

INSTITUTO IDD

LUIZ PAREDES

RONALDO KENDI IKEDA

SÉLEM ELIAS FADEL

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS E ETAPAS:
METODOLOGIA PARA IDENTIFICAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS**

CURITIBA

2011

INSTITUTO IDD

LUIZ PAREDES

RONALDO KENDI IKEDA

SÉLEM ELIAS FADEL

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS E ETAPAS:
METODOLOGIA PARA IDENTIFICAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado para obtenção do
título de Especialista em
Gerenciamento e Execução de
Obras

Orientador: Prof. M.Sc. Maurício
Bianchini.

CURITIBA

2011

"Não havia nada que eu pudesse fazer, mas fiz;
Alcançar tal coisa era impossível, eu a busquei.
Não havia mais esperança, eu a mantive...
Não restava tempo para mais nada,
mas eu lutei até a última hora;
Não queria, mas eu insisti.
A última palavra havia sido dada, mas eu ainda falei...
Enfim, estou passando pela vida e tudo vai acontecendo,
Portas se fechando, e eu as abrindo...
E a felicidade está em mim.
Pois, se nada tenho, por tudo lutei;
E, sem me arrepender de nada...
No futuro poderei dizer: Tentei!..
E, mesmo que a fortuna não venha a mim,
Por tudo que Deus me deu,
direi a todos: V E N C I ! "

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA.....	3
1.2	OBJETIVOS.....	3
1.3	HIPÓTESE	3
1.4	ESTRUTURA DA MONOGRAFIA.....	3
1.5	JUSTIFICATIVAS	4
1.5.1	Tecnológicas.....	4
1.5.2	Econômicas	5
1.5.3	Ecológicas	6
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1	CONCEITO DE PROJETO	7
2.2	EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO.....	8
2.3	CONCEITOS DE COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS	11
2.4	COMPATIBILIZAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS	13
2.5	DIFICULDADES NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS	16
2.6	COORDENAÇÃO DE PROJETOS.....	17
2.7	DIMENSÕES DA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS.....	18
2.8	COMPATIBILIZAÇÃO X CONSTRUTIBILIDADE.....	20
2.9	QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	21
2.10	RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA.....	22
2.11	TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E SISTEMAS CAD.....	24
2.11.1	Tecnologia da Informação	24
2.11.2	Extranets de Projeto.....	26
2.11.3	Sistema CAD.....	29
2.11.4	Tecnologia BIM	32
2.12	PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO.....	33
2.12.1	Last Planner	35
2.13	CRONOGRAMA	40
3.	ESTUDO DE CASO.....	47
3.1	RELATO DA PESQUISA	47
3.2	DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO	48

3.3	DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS	49
3.3.1	Projeto Arquitetônico.....	49
3.3.2	Projeto Estrutural	49
3.3.3	Projeto Elétrico.....	50
3.3.4	Projeto Hidrossanitário.....	51
3.4	DESENVOLVIMENTO DA OBRA	52
3.4.1	Equipes de trabalho	52
3.4.1.1	Funcionários Registrados	52
3.4.1.2	Funcionários autônomos.....	53
3.4.2	Acompanhamento da obra.....	53
3.5	SOBREPOSIÇÃO DE PROJETOS	53
3.5.1	Metodologia de sobreposição	54
3.5.2	Arquitetônico x Estrutural	57
3.5.2.1	Subsolo Arquitetura x Subsolo Estrutural.....	58
3.5.2.2	Subsolo Arquitetura x Térreo Estrutural	62
3.5.2.3	Térreo Arquitetura x Superior Estrutural	66
3.5.2.4	Superior Arquitetura x Cobertura Estrutural	67
3.5.2.5	Sótão Arquitetura x Superior Estrutural.....	67
3.5.2.6	Corte B Arquitetura x Corte A Estrutural	68
3.5.2.7	Corte AA Arquitetura x Seção 1-1 e 3-3 Estrutural.....	72
3.5.2.8	Corte EE Arquitetura x Corte BB Estrutural.....	74
3.5.3	Arquitetônico x Elétrico	77
3.5.3.1	Subsolo Arquitetônico x Subsolo Elétrico.....	77
3.5.3.2	Térreo Arquitetônico x Térreo Elétrico	77
3.5.3.3	Superior Arquitetônico x Superior Elétrico.....	78
3.5.3.4	Cobertura Arquitetônico x Cobertura Elétrico.....	79
3.5.3.5	Sótão Arquitetônico x Sótão Elétrico.....	79
3.5.4	Arquitetônico x Água.....	80
3.5.4.1	Subsolo Arquitetônico x Subsolo Água	80
3.5.4.2	Térreo Arquitetônico x Térreo Água	82
3.5.4.3	Superior Arquitetônico x Superior Água	82
3.5.4.4	Sótão Arquitetônico x Sótão Água	82
3.5.4.5	Cobertura Arquitetônico x Detalhe Caixa d' Água	82
3.5.5	Estrutural x Esgoto.....	83

3.5.5.1	Subsolo Esgoto x Subsolo Estrutural	83
3.5.5.2	Térreo Esgoto x Térreo Estrutural	85
3.5.5.3	Superior Esgoto x Superior Estrutural	85
3.5.5.4	Sótão Esgoto x Cobertura Estrutural	86
3.5.6	Elétrico x Estrutural	86
3.5.6.1	Subsolo Elétrico x Térreo Estrutural	87
3.5.6.2	Térreo Elétrico x Superior Estrutural	87
3.5.6.3	Superior Elétrico x Cobertura Estrutural	88
3.5.6.4	Sótão Elétrico x Cobertura Estrutural	88
3.5.6.5	Cobertura Elétrico x Detalhe Caixa d' Água Estrutural	88
3.5.7	Elétrico x Esgoto	88
3.5.7.1	Subsolo Elétrico x Subsolo Esgoto	89
3.5.7.2	Subsolo Elétrico x Térreo Esgoto	89
3.5.7.3	Térreo Elétrico x Superior Esgoto	89
3.5.7.1	Superior Elétrico x Sótão Esgoto	90
3.5.8	Elétrico x Água	90
3.5.8.1	Subsolo Elétrico x Subsolo Água	90
3.5.8.2	Térreo Elétrico x Térreo Água	91
3.5.8.3	Sótão Elétrico x Sótão Água	91
3.5.8.4	Cobertura Elétrico x Detalhe Caixa d' Água	91
3.5.9	Observações	92
3.6	<i>ANÁLISE DO CRONOGRAMA</i>	92
4.	RESULTADOS	101
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	105
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
	ANEXOS	114
	<i>ANEXO 1</i>	115
	<i>ANEXO 2</i>	117
	<i>ANEXO 3</i>	119
	<i>ANEXO 4</i>	121
	<i>ANEXO 5</i>	123
	<i>ANEXO 6</i>	125
	<i>ANEXO 7</i>	127

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 01 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DA ARQUITETURA E SUBSOLO DO ESTRUTURAL	58
FIGURA 2– DETALHE DA INTERFERÊNCIA 02 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DA ARQUITETURA E SUBSOLO DO ESTRUTURAL	58
FIGURA 3– DETALHE DA INTERFERÊNCIA 03 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DA ARQUITETURA E SUBSOLO DO ESTRUTURAL	59
FIGURA 4– DETALHE DA INTERFERÊNCIA 04 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DA ARQUITETURA E SUBSOLO DO ESTRUTURAL	59
FIGURA 5 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 05 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DA ARQUITETURA E SUBSOLO DO ESTRUTURAL	60
FIGURA 6 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 06 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DA ARQUITETURA E SUBSOLO DO ESTRUTURAL	60
FIGURA 7 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 07 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DA ARQUITETURA E SUBSOLO DO ESTRUTURAL	61
FIGURA 8 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 08 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DA ARQUITETURA E SUBSOLO DO ESTRUTURAL	61
FIGURA 9 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 01 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DA ARQUITETURA E TÉRREO DO ESTRUTURAL	62
FIGURA 10 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 02 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DA ARQUITETURA E TÉRREO DO ESTRUTURAL	63
FIGURA 11 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 03 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DA ARQUITETURA E TÉRREO DO ESTRUTURAL	63
FIGURA 12 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 04 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DA ARQUITETURA E TÉRREO DO ESTRUTURAL	64
FIGURA 13 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 05 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DA ARQUITETURA E TÉRREO DO ESTRUTURAL	64
FIGURA 14 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 06 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DA ARQUITETURA E TÉRREO DO ESTRUTURAL	65
FIGURA 15 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 07 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DA ARQUITETURA E TÉRREO DO ESTRUTURAL	65

