificados e outros casos de uso são adicionados conforme a necessidade (QUATRANI, 2001, p.16). O modelo de caso de uso conterà, freqüentemente, casos de uso tão simples que não precisam de uma descrição detalhada do fluxo de eventos e um esboço passo a passo pode ser suficiente. O critério para tomar esta decisão é que não exista discordância entre os vários interessados sobre o que o caso de uso significa e que os desenvolvedores estejam satisfeitos com o nível de detalhe disponibilizado (KRUCHTEN, 2001, p.87). Existe muita variação no que diz respeito a como se podem descrever os conteúdos de um caso de uso e a UML não especifica padrão algum (FOWLER, 2000, p.49-50).

5 APRESENTAÇÃO DAS FERRAMENTAS SIPROCON/PP, SINTEG/PP E SS/PP

Neste capítulo são apresentadas as ferramentas desenvolvidas no decorrer das etapas da pesquisa demonstrando o papel de cada uma no processo de desenvolvimento das demais. Logo, são descritos os processos de concepção, construção e validação da aplicação das funções implementadas nas ferramentas computacionais: Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP) e Sistema Integrado de Programação e Controle do Processo de Projeto (SINTEG/PP). Além disso, é especificado o processo de criação da Sistemática de Simulação do Processo de Projeto (SS/PP) apontando os pormenores do seu desenvolvimento desde a modelagem da sua dinâmica até a definição das respectivas diretrizes para sua correta aplicação.

5.1 SISTEMA DE PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DO PROCESSO DE PROJETO (SIPROCON/PP)

Inicialmente, é relevante contextualizar que a proposta dessa ferramenta SIPROCON/PP, destinada à programação e controle do processo de projeto, foi criada a partir do interesse dos proprietários diante a necessidade e de complementação de um sistema colaborativo estabelecido na cidade de Porto Alegre (RS) e identificado no presente trabalho por SCPOA. Este sistema foi concebido como um site da Internet com o propósito de auxiliar o intercâmbio de informações num processo de projeto. Deste modo, possibilita o compartilhamento de informações com equipes de projetistas remotos. Apresenta-se como um banco de dados acessível através da Internet, permitindo ao usuário credenciado, o *upload* e o *download* de arquivos. Além disso, o próprio sistema informa os usuários que houve atualização de arquivos, através de um protocolo enviado por e-mail. Logo, todos os usuários que acessam o SCPOA devem possuir alguns itens básicos como, por exemplo, conexão a Internet com velocidade compatível com a necessidade de envio e recebimento de arquivos, um navegador *browser* instalado, *login* e senha de acesso definidos pelo SCPOA. Na seqüência é destacada a sistemática de utilização do SCPOA, a qual influenciou na definição dos procedimentos necessários ao uso do SIPROCON/PP.

5.1.1 Caracterização da sistemática de utilização do SCPOA

O SCPOA possui uma estrutura semelhante ao Windows Explorer®, ou seja, a sua organização é feita através de **pastas** (diretórios³¹ correspondentes às empresas, empreendimentos e projetos específicos) e **arquivos**, facilitando sua compreensão e utilização. Apresenta uma estrutura hierárquica de diretórios que primeiramente diferencia as empresas e, no diretório de cada empresa, têm-se os empreendimentos. Para cada empreendimento, têm-se os projetos específicos. Frente aos diretórios dos projetos específicos, pode-se realizar uma série de operações, desde que se possua algum direito para tal, ou seja, o direito somente de leitura ou de leitura e modificação. Por exemplo, o usuário que não tem o direito de modificação em uma determinada pasta, somente poderá fazer o *download* dos arquivos para o seu computador, ficando impossibilitado de alterá-los.

Uma vez que a característica principal do SCPOA é o armazenamento de arquivos pode-se considerar simples sua sistemática de uso. Neste sentido, os projetistas ao localizarem os arquivos nos quais estão interessados, podem verificar a sua versão, tamanho, data de envio e descrição, ou seja, verificando se alterações foram realizadas. E, além disso, observar o status dos arquivos após avaliações: se vetados ou homologados pela coordenação do processo de projeto. Após, caso tenha interesse em utilizar este arquivo, basta realizar o *download*. De forma semelhante é o procedimento de *upload* para atualizar arquivos. A partir do momento em que se envia um arquivo, este chega até o coordenador de projeto que estará encarregado da avaliação e da sua liberação para os demais projetistas membros da equipe do projeto.

5.1.2 Caracterização da sistemática de utilização do SIPROCON/PP

Para um melhor entendimento desta ferramenta complementar ao Sistema Colaborativo Porto Alegre (SCPOA) de apoio à coordenação do processo de projeto, é interessante efetuar alguns esclarecimentos sobre sua sistemática de utilização. Os procedimentos exigidos dos projetistas não foram alterados, ou seja, estes profissionais permaneceram com a incumbência de somente efetuar os procedimentos de *upload* e *download* de arquivos quando necessário. No entanto, sob o ponto de vista dos coordenadores de projeto a sistemática de utilização passou

³¹ Diretório: um diretório (pasta, conforme a denominação utilizada no Windows©) é a unidade básica de organização e agrupamento de arquivos nos sistemas operacionais modernos. Dentro de um diretório, podem ser depositados tanto arquivos como outros diretórios, neste caso denominados sub-diretórios (ALMEIDA; ROSA, 2000, p.185).

por algumas modificações referentes aos procedimentos necessários à configuração da ferramenta. Deste modo, a sistemática de utilização do Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP) deve ser analisada em dois momentos distintos, correspondentes, respectivamente, as etapas de programação e controle deste processo. São denominadas no presente trabalho de fase I (etapa de programação) e fase II (etapa de controle).

O primeiro procedimento da fase I é a criação dos diretórios do projeto e o cadastro de todos os usuários, com a subsequente definição dos direitos de cada um destes quando do uso do SIPROCON/PP através da organização das **classes de atores**³². Isto significa dizer que os projetistas podem assumir uma posição de **observadores** ou, então, de **membros** atuantes no processo de projeto. Os **direitos dos usuários** podem ser entendidos como os limites das ações que poderão ser realizadas na ferramenta. No SIPROCON/PP, caberá aos coordenadores de projeto, como administradores, delegar os direitos a cada um dos projetistas, cabendo a ele definir quem poderá ter acesso a que tipo de informação e de que forma vir a utilizar estas informações.

A maior intensidade de interação do coordenador com a ferramenta é na fase I, haja vista as tarefas de definição e montagem da rede CPM das atividades do processo baseada, por exemplo, no modelo apresentado por Bordin (2003). Dentre as tarefas dos coordenadores de projeto na fase I, cita-se a criação dos diretórios (empreendimento, etapas, projetos específicos e atividades) distribuídos de acordo com a hierarquia do projeto dentro da empresa com a definição na rede CPM e as durações de cada atividade. Após, a ferramenta informa as datas cedo e tarde das atividades e a sua inclusão ou não com o caminho crítico do processo de projeto. Diante disso, constata-se a necessidade de uma **postura ativa** dos coordenadores durante a programação do processo em razão da variedade e repetitividade dos procedimentos exigidos para conclusão das tarefas.

Entretanto, de acordo com a premissa adotada para definição da sistemática de utilização do SIPROCON/PP num segundo momento tem-se uma **postura passiva** dos coordenadores em virtude da sua participação no decorrer da fase II estar dependente dos alertas assinalados, fruto do monitoramento efetuado pela ferramenta. Portanto, uma vez concluídos os procedimentos relacionados a etapa de programação do processo, cabe ao coordenador, no

³² Classes de atores: classe que define um conjunto de exemplos de ator, nos quais cada exemplo de ator faz o mesmo papel em relação ao sistema. Classe é uma descrição de um conjunto de objetos que compartilham as mesmas responsabilidades, relações, operações e atributos (KRUCHTEN, 2001, p.234).

decorrer da fase II, permanecer no aguardo dos alertas indicados pela ferramenta. Depois de analisá-los, determina o momento apropriado para realizar as ações devidas privilegiando a qualidade e o término do projeto no prazo inicialmente previsto. Os referidos alertas estão relacionados com o desenrolar do processo e são definidos pela combinação dos dados obtidos nas verificações realizadas automaticamente pela ferramenta. Desta forma, por exemplo, são enviados por meio de e-mails à todos intervenientes avisos tanto com relação ao cumprimento do cronograma temporal do projeto (por exemplo, período de realização da atividade, início e término previstos das atividades) quanto da avaliação dos resultados finais das atividades e disponibilização de arquivos aos projetistas.

É pertinente enfatizar que o controle do término das atividades permaneceu com a mesma sistemática do SCPOA, ou seja, a conclusão de qualquer atividade é definida pela realização de *upload* efetuado pelo projetista. Portanto, o procedimento de efetuar o *upload* dos arquivos é de extrema relevância sob o ponto de vista do controle do processo, pois as funções da ferramenta para definição do status e o envio dos sinais de alertas, consideram a realização deste procedimento. Logo, o momento em que o *upload* é realizado, associado ao respectivo resultado da sua avaliação e, em função do posicionamento da atividade no processo, ou seja, do caminho crítico, ou não, determinam o seu status final conforme apresentado na figura 3.

Regra para definição do status das atividades				
Resultado da avaliação do upload	Momento do upload			
	Atividades críticas		Atividades não críticas	
	Upload no prazo	Upload após o prazo	Upload no prazo	Upload após o prazo
Sem arquivo	-	Atraso	-	Alerta
Não revisado	Normal	Atraso	Normal	Alerta
Homologado	Concluído	Atraso	Concluído	Alerta
Vetado	Atraso	Atraso	Alerta	Alerta

Figura 3: regra para definição do status das atividades segundo a sistemática de uso do SIPROCON/PP

No decorrer da fase II, os projetistas não têm outra incumbência além da elaboração do projeto propriamente dito, corretamente e em tempo hábil. Portanto, uma vez concluída a atividade, devem realizar o *upload* do(s) arquivo(s), da mesma maneira que se estivessem utilizando o SCPOA. Com isso, os dados de entrada exigidos destes profissionais são mínimos e correspondem basicamente ao preenchimento do protocolo de *upload* (por

exemplo, a versão e descrição do arquivo). Os coordenadores de projeto, principais beneficiados com o uso da ferramenta, a exemplo dos projetistas não têm atribuição maior, ou seja, estes profissionais continuam com a tarefa de revisar as informações geradas e, posteriormente, disponibilizar aos demais intervenientes. Ao término do projeto o coordenador pode **caracterizar o desempenho dos projetistas** em relação a sistemática de um trabalho colaborativo de posse dos dados obtidos no decorrer da fase II referentes ao cumprimento do cronograma temporal do processo e da validade, qualidade e exatidão das informações transmitidas. E assim, avaliar se é oportuna a sua participação em outros empreendimentos.

5.1.3 Aspectos gerais do processo de desenvolvimento do SIPROCON/PP

O processo de desenvolvimento do Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP) foi composto de várias etapas que exigiram postura diferenciada a cada momento por parte do autor deste trabalho. Pode ser caracterizada como participação indireta quando não foi o responsável pela ação principal, e direta, quando responsável pela ação principal. A participação indireta ocorreu na etapa de construção da ferramenta pelos programadores. Por exemplo, o pesquisador, primeiramente acompanhou o seu desenvolvimento com a intenção de assegurar que as especificações desenvolvidas dos requisitos do sistema, transmitidas através de modelagem deste, viessem a ser implementadas corretamente. Num segundo momento, o pesquisador passou a ter o papel de usuário da ferramenta, com a realização de avaliações intrínsecas ao seu desenvolvimento quanto daquelas que verificaram sua validade durante simulações do seu uso. A participação foi direta nas demais etapas da pesquisa.

5.1.3.1 A etapa de concepção e modelagem do SIPROCON/PP: definição das necessidades dos usuários, requisitos e modelagem dos casos de uso

A etapa de concepção da ferramenta foi assinalada por ser uma etapa na qual foram coletadas informações em diversas fontes, tais como o modelo de Bordin (2003), bibliografia pertinente ao tema, profissionais encarregados do desenvolvimento do Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP) e nas avaliações do Sistema Colaborativo Porto Alegre (SCPOA). O modelo de Bordin (2003) contribuiu com o processo de concepção

da ferramenta, em uma fase inicial de coleta de informações, ao fornecer uma hierarquia aos diretórios do processo de projeto formadores do banco de dados implementado. Na modelagem, ao se configurarem as **necessidades dos usuários** foram definidos os **requisitos** do sistema, posteriormente, traduzidos nos **casos de uso** deste.

Um exemplo é a necessidade dos usuários de visualizar num formato gráfico a rede de atividades CPM para auxiliar na tomada de decisão. A solução considerada mais adequada para este exemplo de requisito foi o uso de uma adaptação do gráfico de Gantt³³, em função das características que lhe são próprias. Após a escolha do gráfico de Gantt, foram determinadas as funções que deveriam ser implementadas para, por exemplo, assegurar a maior interatividade possível, de acordo com o ambiente de desenvolvimento. Adicionalmente, salientam-se alguns requisitos gerais considerados relevantes e que foram adotados quando da concepção da ferramenta:

- a) localização rápida dos resultados finais de cada atividade;
- b) a interface gráfica com o usuário organizada de forma clara e objetiva;
- c) facilidade operacional determinada pela pequena quantidade de dados de entrada;
- d) a rapidez no processamento das informações.

Uma vez definidos os requisitos da ferramenta foram modelados os casos de uso. O modelo de casos de uso proporcionou uma visão externa do SIPROCON/PP, ou seja, **o que a ferramenta proposta pode e deve fazer**. Os casos de uso apresentados aos programadores no Documento de Modelagem do Sistema (DMS) foram:

- a) listagem de diretórios;
- b) criação de novos diretórios;
- c) visualização das propriedades dos diretórios;
- d) edição das propriedades dos diretórios;

³³ Gráfico de Gantt: o gráfico de Gantt emprega barras horizontais, cada uma representando uma única tarefa ou atividade no projeto. As linhas entre as tarefas informam a dependência, ou seja, o vínculo ou *link*, entre tarefas. As barras são colocadas dentro de um período de tempo chamado escala de tempo. O comprimento relativo de uma barra de Gantt individual representa a duração de uma tarefa, ou seja, o tempo necessário para executá-la. Este elemento básico de gerenciamento de projetos é uma excelente ferramenta para avaliar rapidamente as tarefas individuais ao longo do tempo de um projeto (LIMMER, 1997, p. 49–50; VAVASSORI et al., 2001).

- e) exclusão de diretórios;
- f) localização e busca de informações;
- g) realização de *upload* de arquivos;
- h) verificação e edição do status dos diretórios.

Cabe salientar, que os casos de uso anteriormente citados, são válidos para todos os diretórios criados na ferramenta, ou seja, empreendimentos, etapas, projetos específicos e atividades. Posteriormente, foram modelados para o caso de uso referente à realização de *upload* de arquivos os fluxos de eventos ótimos e alternativos. Através destes **fluxos de eventos**³⁴ foram identificadas todas as alternativas de procedimentos relacionados a este caso de uso. Portanto, foram modelados os fluxos de eventos para *upload*:

- a) dentro do prazo e homologado;
- b) dentro do prazo e vetado;
- c) fora do prazo e homologado;
- d) fora do prazo e vetado.

A modelagem dos fluxos de eventos também foi utilizada no desenvolvimento da dinâmica da SS/PP. Uma vez definidos, os casos de uso do SIPROCON/PP foram especificados num formato adequado aos programadores iniciarem a construção da ferramenta. Para tal, foi elaborado o DMS.

5.1.3.1.1 Documento de Modelagem do Sistema (DMS)

O Documento de Modelagem do Sistema (DMS) foi elaborado para transmitir as informações aos programadores do sistema computacional necessárias à construção da ferramenta. Neste sentido, inicialmente foi submetida uma versão preliminar do DMS aos programadores para validar o formato da especificação desenvolvida. Uma vez aprovada, foi elaborada uma versão completa abrangendo todos casos de uso e regras de funcionamento do Sistema de

³⁴ Fluxo de eventos: um fluxo de eventos é considerado ótimo, quando nada de errado acontece e a entrada de dados levará ao resultado final sem erros ou problemas. E um fluxo é considerado alternativo quando e onde algo pode dar errado (CARDOSO, 2003, p.21).

Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP). No DMS contemplou-se a descrição de cada caso de uso do SIPROCON/PP, ou seja, um breve relato textual da seqüência de procedimentos que correspondem as ações dos usuários, identificando aqueles que devem realizá-las. Além disso, foram especificadas as respectivas **respostas** da ferramenta como, por exemplo, o redirecionamento a outras páginas conforme cada situação. Para cada caso de uso foi criada a interface gráfica da ferramenta com o usuário, ou seja, o *lay-out* da página que corresponde ao início do mesmo (figura 4).

The image shows a screenshot of a software interface titled "PÁGINA 3.1 - ESPECIALIDADES/PROP.". The interface is annotated with labels and arrows pointing to specific elements:

- Código da página:** Points to the identifier "P3.1-ESP" in the top left corner.
- Identificação da página:** Points to the main title "PÁGINA 3.1 - ESPECIALIDADES/PROP." in the top center.
- Identificação do campo:** Points to the "denominação" field (P3.1-A) in the "Propriedades da especialidade" section.
- Campo(s):** Points to the "data inicial" (P3.1-C) and "data final" (P3.1-D) fields.
- Página:** Points to the overall layout of the page.
- Código do campo:** Points to the "estutura" field (P3.1-K) at the bottom.

The interface includes sections for "Identificação do empreendimento / denominação da etapa", "Propriedades da especialidade", and "Identificação da especialidade". It contains various input fields, checkboxes, and buttons like "ok" (P3.1-M) and "cancelar" (P3.1-N). A footer contains the text "P3.1-O editar diretório" with a folder icon.

Figura 4: exemplo da interface gráfica das páginas com os campos e respectivos códigos apresentada no DMS

Num segundo momento foi determinado um identificador para cada página e seus respectivos campos. Logo, a seqüência de procedimentos que compunham os fluxos de eventos de cada caso de uso foi especificada com base nesta codificação. No DMS também foram contemplados os aspectos referentes às formas de integração e comunicação entre os intervenientes do processo como, por exemplo, a proposta de implementação de mensagens padrões para corroborar na comunicação. Além disso, foi contemplada a identificação e o formato tanto das informações de entrada como de saída, por exemplo, através de gráfico de Gantt e as regras necessárias ao funcionamento da ferramenta tais como, o controle do *status* de forma semi-automática e hierárquica para todo o do processo. Com relação ao controle do status, dito semi-automático, na medida em que um dos dados necessários à sua definição era o parecer do coordenador após a avaliação dos arquivos, ou seja, não revisados, homologados

ou vetados. Hierárquico, porque a combinação do status das atividades integrantes de uma especialidade determina o status da referida especialidade. Neste sentido, as especialidades por sua vez definem o das etapas e, as etapas o status do projeto.

Nesta etapa de modelagem foi construído através do software PowerPoint© versão Office XP© da Microsoft© um **protótipo comportamental**, também denominado **protótipo de interface**. Esse, mesmo de um modo simplificado, demonstrou a sistemática de utilização da ferramenta como, por exemplo, o caso de uso para obtenção de uma listagem de diretórios. No CD anexo ao presente trabalho pode-se acessar uma simulação do funcionamento deste protótipo de interface através do *link*³⁵ **Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP)**, opção **Protótipo de Interface do SIPROCON/PP**.

5.1.3.2 A etapa de construção do SIPROCON/PP

A etapa de construção do Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP) analisada de acordo com os conceitos do processo de desenvolvimento de software RUP em virtude da utilização de um protótipo evolutivo foi um processo iterativo e incremental. É dito iterativo, pois sempre ao final de cada iteração eram efetuados novos testes funcionais na ferramenta, e incremental já que os resultados obtidos possibilitavam o aprimoramento das versões subseqüentes desta. No presente trabalho, o pesquisador realizou o **teste de funcionalidade** baseado nos casos de uso desenvolvidos para a ferramenta. Isto é, no momento em que são executados os procedimentos, ou operações, de cada caso de uso são identificados os erros nas funções da ferramenta que impediram a sua conclusão. Logo, um procedimento não concluído, por exemplo, escolha da duração da atividade, determinava um erro de funcionalidade. Neste sentido, a validação das funções relacionadas aos procedimentos efetuados no caso de uso determinava a validação do mesmo. Por conseguinte, a validação de todos os casos de uso validava a versão testada da ferramenta.

Dentre todas as funções avaliadas nos testes cita-se, por exemplo: o controle do *status* de forma semi-automática e hierárquica para todo o processo; a criação, edição e exclusão de diretórios; a redefinição da rede de atividades CPM. Os resultados de todos os testes foram devidamente registrados, nos Documentos de Avaliação do Sistema (DAS). Nestes

³⁵ Link: ou hyperlink, são palavras, expressões ou imagens que servem de ligação direta para outra página ou parte da própria página de Internet (ALMEIDA; ROSA, 2000, p.194).

documentos eram descritos todos os problemas identificados no decorrer das avaliações, desde aqueles referentes à interface gráfica até erros de funcionalidade, mais comumente denominados *bugs*.

Um exemplo dos problemas solucionados no decorrer da construção do SIPROCON/PP correspondeu ao requisito referente à visualização da rede CPM de atividades do modelo através do gráfico de Gantt. Este requisito, na fase de modelagem já havia sido mencionado como um dos aspectos mais importantes a serem considerados no decorrer da construção da ferramenta em razão da interatividade que deveria ser assegurada aos usuários. No entanto, ocorreram vários problemas durante a sua implementação devido as limitações oferecidas pela linguagem de programação utilizada para um ambiente *web*. A solução encontrada foi através da utilização de um *freeware*³⁶ (software de uso livre) denominado **Ganttproject**³⁷, o qual deve ser instalado nos computadores pessoais de cada usuário da ferramenta. Por meio deste software foram solucionados os problemas relativos à interatividade, haja visto o propósito a que este se destina é justamente proporcionar a visualização de redes de atividades CPM considerando uma aplicação num ambiente *web*. Além disso, possibilita os ajustes necessários com vistas a obter a melhor visualização possível da rede, definição das atividades precedentes e datas limites.

A exigência de procedimentos triviais tais como, *download* e *upload* para utilização do Ganttproject em conjunto com o SIPROCON/PP mostrou ser grande valia para a implementação da ferramenta. Neste sentido, o lançamento inicial da rede, ou seja, o processo de definição das atividades do processo de projeto e definição das precedências entre elas deve ser realizado no SIPROCON/PP. Estando isso concluído, basta o usuário realizar o *download* da rede, para posteriormente visualizá-lo no Ganttproject. Uma vez acessada a rede de atividades através do Ganttproject, o usuário pode realizar todas alterações que julgar necessárias como, por exemplo, a modificação das datas cedo e tarde das atividades, uma vez que após efetuar o *upload* deste arquivo no SIPROCON/PP, todas estas alterações seriam atualizadas automaticamente.

³⁶ *Freeware*: é um programa disponível publicamente, segundo condições estabelecidas pelos autores, sem custo de licenciamento para uso (ALMEIDA; ROSA, 2000, p.189).

³⁷ Ganttproject: a vantagem apresentada por este software consiste em proporcionar a visualização de rede CPM de atividades para cronogramas mensais, bimestrais, trimestrais, semestrais e anuais, dimensionados automaticamente para a área de trabalho do computador. Encontra-se disponível para *download* na *homepage* <<http://ganttproject.sourceforge.net/>> na Internet e no CD anexado ao presente trabalho.

Ao término da etapa de construção do SIPROCON/PP obteve-se uma versão validada para a programação do processo, permitindo assim efetuar a definição da rede CPM das atividades. As funções auxiliares à etapa de controle do processo não foram implementadas devido a existência de outras prioridades naquele momento por parte dos proprietários do SCPOA em concluir o desenvolvimento da ferramenta. Por este motivo o SIPROCON/PP não foi utilizado nas simulações finais. No **CD** anexo ao presente trabalho são apresentadas as telas do SIPROCON/PP que definem o início de cada caso de uso. Além disso, para o caso de uso criação de uma atividade têm-se a seqüência das telas correspondentes ao encadeamento de procedimentos necessários para criação deste diretório. O acesso é realizado através do *link* **Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP)**, opção **Casos de Uso do SIPROCON/PP**.

5.2 SISTEMÁTICA DE SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO (SS/PP)

A Sistemática de Simulação do Processo de Projeto (SS/PP) foi idealizada sob a premissa de por meio de uma atividade lúdica, ou seja, um **jogo**, conseguir suscitar a variabilidade e a incerteza intrínseca ao intercâmbio de informações de um processo de projeto. Concomitantemente ao desenvolvimento da SS/PP, foi realizada a construção de um protótipo exploratório denominado Sistema Integrado de Programação e Controle do Processo de Projeto (SINTEG/PP), instrumento auxiliar ao processo de criação e validação da SS/PP. Portanto, inicialmente foi elaborada uma versão preliminar de cada uma destas ferramentas, as quais foram continuamente aprimoradas num processo iterativo e incremental. A seguir são apresentados os pormenores do processo de desenvolvimento da SS/PP e do SINTEG/PP.

5.2.1 O processo de desenvolvimento da Sistemática de Simulação do Processo de Projeto (SS/PP)

O processo de desenvolvimento da Sistemática de Simulação do Processo de Projeto (SS/PP) propriamente dita foi realizado em duas etapas, correspondentes a modelagem da sua dinâmica e de suas diretrizes. É relevante destacar que no decorrer deste processo, depois de elaboradas versões preliminares, foi observada a sua semelhança conceitual com a Teoria das

Restrições³⁸ (TR). Tal fato foi evidenciado em virtude do modo que a sistemática de utilização do Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP), em associação ao modelo de Bordin (2003), influenciaram a criação da dinâmica da SS/PP. Desta forma, foram revisados os conceitos da TR correspondentes ao gerenciamento de projetos como, por exemplo, o gerenciamento dos **pulmões** (buffers)³⁹ como instrumento de controle temporal do processo e prevenção da atuação da incerteza. Logo, foi considerado pertinente implementar no Sistema Integrado de Programação e Controle do Processo de Projeto (SINTEG/PP) algumas funções tomando por base os conceitos referentes ao controle dos pulmões. Diante disso, são assinaladas algumas considerações sobre a TR no decorrer da modelagem das diretrizes da SS/PP, relacionando o que foi definido originalmente nestas diretrizes e especificando-se de que modo isto aparece na TR.

5.2.1.1 Breve revisão da Teoria das Restrições (TR): aplicação no gerenciamento de projetos

A influência da incerteza e da variabilidade são percebidas no ambiente da indústria da construção (SALDANHA, 1991, p.93) tornando os processos difíceis de planejar e controlar, evidenciando a necessidade de quantificar e gerenciar a incerteza (SANTOS, 2001, p.25). Para Goldratt (1998) a variabilidade gera incerteza na duração das atividades, volume de atividades que não agregam valor, aumento do tempo de ciclo, perdas no processo, pouca confiabilidade sobre o produto e riscos financeiros para os agentes envolvidos. Conforme Santos (2001, p.103), a Teoria das Restrições (TR) pode ser útil no combate aos efeitos da variabilidade, por exemplo, os atrasos. Para a TR um mau gerenciamento da incerteza é a principal causa de insucessos no gerenciamento de projetos (LEACH, 2000, p.6; RAND, 2000, p.175), gerando situações nas quais em virtude dos atrasos e problemas no orçamento, o conteúdo das especificações iniciais ficam comprometidas (GOLDRATT, 1998).

A solução assinalada na TR para estes problemas é o uso de estoques estratégicos, os **pulmões**, localizados imediatamente antes da restrição. Restrição é qualquer elemento ou fator

³⁸ Teoria das Restrições: é uma teoria de administração desenvolvida pelo DR. Eliyahu M. Goldratt que pode ser vista como três áreas diferentes mas inter-relacionadas: logística, indicadores de desempenho e pensamento lógico. Esta teoria procura administrar adequadamente a produção de forma que os custos sejam mantidos sob controle e os ganhos protegidos (COX III; SPENCER, 2002).

³⁹ Pulmões (buffers): na TR os pulmões podem ser de tempo ou material para sustentar o ganho ou o desempenho dos prazos de entrega (COX III; SPENCER, 2002). No gerenciamento de projetos, os pulmões são intervalos de tempo colocados nas junções entre caminhos não críticos e crítico para proteger o caminho crítico, ou seja, a restrição da variabilidade e da incerteza. Com isso, pode-se afirmar que os pulmões são atividades integrantes da programação do projeto, mas que não existem (GOLDRATT, 1998; LEACH, 2000, p.7).

que impede que um sistema conquiste um nível melhor de desempenho no que diz respeito a sua meta. As restrições podem ser físicas como, por exemplo, a disponibilidade de um equipamento ou a falta de material, mas podem ser também de ordem gerencial como, procedimentos, políticas e normas (COX III; SPENCER, 2002; RADOVILSKY, 1998, p.113). A função dos pulmões é específica: **proteger a restrição da atuação da variabilidade e incerteza** (GOLDRATT, 1998). De um modo geral, as principais implicações da TR no gerenciamento de projetos são (LEACH, 2000, p.16):

- a) concentração da proteção contra a incerteza nos pulmões;
- b) utilização dos pulmões como instrumento no controle da programação dos projetos.

Deste modo, a forma de conduzir o processo aplicando-se a TR reside na distribuição dos pulmões e sua vinculação com as atividades. Logo, a TR não contribuiu significativamente para aumento da complexidade do processo, pois a maior dificuldade ainda está na montagem da rede CPM e determinação das estimativas de tempo das atividades. Deste modo, os únicos cuidados necessários estão ligados à distribuição de atividades por pulmão (SANTOS, 2001, p.103-104). Por conseguinte, a preocupação passa a ser como localizá-los, dimensioná-los e controlá-los para evitar que os caminhos não críticos venham a se tornar críticos (GOLDRATT, 1998; LEACH, 2000, p.7).