FIGURA 16 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 08 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DA ARQUITETURA E TÉRREO DO ESTRUTURAL.....	66
FIGURA 17 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 01 ENTRE AS PRANCHAS TÉRREO DA ARQUITETURA E SUPERIOR DO ESTRUTURAL.....	66
FIGURA 18 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 02 ENTRE AS PRANCHAS TÉRREO DA ARQUITETURA E SUPERIOR DO ESTRUTURAL.....	66
FIGURA 19 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 03 ENTRE AS PRANCHAS TÉRREO DA ARQUITETURA E SUPERIOR DO ESTRUTURAL.....	67
FIGURA 20 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 01 ENTRE AS PRANCHAS SUPERIOR DA ARQUITETURA E COBERTURA DO ESTRUTURAL.....	68
FIGURA 21 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 01 ENTRE AS PRANCHAS CORTE B DA ARQUITETURA E CORTE A DO ESTRUTURAL.....	68
FIGURA 22 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 02 ENTRE AS PRANCHAS CORTE B DA ARQUITETURA E CORTE A DO ESTRUTURAL.....	68
FIGURA 23 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 03 ENTRE AS PRANCHAS CORTE B DA ARQUITETURA E CORTE A DO ESTRUTURAL.....	69
FIGURA 24 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 04 ENTRE AS PRANCHAS CORTE B DA ARQUITETURA E CORTE A DO ESTRUTURAL.....	69
FIGURA 25 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 05 ENTRE AS PRANCHAS CORTE B DA ARQUITETURA E CORTE A DO ESTRUTURAL.....	70
FIGURA 26 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 06 ENTRE AS PRANCHAS CORTE B DA ARQUITETURA E CORTE A DO ESTRUTURAL.....	70
FIGURA 27 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 07 ENTRE AS PRANCHAS CORTE B DA ARQUITETURA E CORTE A DO ESTRUTURAL.....	70
FIGURA 28 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 08 ENTRE AS PRANCHAS CORTE B DA ARQUITETURA E CORTE A DO ESTRUTURAL.....	71
FIGURA 29 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 01 ENTRE AS PRANCHAS CORTE AA DA ARQUITETURA E SEÇÃO 1-1 E 3-3 DO ESTRUTURAL.....	72
FIGURA 30 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 02 ENTRE AS PRANCHAS CORTE AA DA ARQUITETURA E SEÇÃO 1-1 E 3-3 DO ESTRUTURAL.....	72
FIGURA 31 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 03 ENTRE AS PRANCHAS CORTE AA DA ARQUITETURA E SEÇÃO 1-1 E 3-3 DO ESTRUTURAL.....	73
FIGURA 32 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 04 ENTRE AS PRANCHAS CORTE AA DA ARQUITETURA E SEÇÃO 1-1 E 3-3 DO ESTRUTURAL.....	73

FIGURA 33 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 04 ENTRE AS PRANCHAS CORTE AA DA ARQUITETURA E SEÇÃO 1-1 E 3-3 DO ESTRUTURAL.	74
FIGURA 34 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 01 ENTRE AS PRANCHAS CORTE EE DA ARQUITETURA E CORTE BB DO ESTRUTURAL.	74
FIGURA 35 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 02 ENTRE AS PRANCHAS CORTE EE DA ARQUITETURA E CORTE BB DO ESTRUTURAL.	75
FIGURA 36 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 03 ENTRE AS PRANCHAS CORTE EE DA ARQUITETURA E CORTE BB DO ESTRUTURAL.	75
FIGURA 37 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 04 ENTRE AS PRANCHAS CORTE EE DA ARQUITETURA E CORTE BB DO ESTRUTURAL.	76
FIGURA 38 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 05 ENTRE AS PRANCHAS CORTE EE DA ARQUITETURA E CORTE BB DO ESTRUTURAL.	76
FIGURA 39 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 01 ENTRE AS PRANCHAS TÉRREO DA ARQUITETURA E TÉRREO DO ESTRUTURAL.	77
FIGURA 40– DETALHE DA INTERFERÊNCIA 02 ENTRE AS PRANCHAS TÉRREO DA ARQUITETURA E TÉRREO DO ESTRUTURAL.	78
FIGURA 41 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 01 ENTRE AS PRANCHAS SUPERIOR DA ARQUITETURA E SUPERIOR DO ESTRUTURAL.	78
FIGURA 42 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 02 ENTRE AS PRANCHAS SUPERIOR DA ARQUITETURA E SUPERIOR DO ESTRUTURAL.	78
FIGURA 43 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 01 ENTRE AS PRANCHAS SÓTÃO DA ARQUITETURA E SÓTÃO DO ESTRUTURAL.	79
FIGURA 44 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 02 ENTRE AS PRANCHAS SÓTÃO DA ARQUITETURA E SÓTÃO DO ESTRUTURAL.	79
FIGURA 45 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 03 ENTRE AS PRANCHAS SÓTÃO DA ARQUITETURA E SÓTÃO DO ESTRUTURAL.	80
FIGURA 46 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 01 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DO ARQUITETÔNICO E SUBSOLO DE ÁGUA.	81
FIGURA 47– DETALHE DA INTERFERÊNCIA 02 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DO ARQUITETÔNICO E SUBSOLO DE ÁGUA.	81
FIGURA 48 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 03 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DO ARQUITETÔNICO E SUBSOLO DE ÁGUA.	81
FIGURA 49 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 01 ENTRE AS PRANCHAS TÉRREO DO ARQUITETÔNICO E TÉRREO DE ÁGUA.	82

FIGURA 50 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 01 ENTRE AS PRANCHAS COBERTURA DO ARQUITETÔNICO E DETALHE DA CAIXA D' ÁGUA.....	83
FIGURA 51 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 01 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DO ESGOTO E SUBSOLO DO ESTRUTURAL.....	83
FIGURA 52 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 02 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DO ESGOTO E SUBSOLO DO ESTRUTURAL.....	84
FIGURA 53 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 03 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DO ESGOTO E SUBSOLO DO ESTRUTURAL.....	84
FIGURA 54 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 03 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DO ESGOTO E SUBSOLO DO ESTRUTURAL.....	84
FIGURA 55 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 01 ENTRE AS PRANCHAS TÉRREO DO ESGOTO E TÉRREO DO ESTRUTURAL.....	85
FIGURA 56– DETALHE DA INTERFERÊNCIA 02 ENTRE AS PRANCHAS TÉRREO DO ESGOTO E TÉRREO DO ESTRUTURAL.....	85
FIGURA 57– DETALHE DA INTERFERÊNCIA 01 ENTRE AS PRANCHAS SÓTÃO DO ESGOTO E COBERTURA DO ESTRUTURAL.....	86
FIGURA 58– DETALHE DA INTERFERÊNCIA 02 ENTRE AS PRANCHAS SÓTÃO DO ESGOTO E COBERTURA DO ESTRUTURAL.....	86
FIGURA 59 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 01 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DO ELÉTRICO E TÉRREO DO ESTRUTURAL.....	87
FIGURA 60 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 01 ENTRE AS PRANCHAS TÉRREO DO ELÉTRICO E SUPERIOR DO ESTRUTURAL.....	87
FIGURA 61 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 01 ENTRE AS PRANCHAS SUBSOLO DO ELÉTRICO E SUBSOLO DO ESGOTO.....	89
FIGURA 62 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 01 ENTRE AS PRANCHAS TÉRREO DO ELÉTRICO E SUPERIOR DO ESGOTO.....	89
FIGURA 63 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 02 ENTRE AS PRANCHAS TÉRREO DO ELÉTRICO E SUPERIOR DO ESGOTO.....	90
FIGURA 64 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 01 ENTRE AS PRANCHAS TÉRREO DO ELÉTRICO E TÉRREO DE ÁGUA.....	91
FIGURA 65 – DETALHE DA INTERFERÊNCIA 01 ENTRE AS PRANCHAS SÓTÃO DO ELÉTRICO E SÓTÃO DE ÁGUA.....	91

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PLANILHA BÁSICA DE CRUZAMENTO DE DADOS.....	54
TABELA 2 – DETALHE DO ITEM 2 DO CRONOGRAMA DA OBRA – INFRAESTRUTURA.....	96
TABELA 3 – DETALHE DO ITEM 5 DO CRONOGRAMA DA OBRA – COBERTURAS E PROTEÇÕES.....	96
TABELA 4 – DETALHE DO ITEM 4 DO CRONOGRAMA DA OBRA – SUPRA-ESTRUTURA	96
TABELA 5 – DETALHE DO ITEM 3 DO CRONOGRAMA DA OBRA – SUPRA-ESTRUTURA	97
TABELA 6 – DETALHE DO ITEM 3 DO CRONOGRAMA DA OBRA – SUPRA-ESTRUTURA	97
TABELA 7 – DETALHE DO ITEM 8 DO CRONOGRAMA DA OBRA – INSTALAÇÕES COMPLEMENTARES..	98
TABELA 8 – DETALHE DOS ITENS 6 E 7 DO CRONOGRAMA DA OBRA – REVESTIMENTOS E PAVIMENTAÇÃO	98
TABELA 9 – DETALHE DOS ITENS 4 – PAREDES E PAINÉIS, 6 – REVESTIMENTOS E 7 – PAVIMENTAÇÃO DO CRONOGRAMA DA OBRA	100

LISTA DE SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASP	- Application Service Provider
BIM	- Building Information Modeling
CAD	- Computer Aided Design
CDC	- Código de Defesa do Consumidor
COM	- Critical Path Method
EDI	- Eletronic Data Interchange
FINEP	- Financiadora de Estudos e Projetos
FMEA	- Failure Mode and Effect Analysis
IGLC	- International Group for Lean Construction
ISO	- International Organization for Standardization
ITQC	- Instituto Brasileiro de Tecnologia e Qualidade da Construção
LPS	- Last Planner
MPM	- Metra Potentialai Method
NBR	- Norma Brasileira
PCP	- Planejamento e Controle da Produção
PPC	- Percentual de Planos Poncluídos
SEBRAE	- Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
UFRGS	- Universidade Federal do Rio Grande do Sul

1. INTRODUÇÃO

Compatibilidade é o atributo do projeto cujos componentes dos sistemas ocupam espaços que não conflitam entre si e, além disso, os dados compartilhados tenham consistência e confiabilidade até o final do processo de projeto e de obra (GRAZIANO, 2003).