5.2.1.1.1 Gerenciamento do projeto

O gerenciamento de projetos através da TR visa avaliar os padrões do comportamento humano durante o planejamento e execução de um projeto. A suposição sobre o comportamento humano é que as pessoas fazem consideráveis provisões para eventualidades quando estimam as durações das atividades (STEYN, 2000, p.364; STEYN, 2002, p.75). Quanto maior a incerteza, maior a segurança resultante. As estimativas de tempo são influenciadas em grande parte, pelo último atraso que ocorreu (GOLDRATT, 1998; LEACH, 2000, p.6). O enfoque da TR é para realocar os tempos de segurança em posições estratégicas (RAND, 2000, p.175). Logo, um ponto básico da aplicação da TR é a eliminação das proteções contra a incerteza embutidas nas estimativas de tempo de cada atividade ou etapa do projeto, para que toda proteção seja realizada através dos pulmões de convergência, de projeto e de recursos (GOLDRATT, 1998).

5.2.1.1.2 Restrição

Primeiramente, antes de identificar uma restrição é necessário ter conhecimento sobre o seu significado. Há dois tipos de restrições (GOLDRATT, 1998):

- a) **políticas**: regras que continuam atuando quando já deviam ter sido substituídas, ou seja, são definidas e permanecem em vigor após suas causas terem sido extintas;
- b) **físicas**: são recursos que não têm capacidade suficiente para atender a demanda sendo também chamados de gargalos.

A duração do projeto é considerada como a principal restrição de projetos em geral (STEYN, 2002, p.76): escassez do recurso tempo. Goldratt (1998), utilizando redes CPM, demonstra que o caminho crítico do projeto é a sua restrição, equivalente ao gargalo e, por isso, deverá ser protegido contra a incerteza. O conhecimento do caminho crítico é o ponto de partida para aplicação da TR (SANTOS, 2001, p.77), e determina o tempo que se levará para terminar o projeto haja visto que qualquer atraso no caminho crítico atrasará a conclusão do projeto (GOLDRATT, 1998).

5.2.1.1.3 Pulmões de convergência, de projeto e de recursos

O gerenciamento dos pulmões é uma boa ferramenta no monitoramento do projeto e no combate à variabilidade, pois fornece um mecanismo simples que informando as intervenções (SANTOS, 2001, p.103-104). Nesta análise são considerados dois tipos de pulmões (figura 5), cada qual com seus objetivos específicos (GOLDRATT, 1998; STEYN, 2002, p.76):

- a) **de projeto**: colocado no final do caminho crítico para proteger o projeto como um todo da incerteza, prevenindo atrasos e sacrifícios de especificações;
- b) **de convergência**: colocado nas ligações entre caminhos não críticos e o crítico, congregando todas as atividades de cada um dos caminhos não críticos. Estes pulmões têm o objetivo de evitar mudanças de caminho crítico, levando a manutenção dos caminhos não críticos.

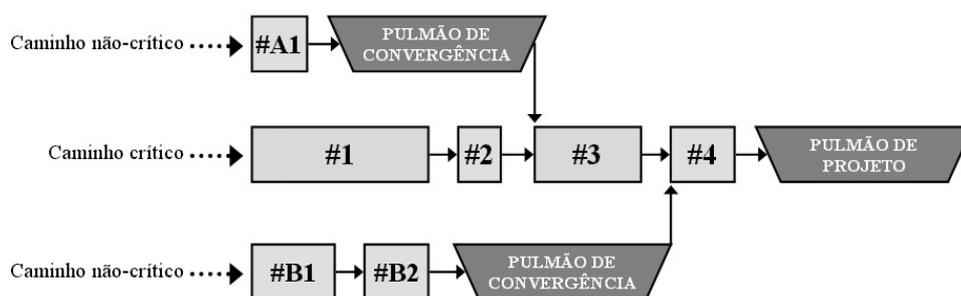


Figura 5: pulmões de projeto e convergência (GOLDRATT, 1998)

Os pulmões de convergência protegem o caminho crítico de atrasos ocorridos nos caminhos não críticos correspondentes. Mas, quando o problema causar um atraso maior que o pulmão de convergência, a data de conclusão do projeto ainda estará protegida pelo pulmão de projeto (GOLDRATT, 1998). O dimensionamento do pulmão de projeto depende da **probabilidade para o projeto ser completado dentro do esperado**⁴⁰. Quanto aos pulmões de convergência, estes podem ser a soma das folgas que cada atividade possui, dado que toda a atividade não crítica tem folga (LEACH, 2000, p.5). Para dimensionar os pulmões não são necessários cálculos científicos, pois como a TR é um mecanismo de melhoria contínua pode-se utilizar uma abordagem iterativa para determinar a dimensão adequada dos mesmos e para estimar a capacidade protetora requerida pelos recursos (COX III; SPENCER, 1998).

Um outro tipo de pulmão utilizado é o **pulmão de recursos**, que é usado para garantir que os recursos necessários estarão sempre disponíveis para realização das atividades. De um modo geral, os pulmões de recursos podem ser tratados como **sinais de alerta que notificam quando os recursos devem estar prontos**. Deste modo, os pulmões de recursos não alteram o tempo de conclusão do projeto (GOLDRATT, 1998; RAND, 2000, p.175). Neste sentido, por exemplo, para todas as atividades críticas o responsável direto receberia várias notificações sucessivas estimando quando esta atividade deveria iniciar. Estas notificações poderiam ser fornecidas em diferentes momentos como, por exemplo, a partir de uma semana até um dia antes do início, ou então simplesmente informar a data esperada para início da atividade. Estes alertas, ou contagem regressiva possibilitariam assegurar que, a partir do momento que uma atividade tenha terminado antes do previsto, os responsáveis pelas atividades sucessoras estariam preparados para usufruir as vantagens advindas desta oportunidade de adiantamento do

⁴⁰ Probabilidade para o projeto ser completado dentro do prazo: a avaliação desta probabilidade pode ser feita usando métodos de simulação (por exemplo, a Técnica de Monte Carlo), e a dimensão do pulmão será a diferença entre o tempo necessário para terminar o projeto numa data associada a uma probabilidade (por exemplo, 90%) e o tempo estimado sem a influência da incerteza.

cronograma. Assim sendo, o responsável pela atividade sucessora iniciaria os seus trabalhos tão cedo quanto possível desde que tenha recebido todos os recursos necessários (STEYN, 2000, p.367).

A tomada de decisão é realizada de acordo com o consumo dos pulmões medidos em dias (figura 6). Logo, se o consumo do pulmão estiver dentro do (LEACH, 2000, p.12):

- a) **primeiro terço**: nenhuma ação é necessária;
- b) **segundo terço**: é recomendável identificar o problema e planejar a ação à ser realizada;
- c) **terceiro terço**: deve-se proceder a ação previamente determinada.

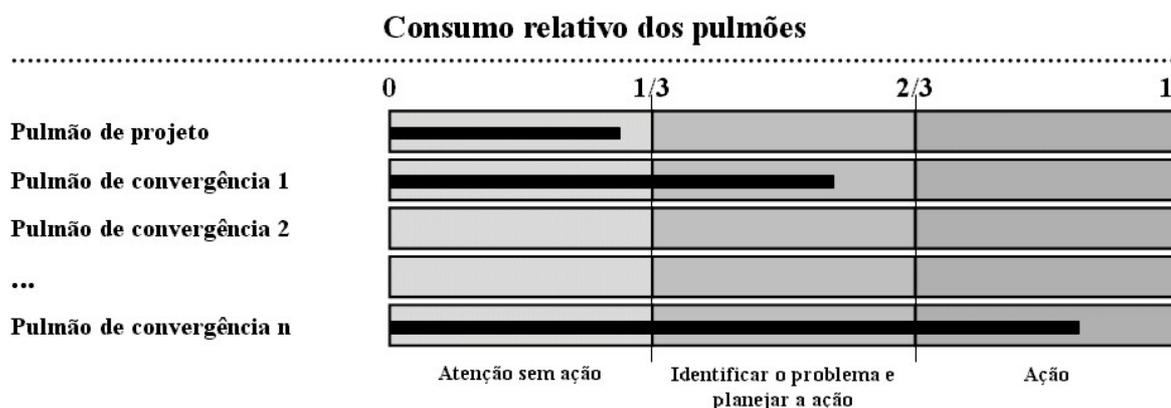


Figura 6: gerenciamento dos pulmões (LEACH, 2000, p.12)

Para obter o completo benefício desta estratégia, o monitoramento dos pulmões deverá atingir a menor parcela do último terço (LEACH, 2000, p.12). O risco de atraso é medido em função do consumo dos pulmões. O consumo dos pulmões de convergência e de projeto é o dado mais importante para utilização da TR no gerenciamento de projetos (SANTOS, 2001, p.93). Deste modo, os pulmões propiciam focalizar a atenção nos pontos problemáticos e critérios de decisão dos gerentes de projeto (LEACH, 2000, p.16). Logo, os pulmões de convergência e de projeto devem ser constantemente monitorados (STEYN, 2000, p.368).

5.2.1.2 Modelagem da Sistemática de Simulação do Processo de Projeto (SS/PP)

O desenvolvimento da modelagem da dinâmica da Sistemática de Simulação do Processo de Projeto (SS/PP) foi conduzido e influenciado pela sistemática do modelo de Bordin (2003) e

de utilização do Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP). No modelo de Bordin (2003) foi buscado o modelo de intercâmbio de informações no processo de projeto. Após, através da sistemática de utilização do SIPROCON/PP, foram definidas as ações dos intervenientes ao longo do processo relacionadas ao funcionamento da ferramenta. Uma vez analisados os condicionantes da modelagem da SS/PP foi determinada a estratégia para criar a **variabilidade** e **incerteza** inerentes ao processo de projeto. Neste sentido, através de **sorteios** foi reproduzida a aleatoriedade do intercâmbio de informações relacionada tanto a validade das informações, se correta ou não, quanto à temporalidade, se disponibilizadas em tempo hábil às devidas avaliações ou não.

Os sorteios na SS/PP também assinalaram a tomada de decisão dos intervenientes. Portanto, os sorteios substituíram as decisões referentes tanto as ações praticadas pelos intervenientes do processo como, por exemplo, realização de um *upload*, quanto das informações inseridas na ferramenta, fruto da elaboração do projeto. Num segundo momento, as ações dos intervenientes e as informações relacionadas ao projeto foram traduzidas num formato manuseável para simulação através de sorteios quando da aplicação desta SS/PP. Isto, conforme representado na figura 7, foi consumado através da elaboração de cartões e dados. As opções existentes corresponderam a variabilidade sobre as ações dos intervenientes e as informações a elas intrínsecas.

Na sistemática de utilização do SIPROCON/PP o término de uma atividade é assinalado pela realização do *upload*, ou seja, o envio por parte do projetista dos resultados finais da atividade para avaliação pelo coordenador. Mas, caso um *upload* fosse vetado pelo coordenador, a SS/PP não apresenta os motivos desta decisão. Na SS/PP não foram especificados estes pormenores, haja visto que o objetivo não era a avaliação das informações transmitidas no decorrer do processo. Por isso, o resultado da avaliação dos *uploads* na SS/PP qualifica os arquivos após avaliação em completos ou parciais. Os arquivos ditos completos são homologados e os parciais são vetados pelo coordenador. Na seqüência realiza-se uma análise sobre as contribuições do modelo de Bordin (2003) e da modelagem dos fluxos de eventos do SIPROCON/PP, especificando como estes subsidiaram o processo de modelagem da dinâmica da SS/PP.

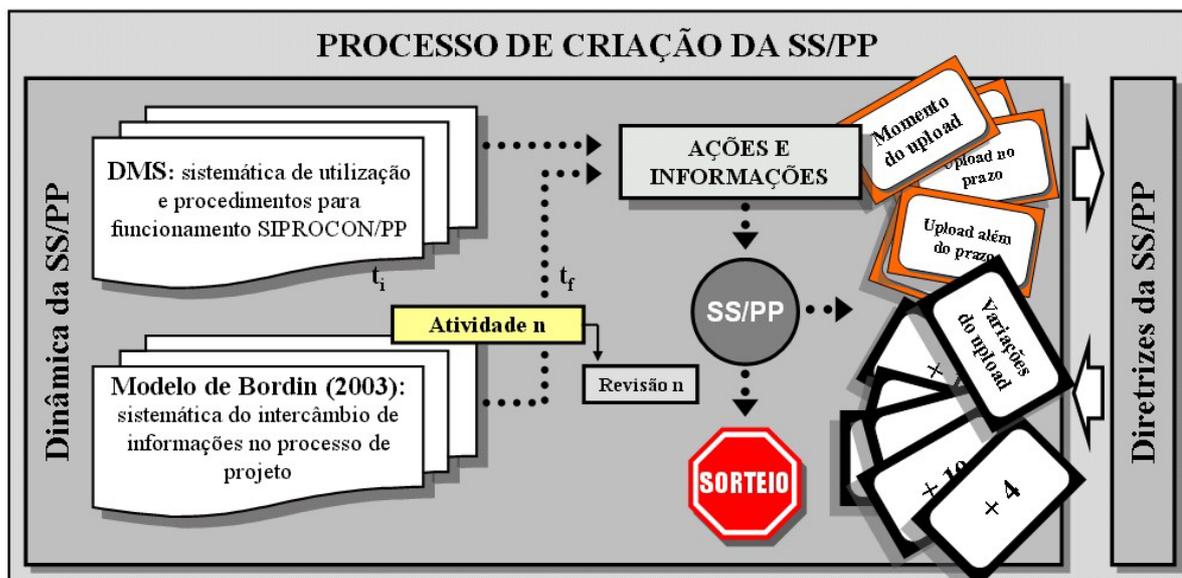


Figura 7: desenho esquemático do processo de criação da SS/PP

5.2.1.2.1 Análise da influência do modelo de Bordin na definição da SS/PP

No decorrer da modelagem da Sistemática de Simulação do Processo de Projeto (SS/PP) foi analisada a sistemática do modelo de Bordin (2003) proposta para o intercâmbio de informações no processo de projeto. Neste modelo está prevista a presença de cada atividade uma única vez. Logo, o prosseguimento da realização das atividades do processo de projeto de uma edificação somente ocorrerá após a conclusão das atividades geradoras de informações necessárias para as atividades delas dependentes. Por conseguinte, os projetistas têm acesso aos resultados de cada atividade após a avaliação pela coordenação de projeto. Em virtude desta restrição, na SS/PP cada atividade do processo de projeto foi composta de dois períodos: um destinado aos projetistas para realização da atividade e, um outro para o coordenador de projeto para avaliação dos resultados apresentados. Além disso, foram obtidos nas redes CPM e tabelas que compõem o modelo, os dados de entrada do SIPROCON/PP relacionados com a montagem da rede de atividades CPM como, por exemplo, as denominações das atividades, sua distribuição por etapas e especialidades e o rol de atividades precedentes.

No CD por meio do *link Anexos*, opção **Anexo A**, é apresentada a rede CPM das atividades correspondentes à etapa de projeto legal e detalhamento por especialidade de projeto do modelo de Bordin (2003).

5.2.1.2.2 Modelagem dos fluxos de eventos do SIPROCON/PP: base da seqüência dos procedimentos da SS/PP

A seqüência dos procedimentos realizados na Sistemática de Simulação do Processo de Projeto (SS/PP) tiveram por base os fluxos de eventos do Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP) uma vez que representam a variabilidade sobre os procedimentos exigidos dos projetistas no decorrer do processo de projeto para funcionamento da ferramenta. Os **fluxos de eventos** foram definidos durante a modelagem dos casos de uso na etapa de concepção do SIPROCON/PP. Na figura 8 é apresentado um desenho esquemático da modelagem dos fluxos de eventos.

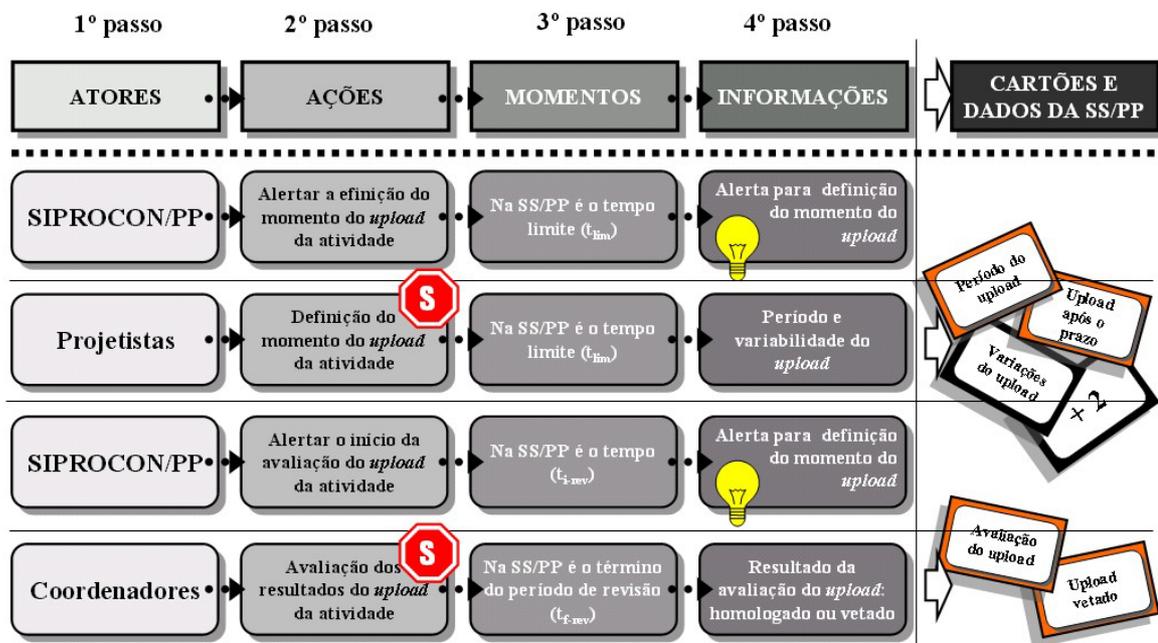


Figura 8: desenho esquemático da modelagem dos fluxos de eventos ótimos e alternativos

Inicialmente são determinados os **atores**, ou seja, os intervenientes do processo: projetistas e coordenadores de projeto. Na seqüência, suas respectivas **ações** (ou seja, os eventos para os quais a ferramenta deve assinalar uma resposta) efetuadas no decorrer do processo de projeto. Logo, é definido o **momento** para efetuar cada ação e, além disso, as **informações** atreladas ou fruto de cada ação. As informações foram definidas analisando as atividades sob o ponto de vista da programação temporal do processo determinando inicialmente os seus atributos, ou seja, as suas **variáveis independentes** como, por exemplo, as datas limites (de início e de término) e as durações. Adicionalmente, as atividades tinham outros atributos, mas que

estavam relacionados à identificação das mesmas tais como: identificador, denominação, especialidade e etapas correspondentes, além das atividades precedentes. No presente trabalho, as informações foram classificadas em dois tipos de variáveis (MATTAR, 1997):

- a) **independentes** (controladas): são as variáveis manipuladas ou controladas que influenciam no comportamento das variáveis dependentes. Serão controlados os valores das seguintes variáveis:
- durações dos períodos para realização e revisão das atividades;
 - percentual de segurança;
 - fator X de revisão e para definição do novo prazo;
 - percentuais para definição das parciais dos pulmões.
- b) **dependentes** (medidas): são todas as influenciadas pelas variáveis independentes e cujos resultados interessam ao pesquisador. Serão medidos os valores das seguintes variáveis:
- variabilidade dos *uploads*;
 - duração efetiva para execução e conclusão das atividades;
 - consumo dos pulmões.

Ao término da modelagem dos fluxos ótimos e alternativos dos eventos do SIPROCON/PP, foi identificada a variabilidade existente na seqüência de procedimentos realizados na SS/PP, tanto na fase I quanto na fase II do processo de projeto. Após identificada a variabilidade do comportamento de cada interveniente e as respectivas informações exigidas a cada momento, foram elaborados os cartões e dados correspondentes as variáveis independentes e ações dos intervenientes da SS/PP (figura 9).



Figura 9: cartões e dados da SS/PP

A modelagem dos procedimentos da fase I aplica-se a todas atividades, haja visto que na tarefa de organização da rede de atividades CPM do modelo não se tem a influência da incerteza intrínseca do desenrolar do processo como, por exemplo, a variabilidade do momento de realização do *upload*. A modelagem da seqüência dos procedimentos dos fluxos ótimos e alternativos da fase I é apresentada no CD anexo ao trabalho. O acesso é através do *link Apêndices*, opção **Apêndice D – Seqüência dos procedimentos para a fase I da SS/PP**. Na modelagem realizada para a fase II, em virtude dos fluxos ótimos e alternativos, têm-se tanto para as atividades não críticas como para as críticas, as combinações sobre o momento de realização dos *uploads* (dentro do prazo ou após o prazo), com o resultado da avaliação dos arquivos (homologados ou vetados). A modelagem da seqüência dos procedimentos dos fluxos ótimos e alternativos da fase II também é apresentada no CD anexo ao trabalho. O acesso é através do *link Apêndices*, opção **Apêndice E – Seqüência dos procedimentos para a fase II da SS/PP**.

5.2.1.3 Diretrizes da SS/PP

Uma vez elaborada a modelagem da dinâmica da SS/PP foram estabelecidas algumas diretrizes para disciplinar sua aplicação, ou seja, **as regras do jogo**, correspondentes às ações realizadas pelos intervenientes e, as respectivas informações utilizadas no decorrer das simulações. Estas diretrizes correspondem aos procedimentos para:

- a) definição dos tempos correspondentes às atividades:
 - data inicial da atividade: t_i ;
 - data final da atividade: t_f ;
 - data inicial do período de revisão da atividade: t_{i-rev} ;
 - data final do período de revisão da atividade: t_{f-rev} ;
 - datas de novos períodos de realização das atividades (t_{i-novo} e t_{f-novo}), caso os *upload* fossem vetados ao final da avaliação pelo coordenador;
- b) definição dos períodos correspondentes as atividades;
- c) definição do percentual de segurança;
- d) definição do tempo limite;
- e) definição dos *uploads*;
- f) definição dos pulmões de convergência e de projeto;
- g) ações dos intervenientes no decorrer das fases I e II.

5.2.1.3.1 Diretrizes dos tempos correspondentes as atividades

Para as atividades na SS/PP são indicados conforme representado na figura 10, períodos destinados aos projetistas para sua realização e à coordenação para a tarefa de revisão das informações geradas. O período destinado à realização de cada atividade é composto de um período inicial e de um período final, os quais formam um período único destinado aos projetistas na execução da sua atividade.

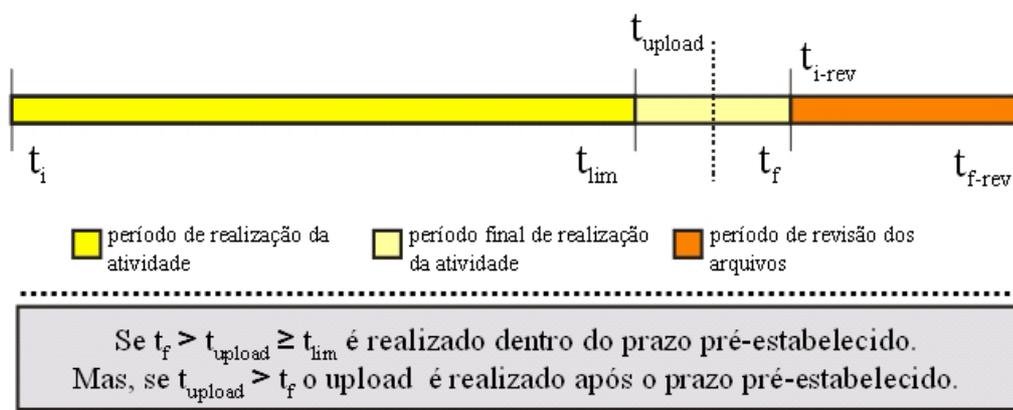


Figura 10: desenho para representação dos períodos formadores das atividades

Nesta composição de acordo com a TR o período final destinado a realização da atividade é um **pulmão de recursos** já que o término do período inicial corresponde ao tempo limite (t_{lim}), ou seja, o momento no qual a ferramenta assinala aos usuários os alertas referentes ao término iminente da atividade e à importância de assegurar o cumprimento do prazo de realização da mesma. De um modo geral, os pulmões de recursos podem ser tratados como sinais de alerta (no presente trabalho o tempo limite, ou seja, o t_{lim}) que notificam quando os recursos devem estar prontos (GOLDRATT, 1998; NEWBOLD, 1998 apud SANTOS, 2001, p.66;). Neste sentido, há que se entender como recursos os resultados finais de cada atividade e o alerta do tempo limite (t_{lim}), referente ao aviso de quando os mesmos devem estar concluídos para posteriormente serem avaliados pela coordenação de projetos.

O período inicial é delimitado pela data inicial (t_i) e data limite (t_{lim}) da atividade. Este período deve ser definido pelo coordenador de projetos e na SS/PP é obtido através do sorteio referente à definição das durações planejadas das atividades. O coordenador após escolher qual a duração planejada, determina o percentual de segurança a ser aplicado a(s) atividade(s),

obtendo assim a duração do período final. Neste momento, é percebida a relação existente entre o percentual de segurança e o pulmão de recursos, ou seja, quanto maior o valor do percentual de segurança maior será a duração do período final. O período final é delimitado pela datas correspondentes aos tempos limite (t_{lim}) e final (t_f) da atividade.

Posteriormente, o coordenador deve informar o valor referente a duração do período destinado à revisão das informações. Este período é delimitado pela data inicial da revisão (t_{i-rev}) e pela data final da revisão (t_{f-rev}) da atividade. Na SS/PP a definição deste período é obtida através do produto entre o valor correspondente a duração do período final e um **fator X de revisão**, obtido num sorteio. Na figura 11 são apresentados os cartões correspondentes aos valores do **fator X de revisão**. Os valores assumidos na SS/PP foram: **0,5X**; **1X**; **1,5X**; **2X**; **2,5X** e **3X**. Um valor de revisão igual a **3X**, por exemplo, determina uma duração para o período de revisão correspondente a três vezes o valor do período final da atividade. Isto significa dizer que a aplicação de um fator baixo implica numa confiabilidade alta no trabalho realizado pelos projetistas. Além disso, o coordenador do projeto pode escolher se aplica o mesmo **fator X** a todas as atividades ou não.

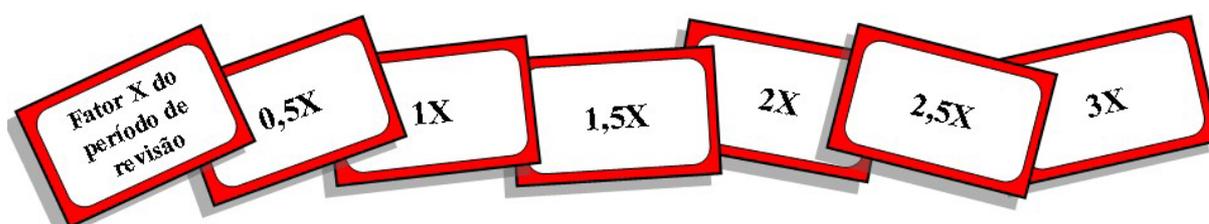


Figura 11: cartões com valores do fator X do período de revisão utilizados na SS/PP

Nas situações em que alguma atividade tiver que ser realizada novamente, ou em que for necessária uma prorrogação do prazo da mesma, o coordenador deve definir um novo período para realização da mesma. Na SS/PP a definição de um novo prazo é obtida, de forma idêntica ao período de revisão, ou seja, através do produto entre o valor correspondente a duração do período final e um **fator X do novo prazo**, também obtido num sorteio. A duração do período referente ao novo prazo deve ser menor que o original, uma vez que se trata apenas de uma verificação. Os valores do **fator X** assumidos na SS/PP para definição do novo prazo foram: **0,5X**; **1X**; **1,5X**; **2X**; **2,5X** e **3X**.

5.2.1.3.2 Diretrizes para definição dos períodos correspondentes as atividades

As **durações**, em virtude da necessidade de definição do t_{lim} e da realização dos *uploads* são organizadas em intervalos com valores incrementais de cinco dias. Deste modo, são apresentados seis períodos, correspondentes:

- a) **A**: 1 a 5 dias;
- b) **B**: 6 a 10 dias;
- c) **C**: 11 a 15 dias;
- d) **D**: 16 a 20 dias;
- e) **E**: 21 a 25 dias;
- f) **F**: 26 a 30 dias.

Na SS/PP as definições acerca das durações são realizadas em dois momentos distintos, cada um referente a um respectivo sorteio. Inicialmente, são definidos os intervalos (**A**, **B**, **C**, **D**, **E** ou **F**), e posteriormente os valores de cada duração de acordo com o intervalo selecionado (figura 12).

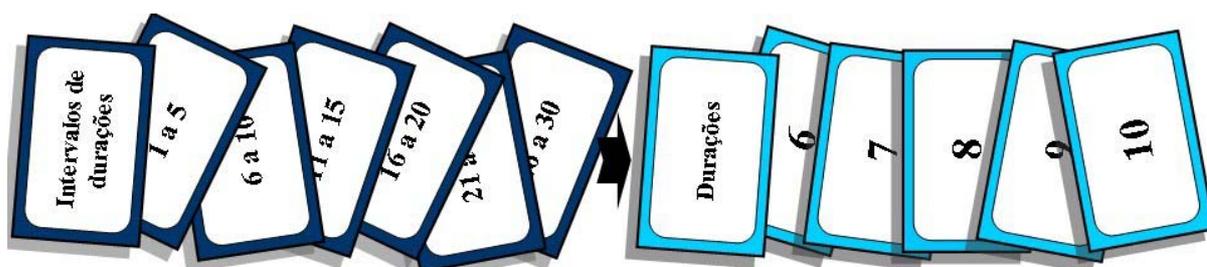


Figura 12: cartões correspondentes aos intervalos **A** a **F** e os valores para duração

De acordo com a SS/PP e, também durante a utilização do SIPROCON/PP em condições reais, o encargo de definição da duração planejada de cada atividade cabe ao coordenador de projetos, o qual após efetuar uma análise de cada atividade e determinar a importância desta no contexto geral do processo, deve optar pelo período que lhe parece mais adequado. Isto se justifica em virtude da crescente complexidade dos projetos fazendo com que alguns projetos específicos assumam uma relevância maior e assim influenciem a concepção dos demais projetos necessitando um período maior para sua conclusão.