Schmitt (1999) afirma que a falta de compatibilização de projetos gera graves problemas durante a execução da obra, como retrabalhos e desperdícios de tempo e material. Tavares et al. (2003) ratificam ser uma prática comum nas pequenas empresas não compatibilizar os projetos devido a fatores, tais como: pequeno capital de giro, dificuldades na obtenção de crédito, alta sensibilidade do mercado às crises e a questões culturais relacionadas com a grande inércia às alterações de processos. Novaes (1998) recomenda a valorização da compatibilização dos projetos para a melhoria da solução final do empreendimento.

De fato, a compatibilização é parte do sistema de desenvolvimento dos projetos em edificações composto pela gerência, pela coordenação e pela compatibilização propriamente dita. Ferreira (2001) propõe uma conceituação para cada interveniente da produção de projetos, como: gerente sendo o responsável pelas decisões estratégicas, coordenador como a parte operacional, compatibilizador como o membro que compreende e faz acontecer os objetivos do empreendedor na sua forma técnica e econômica e, finalmente, os projetistas que devem atender as solicitações do empreendedor e atender as normas técnicas, regulamentos de concessionárias e legislação.

O mecanismo de compatibilização não deve ser limitado apenas ao desenvolvimento dos projetos, deve abranger também a organização das etapas (planejamento) e métodos construtivos de uma edificação.

Segundo Silva e Borges (2010) o processo de planejamento e controle de produção vêm se destacando como um importante conjunto de ferramentas que está contribuindo para a melhoria do desempenho da produção.

De acordo com Laufer e Tucker (*apud* MOURA, 2008), na prática, o planejamento deve definir quatro requisitos: o que fazer (atividades), como realizar (métodos), quem irá executar (recursos) e quando realizar (cronograma). Ainda segundo eles, para ser eficaz, um sistema de controle deve ser integrado e estar intimamente compatibilizado com o sistema de planejamento, formando um ciclo contínuo de planejamento e controle, para que todas as interferências do sistema sejam identificadas e evitadas.

No atual estágio de desenvolvimento da indústria da construção, especialmente do sub-setor de edificações, onde as empresas buscam projetos representados graficamente com o auxílio de programas específicos, como o CAD (*computer aided design*), onde a internet permite a utilização de sistemas compartilhados, onde o uso de tecnologias da informação está cada vez mais simplificado, garantindo comunicação entre os participantes dos projetos e a técnica projetual é de domínio público, o processo de compatibilização não pode se limitar somente aos aspectos da análise dos projetos como modelo representativo da obra, deve englobar a identificação de interferências causadas pelo mau planejamento e falta de controle de produção.

Além de simplificar os aspectos construtivos através da compatibilização estratégica, ou seja, a sobreposição de desenhos (interação entre projetos), planejamento de etapas, análise do método construtivo e controle de produção, o processo de compatibilização irá amparar programas de necessidades e fornecimentos, viabilidade técnico-econômica e facilitação do fluxo de produção.

Neste trabalho será apresentado um estudo de caso referente à compatibilização dos projetos e à verificação e análise logística do processo construtivo, através da análise do cronograma de uma residência de alto padrão.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Utilizando-se de métodos de compatibilização de projetos e sistemas de gestão de obras, de que forma identificar as possíveis interferências entre os elementos físicos e entre as etapas do processo construtivo de uma edificação?

1.2 OBJETIVOS

Propor mecanismos preventivos à ocorrência de incompatibilidades potenciais entre tópicos das várias etapas do processo construtivo de uma residência de alto padrão.

1.3 HIPÓTESE

A análise do sistema de gestão e planejamento e da compatibilização dos projetos propostos no estudo de caso irá transparecer as possíveis interferências entre os elementos físicos e entre as etapas do processo construtivo de uma obra de engenharia.

1.4 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA

Este trabalho está estruturado em seis capítulos, conforme descrição a seguir.

O primeiro capítulo é constituído pela introdução, problema de pesquisa, objetivos, justificativas e hipótese.

O segundo capítulo apresenta a revisão de literatura, abordando tópicos como, evolução do processo construtivo, conceitos de projeto, compatibilização de projeto, coordenação de projetos, tecnologia da informação, racionalização construtiva, qualidade na construção civil, cronogramas, planejamento e controle de produção.

O terceiro capítulo apresenta um estudo de caso, baseado na avaliação de cronogramas e desempenho das equipes e na compatibilização dos projetos arquitetônico, estrutural, hidráulico, elétrico e de telefonia de uma casa de alto padrão com quatro pavimentos.

No quarto capítulo, após a compilação das informações reunidas e interação com os métodos aplicados serão descritos os resultados obtidos.

As conclusões serão apresentadas no quinto capítulo após análise dos resultados obtidos.

Finalmente no sexto capítulo serão listadas as referências bibliográficas.

1.5 JUSTIFICATIVAS

1.5.1 Tecnológicas

Quando uma interferência não é detectada, provoca retrabalhos e improvisações em obra, prejudicando o bom funcionamento dos elementos construtivos da mesma.

Segundo Sousa (2010) o grande aperfeiçoamento na elaboração dos projetos de edificações juntamente com a integração com a execução são necessários. Isso porque segundo pesquisa de Fruet *apud* Tomaz (2001), mais de 90% das empresas faziam modificações durante a obra e que 22% destas mesmas assumiram iniciar a execução sem ter os projetos executivos concluídos.

Em estruturas, não prevendo furos para passagem de dutos ou até mesmo não prevendo cargas acidentais, como suportes de forros, pode prejudicar seu desempenho até mesmo colocando em risco sua estabilidade. Já em instalações hidráulicas, inserir mais desvios que previstos em projeto, devido a presença de estrutura, podem haver problemas de pressão e fluxo de fluídos nos dutos. Situação que pode ser mais séria se a interferência acontecer em instalações para prevenção de incêndio.

Em instalações elétricas pode haver interruptores posicionado erroneamente atrás de portas, luminárias distribuídas de forma que prejudiquem a homogeneidade da

iluminação ambiente. Nas instalações mecânicas não havendo harmonização com o projeto estrutural as dimensões de uma caixa de corrida correm o risco de serem insuficientes para instalação de um elevador, desta forma, prejudicando os fluxos de pessoas no edifício, cassetes e dutos de ar condicionado podem prejudicar o fluxo de fluídos das condensadoras.

Sendo assim, a compatibilização apresenta-se como um fator fundamental na busca de falhas projetuais e suas prevenções das mais diversas especializações da construção civil. Seguidamente a detecção da falha ou da interferência, pode-se sugerir soluções para um bom desempenho e um bom aproveitamento de todos os elementos que compõem uma edificação, otimizando-os e agregando valor ao produto final.

1.5.2 Econômicas

O aquecimento econômico pelo qual vem passando o mercado da construção civil nos últimos anos está gerando um grande aumento do consumo de matérias primas e materiais industrializados. Com a procura por estes produtos estando sobressalente à oferta, o valor dos mesmos está em constante ascensão. Fato que também se reflete na mão de obra, que por sua vez está escassa, aumentando seu custo homem/hora.

A compatibilização de projetos busca identificar as interferências físicas entre os projetos envolvidos numa obra de engenharia. Inevitavelmente a não identificação destas interferências num processo de planejamento, irá causar problemas construtivos que só serão observados *in loco*, resultando em soluções, muitas vezes, impensadas e improvisadas por parte dos operários e até mesmo dos engenheiros.

Esta situação resulta na necessidade de retrabalho, com quebras, demolições, cortes, desmontagens, soldas, etc., resultando em custos extras, dispêndio de tempo e, muitas vezes, insegurança com o resultado da solução improvisada. Vale ressaltar que estes retrabalhos tratam-se de serviços não englobados no orçamento e no cronograma da obra, ocasionando grandes prejuízos para o cliente/incorporador tanto no âmbito executivo como no de manutenção.

Perda na construção civil pode ser classificada como toda quantidade de material consumida além da quantidade teoricamente necessária, que é aquela indicada no projeto e seus memoriais, ou demais prescrições do executor, para o produto sendo executando (VIOLIN *et al*, 2006).

A identificação da origem e natureza das perdas torna-se a melhor maneira de correção desses erros, pois as perdas dentro do canteiro-de-obras são expressivas e podem apresentar-se em diversas fases da construção (VIOLIN *et al*, 2006). E para Agopyan (2001) *apud* Mikaldo (2006), os índices de desperdícios especulava-se em torno de 25% no custo final da obra. Porém, sabe-se que, na fase de execução, este índice representa numa variação entre 7% e 8%. Este índice, em boa parte, pode estar diretamente ligado a problemas ou falta de compatibilização.

A compatibilização dos projetos implica na redução de resíduos de construção, de maneira a evitar a sua produção por necessidade de reparos, de refazer o serviço e assim evitando custo para o mesmo (VIOLIN *et al*, 2006).

1.5.3 Ecológicas

Segundo Dias (2005) e Deusern (2010) a indústria da construção civil é considerada uma das que mais poluem no mundo. O consumo de recursos naturais varia entre 15% e 50% e em seu crescimento econômico contínuo, principalmente no atual cenário brasileiro, está fazendo com que as fontes de matérias primas necessárias ao setor, fiquem mais escassas e distantes do seu centro consumidor.

O uso da técnica de compatibilização de projetos tem sua importância ecológica na previsão exata de seus elementos arquitetônicos como esquadrias, forro, pórticos, coberturas etc; de seus elementos estruturais em concreto ou metálicos como pilares, vigas e treliças; e elementos de instalações hidráulicas, elétricas e mecânicas como pontos de água, de interruptores, ar condicionado e elevadores.

Uma compatibilização bem aplicada anula ou ao menos reduz a aproximadamente zero a probabilidade de consumos extras e não previstos de água,

aço, concreto, ou seja, de todos os materiais envolvidos num processo de construção, impactando diretamente e proporcionalmente no meio ambiente.

Além disso, a compatibilização de projetos quando não realizada ou quando realizada de forma inadequada e/ou ineficiente, gera um volume maior de entulho proveniente de quebras e retrabalhos em obra, gerando grandes impactos ambientais como emissões extras de CO₂ na atmosfera devido à maior produção e consumo de concreto, a geração de calor proveniente de soldas de peças de aço que necessitem reparos, etc.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONCEITO DE PROJETO

De acordo com a norma brasileira NBR 5674:1999 (Manutenção de edificações - Procedimento), o projeto é definido como uma descrição gráfica e escrita das propriedades de um serviço ou obra de engenharia ou arquitetura com seus atributos técnicos, econômicos, legais e financeiros.

A norma NBR 13.531:1995 (Elaboração de Projetos de Edificações) descreve e padroniza o projeto relacionando cada subdivisão do processo de projeto de edificações, limitando-se apenas à descrição das atividades técnicas, com ênfase nas etapas do processo de projeto, a saber: levantamento, programa de necessidades, estudo de viabilidade, estudo preliminar, anteprojeto, projeto legal, projeto básico e projeto executivo.

Para Melhado (1994), o projeto é uma atividade ou serviço que faz parte do processo de construção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas de uma determinada obra, que serão consideradas na fase de execução.

Segundo Valeriano (1998), o projeto é um conjunto de ações executadas de forma coordenada, onde são alocados recursos humanos, financeiros, materiais e serviços de gerenciamentos, compras e transportes para que em determinado prazo se alcance determinado objetivo. Ainda para Valeriano (1998), o projeto de engenharia é a elaboração e consolidação das informações destinadas à execução de uma determinada obra, fabricação de um produto, fornecimento de um serviço ou execução de um processo.

Na visão de Ferreira (2007) o processo de projeto é formado pela interação entre a identificação do problema e idealização de uma ou mais soluções seguida por um processo de decisão e seleção da solução de projeto. Após o primeiro processo de decisão e seleção da solução de projeto, segue-se para o processo iterativo de refinamento e análise que será seguido por um novo processo de decisão e seleção da solução de projeto. Tomadas as decisões finais passa-se ao detalhamento e documentação das soluções. Este processo ao final acaba por possuir três vertentes, sendo elas: visualização da idéia, comunicação da idéia e documentação do projeto.

Para Novaes (1998) o projeto conceitua-se em dois sentidos: o estático – quando se refere ao projeto como produto, constituído de elementos gráficos e descritivos, ordenados e elaborados a atender às necessidades da etapa de produção e o dinâmico - quando se refere ao projeto no sentido de processo, no qual as soluções são elaboradas e compatibilizadas incorporando um caráter tecnológico e gerencial.

2.2 EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO

A falta de racionalização, observada em grande número de obras e normalmente explicada por uma separação entre o projeto e a execução, é reflexo do desenvolvimento do setor nos últimos 30 anos, conforme relatado por Graziano (2003) no breve histórico indicado a seguir.

Em meados dos anos 60, na ocorrência de uma forte demanda imobiliária, começaram a aparecer os escritórios técnicos especializados em arquitetura, estrutura

e instalações, com profissionais que anteriormente trabalhavam de forma conjunta dentro de empresas que projetavam e construíam e, portanto, de certa forma coordenavam o desenvolvimento dos seus trabalhos (MIKALDO e SCHEER, 2008).

Inicialmente esta forma de trabalhar deu resultados satisfatórios, pois as equipes de projeto vinham de um contato direto com a prática da construção e sabiam as necessidades no que tange à construtibilidade e aos requerimentos das demais especialidades envolvidas no projeto (MIKALDO e SCHEER, 2008).

Segundo Bordin (2003) com o passar do tempo, os construtores ficaram mais distanciados das atividades de projeto e os projetistas ficaram mais longe da execução dos sistemas por eles projetados. Esta perda de elos entre os participantes, fez com que a atividade construtiva passasse a ter altos índices de desperdício.

Em meados dos anos oitenta, algumas empresas e segmentos começaram a perceber esta necessidade de compatibilizar os projetos, aparecendo os coordenadores e/ou equipes internas ou externas de projeto, aumentando os custos das construtoras e dos projetistas, pois o trabalho de compatibilização requer uma dedicação maior de ambas as partes. Além dos projetistas e dos construtores, atualmente observa-se nos empreendimentos de construção civil a presença de novos participantes interagindo desde a concepção até o uso do empreendimento (MIKALDO e SCHEER, 2008).

Embora a necessidade de coordenar e compatibilizar projetos seja originada pela separação entre a atividade projetual e a execução, conforme descrito acima, há outros motivos que a justificam, tais como: especialização cada vez maior das diferentes áreas de projeto, conformação de equipes de projeto localizadas em diferentes localidades e o número crescente de soluções tecnológicas sendo agregadas nos empreendimentos (GRAZIANO, 2003).

Para Bordin (2003), em geral, observa-se que a divisão entre os especialistas pode incorrer em atuação cujas soluções de interface são colocadas em segundo plano, e os profissionais passam a ter foco na concepção de sua área específica.

Esta situação é fundamentada por Corrêa (2006), que cita como exemplo a integração entre os projetos de arquitetura e estrutura de edifícios. Para o mesmo, esta integração tem sido um dos desafios entre os projetistas do sub-setor de edificações. A cultura de se fazer esses projetos em série, implica em aumentar o risco de retrabalho, fazendo com que o projeto fique indo e vindo nas mãos de arquitetos e engenheiros até que todos os problemas de interface sejam resolvidos. O problema se agrava quando os profissionais possuem pouca experiência em lidar com as interfaces entre os dois projetos

A compatibilização de projetos como resultado da integração das interfaces dos vários projetos de arquitetura e complementares de edifícios, tem sido considerado como a melhor abordagem para resolver com sucesso os problemas históricos da fragmentação dos projetos do sub-setor de edificações e com isso reduzir ou eliminar alguns dos seus principais problemas: as interferências físicas, perdas de funcionalidades e recursos decorrentes de incompatibilidades de projetos. Esta abordagem envolve a utilização de meios para gerenciar e manipular dados, tanto geométricos quanto não geométricos, facilitando assim o planejamento, a concepção e a construção através de um processo integrado. Do ponto de vista específico da compatibilização de projetos, inúmeras são suas definições, fundamentadas em vários estudos realizados. Em geral todos relacionados com o bom desempenho do projeto em termos de tempo, custo e qualidade (GRAZIANO, 2003).

Atualmente observamos uma tendência muito grande à especialização, o que reforça a necessidade da compatibilização e do surgimento de um profissional com visão sistêmica e conhecimento amplo, para agregar e compor as diversas partes de um projeto (BARBOSA, 2005).

Para Sousa (2010) nota-se que o processo de projeto torna-se complexo ao passar dos anos, por vários fatores que influenciam o produto final, que é o empreendimento. Estes fatores se fazem necessários para atender a evolução tecnológica, cultural, requisitos de sustentabilidade, e outros.

2.3 CONCEITOS DE COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Segundo o arquiteto Adriano Luiz Scarabelot, palestrante do curso: Compatibilização de Projetos, do PRO-CREA, ministrado na cidade de Paranavaí em julho de 2010, a compatibilização de projetos é o elo perdido entre arquitetura e engenharia na maioria dos projetos, independente do porte, perpetuando o desperdício de mão-de-obra e material, aumentando os custos dos empreendimentos. Antes de se pensar na qualidade e certificação do canteiro de obras, é necessário repensar os processos de criação, a relação entre os profissionais, o uso da tecnologia e adotar sistemas de gestão e comunicação para aumentar a produtividade e a lucratividade das empresas de projeto.

De acordo com SEBRAE (1995) compatibilização é a atividade de gerenciar e integrar projetos correlatos, visando ao perfeito ajuste entre os mesmos e conduzindo para a obtenção dos padrões de controle de qualidade total de determinada obra.