5.2.1.3.3 Diretrizes para definição do percentual de segurança

O percentual de segurança deve ser aplicado em relação à duração planejada, isto é, o período inicial para realização das atividades. Como é obtido resultado um período na unidade utilizada (por exemplo, em dias) e que corresponde ao período final de realização da atividade. Os valores escolhidos para serem utilizados nos percentuais de segurança foram: 5%, 10%, 15%, 20%, 25% e 30% (figura 13).

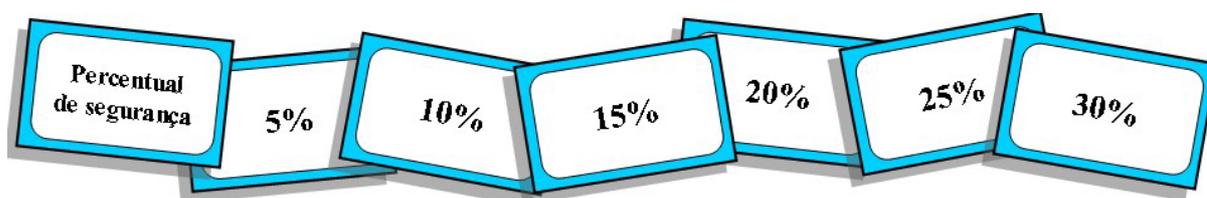


Figura 13: cartões referentes ao percentual de segurança utilizados na SS/PP

Na SS/PP a definição do período final (pulmão de recursos conforme a TR) da atividade dá-se de acordo com o intervalo correspondente a duração planejada da atividade, uma vez que para cada intervalo de duração (A até F) existe um valor **X** correspondente obtido em função do percentual de segurança aplicado. Este valor **X** acrescido ao período inicial (duração planejada) define a duração total do período de realização da atividade. Na figura 14 tem-se a representação de cada intervalo com a indicação do valor **X** considerando um percentual de segurança de 20%.

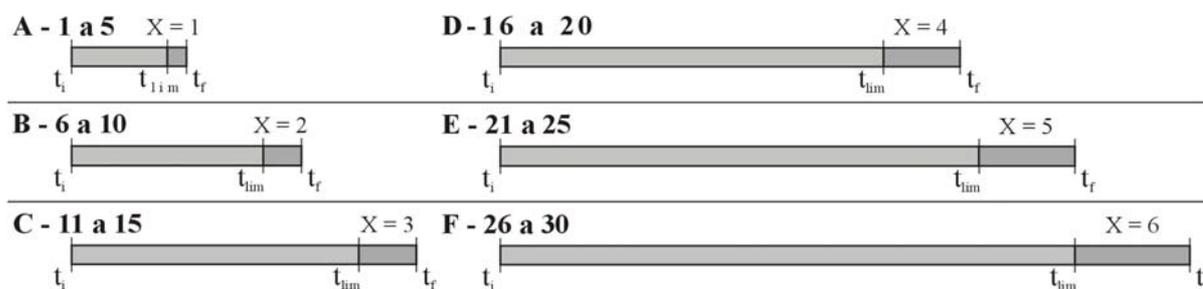


Figura 14: valores **X** correspondentes a cada intervalo considerando um percentual de segurança de 20%

É relevante mencionar que para elaboração desta diretriz da SS/PP e obtenção dos valores **X**, primeiramente todos os percentuais de segurança foram relacionados com todos os valores

correspondentes a duração planejada (1 a 30 dias) individualmente para determinar o valor máximo de **X** obtido em cada intervalo (**A** até **F**). Após, estas informações foram organizadas para identificar o valor máximo de **X** para cada intervalo (figura 15). Cabe salientar que estes valores referentes à duração do período final correspondem ao valor máximo da variação **X** dos *uploads* realizados dentro do prazo. Neste sentido, a opção foi utilizar nas simulações um valor constante para o percentual de segurança igual a 20%.

Valores máximos de X obtidos de acordo com o percentual de segurança							
Intervalos de durações planejadas		Valores correspondentes ao percentual de segurança					
		5%	10%	15%	20%	25%	30%
A	1 a 5 dias	0	1	1	1	1	2
B	6 a 10 dias	1	1	2	2	3	3
C	11 a 15 dias	1	2	2	3	4	5
D	16 a 20 dias	1	2	3	4	5	6
E	21 a 25 dias	1	3	4	5	6	8
F	26 a 30 dias	2	3	5	6	8	9

Figura 15: valores máximos de X obtidos de acordo com cada percentual de segurança

5.2.1.3.4 Diretrizes para definição do tempo limite (t_{lim})

A finalidade de determinar o tempo limite das atividades, ou seja, o t_{lim} , é justificada tanto para composição da SS/PP e realização das simulações quanto para aplicação da ferramenta em condições reais. Em condições práticas de aplicação do SIPROCON/PP tanto o coordenador como os projetistas, recebem avisos automáticos em virtude do término iminente do prazo para conclusão da atividade, ou seja, o sinal de alerta do pulmão de recursos conforme a TR. No decorrer das simulações a definição do t_{lim} também foi importante sob o ponto de vista da definição dos *uploads*. Deste modo, quando alguma atividade estiver com a sua data referente ao tempo limite (t_{lim}) coincidindo com a data atual, a ferramenta assinala os alertas necessários para que ocorra uma parada momentânea na qual é realizado um sorteio em que se define quando o *upload* deve ser realizado. Assim sendo, ficou assegurado que os *uploads* definidos para serem realizados dentro do prazo, seriam assim concretizados.

Como exemplo, pode-se citar uma comparação entre duas atividades, sendo uma destas do intervalo **A** (1 a 5 dias) com uma duração planejada de quatro dias e, uma segunda atividade

do intervalo **F** (26 a 30 dias) com uma duração planejada de vinte e oito dias. Ao se aplicar um percentual de segurança de 20%, por exemplo, respectivamente seriam obtidos os valores de um dia e de seis dias respectivamente, os quais correspondiam às durações dos períodos finais de realização das atividades. Com isso, para que os *uploads* fossem realizados dentro do prazo inicial estabelecido para estas atividades, as variações máximas seriam respectivamente de um dia e de seis dias, conforme representado na figura 16.

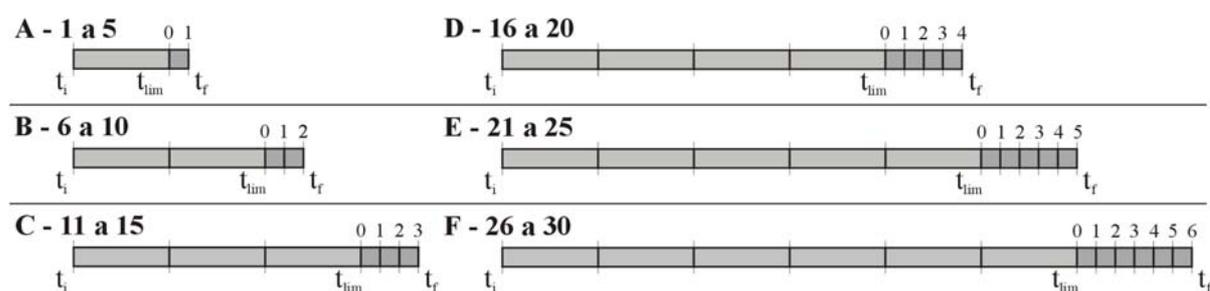


Figura 16: representação dos valores máximos da variação de *uploads* dentro do prazo de acordo com cada intervalo

Desta forma, na SS/PP sob o ponto de vista das variações dos *uploads*, não é utilizado somente um intervalo de variações dos *uploads*, pois se uma variação de quatro dias fosse aplicada em uma atividade cujo período final fosse de um dia, conforme o exemplo, o resultado seria um *upload* realizado fora do prazo, enquanto deveria ter sido dentro do prazo. Portanto, para cada intervalo de duração planejada é definido um intervalo correspondente a variação possível do *upload* quando este fosse realizado dentro do prazo. Deste modo, é assegurada a existência durante a aplicação da SS/PP nas simulações da opção dos *uploads* dos arquivos serem realizados dentro do prazo inicial da atividade, ou seja, entre o t_{lim} e o t_f , evitando-se assim uma situação de atraso constante. Esta situação de atraso permanente ocorreria se a definição da variação do *upload* fosse efetuada sempre no t_f e não no t_{lim} conforme previsto na SS/PP. Por conseguinte, nunca ocorreriam situações que os *uploads* tivessem sido realizados antes do término previsto da atividade e, conseqüentemente as atividades sucessoras nunca poderiam iniciar mais cedo. É relevante salientar que nas situações de *uploads* fora do prazo, não importa se a duração total é igual, por exemplo, a cinco ou trinta dias, uma vez que para definição da variação do *upload* destas situações a referência é o t_f e não o t_{lim} .

5.2.1.3.5 Diretrizes para definição dos uploads

Os *uploads* na SS/PP são definidos em dois momentos distintos. O primeiro momento coincide com a data correspondente ao tempo limite (t_{lim}) no qual é definido o momento em que o *upload* deve ser realizado pelo projetista (figura 17). Ou seja, se dentro ou após o prazo pré-estabelecido e, além disso, a respectiva variação para ambos os casos. Deste modo, é obtida a data prevista para realização do *upload*: o t_{upload} , o momento no qual os projetistas devem efetuar o envio dos arquivos. Após a concretização do *upload*, a ferramenta informa que os arquivos da atividade já foram enviados, mas não revisados, indicando o status atualizado da atividade conforme a regra estabelecida para definição do status das atividades.

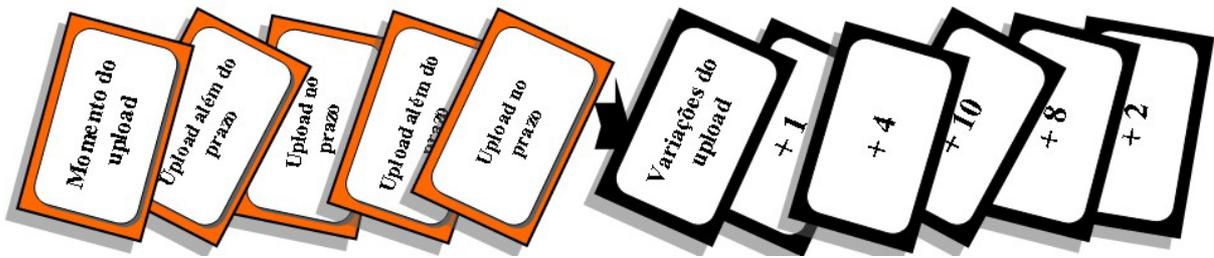


Figura 17: cartões utilizados nos sorteios para definição do momento dos *uploads* e cartões referentes a variação dos *uploads* após o prazo

Conforme mencionado anteriormente, a SS/PP assegurou a existência durante as simulações da opção de *uploads* realizados dentro do prazo em função da organização das durações das atividades em intervalos. Desta forma, para cada intervalo de duração tinha-se um intervalo correspondente às variações dos *uploads* dentro do prazo (figura 18).

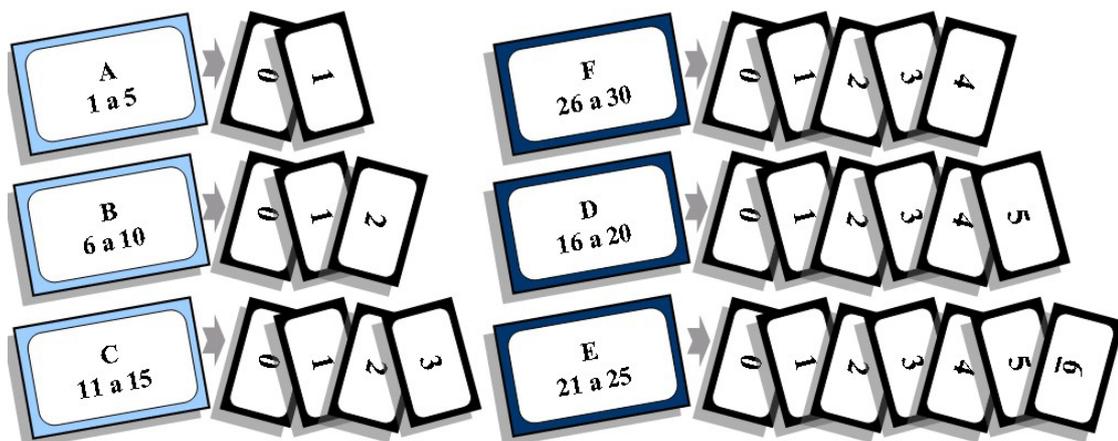


Figura 18: cartões referentes as variações dos *uploads* dentro do prazo para cada intervalo de duração planejada

Num segundo momento, ao final do período de revisão, no tempo $t_{f\text{-rev}}$, através de outro sorteio o coordenador define a avaliação do(s) *upload*(s). Nessa avaliação é definido se o *upload* é homologado ou vetado ao término da revisão (figura 19). Homologado, uma vez que informações geradas ao término das atividades estão completas e atendem as especificações e conseqüentemente liberadas aos demais intervenientes do processo. O vetado, por sua vez, é fruto de informações incompletas ou parciais. Com isso não podem ser repassadas aos demais intervenientes do processo e, conseqüentemente, devem ser retrabalhadas. Deste modo, há a necessidade de estabelecer um novo período de realização da atividade e ajustar a rede CPM de atividades em razão destas alterações.



Figura 19: cartões utilizados nos sorteios de avaliação dos *uploads*

Neste momento a ferramenta auxilia o trabalho do coordenador, identificando quais atividades tem alguma restrição como, por exemplo, necessidade de alteração de datas cedo ou tarde pré-fixadas disponibilizando sinais de alertas. Ao concluir todas estas ações, a ferramenta proporciona o aviso automático à todos os participantes do projeto das alterações realizadas no cronograma fornecendo os novos períodos de realização de cada atividade. Logo, nas situações em que o *upload* é vetado, o coordenador deve acompanhar os sinais de alertas disponibilizados pela ferramenta e analisar a utilização dos pulmões de convergência, para após efetuar as ações necessárias de reorganização da rede, estabelecendo um novo período de realização da atividade. Nas situações em que o *upload* é homologado, o coordenador igualmente pode analisar a rede CPM de atividades identificando a existência ou não de restrições na(s) atividade(s) sucessora(s) e, verificar a possibilidade de reorganizar a rede incrementando o pulmão do projeto.

5.2.1.3.6 Diretrizes para definição dos pulmões de convergência e de projeto

Na SS/PP segundo os conceitos da TR os pulmões de convergência e de projeto são utilizados para controlar as conseqüências da incerteza no comportamento dos projetistas, ou seja, o

atraso fruto da variabilidade dos *uploads*. O acompanhamento da utilização dos pulmões de convergência corresponde ao controle da **margem de atraso permitida**, ou seja, o controle da folga das atividades não críticas. Enquanto, que o pulmão de projeto corresponde ao controle da **margem de atraso total**. A margem de atraso total é o período de tempo que uma atividade pode atrasar antes que afete data de término do projeto.

Na SS/PP foi considerada a folga de cada atividade não crítica um pulmão de convergência, favorecendo a consideração em particular do desempenho dos projetistas. A partir da definição do caminho crítico do projeto são identificadas as atividades não críticas e críticas. Por conseguinte, são conhecidas as folgas das atividades não críticas, ou seja, o período que uma atividade pode deixar passar antes que possa afetar as datas de outra ou do término do projeto. Portanto, uma vez disponíveis estas informações são realizadas as tarefas para localização e dimensionamento dos pulmões de convergência diretamente na ferramenta.

O dimensionamento do pulmão de projeto, conforme Hoel e Taylor (1999 apud SANTOS, 2001, p.79), é obtido em função do atraso total que o empreendimento poderá ter. Isto, na SS/PP é definido através de sorteios, nos quais são escolhidos os valores correspondentes a probabilidade do projeto terminar no prazo pré-determinado (figura 20). Logo, uma probabilidade de término do projeto dentro do prazo igual a **70%**, determina na SS/PP uma dimensão do pulmão de projeto correspondente a **30%** da duração planejada total para o projeto. Segundo Santos (2001, p.86), quando os pulmões são inseridos na programação, a data de finalização do projeto muda, saindo da data mínima, obtida no cálculo do caminho crítico, e avançando no tempo o equivalente a dimensão do pulmão de projeto. Isto ocorre porque o pulmão de projeto é considerado como uma atividade, que protege a data de conclusão do projeto.

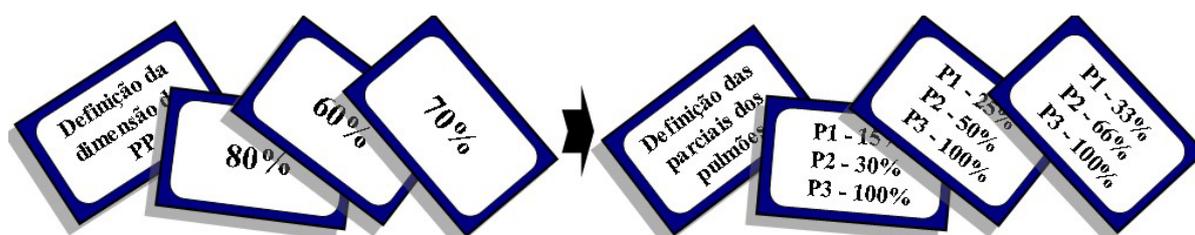


Figura 20: cartões para dimensionamento do pulmão de projeto

Após definida a dimensão do pulmão de projeto, é realizado um novo sorteio para definição dos valores correspondentes as durações de cada terço do pulmão. A partir da definição destes valores são obtidas as datas limites correspondentes ao término de cada terço do pulmão. Por meio das funções da ferramenta estas datas são tomadas por base para cálculo do consumo do pulmão. E, por conseguinte, a definição dos sinais de alerta. Neste sentido, o pulmão pode ser dividido em três terços iguais, ou não. Por exemplo, os valores de **33%**, **66%** e **100%**, definem um pulmão com três terços com dimensões praticamente iguais correspondentes respectivamente as parciais **P1**, **P2** e **P3**. Assim, a partir do momento o coordenador esteja trabalhando com uma equipe com maior probabilidade de afetar o cronograma do processo, poderá definir valores menores correspondentes aos primeiros e segundo terços do pulmão favorecendo que os sinais de alerta sejam assinalados mais cedo. Na SS/PP o consumo dos pulmões é obtido após a realização do *upload* (t_{upload}). Por conseguinte é obtida a **duração efetiva** da atividade, ou seja, o período compreendido entre a data inicial (t_i) e a data do *upload* (t_{upload}).

Neste sentido, evitar que uma única atividade crítica utilize uma parcela considerável do pulmão de projeto na SS/PP o coordenador deve definir o valor correspondente a margem de controle da variação dos *uploads* após o prazo. Esta margem de controle define o tempo máximo permitido para uma atividade permanecer sem apresentação de resultado após o seu término. Para definição da variabilidade permitida para *uploads* após o prazo são utilizados os cartões apresentados na figura 21. Por conseguinte, a ferramenta disponibiliza sinais de alertas referentes ao iminente término desta margem de segurança (proteção do pulmão do projeto). Portanto, quando estes alertas são ativados, deve haver uma parada momentânea para que se investigasse a causa de tal atraso e uma previsão de quando o *upload* será realizado.



Figura 21: cartões utilizados para definição da margem de controle da variabilidade dos *uploads* após o prazo

Assim sendo, o coordenador poderá ou agir imediatamente estabelecendo um novo período de realização da atividade, ou então aguardar a realização do *upload*. Esta tomada de decisão na

SS/PP é feita através de um sorteio correspondente. Em um processo de projeto real a causa do atraso de qualquer forma deve ser investigada, para que assim seja possível, num outro projeto, estabelecer uma duração adequada à realização da atividade.

5.2.1.3.7 Diretrizes das ações dos intervenientes durante a fase I

A denominação fase I, conforme mencionado anteriormente, corresponde à fase inicial de programação e organização do processo. Deste modo, é encargo do coordenador analisar os projetos específicos presentes no processo e definir a duração adequada para realização das respectivas atividades. Isto na SS/PP é realizado através de sorteios. Num primeiro momento são definidos os **intervalos** e posteriormente as **durações planejadas**. Depois disso, outras variáveis são definidas em novos sorteios tais como, o **percentual de segurança** aplicado a cada atividade, o qual estabelece a duração do período final da atividade.

Além disso, é definida a duração do período destinado a revisão dos resultados finais de cada atividade, o que por sua vez é feito através do **fator X de revisão** aplicado ao período final de realização da atividade. Uma vez determinadas esses dados, a ferramenta disponibiliza em função da rede CPM de atividades, as informações referentes às datas limites de cada período e a ligação ou não da atividade com o caminho crítico. Neste sentido, a ferramenta auxilia a coordenação, possibilitando a identificação dos períodos ideais para realização e revisão de cada uma das atividades, diante a possibilidade de coleta e armazenamento dos dados relacionados ao desempenho dos projetistas obtidos em outros projetos já realizados.

Na SS/PP através sorteios são simuladas as opiniões dos intervenientes sobre as propostas de duração das atividades como, por exemplo, as alterações a serem realizadas na programação do processo. Com isso, os projetistas podem aceitar ou não a proposta feita pelo coordenador e, para tal, na SS/PP existe um sorteio específico. No caso de reprovação, novos sorteios são realizados a fim de identificar o motivo da proposta ter sido vetada, ou seja, a recusa foi em virtude: da duração considerada inadequada ou das datas limites da sua atividade serem incompatíveis com o seu planejamento pessoal ou de ambas anteriores. Neste sentido, este profissional pode, e deve realizar a sua contra-proposta ao coordenador, o qual pode, também, aceitá-la ou não. Na figura 22 são apresentados os cartões utilizados para definição das alterações solicitadas pelos projetistas.

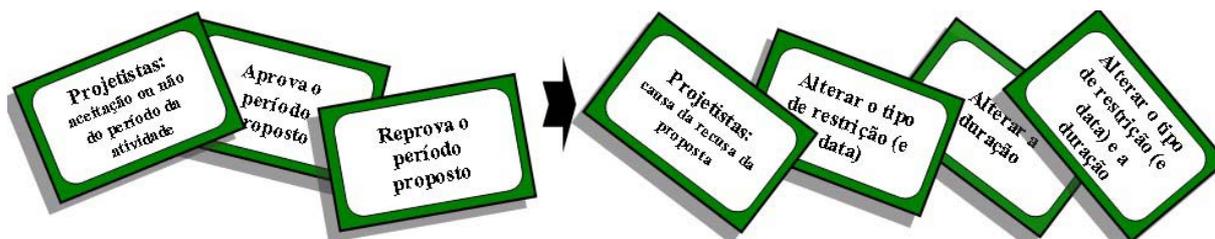


Figura 22: cartões correspondentes as alterações solicitadas pelos projetistas na programação do processo de projeto

Adicionalmente, tanto o coordenador quanto os projetistas podem propor a aplicação de algum tipo de restrição às atividades como, por exemplo, fixar a data de início ou de término destas atividades. Desta forma, a ferramenta disponibiliza nas situações que exista a necessidade de um novo prazo para realização de uma atividade os alertas relacionados ao ajuste na rede CPM, por exemplo, em virtude da existência de uma data pré-fixada. Portanto, a partir do momento que exista um acordo entre coordenador e projetistas, a programação do processo está concluída e, assim, inicia-se a fase II.

5.2.1.3.8 Diretrizes para as ações dos intervenientes durante a fase II

Concluída a fase I correspondente à etapa inicial de programação do processo, é iniciada a fase II: etapa destinada ao monitoramento e controle do processo. É nesta fase que a ferramenta auxilia o trabalho da coordenação de projetos através das funções implementadas para monitorar o cronograma temporal do processo de projeto. A sistemática destas funções implementadas consiste em disponibilizar alertas automáticos aos usuários referentes ao desenrolar do processo de projeto, e nas simulações também do controle da SS/PP. Na figura 23 tem-se a representação de uma atividade com a indicação de todos os alertas disponibilizados pela ferramenta no decorrer da fase II. Estes alertas correspondem:

- a) **A e C**: ao início e término do período de realização das atividades (t_i e t_f);
- b) **B**: ao tempo limite (t_{lim});
- c) **D**: ao tempo referente a variação máxima permitida para *uploads* realizados após o prazo ($t_{máx}$ v *upload*);
- d) **E**: ao tempo de realização do *upload* (t_{upload});
- e) **F e G**: ao início e término do período de revisão das atividades (t_{i-rev} e t_{f-rev});

- f) ao controle do consumo dos pulmões de convergência e de projeto:
- H, I e J: ao início do consumo das parciais (P1, P2 ou P3) de cada pulmão;
 - K, L e M: ao término das parciais (P1, P2 ou P3) de cada pulmão.

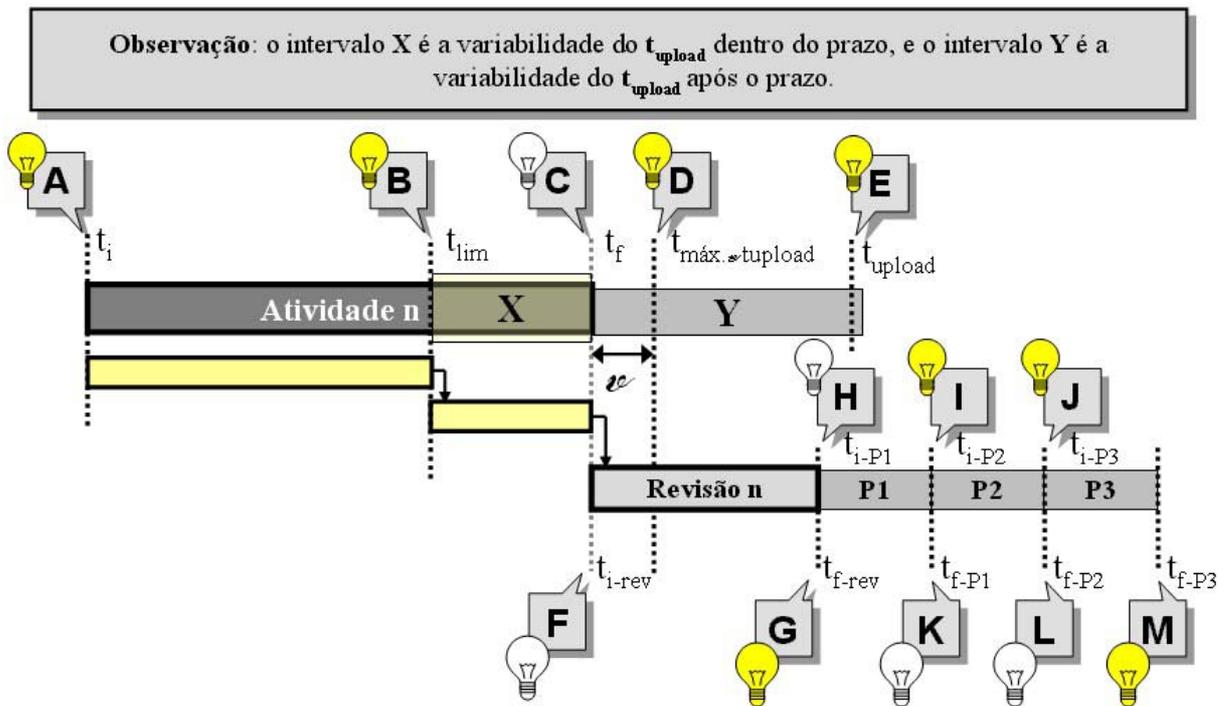


Figura 23: representação de uma atividade com a indicação dos alertas disponibilizados pela ferramenta no decorrer da fase II

No decorrer da fase II os projetistas devem, além de desenvolver as suas parcelas do projeto corretamente, efetuar o envio das mesmas para a avaliação da coordenação de projeto, ou seja, o *upload* dos arquivos com as informações geradas ao concluir cada atividade. Desta forma, todas as informações inseridas na ferramenta devem estar vinculadas com alguma atividade do processo, para que assim seja possível usufruir as facilidades oferecidas pelas funções de controle. Os coordenadores de projeto, para os quais o uso desta ferramenta está direcionado, a exemplo dos projetistas não tem atribuição adicional em relação ao Sistema Colaborativo Porto Alegre (SCPOA), ou seja, estes profissionais continuam com a tarefa de revisar as informações geradas e posteriormente realimentar a ferramenta. Neste sentido, na SS/PP sorteios definem os resultados finais das avaliações dos *uploads* (homologados ou vetados) (figura 24) os quais, quando inseridos na ferramenta, redefinem automaticamente o *status* hierarquicamente para todo processo.



Figura 24: cartões utilizados nas avaliações dos *uploads*

Os alertas permitem focar a atenção dos coordenadores nos pontos que merecem atenção no decorrer do processo auxiliando na tomada de decisão. Ao coordenador, cabe permanecer no aguardo dos alertas disponibilizados pela ferramenta e determinar o momento cabível para realizar ações reparadoras com o objetivo de manter o término do projeto dentro do prazo inicialmente previsto. Por exemplo, o coordenador pode ou não considerar o alerta referente ao controle dos *uploads* após o prazo. Para tal, são utilizados os cartões apresentados na figura 25 através dos quais é definida a ação que deve ser realizada.



Figura 25: cartões para definição das ações dos coordenadores após os sinais de alerta

Além disso, o coordenador de projeto pode a qualquer momento, em função das suas prioridades ou dos projetistas, ajustar a rede CPM, por exemplo, alterando os atributos (durações e datas cedo e tarde) das atividades do processo. No decorrer e no final desta fase, os coordenadores podem analisar os dados correspondentes ao desenvolvimento do projeto coletados pela ferramenta para identificar, por exemplo, os pontos críticos do processo (gargalos). E, por meio destas análises caracterizar o desempenho dos projetistas no passar do projeto para definir se é válida a sua participação num outro projeto.