Segundo Silva (2004) a compatibilização de projetos é uma atividade que procura analisar as diversas soluções dimensionais, tecnológicas e estéticas para que sejam compatíveis entre si e no conjunto dos projetos.

Para os autores Rodriguez (2005) e Melhado (2005) a compatibilização de projetos é a atividade de superpor os projetos de diferentes especialidades para analisar e verificar suas interferências e ajustar as interfaces, entre as diferentes soluções dos diversos projetos de uma edificação.

Conforme Graziano (2003) compatibilidade é o atributo do projeto, cujos componentes dos sistemas, ocupam espaços que não conflitam entre si e, além disso, os dados compartilhados tenham consistência e confiabilidade até o final do processo de projeto e obra.

De acordo com Callegari (2007) a compatibilização é a atividade de gerenciar e integrar os vários projetos de determinada obra, visando o perfeito ajuste entre os mesmos, com objetivo de minimizar os conflitos existentes, simplificando a execução, otimizando e racionalizando os materiais, o tempo, a mão de obra, e por final a

manutenção. Compreende, também, a ação de detectar falhas relacionadas às interferências e inconsistências físicas entre vários elementos da obra.

Rodrigues e Heineck (2001), afirmam que a compatibilização de projeto é uma atividade essencialmente técnica, onde são realizados os ajustes geométricos e dimensionais dos diferentes projetos, com a finalidade de minimizar as interferências entre os mesmos, indo de uma integração geral das soluções até as verificações de interferências geométricas das mesmas e com isso tornar o projeto final mais racional e adequado às necessidades da produção.

Na opinião de Gus (1996) apud Callegari (2007) a compatibilização trata-se de uma "atitude", que deve prevalecer através de desenvolvimento dos projetos. Para ele, realizar a compatibilização é subordinar os interesses individuais dos projetistas às demandas do processo como um todo, sendo necessário que se trabalhe em conjunto, onde todos os componentes do projeto passam a ter um papel fundamental no processo, tanto na participação cooperativa no desenvolvimento dos projetos quanto no compromisso do aprimoramento contínuo deste processo.

A execução da compatibilização de projetos pode envolver as seguintes etapas: uso de *software* com base CAD (Computer-aided Design), cujas pranchas em meio eletrônico são sobrepostas, favorecendo a verificação dos elementos estruturais, as prumadas e as fôrmas da edificação (VIOLIN *et al.*, 2006).

A atividade de compatibilizar os diversos projetos busca detectar falhas e interferências físicas e geométricas. As ferramentas de análise como sobreposição dos arquivos eletrônicos de plantas, cortes e elevações que propiciam maior eficácia para a visualização das incompatibilidades nos projetos (CALLEGARI E BARTH, 2007).

Novaes (1998) e Silva (2004) destacam que a compatibilização de projetos como atividade da coordenação de projeto tem a incumbência de avaliar, compatibilizar e integrar os diversos projetos do produto e para a produção, como também as soluções adotadas e as especificações técnicas. Segundo os autores citados, a compatibilização inicia na fase de estudos preliminares, através da avaliação das

soluções propostas e prossegue na fase de anteprojetos, e termina com a compatibilidade parcial e final na fase dos projetos executivos, integrando as soluções e especificações dos diversos projetos

2.4 COMPATIBILIZAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS

No trabalho financiado pela FINEP Alternativas para a Redução do Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obra que contou com a participação de quinze universidades brasileiras, Foi feita uma análise de desperdícios, onde se constatou que uma das maiores causas é a falta de compatibilização entre os projetos (FINEP e ITQC, 1998).

Segundo Castro (1999) um dos problemas mais comuns nas diversas manifestações patológicas encontradas em edifícios estruturados em concreto armado é a interferência entre o projeto estrutural e os projetos de instalações. Esta interferência é proveniente de incompatibilidades de projetos ou de modificações no decorrer da construção, devido principalmente a falta de uma melhor coordenação entre os diversos sistemas construtivos envolvidos.

Barbosa (2005) afirma que um dos fatores que contribuíram decididamente para o início da adoção da cultura de compatibilização de projetos no Brasil foi o surgimento do Código de Defesa do Consumidor em 11 de março de 1991, que passou a reger as relações de consumo. Com a entrada em vigor do CDC, a construção brasileira começou a incorporar técnicas de Gestão de Qualidade baseadas nas Normas ISO 9000. No tocante a Construção Civil, o referido Código prevê responsabilidades nas três fases de um empreendimento: Projetos; Fabricação ou Execução e Pós Ocupação.

Na construção de edificações no Brasil, apesar do avanço tecnológico que esse ramo industrial apresentou nos últimos anos, ainda é prática comum de muitas empresas o desenvolvimento de projetos sem a utilização da compatibilização das disciplinas do projeto, gerando em consequência vários fatores negativos, tais como: má qualidade da edificação, maior índice de retrabalho, acréscimo no custo da obra (TAVARES *et al*, 2002).

A compatibilização de projeto é imprescindível para uma produção controlada, sendo a concepção, uma atividade viva e constante para os projetos complementares e mutantes para o projeto de arquitetura, centrada sempre em busca dos padrões do controle de qualidade. (CALLEGARI, 2007)

A compatibilização dos projetos é perfeitamente factível, desde que haja conscientização do incorporador ou proprietário quanto às vantagens de sua implantação, bem como da intenção de utilizá-la para concretização do empreendimento (SEBRAE, 1995).

De acordo com Violin *et al.* (2006) a humanidade cada vez mais busca produtos e serviços renováveis e reutilizados, cujas perdas e desperdícios ao meio ambiente sejam menores possíveis. Em contrapartida, o crescimento da construção civil aparece como uma das vilãs pelo impacto ambiental, em virtude da extensa extração de matéria-prima, transformações e deposição de resíduos gerados. Esses impactos ambientais provenientes de resíduos de construção e demolição implicam no desperdício de mão-de-obra, de materiais no próprio local, bem como de energia e recursos naturais. Ainda geram sobrecarga nos aterros para inertes e sanitários e na geração de poeiras. Desse modo, a compatibilização de projetos na criação de um empreendimento reúne informações e dados necessários para minimizar erros e diversos impactos, e também evitar retrabalhos e aumento de custos. A compatibilização dos projetos procura evitar o equívoco frente à execução por meio de check-list e montagem de um memorial de informações e, principalmente, minimizar os resíduos de construção e o custo do empreendimento.

O processo de conscientização e a implementação da compatibilização na execução de projetos também se justificam entre outros aspectos, pela necessidade da efetivação de ações que possam contribuir para a solução do problema crônico da falta de eficiência do setor da construção brasileira, permitindo que possa alcançar índices de desempenho similares aos índices de países mais industrializados (TAVARES *et al.*, 2002).

Segundo os autores Callegari e Barth (2007) a compatibilização de projetos visa à redução das possíveis falhas que ocorrem na fase concepção até a fase de execução

da obra arquitetônica. Na fase de elaboração de projeto propõe-se como melhoria a conscientização da participação dos projetistas envolvidos, bem como a existência do coordenador que integra os processos e verifica possíveis incompatibilidades físicas e funcionais dos projetos desenvolvidos. O desenvolvimento de projetos sem a análise da compatibilização pode gerar conseqüências negativas, tais como, aumento de retrabalho, atraso no cronograma de execução, e falhas na qualidade da edificação, que freqüentemente conduzem acréscimo dos custos das obras. Ainda o mesmo cita que o projeto quando passa por análise de compatibilização, mostra-se dinâmico, conferindo ao mesmo, um sentido de processo contínuo, onde as incompatibilidades são identificadas, analisadas e solucionadas. A falta da compatibilização na fase de elaboração dos projetos faz com que as falhas na execução da edificação sejam responsabilizadas indevidamente ao pessoal do canteiro de obra. Durante a elaboração dos projetos, a compatibilização permite a retroalimentação das etapas, corrigindo e propondo novas soluções com o aumento da eficiência. Desta maneira, a elaboração de futuros projetos terá uma redução de incertezas construtivas (CALLEGARI E BARTH, 2007).

A compatibilização de projetos é uma etapa importante, a qual não se resume apenas à conferência de informações dos projetistas contratados para averiguação e sim apresentar soluções para a minimização de incoerências e, em conseqüência, a redução de erros de execução e necessidade de um *as built* em todos os projetos (VIOLIN *et al.*, 2006).

A análise das incompatibilidades entre os projetos possibilita a melhoria da qualidade do processo de projetos, através da sua adequação e eficácia, onde importantes ações corretivas são tomadas para o aperfeiçoamento e a melhoria contínua dos sistemas projetual e construtivo. Durante a análise de incompatibilidades entre os projetos, cresce o comprometimento dos profissionais envolvidos no processo, incrementando a troca de informações tecnológicas e experiências compartilhadas. A falta e/ou adiamento de decisões, especialmente nas etapas iniciais da fase de projeto potencializa uma grande quantidade de erros e retrabalho para todos os agentes envolvidos, e constitui uma fonte significativa de desperdício, com reflexos negativos

sobre a qualidade do produto final entregue. Observa-se ainda que existe uma preocupação em contratar todos os projetistas, ou ao menos consultá-los, na etapa de concepção inicial do empreendimento, a fim de evitar problemas futuros de incompatibilidade entre projetos (CALLEGARI E BARTH, 2007).