5.2.2 O processo de desenvolvimento do SINTEG/PP

A ferramenta denominada Sistema Integrado de Programação e Controle do Processo de Projeto (SINTEG/PP) foi construída com o propósito de reproduzir o Sistema de Programação

e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP) auxiliando no processo de criação e validação da SS/PP favorecendo o aprimoramento da mesma. A construção do SINTEG/PP foi conduzida tomando por base as informações apresentadas no Documento de Modelagem do Sistema (DMS), elaborado na etapa de modelagem do SIPROCON/PP, haja visto que todos os **requisitos, casos de uso e princípios do funcionamento da ferramenta**, estavam nesta documentação especificados. O processo de desenvolvimento do SINTEG/PP foi desdobrado em duas etapas, uma primeira destinada à **elaboração da integração**⁴¹ e, uma segunda, destinada à **construção da ferramenta**. Em virtude da impossibilidade de uso do SIPROCON/PP nas simulações finais, por razões já mencionadas, o SINTEG/PP foi um importante instrumento no presente trabalho na medida em que foram implementadas todas funções projetadas para a ferramenta.

5.2.2.1 A etapa de elaboração do SINTEG/PP: modelagem da integração

Na etapa de elaboração do SINTEG/PP foi realizada a modelagem da integração, ou seja, a definição dos módulos da ferramenta e seus respectivos requisitos funcionais. Desta forma, primeiramente foram definidos os **módulos** e selecionados os **softwares** adequados as funções de cada módulo. Num segundo momento, foram estudadas as alternativas existentes para **ligação dos módulos**, correspondentes as avaliações sobre o fluxo de dados intermódulos da ferramenta. Por conseguinte, só depois de concluída a modelagem da integração, foi dado o início da construção de cada módulo da ferramenta.

5.2.2.1.1 Definição dos módulos do SINTEG/PP

Os softwares utilizados nos módulos do Sistema Integrado de Programação e Controle do Processo de Projeto (SINTEG/PP) foram definidos tomando por base as exigências para realização de tarefas gerais correspondentes a montagem e visualização da rede CPM de atividades num formato gráfico, ao acesso do banco de dados das informações relacionadas ao projeto e de tarefas específicas como as funções para programação e controle do processo projetadas para o Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP). Deste modo, o SINTEG/PP é composto de três módulos. Os softwares

⁴¹ Integração: é a atividade de desenvolvimento de software na qual são combinados componentes num todo executável. Um componente é uma parte não trivial, quase independente e substituível de sistema que cumpre uma função clara no contexto (KRUCHTEN, 2003, p.236).

utilizados foram o Ms-Access®, o Ms-Excel® e o Ms-Project®, para Office XP® todos fornecidos pela Microsoft®.

O módulo Ms-Access® é utilizado para armazenamento dos dados relacionados ao processo de projeto originados tanto na programação, quanto os advindos do desenrolar de cada processo. Conseqüentemente, é o banco de dados do SINTEG/PP. No módulo Ms-Excel® foram implementadas as funções de programação e controle do processo de projeto, através das quais são efetuadas as operações correspondentes no SIPROCON/PP. Por fim, o módulo Ms-Project® é utilizado para montagem e visualização da rede de atividades CPM contemplando o requisito da saída de informações num formato gráfico, corroborando com a compreensão e entendimento das informações disponibilizadas pela ferramenta e, conseqüentemente, com o processo de projeto em si. Para facilitar o registro dos comentários subseqüentes os módulos do SINTEG/PP foram identificados pelas letras iniciais que denominam cada software. Logo, os módulos Ms-Access®, Ms-Excel® e Ms-Project® foram denominados, respectivamente, de módulos **MA**, **ME** e **MP**.

5.2.2.1.2 Integração dos módulos

A etapa subseqüente à escolha dos softwares para desenvolvimento do SINTEG/PP foi a identificação e seleção dos meios existentes para ligação dos módulos para assegurar o intercâmbio e a atualização das informações. Desta forma, foram realizadas algumas avaliações iniciais nos referidos softwares para identificar as opções possíveis para funcionamento integrado dos módulos da ferramenta como, por exemplo, os procedimentos para **importar** e **exportar** dados (figura 26).

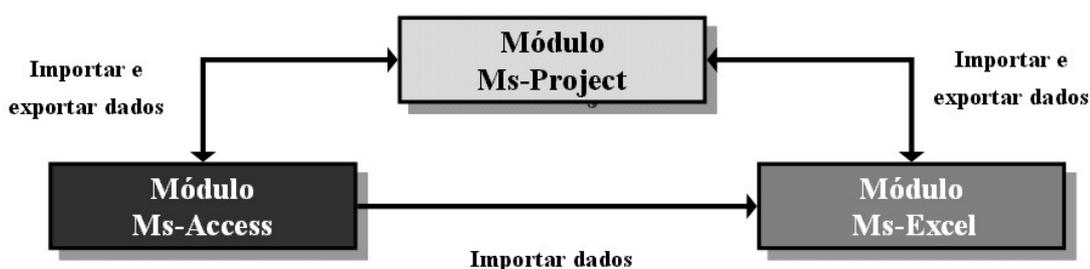


Figura 26: alternativas implementadas para integração dos módulos do SINTEG/PP

Depois de estudadas as alternativas disponíveis, foram utilizadas duas vias distintas para comunicação e intercâmbio de informações entre os módulos. Uma através da vinculação direta entre os módulos **ME** e **MP**. A outra por meio do módulo **MA**, para atualização das informações nos demais módulos da ferramenta. Com isso, foi estabelecido um fluxo contínuo e atualizado das informações no SINTEG/PP.

5.2.2.1.3 Definição do fluxo de dados entre os módulos

Concomitantemente as avaliações para integração dos módulos da ferramenta foi definido o sentido do fluxo de dados intermódulos. Isto é fundamental, pois a entrada dos dados ora poderia ser realizada em um módulo, ora em outro. No momento inicial da fase I, por exemplo, referente a montagem da rede CPM na ferramenta, contemplando a criação das atividades (com a indicação de: identificador, denominação, etapa, especialidade e precedências), a entrada de dados é realizada no módulo **MP**.

Posteriormente, no decorrer do processo utiliza-se o módulo **ME** para entrada de dados. Neste módulo são definidas as durações dos períodos correspondentes as atividades, o tipo de restrição aplicada à atividade e a data da restrição respectivamente. Estas informações então são enviadas através do componente **Exportar** para o módulo **MP**. Uma vez lançadas as durações correspondentes aos períodos das atividades neste módulo, obtém-se em função da rede CPM as demais informações referentes às datas de início e término de cada atividade e, conseqüentemente, a conexão da atividade ao caminho crítico do processo.

O módulo **ME** foi dividido em três módulos: **Ms-Excel® 1 (ME1)**, **Ms-Excel® 2 (ME2)** e **Ms-Excel® Temporário (MET)** (figura 27). O módulo **MET** é obtido a partir do módulo **MP**, e se conecta ao componente **Importar** do módulo **ME1** permitindo a atualização das informações. A ligação dos módulos **ME1** e **MP** é concluída através do componente **Exportar**. Estes componentes, ambos do módulo **ME1**, são as vias de comunicação intermódulos da ferramenta. Adicionalmente, através do componente **Temporário 1** é realizada a ligação entre os módulos **ME1** e **ME2**. O módulo **MA** é obtido também a partir do módulo **MP** e corresponde ao banco de dados do SINTEG/PP.

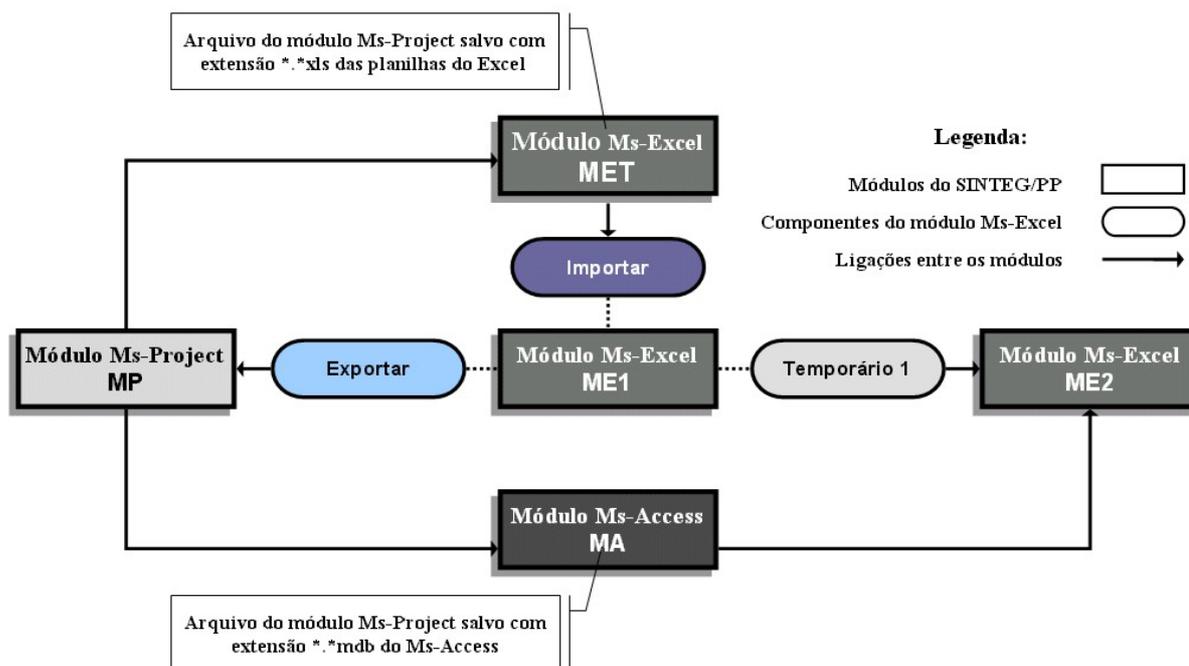


Figura 27: desenho do intercâmbio de informações entre os módulos da ferramenta SINTEG/PP

5.2.2.2 A etapa de construção do SINTEG/PP: desenvolvimento dos componentes dos módulos Ms-Excel®

Diante do apresentado, os requisitos do Sistema Integrado de Programação e Controle do Processo de Projeto (SINTEG/PP) correspondentes a visualização da rede CPM de atividades num formato gráfico e ao armazenamento dos dados foram contemplados através da aplicação direta dos softwares selecionados, correspondendo respectivamente aos módulos **MP** e **MA**. Porém, com relação a implementação das funções do Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP) através do módulo **ME**, isto não foi efetivado tão rapidamente e de forma tão direta, a exemplo dos outros requisitos. Deste modo, foram construídas várias planilhas que corresponderam aos **componentes** deste módulo.

Alguns componentes foram elaborados isoladamente e, no decorrer do processo de construção, testes e simulações, foram gradativamente interligados até a obtenção de uma versão preliminar da ferramenta. Nos testes funcionais foram identificadas as falhas e incompatibilidades como, por exemplo, respostas inadequadas da ferramenta, especialmente intramódulo **ME** proporcionando o *feedback* para construção de uma versão mais aprimorada. Os testes ocorreram ao longo de toda construção do SINTEG/PP, caracterizando um procedimento intrínseco ao seu processo de desenvolvimento para eliminar erros de

funcionalidade e garantir a confiabilidade dos resultados disponibilizados. Conseqüentemente, o processo de construção desta ferramenta, a exemplo do SIPROCON/PP, foi iterativo e incremental, uma vez que após a construção de uma função ou término de cada iteração, testes e simulações eram executados para identificar os erros existentes. Com isso, obtinham-se o *feedback* necessário para o avanço da sua construção e aprimoramento.

5.2.2.3 Construção e sistemática de utilização dos componentes do módulo Ms-Excel®

Os componentes foram construídos em conformidade com os casos de uso apresentados no Documento de Modelagem do Sistema (DMS), considerando requisitos como, por exemplo, localização e pesquisa de informações, realização de *uploads*, verificação e edição do status dos diretórios. Ao todo foram construídos treze componentes com funções projetadas para o Sistema de Programação e Controle do Processo de Projeto (SIPROCON/PP) e dois componentes para transferência de informações intramódulo **ME** denominados respectivamente de **Temporário 1 e Temporário 2**. Os demais componentes construídos nos módulos **ME1** e **ME2** e suas respectivas finalidades são:

- a) no módulo **ME1**,
 - **Importar e Exportar**: atualização dos dados do módulo correspondetes respectivamente a entrada e saída de dados do módulo **ME**;
 - **Fase I**: programação do processo de projeto;
 - **Status-ATV, Status-ESP e Status-ETP**: definição e monitoramento do status respectivamente dos diretórios atividades, especialidades e etapas do processo de projeto;
 - **Fase II**: atualização da programação do processo de projeto no decorrer da fase II;
- b) no módulo **ME2**,
 - **Pulmões, Pulmões-PC e Pulmão-PP**: definição e monitoramento do consumo dos pulmões de convergência e de projeto;
 - **Busca**: pesquisa das informações relacionadas ao processo de projeto;
 - **Feedback**: identificação dos pontos críticos do processo e caracterização do desempenho dos projetistas;
 - **Projeto**: monitoramento da evolução do projeto.

A sistemática de utilização dos componentes é apresentada no **CD** anexo ao presente trabalho. O acesso é realizado através do *link* **Sistema Integrado de Programação e Controle do**

Processo de Projeto (SINTEG/PP), opção **Componentes da ferramenta SINTEG/PP**. Deste modo, os componentes são apresentados conforme o intento que foram construídos: comunicação intermódulos, programação e organização da rede de atividades CPM, controle e monitoramento do processo de projeto, localização e pesquisa de informações e *feedback* para o processo.

5.2.2.3.1 Componentes Importar e Exportar: conexões intermódulos SINTEG/PP

A ligação do módulo **ME1** com os outros módulos da ferramenta é realizada através dos componentes **Importar** e **Exportar**, respectivamente para entrada e saída de dados. Logo, são utilizados ocasionalmente. Neste sentido, somente no componente **Exportar** foi implementada uma função, na qual são selecionados os dados exportados para o módulo **MP** como, por exemplo, as durações das atividades.

5.2.2.3.2 Componente Fase I: programação do processo de projeto

Na fase inicial do processo de projeto, fase I conforme a SS/PP, são realizadas as tarefas para organização da rede CPM de atividades e definição dos dados da programação do processo. Para tal, são utilizados o módulo **MP** e o componente **Fase I** do módulo **ME1**. No componente **Fase I**, foram implementadas funções para a definição das durações de cada um dos períodos integrantes das atividades, ou seja, período inicial e final para sua realização, além do período de revisão, no qual é realizada a avaliação dos resultados finais das mesmas. Logo, neste componente são definidos além das **durações planejadas**, os valores correspondentes ao **percentual de segurança** e os valores do **fator X de revisão**.

5.2.2.3.3 Componentes Status-ATV, Status-ESP e Status-ETP: definição e monitoramento do status do processo de projeto

A definição e monitoramento do status: das atividades, das especialidades e das etapas, é efetuada respectivamente nos componentes **Status-ATV**, **Status-ESP** e **Status-ETP**. O status de uma atividade, de acordo com a sistemática de uso da ferramenta, é definido considerando dados correspondentes aos *uploads*, os quais são obtidos conforme a SS/PP em sorteios. Após inseridos no componente **Status-ATV**, através das funções implementadas é determinado

status da atividade e, assim, a ferramenta gera o status das especialidades e das etapas. Logo, os componentes **Status-ESP** e **Status-ETP** são utilizados apenas para monitoramento do status das especialidades e das etapas. Para tal, é selecionada a etapa ou especialidade desejada. Mas, a seleção é de uma etapa, ou especialidade, por vez conforme o sinal de alerta.

5.2.2.3.4 Componente Fase II: atualização da programação do processo de projeto no decorrer da fase II

No decorrer do processo de projeto devido a variabilidade no comportamento dos projetistas são necessários ajustes na programação do cronograma do processo. Neste sentido, após definido o resultado da avaliação do *upload*, por exemplo, vetado, é estabelecido um novo período para conclusão da atividade. Isto por sua vez, é realizado no componente denominado Fase II. Para tal, segundo a SS/PP, é informado o **fator X do novo prazo**.

5.2.2.3.5 Componentes Pulmões, Pulmões-PC e Pulmão-PP: instrumentos de controle e proteção do processo de projeto

Os componentes construídos com o objetivo de auxiliar no controle do processo de projeto aplicaram os conceitos da TR para gerenciamento de projetos, ou seja, o uso de **pulmões de tempo** (de convergência e de projeto) como instrumento de controle e proteção do processo de projeto contra a incerteza de comportamento dos projetistas. Deste modo, no componente **Pulmões**, são realizadas as tarefas para definição, localização e dimensionamento dos pulmões de tempo. Logo, nos componentes **Pulmões-PC** e **Pulmão-PP**, respectivamente, é realizado o gerenciamento do consumo dos pulmões de convergência e de projeto. Neste sentido, a ferramenta alerta sobre o consumo dos pulmões, indicando aos intervenientes as ações recomendadas conforme a TR.

5.2.2.3.6 Componente Busca: pesquisa das informações relacionadas ao processo de projeto

O acesso aos dados da programação atualizada do processo possibilita ao projetista adequar a sua agenda pessoal ou de trabalho ao cronograma do projeto obtendo uma previsão do início da sua participação no processo. O componente **Busca** é destinado a auxiliar os projetistas e coordenadores na pesquisa de informações referentes ao cronograma do processo de projeto

relacionada(s) a(s) sua(s) atividade(s). Neste sentido, através da identificação da atividade, são obtidas todas as informações da atividade como, por exemplo, a data prevista para início. Logo, é tido conhecimento das informações correspondentes às atividades precedentes tais como, data de término previsto e o status da atividade no momento da consulta à ferramenta.

5.2.2.3.7 Componente Feedback: identificação dos pontos críticos do processo e caracterização do desempenho dos projetistas

No componente **Feedback** foram implementadas as funções correspondentes aos filtros de seleção de informações, as quais permitem combinar os dados coletados no decorrer do processo proporcionando a identificação dos pontos críticos do processo de projeto, ou seja, os **gargalos**. Neste sentido, os gargalos são identificados combinando os dados correspondentes momento e avaliação dos *uploads*, porém contabilizando somente *uploads* realizados após o prazo e vetados. Logo, através dos componentes **Feedback** e **Pulmões**, são analisados os dados relativos a variabilidade dos *uploads* e ao consumo dos pulmões de convergência possibilitando caracterizar o desempenho dos projetistas.

5.2.2.4 Funções implementadas nos componentes do módulo Ms-Excel®

As funções implementadas nos componentes do módulo **ME** proporcionam o controle:

- a) **da funcionalidade da ferramenta:** assegurando a validade dos dados inseridos na ferramenta;
- b) **do processo de projeto:** identificando os pontos críticos do processo de projeto e alertando sobre os pulmões de recursos (t_{lim}), de convergência e de projeto segundo a Teoria da Restrições (TR);
- c) **da dinâmica SS/PP:** certificando a realização de todos os sorteios no momento adequado.

Dentre as funções citadas, as mais simples são aquelas referentes ao controle e validação das informações inseridas na ferramenta. Neste sentido, destaca-se, por exemplo, os sinais de alertas sobre a variabilidade permitida para escolha das datas haja visto a impossibilidade de

selecionar um dia para início (ou término) de uma atividade que esteja fora margem de controle estabelecida pelo coordenador de projetos conforme representado na figura 28.

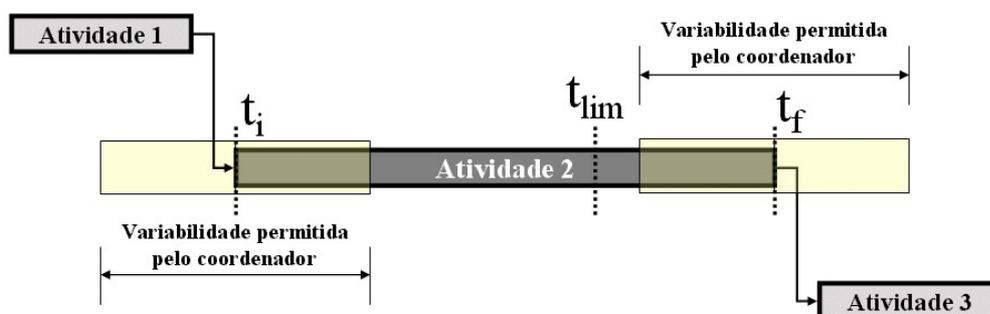


Figura 28: ilustração da margem de controle da variabilidade permitida para escolha das datas

As funções de controle do processo de projeto implementadas no módulo **ME** do SINTEG/PP foram:

- identificação dos pontos críticos do processo de projeto;
- controle da utilização dos pulmões de convergência e projeto, do referido processo;
- alertas do tempo limite (t_{lim}), correspondente ao pulmão de recursos de cada atividade.

A identificação dos pontos críticos do processo no SINTEG/PP é realizada no componente **Feedback**. Neste componente são analisados os dados referentes a atuação dos projetistas no desenvolvimento do projeto como, por exemplo, o momento e a avaliação do *upload*. As funções implementadas neste componente são filtros de seleção, que permitem combinar os dados coletados identificando os pontos críticos do processo, ou seja, os **gargalos**. Para tal, são combinados os dados correspondentes ao maior número *uploads* vetados e após o prazo. Nas funções para controle do consumo dos pulmões de convergência e de projeto foram aplicados os conceitos da TR. Logo, nos componentes **Pulmões-PC** e **Pulmão-PP**, por exemplo, são assinalados os alertas correspondentes, respectivamente, à utilização dos pulmões de convergência e projeto.

A dinâmica da SS/PP é conduzida com sorteios, os quais **devem** ser realizados em momentos pré-estabelecidos como, por exemplo, para definição do momento do *upload* no t_{lim} de todas as atividades. Em razão disto, foi construído um componente no módulo **ME** do SINTEG/PP denominado **Jogo**, no qual são encadeados **todos** alertas referentes à realização das ações exigidas e a definição das informações relacionadas ao processo de projeto a cada momento, com os sorteios da SS/PP. Neste sentido, as funções implementadas no componente **Jogo** possibilitam controlar a dinâmica da SS/PP assegurando a realização de todos sorteios. São assinalados os alertas correspondentes:

- a) ao controle do status das atividades;
- b) a necessidade em estabelecer um novo prazo para realização da atividade;
- c) a data atual coincidir tempo limite (t_{lim});
- d) ao início ou término dos períodos correspondentes as atividade;
- e) ao consumo dos pulmões de convergência e de projeto;
- f) ao controle da variabilidade permitida para *uploads* após o prazo;
- g) aos sorteios da SS/PP.

Adicionalmente, são apresentados outros sinais de alerta indicando os componentes utilizados a todo momento. No **CD** anexo ao presente trabalho através do *link* **Apêndices**, opção **Apêndice F - Régua para interpretação dos alertas da SS/PP**, tem-se a apresentação da régua desenvolvida com base nos fluxos de eventos da ferramenta, na qual especificam-se os alertas relacionados ao cronograma do processo de projeto disponibilizados pelo SINTEG/PP.

6 SIMULAÇÕES DO INTERCÂMBIO DE INFORMAÇÕES NO PROCESSO DE PROJETO: ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os modelos e os resultados das simulações do intercâmbio de informações do processo de projeto, realizadas no presente trabalho para obtenção dos dados necessários à validação da modelagem e aplicação da ferramenta. Para tal, foi utilizado o Sistema Integrado de Programação e Controle do Processo de Projeto (SINTEG/PP) uma vez que nesta ferramenta foram implementadas todas as funções para controle do processo de projeto. O objetivo foi reproduzir, com auxílio da Sistemática de Simulação do Processo de Projeto (SS/PP), situações de incerteza intrínsecas ao intercâmbio de informações advindas da variabilidade do desempenho do projetista num processo de projeto e simular a tomada de decisão dos coordenadores sob o ponto de vista do controle temporal do processo. E, assim, auxiliar os coordenadores nas tarefas de programação e controle do processo de projeto. Em todas as simulações realizadas o pesquisador assumiu tanto o papel do coordenador quanto dos projetistas.

6.1 SISTEMATIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS NECESSÁRIOS PARA REALIZAÇÃO DAS SIMULAÇÕES DO INTERCÂMBIO DE INFORMAÇÕES NO PROCESSO DE PROJETO

A sistematização dos procedimentos necessários à realização das simulações do intercâmbio de informações foi elaborada considerando a atuação do coordenador apoiada na utilização da ferramenta proposta. Nas simulações foi utilizado o modelo de Bordin (2003), uma vez que este modelo é uma representação do intercâmbio ideal de informações do referido processo, obtido e validado com os profissionais de projeto. Além disso, em todas as simulações a estratégia usada para dinamizar o processo de projeto foi SS/PP. Por meio da SS/PP foi gerada a incerteza intrínseca ao desempenho dos projetistas tornando o referido modelo a base de um processo dinâmico para simulação da tomada de decisão dos coordenadores. Com a SS/PP, são definidas as ações efetuadas pelos intervenientes e, também, as informações transmitidas no passar do processo. Mas, a SS/PP não precisa para cada interveniente do processo de projeto um representante. Diante disso, uma única pessoa simula o intercâmbio de

informações, uma vez que a tomada de decisão tanto com relação às ações quanto a definição das informações relativas ao processo, na SS/PP são resultados de sorteios (figura 29).



Figura 29: ilustração da sistemática das simulações realizadas com auxílio da SS/PP e SINTEG/PP

No entanto, na SS/PP foi definida somente a seqüência dos procedimentos realizados pelos intervenientes, tanto projetistas quanto o coordenador, no decorrer das simulações depois de assinalados os sinais de alertas da ferramenta. Esses sinais, conforme apresentado na figura 30, são fruto da combinação de dados relacionados ao cronograma do processo e ao desenvolvimento do projeto, coletados nas verificações realizadas pela ferramenta. Dentre estas, por exemplo, uma é a data atual do calendário coincidir com alguma data de um dos tempos dos períodos das atividades (t_i , t_{im} , t_f , t_{i-rev} ou t_{f-rev}).

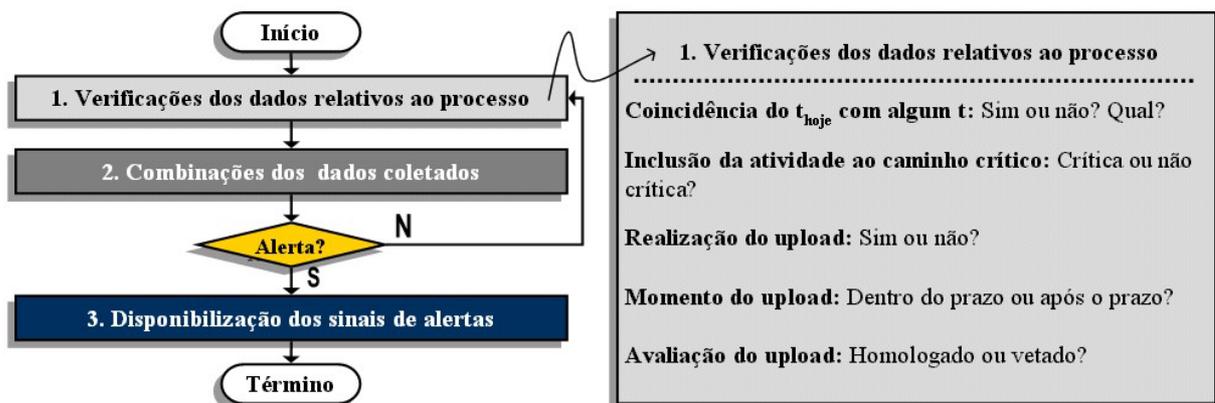


Figura 30: fluxograma correspondente a definição dos sinais de alerta

Assim sendo, em virtude da postura do coordenador de agir somente após os sinais de alerta, alterações permanentes e incrementais no calendário foram realizadas manualmente para reduzir o período de duração das simulações. Após estas alterações a ferramenta, em função

da combinação dos dados relativos à programação com aqueles resultantes do monitoramento do processo, assinalava os alertas correspondentes. Na figura 31, é apresentado um fluxograma da sistemática das simulações considerando a alteração permanente do calendário. Para atualizar o calendário, adiantando-o, somente era necessário alterar as **propriedades de data e hora** do computador. No SINTEG/PP, uma vez atualizado o calendário, o coordenador observa no componente **Jogo** do módulo **ME1** se é assinalado algum sinal de alerta. O procedimento de alteração manual do calendário não foi realizado com o SIPROCON/PP, haja vista a impossibilidade de acesso para alterar o calendário manualmente no **servidor**⁴² de hospedagem para que a simulação fosse concluída num período de tempo exíguo e não no tempo real. Na seqüência, são realizadas as descrições referentes as simulações das etapas de programação (fase I) e controle (fase II) do processo de projeto com auxílio do SINTEG/PP.

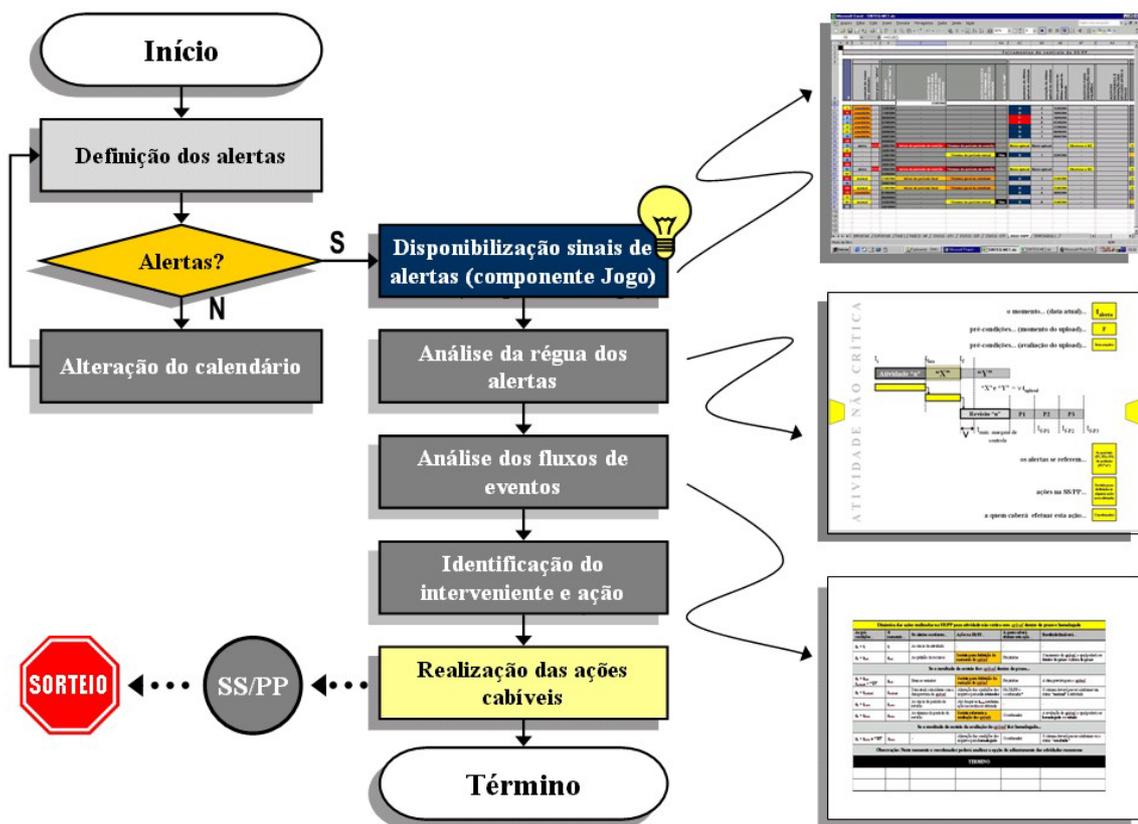


Figura 31: fluxograma da sistemática das simulações

⁴² Servidor: numa rede, é um computador que administra e fornece programas e informações para outros computadores conectados a ele. Referindo-se a equipamento, o servidor é um sistema que provê recursos tais como armazenamento de dados, impressão e acesso dial-up para usuários de uma rede de computadores. O acesso dial-up é o tipo de conexão mais usada atualmente para acesso a Internet. Sua utilização depende de um modem, um computador, uma linha telefônica e um provedor de acesso (ALMEIDA; ROSA, 2000, p.205).

6.2 DESCRIÇÃO DOS MODELOS SIMULADOS DA FASE I: ETAPA DE PROGRAMAÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO

Ao simular a etapa de programação do processo de projeto foram tomados por objetivos:

- a) obter uma **programação base** para promover as simulações do monitoramento do processo de projeto;
- b) demonstrar a influência da combinação das variáveis independentes do processo como, por exemplo, a duração dos períodos correspondentes as atividades, o percentual de segurança e fator X da revisão, na obtenção de uma programação adequada as necessidades e desempenho dos intervenientes.

Nestas simulações, foi utilizada a seqüência de procedimentos para a fase I da SS/PP, definidos de acordo com a sistemática de utilização do SIPROCON/PP e conduzidos conforme a dinâmica e diretrizes da SS/PP. A etapa de programação é assinalada por momentos com características próprias quanto ao envolvimento dos intervenientes e, conseqüentemente, das tarefas efetuadas em cada um destes. Neste sentido, a programação inicia com a definição da rede de atividades CPM e termina com o cálculo do caminho crítico efetuado pela ferramenta. Ao todo foram simulados três modelos da etapa de programação do processo de projeto. Os objetivos específicos de cada modelo foram:

- a) obter a **programação de referência**, a qual foi tomada por base para os demais modelos simulados da fase I;
- b) obter a **programação base**, a qual foi tomada por base para os modelos simulados da fase II. Para tal, foram aplicados na programação de referência os conceitos estabelecidos na TR para gerenciamento de projetos;
- c) ajustar a programação de referência reproduzindo uma situação na qual o projeto pode, e deve ser desenvolvido num período de tempo pré-determinado, ou terminar até uma data específica.

Em todos os modelos simulados tanto da etapa de programação como de controle do processo de projeto, foi utilizada a rede CPM de atividades do modelo de Bordin (2003) correspondente a **etapa de projeto legal**. A justificativa da escolha desta etapa do projeto é o

fato dela ter se comparada com a etapa de projeto executivo do referido modelo, um número menor de atividades. Pois, o número de atividades só aumentaria o período de simulação e não os seus resultados.

6.2.1 Modelo com a programação de referência do processo de projeto

No primeiro modelo simulado da fase I, depois de concluída a definição da rede de atividades CPM no módulo **MP**, foram realizadas as ações, tanto do coordenador quanto dos projetistas, relacionadas com as tarefas necessárias a definição da programação de referência. Para tal, foram utilizados o módulo **MP** e o componente **Fase 1** do módulo **ME1** do SINTEG/PP. Conforme representado nos fluxogramas da sistemática da simulação da fase I (figura 32), no momento inicial compete ao coordenador de projeto elaborar uma primeira proposta da programação do processo.

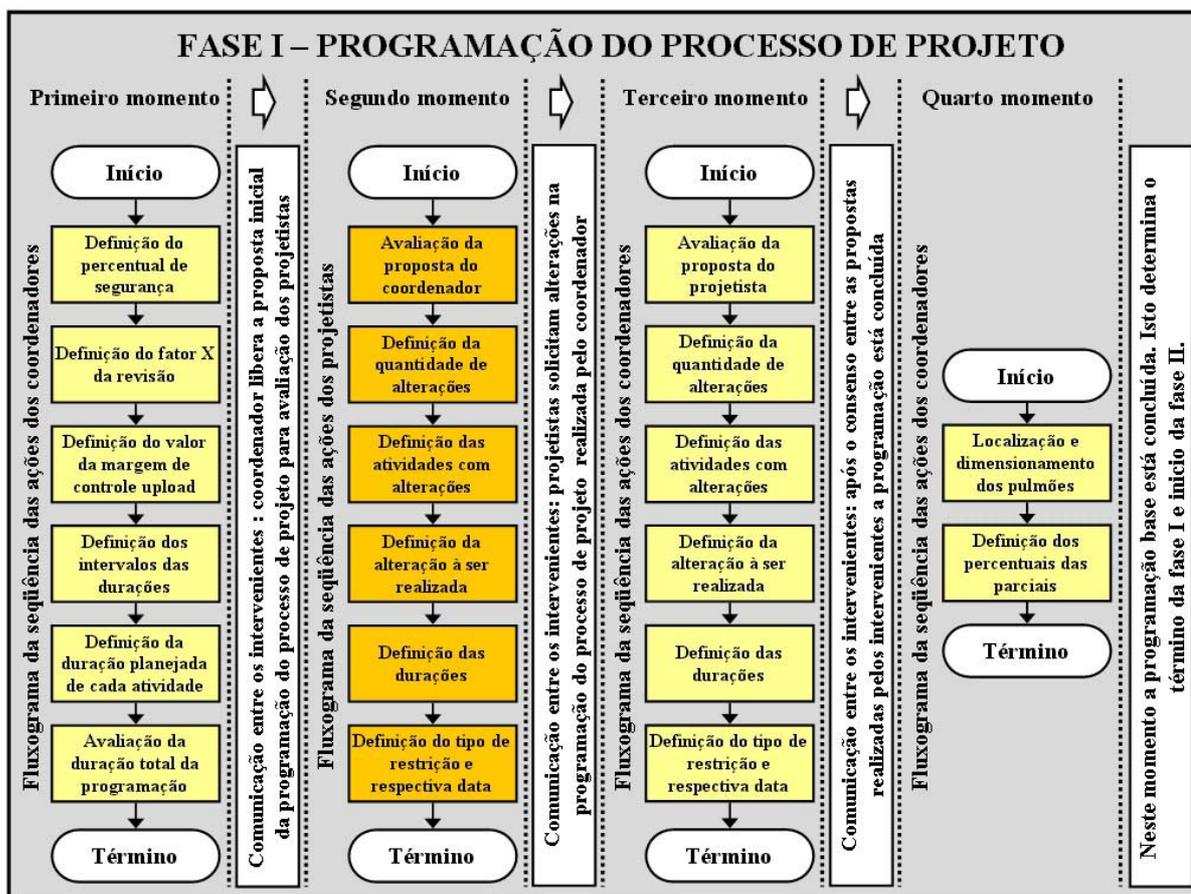


Figura 32: fluxogramas correspondentes às ações realizadas pelos intervenientes durante a etapa de programação conforme a SS/PP

Esta proposta finalizada, num segundo momento, é avaliada pelos projetistas, os quais solicitam alterações como, por exemplo, prazos maiores para realização da atividade devido a alguma restrição relacionada à sua agenda. Por fim, no terceiro momento, o coordenador analisa, e aprova, ou não, as requisições dos projetistas. Estes procedimentos são repetidos até que se obtenha o consenso entre os intervenientes. Neste sentido, o presente modelo compreendeu os três primeiros momentos destinados a realização das ações para definição dos valores das variáveis independentes relacionadas com os períodos correspondentes as atividades. Logo, foram definidos inicialmente os valores do **percentual de segurança** e do **fator X da revisão**, tomando por base o uso de valores padrões respectivamente de **20%** e **1X**. Estes valores, uma vez estabelecidos permitiram estabelecer quando definida a duração planejada de cada atividade, a duração do período final destinado à realização e do período destinado à avaliação dos resultados da mesma.

Após, foram escolhidos os **intervalos (A a F)**, os quais assinalam a imediata definição da duração planejada de cada atividade. A duração planejada corresponde a extensão do período inicial da atividade para realização da mesma. Uma vez determinados, os valores citados, a proposta inicial do coordenador é considerada concluída. A duração total da programação de referência da proposta inicial do coordenador obtida para a etapa de projeto legal conforme o modelo de Bordin (2003) foi de **295 dias**. No entanto, o valor assinalado para duração total do projeto de **295 dias** foi considerado alto tendo em vista a necessidade de alteração manual do calendário, ocasionando a maior repetitividade deste procedimento, aumentando tempo de simulação, sem nenhum resultado prático diferente daquele alcançado se a duração total do projeto fosse menor. Logo, foram praticados novos sorteios visando minimizar a extensão do projeto, e com isso, novos valores foram aplicados às durações planejadas, permitindo que a duração total fosse reduzida à **190 dias**.

Todos estes procedimentos iniciais correspondem a definição da primeira proposta elaborada pelo coordenador de projetos, a qual após concluída é analisada pelos projetistas. Deste modo, através de um sorteio foram escolhidas aquelas atividades cujos projetistas apresentariam propostas para alteração de datas ou prazos. O resultado do sorteio indicou que em **25%** das atividades seriam solicitadas pelos projetistas responsáveis alguma modificação na programação inicial. Com este percentual foram escolhidas cinco atividades, pois a etapa de projeto legal do modelo de Bordin (2003) é composta por vinte e duas atividades. Neste sentido, de acordo com as diretrizes da SS/PP foram realizados novos sorteios visando o atendimento das propostas dos projetistas sobre as alterações necessárias na rede CPM. No

entanto, as alterações permaneceram restritas à modificações na duração das atividades. Uma vez obtido o consentimento de todos os participantes do projeto sobre a programação do mesmo foi assinalado o seu o término. O valor da duração total prevista para a **programação de referência** foi de **198 dias** de acordo com o arranjo da rede CPM da etapa de projeto legal do modelo de Bordin (2003). No **CD** anexo ao presente trabalho através do *link* **Simulações** é possível acessar uma seqüência descrita dos procedimentos realizados no presente modelo.

6.2.2 Modelo com aplicação dos conceitos da Teoria das Restrições (TR)

O presente modelo corresponde ao quarto e, último momento, da etapa de programação conforme a SS/PP. O objetivo foi obter a **programação base** utilizada nos demais modelos simulados da fase **II**. Para tal, foram aplicados na **programação de referência** os conceitos estabelecidos na TR para gerenciamento de projetos como, por exemplo, o uso de pulmões de tempo como instrumento de controle e proteção contra a influência da incerteza do desempenho dos projetistas. Por conseguinte, a conclusão da fase **I** dá-se através das tarefas destinadas a seleção, a localização e ao dimensionamento dos pulmões. A programação do processo de acordo com o entendimento e preferência do coordenador pode ser efetuada de diferentes modos. Isto, conseqüentemente, altera a percepção para definição dos pulmões. Logo, conforme assinala Goldratt (1998) foram analisadas segundo a TR duas opções de programar o processo a fim de escolher a mais adequada, ou seja, primeiramente considerando as atividades **iniciando o mais cedo possível** (IMCP), e outra **iniciando o mais tarde possível** (IMTP). A seleção, por uma ou outra, é do coordenador e definem formas diferenciadas de realizar o monitoramento do processo no decorrer da fase **II**.

Segundo Goldratt (1998), se todas as atividades iniciam nas suas datas mais cedo, o coordenador terá que lidar com muitas preocupações ao mesmo tempo, e ao começar muitas tarefas ao mesmo tempo estará fadado a perder o foco. Perder o foco é algo que um coordenador de projetos não pode fazer. Entretanto, se todas as atividades iniciarem na data mais tarde, isso significará dizer que os caminhos ditos não críticos anteriormente, não terão mais folga. Conseqüentemente, qualquer atraso nestes caminhos também causará um atraso no projeto. E, além disso, ao começar tudo na data mais tarde, tudo ficará importante, e com isso há a necessidade de concentrar-se atenção em tudo. Deste modo são necessários mecanismos de controle tais como os pulmões que permitem medir o progresso de um projeto e ao coordenador de projetos focar a cada momento em um número limitado de elementos.

O enfoque da TR é para utilizar uma programação IMTP, porém com pulmões de tempo nos encontros de cada ramificação não crítica ao invés de cada atividade não crítica, com o caminho crítico do processo. Neste sentido, tomando por base que o auxílio da ferramenta advém dos alertas assinalados no decorrer do processo foi escolhida a programação IMCP, pois possibilita antecipadamente focar em um número menor de elementos no passar do projeto. A utilização da programação IMCP de acordo com a sistemática da ferramenta evita que fossem assinalados vários alertas correspondentes, por exemplo, ao tempo limite (t_{lim}), próximos um do outro fazendo com que o coordenador tivesse que efetuar várias decisões ao mesmo tempo. Além disso, a intenção era não desperdiçar a proteção, isto é, as folgas das atividades não críticas pois conforme salientam Goldratt (1998) e Leach (2000, p.5) uma forma para desperdiçar a segurança incluída num projeto é a chamada **síndrome do estudante**, ou seja, se não há pressa, então comece no último minuto.

Uma outra justificativa é que a interdependência entre as atividades faz com que os atrasos acumulem e os avanços sejam desperdiçados (LEACH, 2000, p.2). Um atraso numa etapa é passado por completo, para a etapa seguinte. Mas um avanço obtido numa etapa é, geralmente, desperdiçado. Portanto, se alguém acabar antes do tempo, isso não será relatado. Mas, ainda que venha à ser relatado, a etapa seguinte não conseguirá obter vantagem do tempo ganho e, com isso, o mesmo será desperdiçado. Logo, os atrasos se acumulam, enquanto que os avanços não. Isso pode explicar como a segurança é desperdiçada (GOLDRATT, 1998). A principal razão para os projetos atrasarem é devido ao mal uso da segurança incluída dentro da estimativa de tempo de cada atividade (RAND, 2000, p.175) já que existe pouco incentivo para finalizar uma atividade antecipadamente (STEYN, 2000, p.364). A segurança é muitas vezes desperdiçada porque as pessoas preferem revisar o seu trabalho a informar que já está concluído. Portanto, mesmo que uma atividade seja concluída mais cedo que o planejado, os recursos necessários ao início das atividades sucessoras poderão não estar disponíveis impedindo antecipar o seu início (STEYN, 2000, p.367).

6.2.2.1 Localização dos pulmões

Diante do apresentado, as tarefas do presente modelo foram efetuadas com o auxílio das funções implementadas nos componentes **Pulmões**, **Pulmões-PC** e **Pulmão-PP** do módulo **ME2** da ferramenta SINTEG/PP para definição e medição do consumo dos pulmões. As recomendações da TR, de acordo com a bibliografia consultada, indicam a localização dos

pulmões de convergência em função de cada ramificação não crítica ao invés de cada atividade não crítica. No entanto, optou-se por monitorar a folga de cada atividade não crítica separadamente a fim de melhor identificar o prazo adequado à sua realização (figura 33). A localização dos pulmões de convergência foi realizada a partir da definição do caminho crítico. Deste modo, através das funções implementadas no componente **Pulmões** eram assinalados alertas pela ferramenta que identificavam aquelas atividades não críticas que poderiam ser monitoradas com maior acuidade para evitar alterações no caminho crítico do processo. Assim, a folga de cada atividade não crítica foi definida como um pulmão de convergência. Portanto, uma vez definido o caminho crítico do processo os pulmões de convergência foram justapostos **doze** pulmões de convergência e **um** pulmão de projeto ao final do processo.

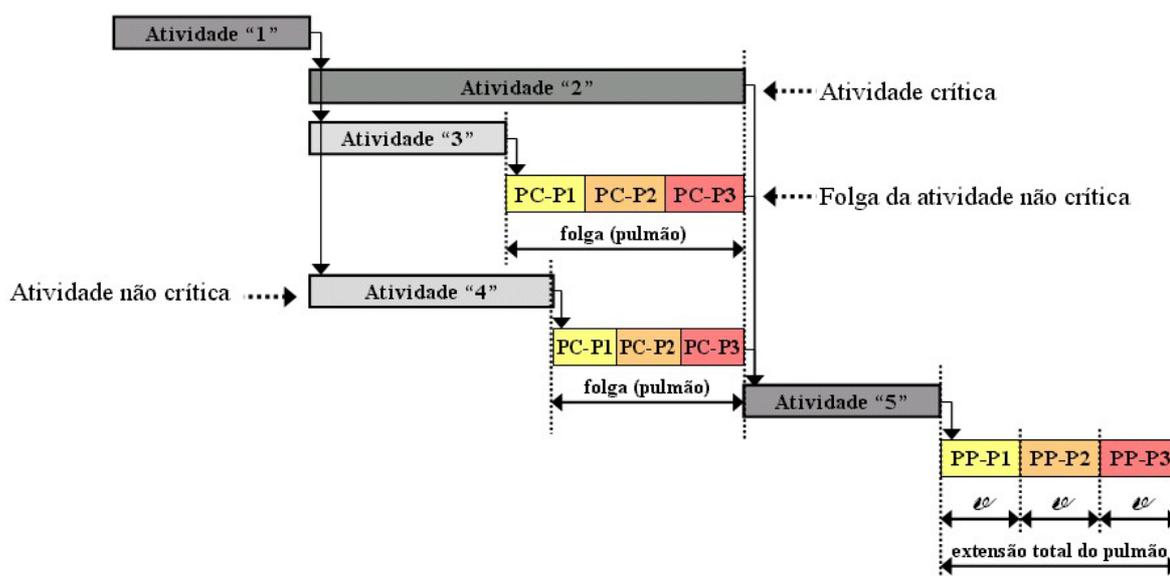


Figura 33: representação das folgas das atividades não críticas caracterizadas como pulmões de convergência na programação IMCP

6.2.2.2 Dimensionamento dos pulmões

A localização dos pulmões de convergência foi definida através das folgas das atividades não críticas existentes em relação ao caminho crítico informado pela ferramenta. Logo, na medida em que foram identificadas as atividades não críticas, concomitantemente obteve-se a localização de cada pulmão. Deste modo, a dimensão de cada pulmão corresponde a duração da respectiva folga, e assim era obtida através das datas tarde da atividade não crítica em

questão e cedo da atividade sucessora crítica. Com isso, somente era necessário escolher através das funções do componente **Pulmões** as atividades correspondentes.

Depois de localizados e dimensionados os pulmões de monitoramento das folgas das atividades não críticas, o procedimento subsequente foi a definição dos valores das parciais de cada pulmão. Logo, apenas era informado o valor referente ao percentual de cada parcial viabilizando que a ferramenta então disponibilizasse os sinais de alertas e dados referentes ao consumo de cada um destes. A opção foi dividir cada pulmão em três terços proporcionais com valores iguais de duração. Com isso, utilizaram-se os valores de **33**, **66** e **100%**. Estes percentuais eram ajustados, caso desejado, de acordo com o desempenho de cada projetista permitindo que os alertas referentes ao consumo de cada parcial fossem disponibilizados mais cedo. As funções da ferramenta para definição destes alertas foram sistematizadas segundo os conceitos da TR referentes ao gerenciamento de projeto utilizando os pulmões como instrumento de controle. Na figura 34 tem-se a apresentação dos alertas disponibilizados pela ferramenta, os quais além de focarem a atenção dos coordenadores, proporcionavam um indicação da ação à ser realizada.

ALERTAS CORRESPONDENTES AO CONSUMO DOS PULMÕES		
PARCIAL 1 DO PULMÃO	PARCIAL 2 DO PULMÃO	PARCIAL 3 DO PULMÃO
<p>Parcial 1 do pulmão em andamento</p> <p>Coordenador: a parcial 1 do pulmão de segurança da presente atividade já está sendo utilizada pelo projetista. Recomenda-se atenção para evitar o comprometimento do cronograma do projeto.</p>	<p>Parcial 2 do pulmão em andamento</p> <p>Coordenador: a parcial 2 do pulmão de segurança da presente atividade já está sendo utilizada pelo projetista. Recomenda-se a identificação do problema e o planejamento da ação à ser realizada.</p>	<p>Parcial 3 do pulmão em andamento</p> <p>Coordenador: a parcial 3 do pulmão de segurança da presente atividade já está sendo utilizada pelo projetista responsável. Recomenda-se a realização de uma ação de contramedida.</p>
<p>Término da parcial 1 do pulmão</p> <p>Coordenador: a parcial 1 do pulmão de segurança da presente atividade está com o seu período esgotado. Recomenda-se atenção para evitar o comprometimento do cronograma do projeto.</p>	<p>Término da parcial 2 do pulmão</p> <p>Coordenador: a parcial 2 do pulmão de segurança da presente atividade está com o seu período esgotado. Recomenda-se a identificação do problema e o planejamento da ação à ser realizada.</p>	<p>Término da parcial 3 do pulmão</p> <p>Coordenador: a parcial 3 do pulmão de segurança da presente atividade está com o seu período esgotado. Recomenda-se a realização de uma ação de contramedida.</p>

Figura 34: alertas correspondentes ao consumo dos pulmões (de convergência e projeto) disponibilizados pela ferramenta

O dimensionamento do pulmão de projeto foi realizado de acordo com as diretrizes da SS/PP, associando-se à duração total do projeto uma probabilidade de término do mesmo no prazo pré-estabelecido. Esta probabilidade foi definida num sorteio, e como resultado era obtida a margem de atraso total ao cronograma do projeto, a qual se refere a duração do pulmão de projeto. Portanto, quanto maior a probabilidade de término no prazo inicialmente definido, menor a segurança incluída na programação e, conseqüentemente, menor a duração do

pulmão de projeto. O resultado deste sorteio indicou uma probabilidade de **80%**, determinando que a dimensão do pulmão de projeto corresponderia a **20%** do valor da duração total prevista inicialmente. Com isso, ao considerar a aplicação do valor acima citado sobre a duração total do projeto de **198 dias** obtida na programação de referência, a extensão do pulmão de projeto foi de **40 dias**. Por conseguinte, conforme apresentado na reprodução do componente **Projeto** na figura 35, a duração do período disponível à realização do projeto foi de **238 dias**, de acordo com o apresentado no identificador **A**. No **CD** anexo ao presente trabalho através do *link* **Simulações** é possível acessar uma seqüência descrita dos procedimentos realizados no presente modelo.

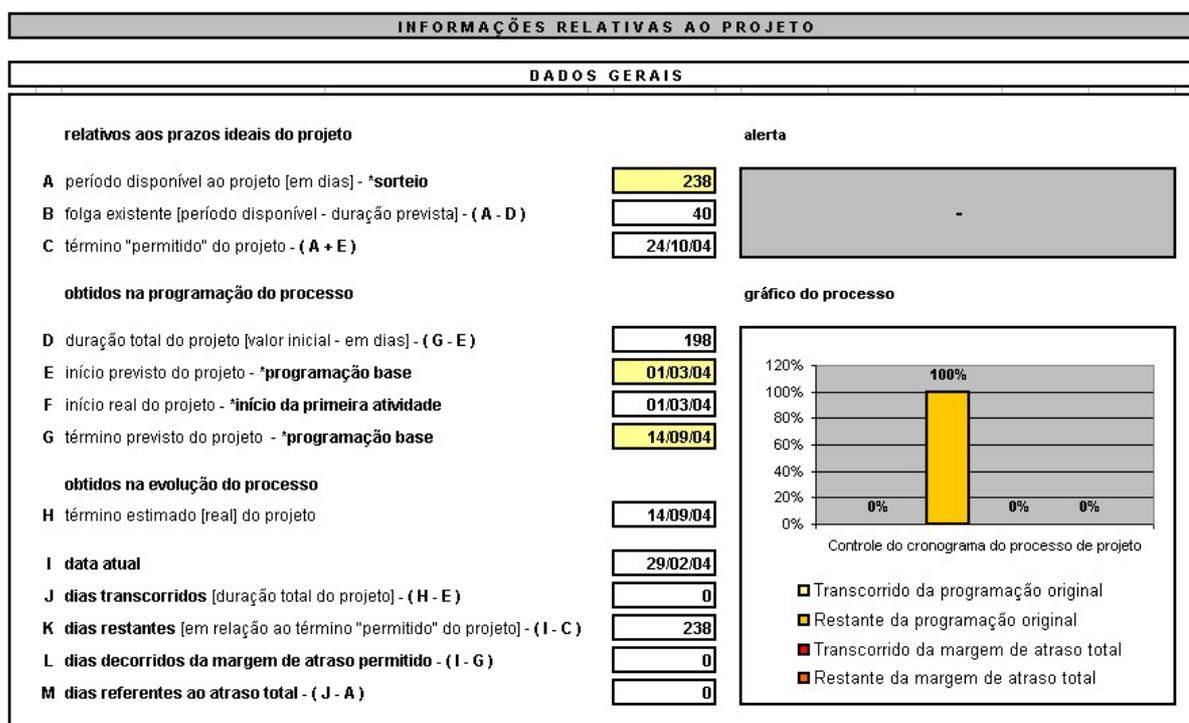


Figura 35: dados da programação base apresentados no componente Projeto

6.2.3 Modelo com ajuste da duração da programação de referência

No terceiro modelo simulado da etapa de programação do processo de projeto o objetivo foi ajustar a duração da programação de referência reproduzindo uma situação na qual o projeto deve ser executado num período pré-determinado, ou concluído até uma data específica. Para tal, foi utilizado o componente **Projeto** do módulo **ME2** do SINTEG/PP, no qual são

Complementando, tem-se um gráfico no qual são apresentados os percentuais correspondentes ao tempo:

- a) transcorrido e restante da programação original;
- b) transcorrido e restante da margem de atraso total.

O procedimento inicial realizado neste modelo segundo a SS/PP conforme o fluxograma apresentado na figura 37 foi um sorteio para definição da validade da programação de referência, cujo resultado indicou a necessidade de ajuste na mesma. Por conseguinte, em outro sorteio foi definido que o ajuste era para adequar a programação de referência a um prazo ideal de realização do projeto. Este prazo foi definido aplicando-se o percentual de 10% obtido no sorteio à duração total do projeto da programação de referência.