2.5 DIFICULDADES NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Segundo Graziano (2003) existem dificuldades na compatibilização de projetos tanto por parte dos clientes como dos projetistas, como se segue:

- I. Dificuldades na compatibilização por parte dos clientes:
 - postergação de decisões que influem no desenvolvimento dos projetos;
 - fornecimento de dados incorretos ou incompletos como base para os desenvolvimentos dos projetos;
 - falta de elemento capacitado para análise técnica dos diversos projetos e tomadas de decisão.
- II. Dificuldades na compatibilização por parte dos projetistas:
 - desinteresse e ignorância sobre os demais projetos (suas fases e necessidades);
 - descomprometimento com a interação;
 - falta de normalização na troca de informações entre projetistas (documentação e arquivos eletrônicos sem padronização);
 - pouco conhecimento das técnicas executivas da obra.

Além disso, a maior dificuldade em compatibilizar projetos está intimamente ligada à cultura da pós-compatibilização. O erro está em pós-compatibilizar os projetos a qualquer custo através de procedimentos inoportunos a atividades de se projetar e conceber idéias. É a tentativa de remediar o irremediável (GRAZIANO, 2003).

Segundo Mikaldo e Scheer (2008) a complexidade dos projetos gerada pela evolução da tecnologia e hábitos modernos, segmentou as etapas do desenvolvimento

dos projetos e prejudicou ao longo do tempo a comunicação e a integração das equipes que tinham o objetivo de proporcionar soluções racionais.

Uma pesquisa realizada pela construtora inglesa Taywood Engineering Limited revela que o retrabalho (repetição de tarefas) representa aproximadamente 15% dos custos de uma obra e aponta a redução de incidência de falhas – por meio de um aperfeiçoamento contínuo – como essencial para uma empresa se tornar competitiva (VANNI, 1999).

De acordo com Vanni (1999) uma pesquisa realizada em países desenvolvidos verificou que índices de desperdício de falhas em projetos correspondem a 45% de custos não previstos, seguidos de mão-de-obra (25%), materiais (25%), manutenção (5%). O que faz da incompatibilidade entre projetos não um problema local, mas sim uma dificuldade encontrada também em países desenvolvidos como o Japão e os Estados Unidos.

2.6 COORDENAÇÃO DE PROJETOS

Bordin (2003) afirma que muitos profissionais da área da construção de edifícios, acreditam que a compatibilização deva ser realizada por um profissional especialmente contratado para essa função, chamado de coordenador de projeto.

A falta de um profissional voltado para a coordenação do processo de compatibilização pode gerar inconsistência e falta de confiabilidade aos projetos. Isto pode levar a não atualização do fornecimento de dados preliminares pelo projetista de estruturas e/ou de hidráulica ao arquiteto, que muitas vezes foram modificados no projeto final, causando interferências entre elementos estruturais, arquitetônicos, hidráulicos, etc. (GRAZIANO, 2003).

Gerenciador de projetos é o profissional centralizador do processo, 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, visando à perfeita compatibilização entre os mesmos (SEBRAE, 1995).

Conforme editora SEBRAE (1995) o gerenciador de projetos deve possuir as seguintes características:

- Ser engenheiro civil ou arquiteto;
- Ter conhecimento das técnicas de liderança;
- Ter conhecimento sobre mercadologia;
- Ter conhecimento técnico e experiência nas áreas envolvidas (etapas de projetos, execução de obras, cronograma de obras, custos);
- Ter conhecimento da normativa institucional (posturas municipais, normas técnicas, legislação pertinente, regulamentos de concessionárias, regulamentação dos fabricantes, procedimentos de avaliação de projetos).

De acordo com Violin *et al.* (2006) a elaboração de um novo empreendimento, em muitos casos, esbarra na necessidade de eliminar etapas para o breve lançamento, podendo causar problemas futuros no custo da edificação e provavelmente no custo final do bem. Sendo isso, quanto maior os esforços dedicados ao desenvolvimento dos projetos integrados ou projetos simultâneos, menores serão os esforços necessários dedicados ao processo de compatibilização de projetos (MIKALDO E SCHEER, 2008).

2.7 DIMENSÕES DA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Segundo Solano (2005) a compatibilização de projetos não está limitada apenas a detecção de interferências físicas entre os projetos, a compatibilização de projetos possui cinco dimensões, a dimensão do plano estratégico, da pesquisa de mercado, da viabilidade técnico-econômica, da construtibilidade e da facilitação do fluxo, conforme apresentado a seguir.

A dimensão do plano estratégico dos projetos refere-se à necessidade do compatibilizador propiciar condições ideais para os projetistas executarem os projetos de acordo com o cronograma previamente estabelecido e dentro do custo (SOLANO, 2005).

A dimensão da pesquisa de mercado é onde o compatibilizador deve instruir e cobrar dos projetistas o atendimento ao programa de necessidades e ao memorial descritivo de maneira que os projetos atendam aos requisitos de estética, de durabilidade e de facilidade de manutenção (SOLANO, 2005).

A dimensão da viabilidade técnico-econômica trata-se da necessidade do compatibilizador de utilizar os indicadores geométricos, de consumo, de custos e de produtividade considerados no estudo de viabilidade econômico-financeira do empreendimento para verificar possíveis desconformidades com este instrumento balizador do sucesso do investimento. Vários indicadores são conhecidos para o sub-setor da construção, como por exemplo: índice de compacidade, taxa de formas, taxa de armaduras, taxa de concreto, taxa de esquadrias, taxa de tubos de esgoto, entre outros (SOLANO, 2005).

A dimensão da construtibilidade é a dimensão normalmente praticada pelos compatibilizadores e citada pelos autores aqui indicados. Como citado no referencial teórico, as pequenas empresas não compatibilizam seus projetos, lançando para a produção da obra esta responsabilidade, evidentemente com todos os efeitos negativos também já destacados. Mesmo as médias e grandes empresas aplicam esta dimensão, mas muitas delas sem método definido, ficando restrita a sobreposição de desenhos na busca de inconformidades que possam comprometer o fluxo da construção. Para atingir aos objetivos do método, o compatibilizador deve pelo menos elaborar listas de verificação das zonas vulneráveis podendo ser utilizado os métodos conhecidos como engenharia simultânea e FMEA – Análise dos Modos e Efeitos de Falhas; criar regras para compatibilização contendo a ordem e os itens, como por exemplo: verificar a atualidade dos documentos que referenciam o desenho; verificar se o projetista atendeu a padronização dos documentos; verificar se a base dos projetos é a versão atual do projeto de arquitetura liberado, sendo este o referencial para os demais; sobrepor o projeto no desenho a ser compatibilizado em ponto de inserção padronizado; verificar o desenho por campos definidos em malhas 10x10cm; anotar as desconformidades e solicitações no layer do coordenador; salvar arquivo com o mesmo nome_compat.dwg e dar ampla divulgação para todos os intervenientes do

projeto; elaborar o plano de compatibilização de acordo com o cronograma dos projetos, não esquecendo que o número de interação é muito grande e deve ser calculada pela quantidade de tempo disponível (SOLANO, 2005).

A dimensão da facilitação de fluxo da produção dos projetistas não é utilizada pela maioria dos compatibilizadores e consiste em fazer cumprir os prazos previstos no cronograma de projetos; cumprir os prazos previstos para compatibilização; dar ampla divulgação do processo de compatibilização por meio compartilhado; somente liberar o projeto referencial para outros após a liberação pelo compatibilizador; não liberar desenhos com pendências, mesmo que estas pendências sejam de formatação; não liberar desenhos por pressão do engenheiro de produção, pois a obra não deveria ter sido iniciada antes dos projetos terem sido concluídos e liberados (SOLANO, 2005).

2.8 COMPATIBILIZAÇÃO X CONSTRUTIBILIDADE

Enquanto a literatura nacional trabalha com frequência o termo “compatibilização de projetos” nos mais variados focos e dimensões, na literatura internacional não há referências sobre este assunto com a mesma terminologia. Embora, a literatura nacional traga diversas citações de artigos internacionais usando termos relativos à construtibilidade (FERREIRA, 2007)

Para Fabrício (2002), a construtibilidade está diretamente ligada à qualidade das soluções de projeto e à integração entre os projetos com o sistema de produção da obra. A qualidade e o detalhamento das soluções dos projetos são importantes para disponibilizar, ao pessoal da obra, o que se espera do produto e dos subsistemas construtivos.

Novaes (1998) também afirma que a compatibilização de projetos pode constituir-se em importante fator de melhoria da construtibilidade e de racionalização construtiva, devido principalmente ao seu caráter de ação projetual, que permite interagir e conciliar os elementos construtivos das edificações, nos aspectos físicos, geométricos, tecnológicos e de produtividade.

Segundo Sousa (2010) a construtibilidade pode ser entendida como: as medidas do projeto com objetivo de facilitar a construção e ainda satisfazer os requisitos gerais de instalação de um edifício. Trata-se de uma atitude, que deve prevalecer através de ações integradas dos conhecimentos e experiências do construtor e dos projetistas a serviço do desenvolvimento dos projetos. Grande parte do problema de construtibilidade não é devido à falta de informação, mas sim à falta de gestão da informação, e que a partir do modelo é possível identificar e caracterizar os fatores que têm mais impacto sobre construtibilidade do projeto, com objetivo de amenizar os efeitos negativos e reforçar os efeitos positivos.