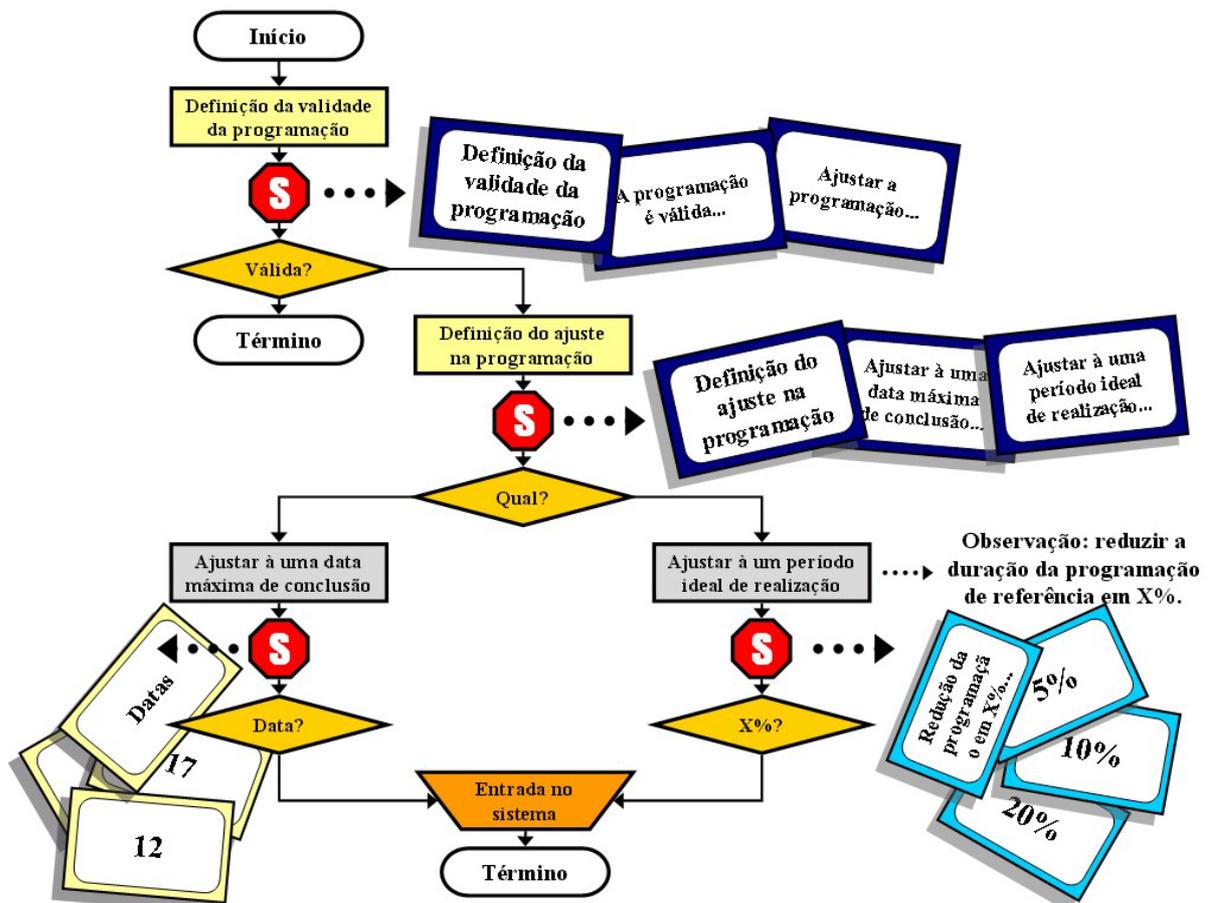


Figura 37: fluxograma correspondente aos procedimentos para ajuste da duração da programação de referência

Neste sentido, os valores correspondentes a duração total do projeto foram de **198 e 180 dias**, respectivamente, para aqueles obtidos no modelo da programação de referência e no presente modelo. Estes valores foram analisados comparativamente e após foram escolhidas as ações à efetuar. Com isso, observa-se uma diferença de **18 dias** além do previsto para a conclusão do projeto, a qual foi ajustada pelo coordenador, mas, considerando o consentimento dos projetistas responsáveis. Deste modo, foram mantidos fixos os valores correspondentes as durações planejadas das atividades e utilizaram-se valores diferenciados na duração do período final e de revisão das atividades. E isto, de acordo com as diretrizes da SS/PP e a sistemática de utilização da ferramenta, correspondeu em aplicar valores diferenciados de percentual de segurança e fator X da revisão para adequar a duração total obtida ao prazo disponível à elaboração do projeto. Neste sentido, uma opção foi substituir o percentual de segurança existente de **20%** por um outro de **10%**, fazendo uso das funções implementadas no componente **Fase I** do módulo **ME1**.

Foi obtido o valor final da duração total do projeto de **180 dias**, exatamente a concordância com o período disponível à sua realização. Delineando um paralelo deste modelo com uma situação real, no exato momento de definição dos períodos de realização das atividades, o coordenador pode primeiramente atribuir valores menores à duração planejada, haja visto a utilização do percentual de segurança. Conseqüentemente, a definição do valor que deve ser aplicado ao percentual de segurança esta relacionado diretamente ao conhecimento que o coordenador possui do desempenho de cada um dos intervenientes com relação ao cumprimento dos prazos estabelecidos. Neste sentido, conforme o exemplo apresentado na figura 38 o valor do percentual de segurança da **atividade A** é o dobro daquele utilizado na **atividade B**.

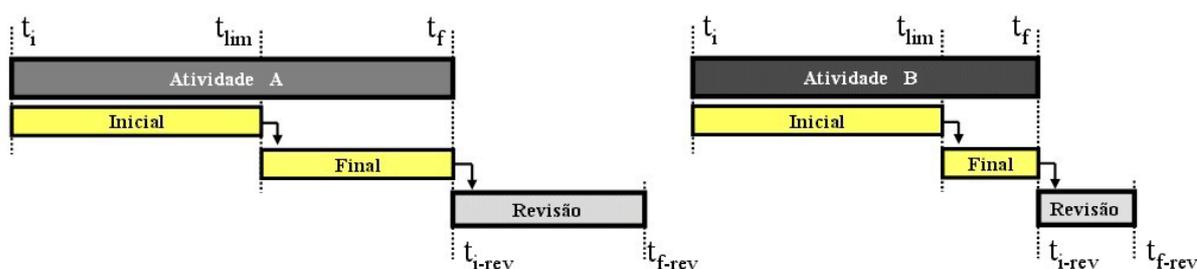


Figura 38: comparativo da aplicação do percentual de segurança de acordo com o conhecimento do desempenho do projetista

Logo, a duração do período final de **B** é a metade do período final de **A**. A definição do período de revisão de acordo com a SS/PP ocorreria em função de um fator **X** aplicado ao período final da atividade. Com isso, caso se utilize um percentual de segurança menor para um mesmo fator **X**, conforme o exemplo, o referido período de revisão também terá a sua duração reduzida proporcionalmente. Portanto, cabe a ele definir para atividades específicas a aplicação de um percentual de segurança maior ou menor. Conseqüentemente, a extensão do período final da atividade, também denominado de período de segurança ou, de acordo com a TR, de pulmão de recursos é variável e em função disto o alerta referente ao pulmão de recursos é enviado mais cedo justamente para amenizar a variabilidade do desempenho do projetista. Outra opção de ajuste da programação do processo seria alterar os valores correspondentes as durações planejadas das atividades mantendo constante aquele referente ao percentual de segurança.

6.2.4 Aspectos observados nos modelos simulados da etapa de programação

Diante dos modelos apresentados, é destacado o cuidado nas decisões realizadas na etapa de programação a fim de favorecer o intercâmbio de informações no desenrolar do processo de projeto. Isto porque depois de obtida a programação inicial do processo, o coordenador, de acordo com a sistemática de uso da ferramenta, deve permanecer na expectativa dos alertas assinalados, fruto do monitoramento do processo, para depois decidir pelas ações a realizar. Neste sentido, nos modelos simulados foram apresentadas algumas alternativas de combinação das variáveis independentes para configuração dos alertas de tal modo que a ferramenta proporcione auxílio oportuno aos coordenadores no monitoramento do intercâmbio de informações do processo. Isto, por sua vez, estará contribuindo na disponibilização das informações corretas, exatas e no momento adequado para tomada de decisão dos intervenientes. Conseqüentemente, cabe ao coordenador em função do seu conhecimento realizar uma programação adequada com o desempenho dos projetistas. No entanto, quanto menor o conhecimento sobre o desempenho dos projetistas, mais extenso tenderá a ser o projeto em virtude da segurança que será incluída na duração das atividades. Por isso, é relevante a utilização da ferramenta na obtenção dos dados que possibilitam a identificação dos prazos adequados a realização da atividade. É relevante a utilização de funções que minimizem a quantidade de dados de entrada como, por exemplo, as funções implementadas para o percentual de segurança e fator **X** da revisão.

6.3 DESCRIÇÃO DOS MODELOS SIMULADOS DA FASE II: ETAPA DE CONTROLE DO PROCESSO DE PROJETO

O objetivo das simulações da etapa de controle do processo de projeto foi demonstrar a assistência da ferramenta na tomada de decisão dos coordenadores focando a sua atenção nos pontos críticos do processo. Neste sentido, no decorrer do processo de projeto são realizadas automaticamente pela ferramenta verificações relacionadas com o cronograma do projeto. Nestas verificações são coletados os dados correspondentes as decisões efetuadas no decorrer do processo (por exemplo: momento e resultado da avaliação do *upload*). Estes, são combinados com os dados atualizados do cronograma (por exemplo: durações e datas de conclusão das atividades). Como resultado são definidos os sinais de alerta liberados automaticamente pela ferramenta aos intervenientes (figura 39). De acordo com a sistemática de utilização da ferramenta os alertas auxiliam na tomada de decisão dos intervenientes do processo. Este monitoramento de acordo com a sistemática das simulações da fase II com uso do SINTEG/PP foi realizado, tomando por base o componente **Jogo**. Neste componente são assinalados todos os sinais de alerta correspondentes tanto ao passar do projeto (como por exemplo: tempo limite) quanto para controle da SS/PP e utilização dos outros componentes.

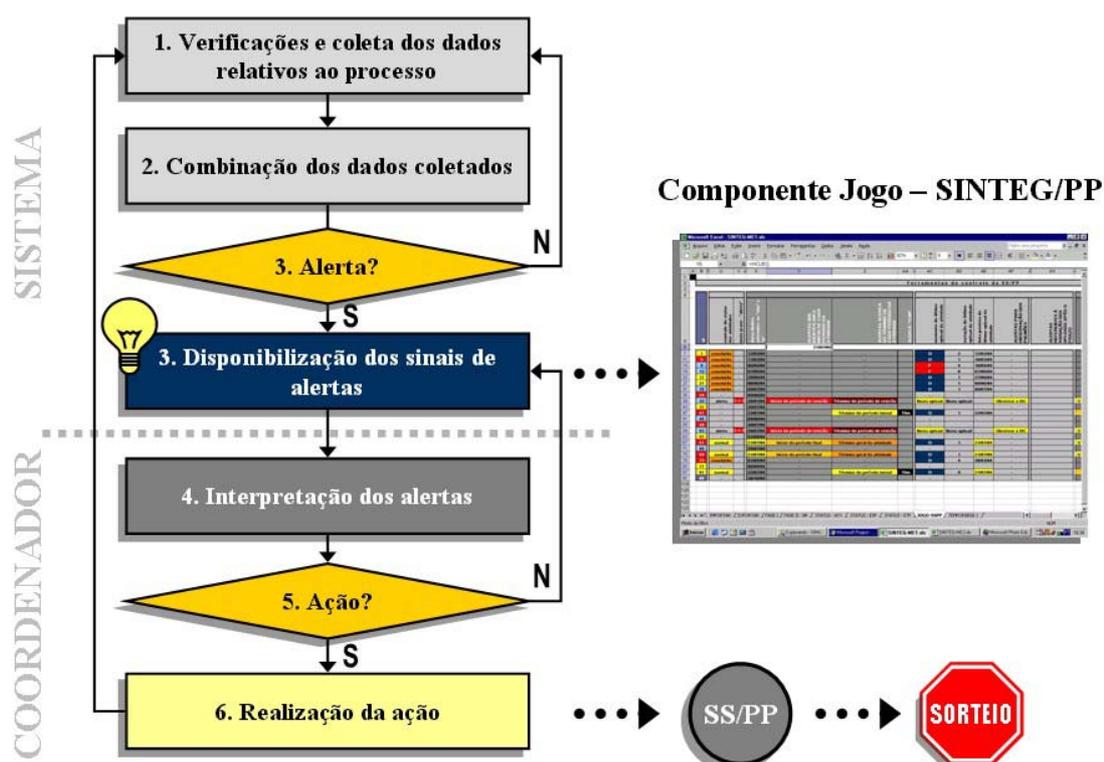


Figura 39: fluxograma da sistemática das simulações para a fase II

Nestas simulações, foi utilizada a seqüência de procedimentos da fase **II**, definidos de acordo com a sistemática de utilização do SIPROCON/PP e conduzidos conforme a dinâmica e diretrizes da SS/PP. Ao todo foram simulados três modelos da etapa de controle do processo de projeto. Os objetivos específicos de cada modelo foram, respectivamente:

- a) demonstrar a caracterização do desempenho de cada projetista tomando por base a sistemática de utilização da ferramenta;
- b) evidenciar a importância do coordenador ter **conhecimento** sobre o histórico do desempenho de alguns projetistas;
- c) apresentar as conseqüências do **desconhecimento** do coordenador sobre o histórico do desempenho de alguns projetistas.

Em **todos** os modelos simulados da fase **II**, foi utilizada a **programação base** fruto da fase **I**. Nesta programação foi definida uma duração ideal do projeto igual a **198 dias** com uma margem de atraso total de **40 dias**, ou seja, a duração do pulmão de projeto corresponde a **20%** da duração ideal. Logo, a duração total do período disponível à realização do projeto é de **238 dias**. Os pulmões de convergência foram mantidos no monitoramento da folga de cada atividade não crítica. No **CD** anexo ao presente trabalho através do *link* **Simulações** é possível acessar uma seqüência descrita da sistemática das simulações para a fase **II**.

6.3.1 Criação das composições de desempenho de projetistas (CDP) para aplicação nos modelos simulados da etapa de controle do processo de projeto

A incerteza intrínseca ao processo de projeto e fruto da variabilidade da atuação dos projetistas foi suscitada através da configuração de variadas **composições de desempenho de projetistas** (CDP). Com a criação das CDP foi individualizada a participação dos projetistas no passar do desenvolvimento do projeto, os quais podem oferecer uma conduta, favorável ou não, a coordenação de projeto considerando a sistemática de trabalhos colaborativos. Logo, o desempenho desejado do projetista está relacionado à disponibilização em tempo hábil das informações corretas. Isto de acordo com a sistemática de uso do SIPROCON/PP corresponde ao *upload* dentro do prazo e homologado. Deste modo, conforme apresentado na figura 40, inicialmente foram criadas diferentes combinações com probabilidade, favorável ou não, de cumprimento do prazo, ou seja, o momento do *upload* na SS/PP. Por exemplo, uma

combinação favorável para definição do momento do *upload* é assinalada pela maior probabilidade de ocorrência de *uploads* dentro do prazo ao invés de *uploads* após o prazo.

Combinações correspondentes à definição do momento do <i>upload</i>											
Combinações favoráveis	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	100% <i>upload</i> dentro do prazo
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	F	90% <i>upload</i> dentro do prazo e 10% após o prazo
	D	D	D	D	D	D	D	D	F	F	80% <i>upload</i> dentro do prazo e 20% após o prazo
	D	D	D	D	D	D	D	F	F	F	70% <i>upload</i> dentro do prazo e 30% após o prazo
	D	D	D	D	D	D	F	F	F	F	60% <i>upload</i> dentro do prazo e 40% após o prazo
Combinação base (equidade)	D	D	D	D	D	F	F	F	F	F	50% <i>upload</i> após o prazo e 50% dentro do prazo
Combinações desfavoráveis	D	D	D	D	F	F	F	F	F	F	60% <i>upload</i> após o prazo e 40% dentro do prazo
	D	D	D	F	F	F	F	F	F	F	70% <i>upload</i> após o prazo e 30% dentro do prazo
	D	D	F	F	F	F	F	F	F	F	80% <i>upload</i> após o prazo e 20% dentro do prazo
	D	F	F	F	F	F	F	F	F	F	90% <i>upload</i> após o prazo e 10% dentro do prazo
	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	100% <i>upload</i> após o prazo

Figura 40: combinações correspondentes à definição do momento do *upload* utilizadas na montagem das CDP

Adicionalmente, foram criadas as combinações correspondentes a validade dos *uploads* na SS/PP, ou seja, homologados ou vetados, conforme apresentado na figura 41. Uma combinação favorável para definição da validade do *upload* é assinalada pela maior probabilidade de ocorrência de *uploads* homologados em comparação a dos vetados.

Combinações correspondentes a definição da validade do <i>upload</i>											
Combinações favoráveis	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	100% <i>upload</i> homologado
	H	H	H	H	H	H	H	H	H	V	90% <i>upload</i> homologado e 10% vetado
	H	H	H	H	H	H	H	H	V	V	80% <i>upload</i> homologado e 20% vetado
	H	H	H	H	H	H	H	V	V	V	70% <i>upload</i> homologado e 30% vetado
	H	H	H	H	H	H	V	V	V	V	60% <i>upload</i> homologado e 40% vetado
Combinação base (equidade)	H	H	H	H	H	V	V	V	V	V	50% <i>upload</i> vetado e 50% homologado
Combinações desfavoráveis	H	H	H	H	V	V	V	V	V	V	60% <i>upload</i> vetado e 40% homologado
	H	H	H	V	V	V	V	V	V	V	70% <i>upload</i> vetado e 30% homologado
	H	H	V	V	V	V	V	V	V	V	80% <i>upload</i> vetado e 20% homologado
	H	V	V	V	V	V	V	V	V	V	90% <i>upload</i> vetado e 10% homologado
	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	100% <i>upload</i> vetado

Figura 41: combinações correspondentes à definição da validade do *upload* utilizadas na montagem das CDP

Por conseguinte, uma CDP na SS/PP é formada por duas combinações correspondentes, respectivamente, à definição do momento e da avaliação do *upload*. Uma vez definidas as combinações, foram elaborados os cartões utilizados nos sorteios para montagem das CDP. Neste sentido, inicialmente são definidas as combinações correspondentes tanto ao momento quanto a validade do *upload* (figura 42).

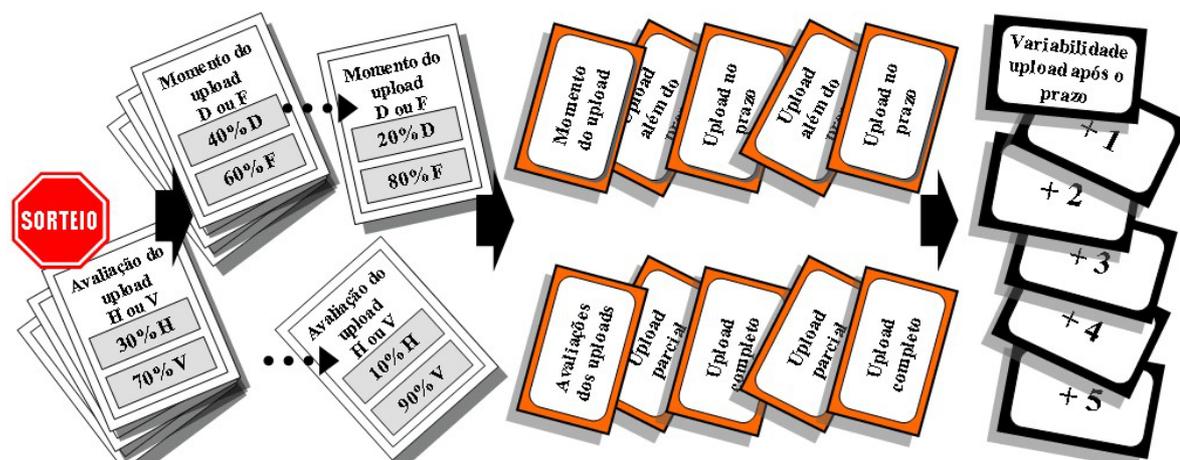


Figura 42: exemplo da montagem de uma CDP

Após, são agrupados os cartões dos sorteios de acordo com a combinação selecionada. Por fim, é definida a variabilidade para *uploads* após o prazo. Diante do apresentado, é destacada a configuração, por exemplo, das **CDP viciadas**, as quais apresentavam maior probabilidade de afetar o cronograma e a qualidade do processo de elaboração do projeto, gerando retrabalhos e conseqüentemente ocasionando atrasos na entrega do projeto. Logo, através das **CDP viciadas** foram criados antecipadamente os **gargalos** do processo de projeto, indicativo dos projetistas com pouca afinidade com trabalhos colaborativos.

6.3.2 Modelo para caracterização do desempenho dos projetistas

O objetivo específico do primeiro modelo simulado da etapa de controle do processo de projeto foi caracterizar o desempenho dos projetistas de acordo com a sistemática de utilização da ferramenta tomando por base os dados coletados no decorrer do processo. De acordo com a sistemática de utilização do SIPROCON/PP a diferenciação do desempenho dos projetistas é obtida pela combinação dos dados correspondentes ao procedimento de *upload*, haja visto que este evidencia o término de uma atividade. Cada *upload* é caracterizado quanto

ao momento que foi realizado, no prazo pré-estabelecido ou após, e, quanto ao resultado da avaliação do coordenador, homologado ou vetado. Neste sentido, um coordenador de posse destes resultados deve analisá-los como descrito a seguir (figura 43).

Caracterização do desempenho do projetista			
Classificação (casos)	Dados referentes aos <i>uploads</i>		Interpretação dos dados que caracterizam o desempenho dos projetistas
	Momento	Avaliação	
C1	Dentro do prazo	Homologado	Favorável em todos os aspectos
C2	Dentro do prazo	Vetado	Favorável apenas em relação ao cumprimento do prazo
C3	Após o prazo	Homologado	Desfavorável com relação ao cumprimento do prazo
C4	Após o prazo	Vetado	Desfavorável em todos aspectos

Figura 43: caracterização do desempenho dos projetistas

O caso **C1** é assinalado pelo *upload dentro do prazo* e **homologado**, e identifica o projetista com desempenho desejado, ou favorável, à coordenação de projeto. Por isso, as atividades enquadradas no **C1** não necessitam de alterações no prazo destinado à sua realização ou nas especificações que estabelecem o conteúdo das informações que devem ser apresentadas ao término da atividade. No caso **C2**, caracterizado pelo *upload dentro do prazo* e **vetado**, o desempenho do projetista é favorável apenas em relação ao cumprimento do prazo. Logo, cabe ao coordenador apurar se o conteúdo das informações que foram transmitidas ao projetista tinham sido suficientes ou não. O caso **C3** considera o *upload homologado*, porém **após o prazo**, o qual não será tão adverso para os coordenadores dependendo do valor do atraso. Logo, em outro projeto, poderá ser definido nas atividades classificadas conforme a aceção do caso **C3** um período maior para a sua realização. Por fim, a situação indesejada pela coordenação de projeto corresponde ao caso **C4**, o qual é o mais desfavorável de todos, haja visto que é assinalado pelo *upload após o prazo* e **vetado**. Portanto, além do atraso inicial o problema é agravado em virtude da necessidade de um novo prazo para conclusão da atividade postergando o término do projeto.

No primeiro experimento deste modelo foi utilizada uma CDP para reproduzir a atuação da equipe de projetistas assinalada pela igualdade dos valores nas combinações das opções para definição tanto do momento quanto da avaliação do *upload*. Porém, os resultados obtidos com uso desta CDP não pareciam corresponder a realidade da prática de desenvolvimento de projetos, uma vez que o atraso foi demasiado causado pela maior incidência dos *uploads* após

o prazo e vetados. Os atrasos também foram influenciados pelos valores utilizados para definição dos dias correspondentes a variabilidade dos *uploads* após o prazo, ou seja, desde o mínimo de um dia até o máximo de dez dias. Por conseguinte, foram realizadas modificações para minimizar os atrasos e, conseqüentemente, o postergar das simulações.

Depois de realizados alguns experimentos foi escolhida a CDP utilizada no presente modelo. Esta CDP assinalou nos dados correspondentes ao desempenho dos projetistas resultados que parecem mais condizentes com a realidade dos processos de projeto. Portanto, não foi considerada aleatória a combinação por parte do coordenador dos projetistas da equipe e suas qualificações. Neste sentido, na combinação desta CDP foi definida uma probabilidade de ocorrência de *upload* efetuado após o prazo e dentro do prazo pré-determinado iguais a, respectivamente, **30%** e **70%**. Com relação aos resultados das avaliações dos referidos *uploads*, também foram consideradas probabilidades de **30%** e **70%** respectivamente para *uploads* vetados e homologados. Além disso, os valores utilizados para definição da variabilidade dos *uploads* após o prazo foram reduzidos para um período máximo de cinco dias, desde o valor mínimo de um dia até o máximo de cinco dias.

Depois de concluída a definição da CDP utilizada no presente modelo foi realizada a simulação propriamente dita. Os procedimentos iniciais para caracterização do desempenho dos projetistas foram assistidos pelas funções implementadas nos componentes: **Feedback**, **Pulmões** e **Pulmões-PC**. As funções do componente **Feedback** São filtros de seleção que possibilitam combinar os dados das atividades que tiveram o maior número de *uploads* vetados e realizados após o prazo identificando o gargalo do processo de projeto. Logo, foram coletados os dados de interesse correspondentes a participação dos projetistas no passar do processo de projeto. Na figura 44 apresentam-se os dados coletados para todas as atividades, os quais correspondem ao momento (dentro do prazo: **D** ou, após o prazo: **F**) e avaliação (homologado: **H** ou, vetado: **V**) de cada *upload* realizado no decorrer do processo de simulação. Neste sentido, na maioria das atividades foi assinalado o caso **C1**, à exceção de algumas atividades que assinalaram os casos **C2** e **C3**. Por exemplo, condizem com a acepção do caso **C3**, as atividades:

- a) **5**: Levantamento planialtimétrico;
- b) **29**: Orientações Gerais – Estrutural;
- c) **57**: Orientações Gerais – Gás;

d) 61: Orientações Gerais – Impermeabilização.

Dados correspondentes ao desempenho dos projetistas no processo de projeto												
Identificação das atividades			Caracterização dos uploads									
Id	Denominação	Especialidade	Momento					Avaliação				
			1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º
1	Programa de necessidades	Construtora	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
5	Levantamento planialtimétrico	Construtora	F	-	-	-	-	H	-	-	-	-
9	Lançamento do partido arquitetônico	Arquitetura	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
13	Lançamento de pilares	Estrutural	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
17	Estudo preliminar de arquitetura	Arquitetura	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
21	Escolha da proposta	Construtora	D	D	-	-	-	V	H	-	-	-
25	Anteprojeto de arquitetura	Arquitetura	F	F	-	-	-	V	H	-	-	-
29	Orientações gerais – Estrutural	Estrutural	F	-	-	-	-	H	-	-	-	-
33	Orientações gerais – Modulação de alvenaria	Mod. de alvenaria	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
37	Orientações gerais – Elétrico	Elétrico	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
41	Orientações gerais – Hidrossanitário	Hidrossanitário	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
45	Orientações gerais – Climatização	Climatização	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
49	Orientações gerais – Pressurização de escada	Press. de escada	D	D	-	-	-	V	H	-	-	-
53	Orientações gerais – Prevenção de incêndio	Prevenção de incêndio	F	D	-	-	-	V	H	-	-	-
57	Orientações gerais – Abastecimento de gás	Abastecimento de gás	F	-	-	-	-	H	-	-	-	-
61	Orientações gerais – Impermeabilização	Impermeabilização	F	-	-	-	-	H	-	-	-	-
65	Orientações gerais – Paisagismo	Paisagismo	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
69	Orientações gerais – Fundações	Fundações	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
73	Definição de elevadores	Construtora	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
77	Projeto legal de arquitetura	Arquitetura	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
81	Laudo de cobertura vegetal	Paisagismo	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
85	Processo de aprovação	Construtora	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-

Figura 44: dados correspondentes ao desempenho dos projetistas

Através do componente **Feedback**, por meio da aplicação dos filtros de seleção dos dados, foi identificado o gargalo do processo de projeto. No presente modelo, o gargalo foi a atividade correspondente ao **Anteprojeto de arquitetura** (identificador 29) em virtude do projetista ter o primeiro *upload* vetado e além disso, sempre ir além do prazo previsto para realização da atividade. Neste sentido, no primeiro *upload* foi assinalado o caso C4, e no segundo o caso C3. Após utilizado o componente **Feedback**, a caracterização do desempenho dos projetistas é complementada com os dados do consumo dos pulmões de convergência relacionados as atividades não críticas obtidos através dos componentes **Pulmões** e **Pulmões-PC**. Deste modo, foram armazenados os dados do consumo relativo de cada pulmão. Ao analisar estes dados pode-se determinar com maior confiabilidade o prazo mais adequado à realização de uma atividade. Por exemplo, nas atividades em que foram assinalados *uploads* **homologado após o prazo**, o que por sua vez, condiz com o caso C3, o coordenador de projeto pode arbitrar em outro projeto uma duração maior, por exemplo, acrescida do número de dias utilizados do

referido pulmão. Logo, se numa atividade, por exemplo, foram utilizados **quatro dias** do pulmão correspondente. E, se a duração planejada inicial da atividade tivesse um valor igual a dez dias, a partir desta alteração, num outro projeto passaria para quatorze dias.

Adicionalmente, no presente modelo foram analisados os dados correspondentes ao consumo do pulmão de projeto nos componentes **Projeto** e **Pulmão-PP**. O consumo do referido pulmão foi **35%**, indicando o consumo total do primeiro terço do pulmão conforme apresentado no componente **Projeto** (figura 45). No entanto, o **consumo do pulmão em dias**, se tomada por base a data do último *upload* como referência para determinar o consumo do pulmão de projeto, foram utilizados apenas oito dias do pulmão de projeto. Isto por sua vez determina um consumo de **20%**. Logo, de acordo, com a TR a dimensão deste pulmão poderia ser reduzida. No entanto, julgou-se pertinente não alterá-la, visando comparar o consumo do pulmão de projeto obtido no presente modelo com o consumo obtido nos demais modelos.