2.9 QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo Mikaldo e Scheer (2008), mesmo não havendo consenso na literatura do escopo da compatibilização, observa-se que a necessidade de verificar interferências físicas e discutir informações que interligam as características de cada projeto, são tópicos abordados por diversos autores, nos quais citam a utilização de sobreposição de projetos 2D em softwares de CAD, a integração de modelos 3D e o método FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis* ou *Análise do Modo e Efeito de Falhas*) como ferramentas para compatibilização de projetos. Entende-se que a utilização das ferramentas citadas pode contribuir para o processo de compatibilização auxiliando na detecção de interferências físicas e na verificação das informações interligadas dos projetos.

O aumento da competitividade no mercado vem ocasionando a geração de maiores exigências quanto à qualidade dos produtos, obrigando assim as empresas, para sobreviverem, buscarem uma melhoria contínua (TAVARES *et al*, 2001).

Segundo Helman e Andery (1995), esta busca da melhoria contínua na empresa requer ir além da garantia de conformidade, atingir a denominada Garantia da Qualidade em sentido amplo, ou seja, entendida como um conjunto de ações planejadas e sistemáticas visando a gerar no cliente a confiança de que um determinado produto ou serviço poderá satisfazer suas exigências de qualidade.

Esta busca da melhoria contínua também é destacada pela norma NBR ISO 9001 (2000), que especifica requisitos de sistema de qualidade para uso onde há necessidade de demonstrar a capacidade da organização para projetar e fornecer produtos conformes. Os requisitos especificados destinam-se primordialmente à obtenção da satisfação do cliente pela prevenção de não-conformidades em todos os estágios desde o projeto até os serviços associados.

2.10 RACIONALIZAÇÃO CONSTRUTIVA

Segundo Vanni (1999) muitas empresas têm buscado a eficiência e qualidade em seus processos construtivos, com a implantação de novas tecnologias, novos procedimentos, padronização de algumas etapas de produção e qualificação da mão-de-obra com o objetivo de racionalizar seus processos construtivos e alcançar maior diferenciação em seus empreendimentos. Ainda o mesmo autor cita que os projetos têm um papel bastante significativo com inúmeras repercussões no processo construtivo e no uso dos edifícios. Portanto, a implantação de medidas de racionalização e controle, reduz o custo de uma obra, os prazos de execução e o retrabalho devido ao fato do planejamento ser baseado nas informações contidas nos projetos.

A racionalização possibilita também, um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis como a qualidade na estrutura organizacional envolvida, inovações tecnológicas e produtivas, e diversidade dos conceitos relativos aos produtos e ao seu processo de finalização. O termo racionalização na construção civil passa por vários entendimentos e é aplicado de diversas formas e em diferentes realidades. Para melhor entender o conceito de racionalização e suas aplicações, aborda-se vários conceitos sobre o ponto de vista de vários autores. (SOUSA, 2010)

A racionalização construtiva é entendida como a representação das fontes e mecanismos de eficácia, tendo em vista os condicionantes de um dado mercado, e a capacidade de os analisar, os formalizar e os operacionalizar em ferramentas e métodos de organização e de gestão ou em ferramentas de

tomada de decisão (CARDOSO, et. al.,1998).

Melhado (1994), conceitua a racionalização como um princípio que pode ser aplicado a qualquer método, processo ou sistema construtivo e, no caso do processo construtivo tradicional, significa a implantação de medidas de padronização de componentes, simplificação de operações e aumento de produtividade que podem trazer grandes reduções de custos.

O principal objetivo da racionalização da produção é a redução no prazo de execução das obras, com eficiência na condução do processo de produção, reduzindo seus tempos, dando mais importância aos procedimentos de execução com responsabilidades bem definidas, eliminando as subjetividades e os retrabalhos na produção. Sua aplicação pode trazer vantagens significativas para o desempenho, custo ou qualidade das atividades de construção, e conseqüentemente do produto final (SOUZA, 1996).

Para Franco (2009) a compreensão do conceito de racionalização construtiva, não é universal. Muitas vezes, ela é confundida com ações de menor impacto e extensão do que as desejadas. Para o mesmo, o significado da palavra racionalização muitas vezes é levada ao uso coloquial, com isso, levam muitos a acreditar que a racionalização consiste de um conjunto de pequenas medidas, tais como a aplicação de uma ferramenta diferente – um carrinho, uma bisnaga ou um andaime – na obra. No entanto, segundo o autor, a racionalização construtiva para ter os efeitos de grande impacto no custo e qualidade das obras, só pode atingir seus objetivos quando ela for vista pelo um foco muito mais amplo, desde a concepção do projeto até a fase de manutenção.

Uma outra forma de racionalização pode ser considerada pela terceirização de algumas atividades, ou seja, a externalização da produção onde, os ganhos de custos passam a ser originados da capacidade de gestão bem desenvolvida dos fluxos de operações e de informações que circulam ao longo da obra, como informações em nível de projeto, interfaces entre agentes, da mão-de-obra própria, dos subempreiteiros, dos suprimentos, das datas críticas da obra, dos prazos, da qualidade (CARDOSO, et. al., 1998).

Segundo Vanni (1999) muitas pesquisas apontam que é na etapa de projeto que se tem condições de implantar medidas de racionalização e para que esta seja feita de maneira mais eficaz, é necessário seja incrementada com a metodologia da construtibilidade.

Sousa (2010) cita que de maneira mais ampla, há um consenso na idéia de que a tecnologia construtiva racionalizada enfoca a importância significativa do desenvolvimento de um trabalho sistemático para a construção, através da aplicação de técnicas de engenharia para elaboração de metodologias, procedimentos, manuais, desenhos, treinamento, e ainda, o desenvolvimento de um programa de racionalização e padronização

2.11 TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E SISTEMAS CAD

2.11.1 Tecnologia da Informação

Sousa (2010) o número crescente de informações dos projetos de edificações e as atividades dos diversos projetos isoladamente exigem cada vez mais a comunicação entre os participantes dos projetos, em busca de oportunidades para diminuir os custos, reduzir defeitos ou patologias construtivas provenientes das incompatibilidades de projeto. Ainda o mesmo autor cita que os computadores revolucionaram a forma como os documentos são produzidos, juntamente com as tecnologias da informação, que por sua vez, revolucionaram a forma como as pessoas trocam informações e documentos. Esta mudança surgiu recentemente e tem ocorrido muito rapidamente. Hoje, quase todos os empregados em empresas de arquitetura e de engenharia, trabalham com um computador, ficando evidenciado que a tecnologia da informação e computadores hoje são partes integrantes do dia-a-dia da maioria de empresas e profissionais da indústria da construção civil.

Segundo Barbosa (2005) outro ponto para reflexão é que: com o auxílio da informática e a intensiva urbanização, vêm sendo estimulada a arquitetura de prédios cada vez mais altos, esbeltos, leves e com implantações mais concentradas, sendo

assim o uso de técnicas tradicionais de elaboração de projetos e construções se tornou obsoleto, podendo originar problemas dos mais variados.

De acordo com Nascimento e Santos (2003), o termo Tecnologia da Informação (TI) é usado para o conjunto dos conhecimentos que se aplicam na utilização da informática envolvendo-a na estratégia da empresa para obter vantagem competitiva. Uma aplicação de TI não é hardware, um software ou uma ferramenta de produtividade e que por si só traz uma vantagem competitiva. Ela só pode ser obtida com o uso eficiente da TI e de forma contínua, alinhado com uma estratégia de negócios, características e de estrutura organizacional da empresa.

Segundo Nascimento et al. (2003) a Tecnologia da Informação envolve a captura, armazenamento, processamento e distribuição da informação por meios eletrônicos. Para Villagarcia et. al. (1999) a Tecnologia da Informação classifica-se em três categorias, sendo elas:

- a) Comunicações (redes de computadores, correio eletrônico, telecomunicações);
- b) Acessibilidade aos dados (*Electronic Data Interchange* (EDI), *Computer Aided Design* (CAD));
- c) Sistemas comuns de processamento de dados: (sistemas especialistas, conferência eletrônica).

Para Silva (2004) as novas tecnologias da comunicação têm contribuído no sentido de distribuir mais rapidamente as informações, disponibilizando maior quantidade e permitindo acesso mais amplo e imediato a estas informações, vencendo barreiras temporais e geográficas. O uso adequado das novas tecnologias de informações permite aos profissionais aproveitar melhor o seu tempo, dedicando-se a propor soluções técnicas mais eficazes na sua especialidade, favorecendo a qualidade ao longo do processo do projeto.

Sousa (2010) observa que cada vez mais os gestores são obrigados a pensar que a TI tem muito a contribuir para o bom desempenho dos projetos. Este argumento é amplamente adotado em outros setores, mas continua sendo mal entendido e aplicado no sub-setor da construção civil.