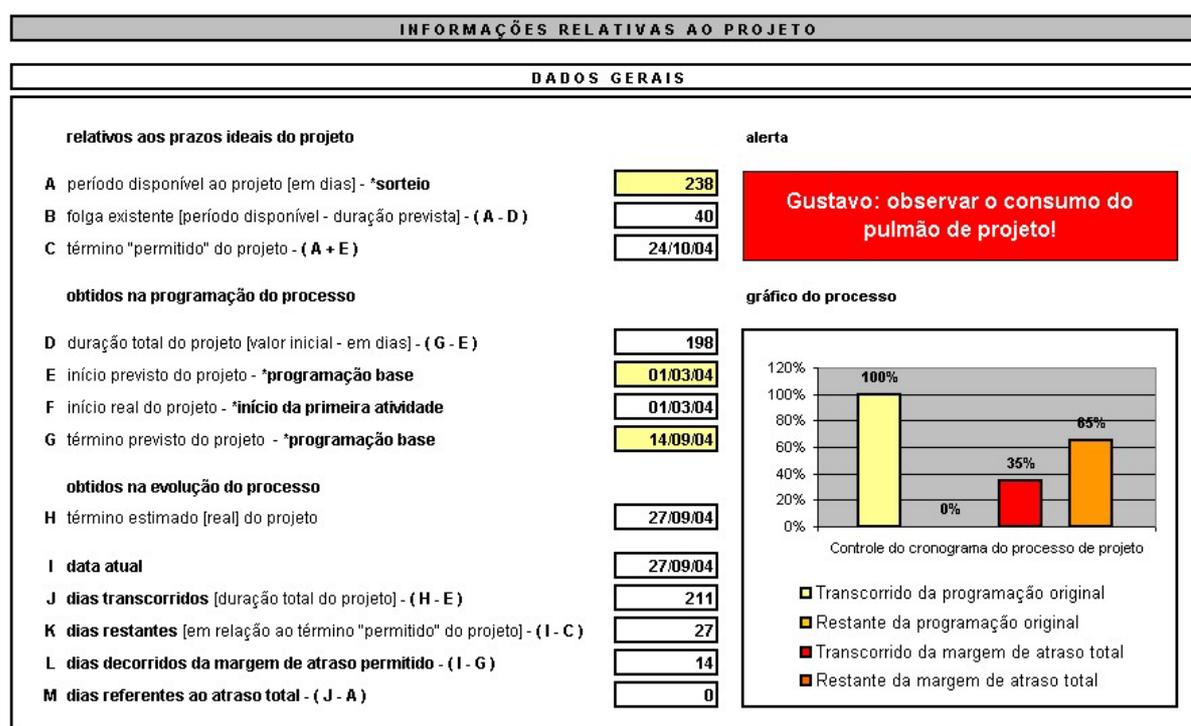


Figura 45: dados relativos ao desenvolvimento do processo de projeto apresentados no componente Projeto

6.3.3 Modelo com o conhecimento do coordenador sobre o desempenho dos projetistas

O objetivo no segundo modelo simulado da fase II foi demonstrar a importância do **conhecimento** do coordenador sobre o desempenho dos projetistas para minimizar os efeitos da incerteza intrínseca ao processo como, por exemplo, os atrasos e retrabalhos. Neste sentido, foram utilizadas duas CDP, uma para assinalar a participação ideal dos projetistas no passar do projeto, por conseguinte, desejado pelos coordenadores, e outra não. Deste modo, foram incluídos, propositalmente, pontos críticos no processo, ou seja, os **gargalos**, correspondentes a **CDP viciada**. Primeiramente, foi realizado um sorteio para definir a quantidade de gargalos existentes no processo de projeto. O resultado indicou que **30%** das atividades teriam uma probabilidade maior de afetar o desenvolvimento do projeto em virtude do desempenho variável e indesejado do projetista. Logo, **seis** atividades das vinte e duas atividades formadoras da rede CPM da etapa de projeto legal do modelo de Bordin (2003) corresponderam aos referidos gargalos.

Após, foram sorteadas as especialidades de projeto até completar a quantidade estabelecida de atividades. Com isso, foram escolhidas quatro especialidades correspondentes aos **projetos de fundações e estrutural**, ambas com duas atividades, e aos **projetos de paisagismo e de modulação de alvenaria** com uma atividade cada. Uma vez assinalados os gargalos do processo o procedimento seguinte foi a montagem das CDP que caracterizaram a atuação dos projetistas. O **conhecimento** do coordenador foi obtido ao usar nas CDP valores apropriados para minimizar a variabilidade no desempenho dos projetistas e evidenciar os bons projetistas e os gargalos criados. Na figura 46 tem-se as combinações de cada CDP. Os valores utilizados para definição da variabilidade dos *uploads* após o prazo foram iguais nas duas CDP citadas, e corresponderam desde o valor mínimo de um dia até o máximo de cinco dias.

Caracterização das combinações das CDP				
CDP	Momento de realização do upload		Avaliação final do upload	
	Dentro do prazo	Após o prazo	Homologados	Vetados
Favorável	80%	20%	80%	20%
Desfavorável	30%	70%	30%	70%

Figura 46: combinações das CDP favorável e desfavorável

Depois de concluídos os procedimentos iniciais, o passo seguinte foi o exercício da simulação propriamente dita. Neste sentido, em virtude do conhecimento dos gargalos, e, por conseguinte da necessidade de monitoramento dos mesmos foram utilizados todos os

componentes do SINTEG/PP, à exceção do componente **Fase I** somente utilizado na programação do processo de projeto. No presente modelo, de acordo com a sistemática das simulações da fase **II** com uso do SINTEG/PP, foi tomado por base o componente **Jogo**. Neste componente foram concentrados todos os alertas assinalados pela ferramenta correspondentes as funções auxiliares tanto para tomada de decisão focando a atenção dos coordenadores nos pontos críticos do processo quanto para controlar da SS/PP. Após o término da simulação os dados coletados no decorrer do processo foram analisados, à exemplo do primeiro modelo simulado da fase **II**, assinalando a participação de cada projetista no projeto. Na figura 47 apresentam-se os dados coletados para todas as atividades, os quais correspondem ao momento e avaliação de cada *upload* realizado no decorrer do processo de simulação.

Dados correspondentes ao desempenho dos projetistas no processo de projeto												
Identificação das atividades			Caracterização dos uploads									
Id	Denominação	Especialidade	Momento					Avaliação				
			1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º
1	Programa de necessidades	Construtora	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
5	Levantamento planialtimétrico	Construtora	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
9	Lançamento do partido arquitetônico	Arquitetura	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
13	Lançamento de pilares	Estrutural	F	F	F	-	-	V	V	H	-	-
17	Estudo preliminar de arquitetura	Arquitetura	F	-	-	-	-	H	-	-	-	-
21	Escolha da proposta	Construtora	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
25	Anteprojeto de arquitetura	Arquitetura	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
29	Orientações gerais – Estrutural	Estrutural	F	-	-	-	-	H	-	-	-	-
33	Orientações gerais – Modulação de alvenaria	Mod. de alvenaria	F	-	-	-	-	H	-	-	-	-
37	Orientações gerais – Elétrico	Elétrico	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
41	Orientações gerais – Hidrossanitário	Hidrossanitário	D	D	-	-	-	V	H	-	-	-
45	Orientações gerais – Climatização	Climatização	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
49	Orientações gerais – Pressurização de escada	Press. de escada	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
53	Orientações gerais – Prevenção de incêndio	Prevenção de incêndio	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
57	Orientações gerais – Abastecimento de gás	Abastecimento de gás	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
61	Orientações gerais – Impermeabilização	Impermeabilização	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
65	Orientações gerais – Paisagismo	Paisagismo	F	-	-	-	-	H	-	-	-	-
69	Orientações gerais – Fundações	Fundações	F	F	F	-	-	V	V	H	-	-
73	Definição de elevadores	Construtora	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
77	Projeto legal de arquitetura	Arquitetura	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
81	Laudo de cobertura vegetal	Paisagismo	D	F	F	-	-	V	V	H	-	-
85	Processo de aprovação	Construtora	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-

Figura 47: dados correspondentes ao desempenho dos projetistas

Através das funções do componente **Feedback**, as atividades foram classificadas conforme os casos: **C1**, **C2**, **C3** e **C4**. Por exemplo, condizem com o caso:

- a) **C1**: atividades correspondentes aos identificadores 1, 5, 9, 21, 25, 37, 45, 49, 53, 57, 73, 77 e 85;
- b) **C3**: atividades correspondentes aos identificadores 17, 29, 33 e 65.

A caracterização do desempenho do projetista foi concluída com os dados armazenados no componente **Pulmões** relativos ao consumo de cada pulmão de convergência. No decorrer, e ao término, da simulação foi observado o consumo de cada pulmão de convergência e de projeto respectivamente nos componentes **Pulmões-PC** e **Pulmão-PP**. Neste sentido, o pulmão de projeto foi totalmente utilizado conforme os dados apontados no componente **Projeto** conforme a indicação do consumo de **100%** do referido pulmão (figura 48).

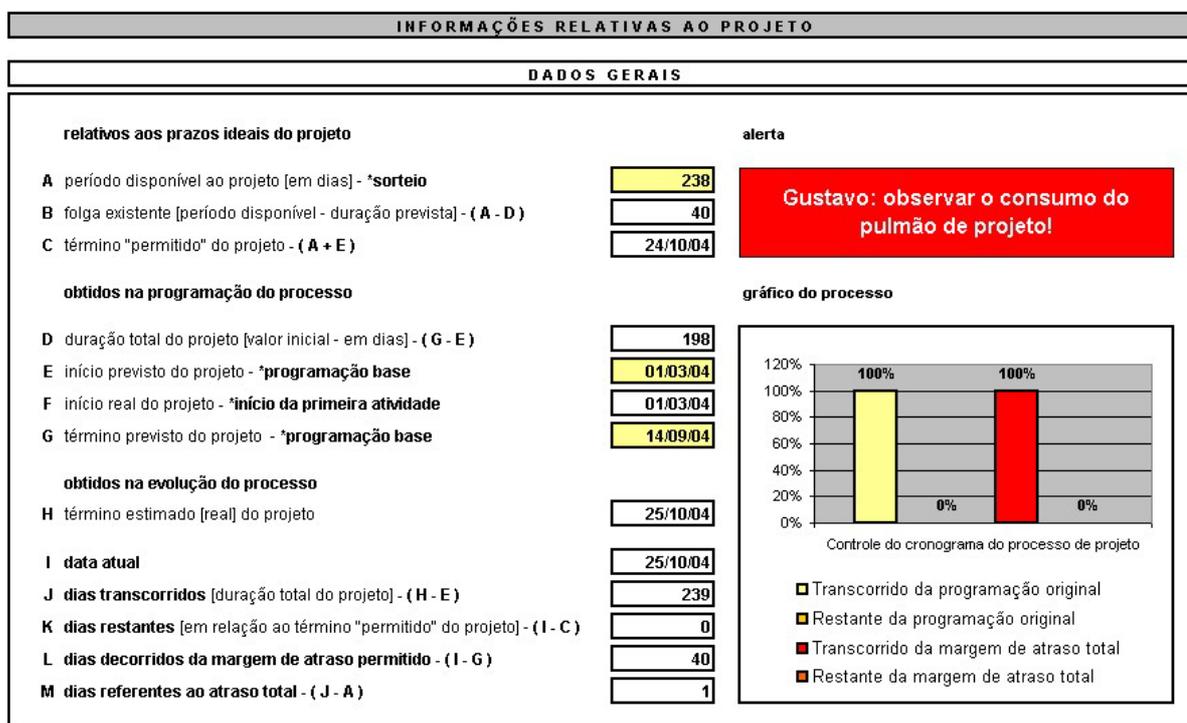


Figura 48: dados relativos ao desenvolvimento do processo de projeto apresentados no componente Projeto

Além disso, no gráfico estavam apresentados os percentuais referentes tanto à programação original quanto do pulmão de projeto, o qual segundo a TR em razão do consumo obtido não era necessário ser redimensionado. Ao analisar o consumo do pulmão de projeto é percebido o quanto a **CDP viciada** afetou o seu consumo, haja visto que no primeiro modelo o consumo do referido pulmão foi de **35%**.

Adicionalmente, foram utilizadas as funções do componente **Feedback** correspondentes aos filtros de seleção que permitem identificar e combinar os dados daquelas atividades que tiveram o maior número de *uploads* vetados e realizados após o prazo, para identificar os gargalos do processo de projeto. Logo, foi verificado se as **seis** atividades previamente rotuladas gargalos, as quais são aquelas cujo identificador está grifado em amarelo, foram localizadas corretamente. Neste sentido, foi observado que em virtude da variabilidade no desempenho dos projetistas, três atividades não apresentaram o resultado esperado, ou seja, não foram consideradas gargalos. O desempenho dos projetistas nas referidas atividades condizem com a acepção do caso **C3**, haja visto que todos *uploads* foram homologados após o prazo. Estas atividades correspondem:

- a) **29**: Orientações gerais - Estrutural;
- b) **33**: Orientações gerais - Modulação de alvenaria;
- c) **65**: Orientações gerais - Paisagismo.

Entretanto, a qualificação do desempenho dos projetistas nas atividades citadas apesar da homologação do *uploads* se dar **após o prazo**, sob o ponto de vista do controle do cronograma temporal do processo, foi oportuna para a coordenação de projeto. A razão para tal, é porque nestas atividades era esperada um desempenho falho do projetista causando, por exemplo, *upload* vetado, e tal fato não ocorreu. Logo, é relevante mencionar que tal avaliação corresponderia ao momento atual e, assim sendo, não se destaca o mérito se isto havia sido um acontecimento esporádico ou realmente seria uma característica constante do projetista. Porém, isto se torna mais relevante quando analisados os dados, nos quais foi bem assinalado o desempenho improdutivo de três projetistas, e foi constatado que os mesmos projetistas estavam no exercício das atividades antes citadas. As atividades correspondentes aos gargalos foram:

- a) **13**: Lançamento de pilares;
- b) **69**: Orientações gerais - Fundações;
- c) **81**: Laudo de cobertura vegetal.

Diante dos dados apresentados neste modelo, foi evidenciado que mesmo considerando o **conhecimento** do coordenador sobre o desempenho dos projetistas o processo está exposto as

vicissitudes inerentes ao seu desenvolvimento. Isto foi observado através dos resultados obtidos utilizando as **CDP viciadas**, nos quais algumas das atividades conhecidas pelo coordenador não assinalaram o gargalo fruto do desempenho improdutivo e esperado do projetista. Um exemplo disto ocorreu com o **projetista estrutural**, o qual apresentou desempenhos completamente distintos um do outro em duas atividades ao longo de um mesmo projeto. Isto foi em virtude da ocorrência de situações inesperadas, mas, desejadas pelos coordenadores, fruto da variabilidade de comportamento do projetista como, por exemplo, afortunadamente não assinalar um desempenho improdutivo.

Por outro lado, pode ocorrer uma situação indesejada, na qual a atuação de projetistas não considerados um problema à coordenação, podem eventualmente afetar o desenvolvimento do projeto. No entanto, isto não ocorreu e foi devido o uso da CDP com maior probabilidade do projetista apresentar um desempenho favorável, ao cumprir o prazo e disponibilizar informações adequadas as necessidades do projeto. Neste sentido, é relevante ter conhecimento sobre a variabilidade do desempenho dos projetistas visando identificar os prazos adequados à realização de cada atividade. Portanto, é minimizando a incerteza na atuação dos intervenientes que se torna possível reduzir o tempo de segurança incluído nos projetos. Isto, no presente modelo, foi constatado através da CDP correspondente ao desempenho desejado pelos coordenadores dos projetistas, os quais em nenhum momento proporcionaram uma situação desfavorável que pudesse afetar o cronograma do projeto.

6.3.4 Modelo com o desconhecimento do coordenador sobre o desempenho dos projetistas

O objetivo do terceiro modelo simulado da fase II foi apresentar as conseqüências do **desconhecimento** do coordenador sobre o desempenho dos projetistas como, por exemplo, a maior incidência de gargalos no processo de projeto. Para tal, inicialmente, foi analisado o modelo anterior, no qual embora considerando o **conhecimento** do coordenador sobre o desempenho provável de cada participante o projeto foi exposto a incerteza fruto da variabilidade de desempenho dos projetistas. Logo, no presente modelo foi criado, propositalmente, um contexto mais desfavorável para a coordenação corroborando com o pressuposto desconhecimento do coordenador. Para tal, foram utilizadas três CDP indicativa de um desempenho **favorável**, **neutro** e **desfavorável** à coordenação de projetos. Por

consequente, a CDP desfavorável, ou seja, **CDP viciada** determina, por exemplo, a maior probabilidade de o projetista afetar a elaboração do projeto ressaltando os gargalos. Neste modelo, o projetista foi considerado um gargalo devido ao falho e improdutivo desempenho individual apresentado numa atividade ou em virtude da ocorrência de desempenhos diferenciados do mesmo projetista em duas ou mais atividades diferentes no passar de um projeto. Portanto, com o auxílio da ferramenta foi verificado se os dados coletados ao término das simulações corresponderam àqueles definidos nas CDP como, por exemplo, se os gargalos foram assinalados corretamente. Na figura 49 tem-se as combinações de cada CDP.

Caracterização das combinações das CDP				
CDP	Momento de realização do upload		Avaliação final do upload	
	dentro do prazo	após o prazo	homologados	vetados
Favorável	90%	10%	90%	10%
Neutra	70%	30%	70%	30%
Desfavorável	20%	80%	20%	80%

Figura 49: combinações das CDP favorável, neutra e desfavorável

O desconhecimento do coordenador sobre o desempenho dos projetistas **em cada uma** das atividades foi assegurado mantendo em segredo as combinações de cada CDP até o término da simulação (figura 50).

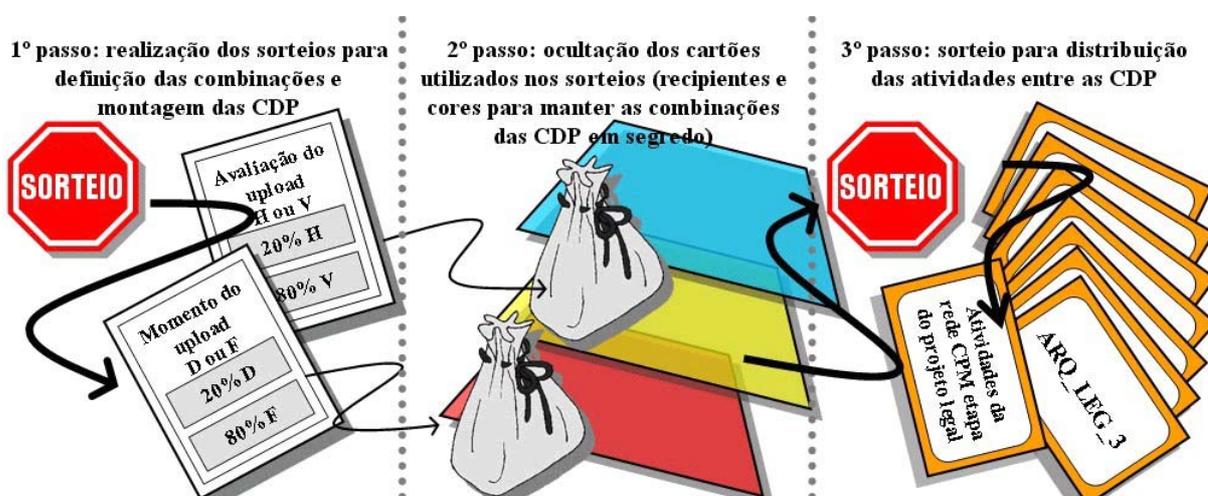


Figura 50: esquema ilustrativo da montagem das CDP

Para tal, cada CDP foi identificada por uma **cor** como, por exemplo, a **cor azul** atrelada a CDP desfavorável. A CDP favorável foi assinalada pela **cor vermelha** e a neutra pela **cor amarela**. Além disso, foram utilizados recipientes para evitar a visualização dos cartões utilizados nos sorteios. Posteriormente, e aleatoriamente, através de sorteios foram distribuídas proporcionalmente todas as atividades da rede CPM, à exceção da última atividade, nas três CDP. Logo, foram atreladas sete atividades a cada CDP.

Depois de concluídos os procedimentos de configuração das CDP foi iniciada a simulação propriamente dita. Uma vez simulado o processo de projeto foram analisados os dados coletados. Neste sentido, à exemplo dos modelos anteriores, primeiramente através dos componentes **Feedback** e **Pulmões** foi qualificado o desempenho de cada projetista. Na figura 51 apresentam-se os dados coletados no decorrer do processo de simulação. Conforme apresentado os identificadores das atividades foram destacados com a cor da CDP correspondente.

Dados correspondentes ao desempenho dos projetistas no processo de projeto												
Identificação das atividades			Caracterização dos uploads									
Id	Denominação da atividade	Especialidade	Momento					Avaliação				
			1º	2º	3º	4º	5º	1º	2º	3º	4º	5º
1	Programa de necessidades	Construtora	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
5	Levantamento planialtimétrico	Construtora	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
9	Lançamento do partido arquitetônico	Arquitetura	F	-	-	-	-	H	-	-	-	-
13	Lançamento de pilares	Estrutural	D	D	F	F	-	V	V	V	H	-
17	Estudo preliminar de arquitetura	Arquitetura	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
21	Escolha da proposta	Construtora	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
25	Anteprojeto de arquitetura	Arquitetura	F	D	-	-	-	V	H	-	-	-
29	Orientações gerais – Estrutural	Estrutural	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
33	Orientações gerais – Modulação de alvenaria	Mod. de alvenaria	F	F	F	-	-	V	V	H	-	-
37	Orientações gerais – Elétrico	Elétrico	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
41	Orientações gerais – Hidrossanitário	Hidrossanitário	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
45	Orientações gerais – Climatização	Climatização	F	-	-	-	-	H	-	-	-	-
49	Orientações gerais – Pressurização de escada	Press. de escada	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
53	Orientações gerais – Prevenção de incêndio	Prevenção de incêndio	D	D	F	-	-	V	V	H	-	-
57	Orientações gerais – Abastecimento de gás	Abastecimento de gás	F	-	-	-	-	H	-	-	-	-
61	Orientações gerais – Impermeabilização	Impermeabilização	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
65	Orientações gerais – Paisagismo	Paisagismo	D	F	F	-	-	V	V	H	-	-
69	Orientações gerais – Fundações	Fundações	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
73	Definição de elevadores	Construtora	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
77	Projeto legal de arquitetura	Arquitetura	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
81	Laudo de cobertura vegetal	Paisagismo	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-
85	Processo de aprovação	Construtora	D	-	-	-	-	H	-	-	-	-

Figura 51: dados correspondentes ao desempenho dos projetistas

No presente modelo, em razão do pressuposto desconhecimento do coordenador somente no decorrer da simulação foram obtidos indicativos da diferenciação das CDP utilizadas, assinalando a incerteza sobre o desempenho dos projetistas. Isto porque não havia conhecimento no início da simulação da CDP do significado das cores **azul**, **vermelha** ou **amarela**. Neste sentido, a suposta ligação da **cor azul** com a **CDP desfavorável** ocorreu quando as atividades apresentaram situações indesejadas para a coordenação do projeto. Logo, a partir deste momento na **simulação**, foi dada atenção em monitorar as atividades grifadas com a cor azul.

Uma vez concluída a simulação, foram analisados os dados assinalados pela atuação dos projetistas no passar do projeto e comparados com aqueles configurados na CDP. Para tal, inicialmente foram analisados os desempenhos assinalados pelos projetistas no passar do projeto nas atividades grifadas com as cores **amarela** e **vermelha**. Neste sentido, todas as atividades foram classificadas conforme a aceção do caso **C1**. A única exceção foi a atividade correspondente ao identificador **57** (cor amarela), denominada **Orientações gerais - Abastecimento de gás**, na qual o *upload* foi homologado após o prazo, apontando o caso **C3**. Conseqüentemente, as CDP relacionadas as cores **amarela** e **vermelha** foram tidas **favoráveis** para a coordenação de projeto.

A CDP caracterizada pela cor vermelha foi utilizada também no primeiro modelo da fase **II**. E neste modelo algumas atividades também foram classificadas no caso **C3**, o qual determina um desempenho desfavorável do projetista somente com relação ao cumprimento dos prazos. Isto, por sua vez, em algumas situações poderá não se tornar um problema, e por isso a CDP foi dita **neutra**. Neste sentido, era esperada a marcação em várias atividades do caso **C3**, mas fruto da variabilidade dos desempenhos dos projetistas, somente foi assinalado pela CDP neutra um caso **C3**.

Depois de analisadas as atividades correspondentes as cores amarela e vermelha foram analisadas as atividades correspondentes a cor azul. Nesta análise à exemplo do segundo modelo somente quatro atividades foram assinaladas como gargalos dos projetistas. O desempenho improdutivo dos projetistas foi constatado nas atividades:

- a) **13**: Lançamento de pilares;
- b) **33**: Orientações gerais - Modulação de alvenaria;
- c) **53**: Orientações gerais - Prevenção de incêndio;

d) 65: Orientações gerais - Paisagismo.

Nestas atividades apontadas pelos identificadores 33, 53 e 65 foram realizados três *uploads*, os dois primeiros foram vetados indicando que as informações transmitidas não contemplaram as exigências para elaboração do projeto. Coincidentemente, estas atividades segundo a rede CPM do modelo de Bordin (2003) estavam relacionadas as orientações gerais dos projetos complementares. Adicionalmente, esta situação foi agravada em virtude dos projetistas sempre irem além do prazo pré-estabelecido afetando processo de elaboração do projeto na qualidade da solução e prazo de entrega. O quarto gargalo correspondeu a atividade referente ao identificador 13 denominada **Lançamento de pilares**, na qual foram realizados quatro *uploads*, dos quais os três primeiros foram vetados indicando que as informações transmitidas não contemplaram as exigências para elaboração do projeto. Porém ocorreu atraso somente em dois *uploads*.

Além disso, no presente modelo, três especialidades de projeto foram consideradas gargalos devido a variabilidade dos desempenhos dos projetistas. Neste sentido, respectivamente, nas especialidades de **projeto de arquitetura, estrutural e de paisagismo** foram assinalados os desempenhos dos projetistas em duas ou mais atividades diferentes durante o desenvolvimento do mesmo projeto. Esta situação foi presenciada, à exemplo do ocorrido no modelo anterior, porque não foram assinaladas atividades que deveriam ser classificadas como gargalos em virtude do histórico de desempenho do projetista. Nesta situação, considerando apenas o aspecto tempo, as intervenções possíveis devem ser no sentido de diminuir a variabilidade associada a estas atividades.

Diante dos dados apresentados neste modelo ao considerar o pressuposto desconhecimento do coordenador o projeto foi exposta a incerteza fruto da variabilidade do desempenho dos projetistas. Logo, foram percebidas as conseqüências deste desconhecimento haja visto o impacto causado pela **CDP viciada** no processo de projeto como, por exemplo, a maior incidência de gargalos. Porém, o consumo do pulmão de projeto foi mais baixo que aquele obtido no segundo modelo. O consumo do pulmão obtido foi de **95%**, mas se tomada por base para cálculo a data do último *upload* o referido consumo foi de **75%**. Este consumo mais baixo foi atribuído aos desempenhos dos projetistas relacionados as **CDP favorável e neutra**, os quais não lesaram em momento algum o processo de elaboração do projeto. Logo, o impacto causado pela **CDP viciada** foi compensado pelo melhor desempenho destes projetistas. Ou seja, mesmo considerando uma probabilidade maior de acontecimentos

indesejados, a coordenação de projeto foi beneficiada pela variabilidade de desempenho dos projetistas.

6.3.5 Aspectos observados nos modelos simulados da etapa de controle

Nos modelos simulados da fase II foram apresentadas situações da aplicação da ferramenta proposta assistindo o trabalho da coordenação de projetos primeiramente através do monitoramento do processo. E, posteriormente, assinalando os sinais de alertas auxiliares no processo de tomada de decisão dos coordenadores, possibilitando focar a atenção nos pontos críticos enquanto há tempo para solucionar os problemas. Além disso, no decorrer destas simulações foram percebidas as conseqüências da incerteza no processo de projeto fruto, por exemplo, da variabilidade dos desempenhos de um projetista no decorrer do mesmo projeto. Tal fato reflete a necessidade de assegurar maior confiabilidade na probabilidade sobre o desempenho dos participantes do projeto tanto relativas ao cumprimento de prazos quanto a validade das informações transmitidas.

Estas situações refletem a incerteza que permeia o comportamento dos projetistas, que tanto poderiam ser favoráveis ou não a coordenação de projetos, até no decorrer de um mesmo projeto, e com isso dissimular o verdadeiro desempenho de cada profissional. Logo, cabe ao coordenador obter conhecimento sobre a atuação dos projetistas para num outro projeto considerar na etapa de programação a presença dos gargalos esperados no passar do projeto. Deste modo, poderá ser realizada uma programação adequada ao desempenho e necessidades dos projetistas. É, neste sentido, que a ferramenta proposta poderá contribuir com a coordenação de projeto auxiliando no monitoramento do processo e viabilizando a criação de um banco de dados que caracterize o desempenho de cada projetista favorecendo a obtenção de uma programação num outro projeto adequada as características dos profissionais envolvidos. Conseqüentemente, se estará contribuindo na qualidade do processo de elaboração projeto refletida na melhoria da qualidade da solução obtida.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo destina-se à apresentação das considerações finais sobre os resultados deste trabalho, bem como a sugestão de temas para futuras pesquisas.

7.1 PRINCIPAIS CONSIDERAÇÕES

O objetivo desta pesquisa foi a apresentação de modelo validado de ferramenta computacional denominada SIPROCON/PP de apoio à atividade de coordenação de projetos através de cronograma das atividades geradoras de informações neste processo no subsetor edificações. Diante do apresentado neste trabalho, esta ferramenta poderá evitar a sobrecarga de esforço dos coordenadores na tarefa de monitorar o fluxo do intercâmbio de informações do processo e auxiliar na tomada de decisão destes profissionais. Neste sentido, de acordo com conceito do SIPROCON/PP os coordenadores têm a sua atenção focada nos pontos críticos do processo de projeto a tempo de evitar o comprometimento da qualidade do projeto. Logo, os futuros usuários desta ferramenta podem dedicar mais tempo a solução dos pormenores do projeto advindos do processo de elaboração. É relevante apontar que não se concebeu a ferramenta como única solução possível e, por isso outras funções poderão ser necessárias quando esta for utilizada em condições reais exigindo algumas adaptações e aperfeiçoamento.

Uma vez existente a necessidade de desenvolvimento da ferramenta foram realizadas a sua concepção, modelagem e construção. Porém, não foi obtida uma versão adequada da ferramenta e isenta de erros habilitada para avaliação prática. No entanto, não se adentra no mérito de julgar se este foi um acontecimento esporádico ou uma característica constante dos profissionais encarregados da construção da ferramenta, os quais não atuam na construção civil e com isso, podem não ter o entendimento e a gravidade do problema que se pretende resolver. Além disso, no decorrer da construção do SIPROCON/PP com base no conhecimento tácito obtido nesta pesquisa, em harmonia com o indicado na bibliografia, foi observado que também no desenvolvimento de sistemas à exemplo da construção civil o **projeto** é mantido em segundo plano. Esta afirmação está fundamentada nas soluções dos erros identificados nos testes da ferramenta no decorrer do processo de desenvolvimento do SIPROCON/PP. Entretanto, os erros foram fruto da não adoção do DMS como disciplinador

da construção do SIPROCON/PP e, não qualidade das informações especificadas no DMS. Neste sentido, o valor da informação armazenada ou assinalada pela ferramenta podem ser negligenciados. Por exemplo, o alerta automático fruto de um atraso é de acordo com a sistemática de utilização do SIPROCON/PP definido pela combinação de vários dados. Estes dados têm para um programador um determinado valor, porém, para um coordenador os mesmos dados isolados ou combinados determinam uma informação que assinala o comprometimento do projeto. Logo, à exemplo do ocorrido com o SIPROCON/PP algumas funções correspondentes a procedimentos triviais como, por exemplo, alterar as atividades precedentes, se não implementadas corretamente podem afetar no uso da ferramenta.

Uma vez inviabilizada o acesso a uma versão adequada do SIPROCON/PP para aplicação prática foram realizadas simulações. Com isso, tornou-se premente a necessidade de conseguir dinamizar o intercâmbio de informações de um processo de projeto de modo a proporcionar a criação de um sistema-objeto, no qual seria possível simular a tomada de decisão dos coordenadores sob o ponto de vista do controle temporal. Neste sentido, foi tomado por base o modelo de Bordin (2003) extraindo deste o embasamento necessário uma vez que o mesmo corresponderia ao ideal intercâmbio de informações entre os intervenientes do projeto. Após, através de uma atividade lúdica denominada SS/PP, foi gerada a variabilidade e incerteza fruto do desempenho dos projetistas no processo de projeto. A SS/PP foi uma importante ferramenta utilizada nas simulações já que atendeu completamente as necessidades para reproduzir o intercâmbio de informações de um processo de projeto. Entende-se que o seu desenvolvimento favoreceu a pesquisa metodologicamente sendo, neste caso, possível a demonstração de todo o processo de elaboração da SS/PP. Este processo de modelar uma sistemática para simular o processo de projeto involuntariamente favoreceu a abordagem de uma teoria como, por exemplo, a Teoria das Restrições, por meio da prática.

No decorrer deste processo foi constatada a instabilidade funcional do SIPROCON/PP para aplicação também nas simulações. Portanto, concomitantemente a criação da SS/PP foi realizada a construção de uma ferramenta auxiliar denominada SINTEG/PP. Através do protótipo SINTEG/PP foi demonstrado aos programadores uma nova ótica da modelagem e das funcionalidades à serem implementadas, evidenciando o quão importantes eram as informações transmitidas no DMS. A construção do SINTEG/PP demonstrou que os princípios de funcionamento do SIPROCON/PP apresentados na especificação da modelagem estavam corretos e eram suficientes para o seu desenvolvimento e aplicação. Além disso, foi um importante instrumento para validação da SS/PP. Deste modo, as contribuições

proporcionadas pelo SINTEG/PP e SS/PP foram relevantes pois viabilizaram as simulações que forneceram os dados necessários à conclusão da presente pesquisa para validação da modelagem e aplicação do SIPROCON/PP. Através destas ferramentas o uso das simulações como estratégia de pesquisa mostrou ser de grande valia, permitindo compreender e mensurar o impacto da variabilidade associada as atividades fomentando a tomada de decisão dos coordenadores de projeto ao monitorar o fluxo do intercâmbio de informações. Por isso, foi relevante a utilização do modelo proposto por Bordin (2003) associado a SS/PP porque assim foram criadas situações semelhantes as reais permitindo demonstrar com base em dados concretos a aplicabilidade da ferramenta.

Através da utilização de um modelo como, por exemplo, o elaborado por Bordin (2003) em associação a um sistema que venha auxiliar o trabalho da coordenação de projetos, será possível tanto aos projetistas, quanto ao coordenador acompanhar o desenrolar de todas as atividades integrantes do processo de projeto. Além disso, existe a possibilidade de criar uma memória dos erros cometidos (por exemplo: falta de clareza nas informações, falta de informações, falta de detalhamento) ou identificados no projeto no decorrer do seu processo de elaboração em cada atividade visando obter parâmetros que subsidiam a elaboração e as soluções adotadas em outros projetos. Estes erros podem então ser convertidos em alertas assinalados pela ferramenta no passar do projeto favorecendo o processo de elaboração assegurando a qualidade das informações transmitidas. A informação é, para estes profissionais, uma matéria-prima essencial para suas atividades (por exemplo: geração de documentos, tomadas de decisão, execução de tarefas e geração de novos conhecimentos). Esta solução conjunta pode trazer benefícios para os profissionais que trabalham com projetos durante a sua elaboração, uma vez que estes necessitam de informações oportunas para tomadas de decisão. No entanto, deve permanecer a ressalva da independência do resultado dos dois trabalhos: tanto o modelo elaborado por Bordin (2003) poderá ser utilizado sem considerar a existência de uma ferramenta como o SIPROCON/PP, quanto deste último, ser desenvolvido e empregado sem considerar o referido modelo. Conforme aponta Bordin (2003) se houver a representação dos resultados na forma de um cronograma, cada participante pode visualizar como está influenciando o andamento do processo e o coordenador de projetos atuará de forma mais direta somente sobre o profissional que representa, a cada momento, um problema para o grupo na medida que atrasa uma etapa sob a sua responsabilidade.

Nos modelos simulados do intercâmbio de informações foi evidenciado, corroborando com o apresentado na bibliografia, que quanto menor o conhecimento sobre o desempenho dos projetistas, mais extenso tende a ser o projeto em virtude da segurança que será incluída na duração das atividades para minimizar os efeitos da incerteza do desempenho dos participantes do projeto. As conseqüências da incerteza foram percebidas através dos atrasos e maior incidência de gargalos fruto da variabilidade de comportamento dos projetistas. Por isso, é relevante a utilização de uma ferramenta auxiliar no trabalho da coordenação na obtenção dos dados que assinalaram a participação de cada projetista no decorrer do projeto. Desta forma, se estará contribuindo para criação de um banco de dados com o histórico do desempenho dos projetistas em outros projetos favorecendo a identificação para cada projetista dos prazos adequados para realização da suas atividades. Com isso será possível estimar o tempo mínimo e ideal para realização de um projeto em função das características dos profissionais que formam a equipe de projeto. Neste sentido, permanece a ressalva para minimizar a variabilidade do comportamento dos projetistas e já na formação da equipe assegurar a participação de profissionais que tenham a maior probabilidade de cumprimento de prazos e aprovação dos resultados das atividades.

Diante do apresentado, as contribuições deste trabalho permaneceram centradas em demonstrar o processo de desenvolvimento da ferramenta desde sua concepção até a validação da aplicação em demonstrações simuladas do seu uso num processo de projeto. Neste sentido, foi evidenciada a assistência prestada pela ferramenta ao monitorar o fluxo de informações focando a atenção dos coordenadores para os pontos críticos no decorrer do processo de desenvolvimento do projeto. Logo, se estará contribuindo com o adequado intercâmbio de informações haja visto a possibilidade de assegurar a disponibilização de informações satisfaçam os requisitos necessários para a tomada de decisão. Por conseguinte, qualificando o processo de elaboração do projeto. A melhor qualidade do processo de elaboração do projeto, conforme os resultados obtidos nas simulações será advinda do conhecimento mais refinado do coordenador sobre o desempenho de cada projetista. Deste modo, existirá a possibilidade de estabelecer um contexto mais adequado à elaboração do projeto fruto de uma programação que considere prazos adequados a realização das atividades de cada projetista e também pela melhoria da comunicação entre os intervenientes. Por fim, acredita-se que os resultados disto serão percebidos na melhor qualidade da solução final do projeto, o que por sua vez se refletirá na decorrer da execução da obra com menor incidência de patologias, incompatibilidade entre projetos, atrasos e retrabalhos.

7.2 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

O desenvolvimento deste trabalho indicou que a necessidade de propor algumas sugestões de temas para novos estudos. A primeira sugestão relaciona-se ao desenvolvimento de uma ferramenta computacional destinada à automatizar a tarefa de programação do processo de projeto através da caracterização do empreendimento. Deste modo, na medida em que fossem definidas as especialidades de projeto necessárias à sua elaboração, e conseqüentemente para execução do empreendimento, seria possível, por exemplo, a ferramenta estabelecer o arranjo mais adequado da rede CPM de atividades geradoras de informações.

Uma outra proposta, diz respeito à exploração do formato adequado dos documentos que fossem gerados ao término de cada atividade. Para tal, poderiam ser desenvolvidos *check-lists* discriminando os itens que deveriam ser contemplados nos resultados finais das atividades e no decorrer da elaboração dos projetos. Neste sentido, seria interessante averiguar o formato ideal destes documentos gerados para uma comunicação via extranet. Finalmente, a última propostas consiste em criar um jogo computacional com base nos procedimentos da SS/PP voltado ao treinamento de coordenadores de projeto visando sua aplicação em cursos acadêmicos.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, I. U.; RUSSEL, J. S.; ABOU-ZEID, A. Information Technology (IT) and integration in the construction industry. In: **Construction Management and Economics**, v. 13, p. 163-171, 1995.
- ALMEIDA, M. G.; ROSA, P. C. **Internet, Intranets e Redes Corporativas**. Rio de Janeiro: Brasport, 2000.
- ALSHAVI, M.; INGIRIGE, B. Web-enabled project management: an emerging paradigm in construction. In: **Automation in Construction**, v. 12, p. 349-364, 2003.
- AMOR, R.; FARAJ, I. Misconceptions about integrated project databases. In: **ITcon**, v. 6, p. 57-68, 2001. Disponível em: <<http://www.itcon.org/2001/5/>>. Acesso em: 11 de março de 2004.
- ANDRESEN, J. L.; BALWIN, A.; BETTS, M.; CARTER, C.; HAMILTON, A.; STOKES, E.; THORPE, T. A framework for measuring IT innovation benefits. In: **Electronic Journal of Information Technology in Construction**, v. 5, p. 57-72, 2000.
- ANDRESEN, J. L.; CHRISTENSEN, K.; HOWARD, R. W. Project management with Project Web. In: **Electronic Journal of Information Technology in Construction**, v. 8, p. 29-41, 2003.
- AOUAD, G.; KIRKHAM, J.; BRANDON, P.; BROWN, F.; CHILD, T.; COOPER, G.; FORD, S.; OXMAN, R.; YOUNG, B. The conceptual modelling of construction management information. In: **Automation in Construction**, v. 3, p. 267-282, 1995.
- ARAÚJO, C. S.; MENDES, L. A. G.; TOLEDO, L. B. Modelagem do desenvolvimento de produtos: caso EMBRAER – uma experiência e lições aprendidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO, 3., 2001, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: NeDIP-CTC/UFSC, 2001. 1CD.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA (AsBEA). **Manual de Contratação dos Serviços de Arquitetura e Urbanismo**. 2. ed, São Paulo: Editora Pini Ltda, 2000.
- AUSTIN, S.; BALDWIN, A.; LI, B.; WASKETT, P. Analytical Design Planning Technique: a model of the detailed building design process. In: **Design Studies**, v. 20, n. 3, p. 279-296, 1999.
- AUSTIN, S.; BALDWIN, A.; NEWTON, A. Manipulating the flow of design information to improve the programming of building design. In: **Construction Management and Economics**, v. 12, n. 54, p. 445-455, 1994.

AUSTIN, S.; NEWTON, A.; STEELE, J.; WASKETT, P. Modelling and managing project complexity. In: **International Journal of Project Management**, v. 20, p. 191-198, 2002.

BAÍA, J. L.; MELHADO, S. B. Implantação de um sistema de gestão da qualidade em empresas de arquitetura. São Paulo: BT/PCC/221, 1998. 21p.

BARROS, M. M. S. B. O processo de projeto e a busca de inovação tecnológica nas empresas construtoras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, 1999, Recife. **Anais...** Recife: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1999, 1 CD.

BORDIN, L. **Caracterização do processo e modelagem das atividades geradoras de informações no desenvolvimento de projetos de edifícios residenciais multifamiliares**. 2003. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BORDIN, L.; GUERRERO, J. M. C. N.; SCHMITT, C. M. Troca de informações entre os membros da equipe de projeto: importância da sua sistematização e gerência do processo com o uso de extranet. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22., 2002a, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2002a, 1 CD.

BORDIN, L.; SCHMITT, C. M.; GUERRERO, J. M. C. N. 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 PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2., 2002b, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUC/RS – EESC/USP - UFSM, 2002b. 1CD.

BRANDÃO, D.Q.; HEINECK, L.F.M. Variabilidade de “layouts” x construtibilidade: algumas soluções para promoção da versatilidade espacial em apartamentos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1998. p.207-213. 1 CD.

CALDAS, C. H. S.; SOIBELMAN, L. Automating hierarchical document classification for construction management information systems. In: **Automation in Construction**, v. 12, p. 395-406, 2003.

CARDOSO, C. **UML na prática – do problema ao sistema**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2003.

CASSARO, A. C. **Sistemas de informações para tomada de decisões**. 3. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

CHOO, H. J.; HAMMOND, J.; TOMMELEIN, I. D.; BALLARD, G.; AUSTIN, S. A. DePlan: a tool for integrated. In.: **Automation in Construction**, v. 13, p. 313-326, 2004.

CINTRA, M. A. H. **Sistemas de informação e gerenciamento de projetos: um estudo de caso na cidade de Juiz de Fora**. 1998. 209 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Fluminense, Niterói.

CORRÊA, R. M.; NAVEIRO, R.M. **Importância do ensino da integração dos projetos de arquitetura e estrutura de edifícios: fase de lançamento das estruturas**. In. WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2001, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EESC-USP, 2001. 1 CD.

COSTA, J. M. C.; ABRANTES, V. Design management through quality evaluation. In.: **The organization and management of construction: shaping theory and practice**, D. A. Langford and A. Retik, v. 2, p. 829-842, 1996.

COX III; J. F., SPENCER; M. S. **Manual da Teoria das Restrições**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

CURRY, A.; STANCICH, L. The intranet – an intrinsic component of strategic information management? In: **International Journal of Information Management**, v. 20, p. 249-268, 2000.

DAWOOD, N.; AKINSOLA, A.; HOBBS, B. Development of automated communication of system for managing site information using Internet technology. In: **Automation in construction**, v. 11, n. 5, p. 557-572, 2002.

DENG, Z. M.; TAM, C.M.; LI, H; SHEN, Q. P.; LOVE, P. E. D. An application of the Internet-based project management system. In: **Automation in construction**, v. 10, p. 239-246, 2001.

DUARTE, T. M. P.; SALGADO, M. S. O projeto executivo de arquitetura como ferramenta para controle da qualidade da obra. In. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2002. p.65-73. 1 CD.

EDMUNDS, A.; MORRIS, A. The problem of information overload in business organizations: a review of the literature. In: **International Journal of Information Management**, v. 20, p. 17-28, 2000.

FABRICIO, M. M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. 2002. 350 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

FABRICIO, M. M.; BAÍA, J. L.; MELHADO, S. B. Estudo do fluxo de projetos: cooperação sequencial x colaboração simultânea. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, 1999, Recife. **Anais...** Recife: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1999, 1 CD.

FARAJ, I.; ALSHAVI, M.; AUOAD, G.; CHILD, T.; UNDERWOOD, J. An industry foundation classes Web-based collaborative construction computer environment: WISPER. In: **Automation in construction**, v. 10, p. 79-99, 2000.

FONTENELLE, E. C. **Estudos de caso sobre a gestão do projeto em empresas de incorporação e construção**. 2002. 384 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

FOWLER, M. **UML essencial: um breve guia para linguagem padrão de modelagem de objetos**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2000.

FRANCHI, C. C.; SOIBELMAN, L.; FORMOSO, C. T. **As Perdas de Materiais na Indústria da Construção Civil**. In. II SEMINÁRIO QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: GESTÃO E TECNOLOGIA, 2., 1993, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil/NORIE, 1993. p.133-198.

FREITAS, E. N. G. O. **O desperdício na construção civil: caminhos para sua redução**. In. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 1995, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1995. p.167-172. 1 CD.

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 PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUC/RS – EESC/USP - UFSM, 2002. 1CD.

FRUET, G. M.; FORMOSO, C. T. **Diagnóstico das dificuldades enfrentadas por gerentes técnicos de empresas de construção civil de pequeno porte**. In. II SEMINÁRIO QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: GESTÃO E TECNOLOGIA, 2., 1993, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil/NORIE, 1993. p.1-51.

GOLDRATT, E. M. **Corrente crítica**. São Paulo: Editora Nobel, 1998.

GÓMEZ, L. A. **Proposta de uma ferramenta inteligente para gerenciamento da informação em grandes projetos de engenharia**. 2000. 170 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

GUERRERO, J. M. N. C. **Implantação e uso de site colaborativo no processo de projeto de obras de edificação em Porto Alegre/RS: importância da colaboração e comunicação para sua gestão**. 2004. 111 f. Trabalho de conclusão (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, BR-RS, 2004.

GUS, M. **Método para a concepção de sistemas de gerenciamento da etapa de projetos na construção civil: estudo de caso**. 1996. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) –

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

HUOVILA, P.; SERÉN, K. J. Customer-oriented design methods for construction projects. In: **Journal of Engineering Design**, v. 9, n. 3, p. 225-238, 1998.

IOSHIMOTO, E. Incidência de manifestações patológicas em edificações habitacionais. São Paulo: PINI/IPT, 1988. p.545-548.

JACOSKI, C. A.; LAMBERTS, R. A interoperabilidade como fator de integração de projetos na construção civil. In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUC/RS – EESC/USP - UFSM, 2002. 1CD.

JACQUES, J. J. Gestão da definição e transmissão de informações técnicas no processo de projeto. In. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2002. p. 1491 - 1498. 1 CD.

KALAY, Y. E. The Essence of Collaboration. In: **CAD Research Group**, Department of Architecture, University of California, Berkeley, 1998. Disponível em : <<http://arch.ced.berkeley.edu/people/faculty/kalay/>>

KOLAREVIC, B.; SCHMITT, G.; HIRSCHBERG, U.; KURMANN, D.; JOHNSON, B. An experiment in design collaboration. In: **Automation in Construction**, v.9, p. 73-81, 2000.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford, EUA, CIFE, august 1992. Technical Report N° 72.

KRUCHTEN, P. **The Rational Unified Process an Introduction**. Addison-Wesley, 2001.

KVAN, T. Collaborative design: what is it?. In: **Automation in Construction**, v. 9, p. 409-415, 2000.

LEACH, L. P. Critical chain project management improves project performance. **Project Management Journal**, v.30, n. 2, p. 39-51, 2000.

LIMA Jr., J. R. Gerenciamento na construção civil: uma abordagem sistêmica. São Paulo: BT/PCC/27, 1990. 47 p.

LIMMER, C. V. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1997.

LISTON, K.; FISCHER, M.; WINOGRAD, T. Focused sharing of information for multi-disciplinary decision making by project teams. In: **ITcon**, v. 6, p. 69-82, 2001.

LOPES, R. A.; MENEZES, A. A. C.; AMORIM, S. R. L. Gestão do fluxo de informações no processo de projeto: estudo de caso. In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUC/RS – EESC/USP - UFSM, 2002. 1CD.

MAHFUZ, E. C. **Ensaio sobre a razão compositiva: uma investigação sobre a natureza das relações entre as partes e o todo na composição arquitetônica.** Viçosa /Belo Horizonte. UFV, Imprensa Universitária/AP Cultural. 1995.

MAK, S. A model of information management for construction using information technology. In: **Automation in construction**, v. 10, p. 257-263, 2001.

MATTAR, F. N. **Pesquisa em marketing.** 4 ed. São Paulo: Atlas, 1997. v.2.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção.** 1994. 294 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____. Novos desafios da gestão da qualidade para a indústria da construção civil. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO – TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2., 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EPUSP - USP, 1998.

_____. **Gestão, Cooperação e Integração para um Novo Modelo Voltado à Qualidade do Processo de Projeto na Construção de Edifícios.** 2001. 235 f. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____. Coordenação e multidisciplinaridade do processo de projeto: discussão da postura do arquiteto. In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUC/RS – EESC/USP - UFSM, 2002. 1CD.

MELHADO, S.B., AGOPYAN, V. O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle. São Paulo: BT/PCC/139, 1995. 21 p.

MOREAU, K. A.; BACK, W. E. Improving the design process with information management. In: **Automation in construction**, v. 10, p. 127-140, 2000.

NASCIMENTO, L. A. **Proposta de um sistema de recuperação de informação para extranet de projeto.** 2004. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. A contribuição da tecnologia da informação ao processo de projeto na construção civil. In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2001, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EESC-USP, 2001. 1 CD.

NAVEIRO, R. M. Conceitos e Metodologias de Projeto. In: _____. **O Projeto de Engenharia, Arquitetura e Desenho Industrial: Conceitos, Reflexões, Aplicações e Formação Profissional**. Juiz de Fora: Ed. UFJF, 2001. cap.2, p.25-63.

NAVEIRO, R. M.; OLIVEIRA, V. F. Evolução e Atualidade do Projeto. In: _____. **O Projeto de Engenharia, Arquitetura e Desenho Industrial: Conceitos, Reflexões, Aplicações e Formação Profissional**. Juiz de Fora: Ed. UFJF, 2001. cap.1, p.13-24.

NITITHAMYONG, P.; SKIBNIEWSKI, M. J. Web-enabled construction project management systems: how to make them successful? In: **Automation in Construction**, v. 13, p. 491-506, 2004.

NOVAES, C. C. Qualidade na habitação: o papel da coordenação de projetos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 1995, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1995. p.85-90. 1 CD.

_____. A modernização do setor da construção de edifícios e a melhoria da qualidade do projeto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1998. p.169-175. 1 CD.

_____. Projeto de vedações como instrumento da compatibilização de projetos na construção de edifícios. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, 1999, Recife. **Anais...** Recife: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1999, 1 CD.

O'BRIEN, W. J. Implementation issues in project-sites: a practitioner's viewpoint. In: **ASCE Journal of management in Engineering**, may/june 2000, p. 34 - 39.

O'BRIEN, J. A. **Sistemas de informação e as decisões gerenciais na era da Internet**. São Paulo: Saraiva, 2001.

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**. 1999. 376 f. Tese (Doutorado em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PERALTA, A. C. **Um modelo do processo de projeto de edificações, baseado na engenharia simultânea, em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. 2002. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do de Santa Catarina, Florianópolis.

PFAFFENBERGER, B. **Estratégias de extranet**. São Paulo: Berkeley Brasil, 1998.

PICCHI, F. A. **Sistemas de Qualidade: uso em empresas de construção**. 1993. 462 f. Tese (Doutorado em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

PICORAL, R. P. **Coordenação dos documentos de projetos de edificações: uma ferramenta auxiliar de melhoria de qualidade proposta pelo projeto arquitetônico**. 2000. 243 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

QUATRANI, T. **Modelagem Visual com Rational Rose 2000 e UML**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2001.

RADOVILSKY, Z. D. A quantitative approach to estimate the size of the time buffer in the Theory of Constraints. In: **International Journal of Production Economics**, v. 55, p. 113-119, 1998.

RAND, G. K. Critical chain: the theory of constraints applied to project management. In: **International Journal of Project Management**, v. 18, p. 173-177, 2000.

RAMOS, A. **Roteiro para Avaliação de Projetos**. Brasília: Lettera, 2002.

REZENDE, D. A. **Engenharia de Software e Sistemas de Informação**. 2 ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2002a.

_____. **Tecnologia da informação integrada à inteligência empresarial: alinhamento estratégico e análise da prática nas organizações**. São Paulo: Atlas, 2002b.

RIVARD, H. A. A survey on the impact of Information Technology on the Canadian Architecture, Engineering and Construction Industry. In: **Electronic Journal of Information Technology in Construction**, v. 5, p. 37-56, 2000. Disponível em; <http://www.itcon.org/2000/3/>. Acesso em: 04 de setembro de 2004.

RODRIGUES, M. Gerenciamento eletrônico - Construção virtual. **Revista Técnica**, São Paulo: PINI, ano 10, nº 51, p. 30-35, mar/abr. 2001.

RODRÍGUEZ, M. A. A.; HEINECK, L. F. M. A construtibilidade no processo de projeto de edificações. In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUC/RS – EESC/USP - UFSM, 2002. 1CD.

_____. A construtibilidade no processo de projeto de edificações. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3º, 2003, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2003. 1 CD.

ROJAS, E. M.; SONGER, A. D. Web-Centrics Systems: a new paradigm for collaborative engineering. In: **Journal of Management in Engineering**, jan / fev, p. 39-45, 1999.

ROMANO, F. V.; BACK, N.; OLIVEIRA, R. A importância da modelagem do processo de projeto para o desenvolvimento integrado de edificações. In: WORKSHOP NACIONAL

GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2001, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EESC-USP, 2001. 1 CD.

SALDANHA, B. L. F. **Análise da atuação do engenheiro civil no gerenciamento do processo construtivo: disciplinas envolvidas e o desenvolvimento de jogos de treinamento.** 1991. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SANTOS, A. R. **Modelagem de um sistema de gerenciamento de tarefas na construção civil com a utilização de PDA's – Assistentes Digitais Pessoais.** 1999. 203 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói.

SANTOS, D. G.; BORGES, V. P.; PRADO, R. L.; HEINECK, L. F. M. O ensino de linha de balanço e variabilidade através de um jogo didático. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2002. p.767-775. 1 CD.

SANTOS, R. B. **Avaliação da aplicação da Teoria das Restrições no processo de planejamento e controle da produção de obras de edificação.** 2001. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SCHMITT, C. M. A integração de informações e o uso da tecnologia da informação no subsetor de edificações: aplicação dos conceitos de CIC - *Computer Integrated Construction*. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18., 1998, Niterói. **Anais...** Niterói: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 1998.

_____. Projetos para obras de edificação: a difícil tarefa de compatibilizar os vários projetos específicos através da análise da sua representação gráfica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, 1999, Recife. **Anais...** Recife: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1999, 1 CD.

SCHMITT, C. M.; GUERRERO, J. M. C. N.; BORDIN, L. Processo de projeto de obras de edificação: a extranet como geradora de ambiente integrado. In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2001, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EESC-USP, 2001. 1 CD.

SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS; SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DO PARANÁ. **Diretrizes gerais para compatibilização de projetos.** Curitiba: SEBRAE, 1995.

SILVA, M. A. C. Metodologia de gestão da qualidade no processo de elaboração de projeto de edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 1995, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1995. 1 CD.

_____. **Metodologia de seleção tecnológica na produção de edificações com o emprego do conceito de custos ao longo da vida útil.** 1996. 356 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SILVA, M. A. C.; SOUZA, R. **Gestão do processo de projeto de edificações.** São Paulo: O Nome da Rosa, 2003.

SOIBELMAN, L.; CALDAS, C.H.S. O uso de extranets 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.; MEKBEKIAN, G.; SILVA, M. A. C.; LEITÃO, A. C. M. T.; SANTOS, M. M. **Sistema de Gestão da Qualidade para Empresas Construtoras.** São Paulo: PINI, 1995.

SOUZA FILHO, R. S.; CASTRO, E. B. P. Auxílio Informatizado ao Processo de Projeto. In: _____. **O Projeto de Engenharia, Arquitetura e Desenho Industrial: Conceitos, Reflexões, Aplicações e Formação Profissional.** Juiz de Fora: Ed. UFJF, 2001. cap.4, p.101-128.

STEYN, H. An investigation into the fundamentals of critical chain project scheduling. In: **International Journal of Project Management**, v. 19, p. 363-369, 2000.

_____. Project management applications of the theory of constraints beyond critical chain scheduling. In: **International Journal of Project Management**, v. 20, p. 75-80, 2002.

STEWART, R. A.; MOHAMED, S. Evaluating the value IT adds to the process of project information management in construction. In: **Automation in construction**, v. 528, p. 1-11, 2003.

STEWART, R. A.; MOHAMED, S.; DAET, R. Strategic implementation of IT/IS projects in construction: a case study. In: **Automation in construction**, v. 11, p. 681-694, 2002.

TAM, C. M. Use of the Internet to enhance construction communication: Total Information Transfer System. In: **International Journal of Project Management**, v.17, n. 2, p. 107-111, 1999.

TANG, W.; CHANG, P.; LIU, L. Engineering and Construction Collaboration Using Information Technology. In: **Civil Engineering Conference in the Asian Region**, 2., Tokyo, 2001.

THOMAS, S. R.; TUCKER, R. L.; KELLY, W. R. Critical communications variables. In: **Journal of Construction Engineering and Management**, jan/feb, p. 58-66, 1998.

THOMAZ, E. **Tecnologia, Gerenciamento e Qualidade na Construção.** São Paulo: PINI, 2001.

TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte.** 1999. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ULRICH, H.; SACOMANO, J. B. O processo de projeto na busca da qualidade e produtividade. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, 1999, Recife. **Anais...** Recife: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1999, 1 CD.

VANNI, C. M. K. **Análise de falhas aplicada á compatibilidade de projetos na construção de edifícios.** 1999. 211 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

VAVASSORI, F.B.; SOUZA, E.W.; FIAMONCINI, J.C.; GAUTHIER, F.A.O. Uma ferramenta para gerenciamento distribuído de projetos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 21., 2001, Salvador. **Anais...** Salvador: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2001, 1 CD.

WATSON, A.; DAVOODI, M. Transferring project documents and associated metadata between company document management systems and project extranets. In: **ESM@ART 2002 CONFERENCE**, 2002, Salford. **Anais...** Salford: University of Salford, 2002.

WHYTE, A.; EDGE, H. M. Professional integration in the building design team. In.: **The organization and management of construction: shaping theory and practice**, D. A. Langford and A. Retik, v. 2, p. 551-561, 1996.

YOURDON, E. **Análise estruturada moderna.** 13 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1990.

ZEGARRA, S. L. V.; FRIGIERI, V. Jr.; 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, 1999, Recife. **Anais...** Recife: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1999. 1 CD.

ZEGARRA, S. L. V.; CARDOSO, F. F. Gestão de materiais em empresas construtoras de edifícios: gestão dos fluxos de informações. São Paulo: BT/PCC/280, 2001. 22 p.