Apesar disso, para Scardoelli et al (1994) a indústria da construção civil sofre de um grande atraso tecnológico em relação aos outros setores. Esse atraso ocorre principalmente devido à resistência às inovações tecnológicas, emprego de métodos de gestão ultrapassados, excessivo esforço físico e condições adversas de mão-de-obra e a falta de incorporação de uma nova base de organização de trabalho a partir do uso da Tecnologia da Informação.

Segundo Nascimento e Santos (2002) para atenuar o problema da falta do uso de TI pela empresa da construção civil, como alternativa de longo prazo, é necessário reformular a estrutura curricular das universidades, dando uma maior ênfase nas aplicações de TI para os futuros profissionais, de forma que tenham uma visão mais ampla e prática das Tecnologias de Informação existentes para sua área.

2.11.2 Extranets de Projeto

As atividades desenvolvidas pelos diversos profissionais, dissociadas e de forma sequencial precisam ser substituídas por atividades de projeto realizadas efetivamente por equipes multidisciplinares (NOVAES,1996). Para Nascimento e Santos (2003) mesmo em um processo de construção simples, centenas ou milhares de documentos podem ser gerados.

Segundo Sousa (2010) esses documentos são de diferentes tipos e incluem pedidos de informação, desenhos CAD, memorandos, fotos, especificações, orçamentos, layout de canteiros, atas de reunião e memoriais descritivos, entre outros, e também as normas técnicas, legislação e outros documentos externos. Neste enfoque, o projeto desenvolvido com o suporte da extranet apresenta-se como solução para os problemas decorrentes da falta de comunicação entre as especialidades de projetos, por oferecer durante o desenvolvimento de projetos a integração de toda equipe de forma transparente e rastreável. A extranets de projeto ou os websites para gerenciamento de projetos, são atualmente uma das principais tecnologias a disposição da Construção Civil.

Soibelman e Caldas (2000), definem a extranet como uma rede de computadores que usa a tecnologia da Internet para conectar empresas/profissionais que compartilham objetivos comuns. Para o mesmo as extranets comparadas com os sistemas convencionais apresentam vantagens significativas como:

- Compartilhamento e armazenamento de dados;
- Racionalização de processos e ganho em competitividade;
- Rapidez no fluxo de informações.

Para Nascimento e Santos (2002) as extranets de projetos atendem ao gerenciamento de empreendimentos que tenham necessidade de envio, recebimento, armazenamento e controle de grande quantidade de documentos (desenhos CAD, figuras, memorandos, planilhas, etc.); de um sistema on-line para comunicação (vídeo conferência, chat, e-mails, fóruns de discussão, listas, etc.); e a automatização racional dos processos e do fluxo de trabalho (*workflow*). O funcionamento da extranet está baseado no uso de um ambiente na web exclusivo para o desenvolvimento do projeto, onde o coordenador e uma equipe multidisciplinar (arquitetos, engenheiros, fornecedores, construtores e proprietários) podem armazenar, visualizar e alterar arquivos relacionados ao projeto, de forma controlada e auditável. Ainda segundo Santos e Nascimento (2002) as trocas de informações nas extranets reduzem significativamente o grande volume de papel normalmente gerado ao longo do desenvolvimento de um empreendimento.

Moeckel (2000), Mendes Jr. et al (2005) definiram os principais recursos disponíveis nas extranets de projeto, sendo a seguir:

- Gerenciamento de documento: recurso com a função de armazenar documentos do projeto (arquivos CAD, figuras, memorandos, planilhas, etc.) em um único local. Realizar *download* e *upload* de arquivos e inserir comentários aos arquivos.
- Controle de revisões: recurso com a função de armazenar e acessar diversas revisões de um mesmo documento. Registrar quem fez e quando foram realizadas as revisões.

- Visualização de arquivos: recurso com objetivo de visualizar diversos formatos de arquivos diretamente no *web browser*.
- Envio de comunicados: recurso com a função de realizar a comunicação entre os usuários. Os comunicados funcionam da mesma maneira que os e-mails, com a vantagem de ficarem registrados e disponíveis na extranet de projeto.
- Notificação por e-mail: recurso do envio de e-mails aos usuários notificando determinados eventos do sistema (envio de comunicado, *upload* de arquivo, criação de usuário, etc.).
- Monitoramento do sistema: recurso com objetivo de controlar os principais (ou todos) os eventos do sistema como, por exemplo, quem e quando criou (ou excluiu) usuário.
- Sistema de busca: recurso com objetivo de oportunizar ao usuário uma rápida e prática busca por documentos, comunicados, usuários, etc.
- Agenda de contatos: cadastro com informações pessoais (nome, e-mail, telefone, endereço, etc) de cada integrante da equipe de projeto.
- Fluxo de trabalho (*workflow*) do projeto: recursos com objetivo de trabalhar colaborativamente através de requisições de informações, ordens de mudanças e regras que orientam a o processo de execução de tarefas.
- Chat: recurso que permite que os membros da equipe do projeto possam conversar em simultâneo e no mesmo canal on-line, através de mensagens escritas.
- Fórum de discussão: essa é uma ferramenta de comunicação que permite a discussão on-line de um tópico específico, onde os participantes poderão questionar, responder e comentar um determinado assunto, permitindo, então, que o processo de decisão seja documentado.
- Cronograma e calendário: recurso que permite gerenciar reuniões e cronogramas de tarefas em uma agenda centralizada, permitindo rápida consulta e confiança nas informações.
- Videoconferência: ferramenta para realizar reunião e discutir de maneira simultânea e direta através de imagens de vídeo e som.

- Customização (pequena) do ambiente: permite que os usuários customizem, mesmo que de forma limitada, a interface do sistema para melhor visualização das informações.
- Arquivamento do projeto: este recurso permite que todas as informações de um projeto possam ser armazenadas em dispositivos de mídia (HDs, CDs, DVDs, etc), para uso posterior.
- Visualizar estatísticas do projeto: permite aos membros da equipe de projeto visualizar um resumo das ações realizadas no sistema, como por exemplo, o número de mensagens e documentos inseridos no sistema.
- Integração com dispositivos de computação e telefonia móvel: ferramenta que possibilita trocar informações disponíveis no sistema com dispositivos de computação e telefonia móvel como PDAs e *Smartphone*.
- As extranets do tipo ASP (*Application Service Provider*), nas quais as empresas pagam um valor mensal por projeto ou usuário cadastrado ou por espaço em disco para utilizar os serviços de uma empresa de hospedagem de dados, para acesso via web (*datacenter*), são atualmente as que mais têm se destacado no mercado (MENDES JR et al, 2005). Mas, segundo Santos e Nascimento (2002) apesar do grande número no mercado desses sistemas colaborativos sua penetração não tem sido tão grande quanto esperado, devido principalmente a resistências culturais e organizacionais.

2.11.3 Sistema CAD

Segundo Miyamoto (2008) a vantagem na utilização de um sistema CAD, resulta na redução de tempo investido nos ciclos de exploração, ou seja, o uso de sistemas gráficos interativos permite realizar diversas modificações no objeto e possibilita a visualização imediata das alterações no modelo. Os sistemas CAD se baseiam na representação computacional do modelo, que permite produzir, elaborar e apresentar automaticamente o desenho de detalhes, vistas, seções,

perspectivas, plantas e a documentação referente ao objeto. Possibilita também, através da utilização de métodos numéricos realizar simulações, que podem ser usadas como uma alternativa na construção de protótipos.

Ainda o mesmo autor cita que na engenharia civil e na arquitetura são empregadas aplicações bidimensionais e tridimensionais, os programas agilizam o processo de confecção dos objetos, agregando valores como economia e segurança, com a possibilidade de reaproveitamento de desenhos tanto na confecção de um modelo tridimensional como no caso de uma alteração no projeto. Especificamente no apoio a engenharia, determinados programas possibilitam o cálculo, a geração de planilhas de quantitativos, alguns contém bibliotecas específicas com símbolos e equipamentos, para projetos de elétrica, hidráulica, lógica e revestimentos.

Para Amorim (2000), uma das grandes contribuições dos sistemas CAD são os modelos geométricos tridimensionais, pois possibilita que o objeto seja representado aplicando a volumetria que este possui. Estes sistemas reproduzem a forma geométrica idêntica ao do modelo real acabado ou pode definir apenas sua volumetria, o nível de detalhes é definido pelo projetista, de acordo com a finalidade da modelagem. O modelo virtual permite a visualização a partir de diversos pontos, contribuindo na detecção de interferências ou possíveis falhas no projeto. E aliado a programas de tratamento foto-realístico realiza estudo cromático, aplicação de texturas, de materiais e cores, nas diversas fases do projeto, tanto em etapas de concepção como de apresentação.

Porto (1997) relata que a grande contribuição para os projetistas, é que a partir da construção de um modelo tridimensional em etapas de concepção um banco de dados é criado, contendo informações do objeto 3D, e conseqüentemente estes dados podem ser reconhecidos por programas, gerando automaticamente plantas, elevações, cortes, vistas, perspectivas, enfim, cada software possui funções específicas e proporcionam resultados de qualidade variada. A principal qualidade atribuída à utilização dos programas CAD consiste na possibilidade de o arquiteto conferir a seus traços básicos dimensões reais, desde os momentos

iniciais de concepção, criando, assim, uma base gráfica e conceitual, pois os desenhos em formato de dados digitais possibilitam sua reutilização tanto nas etapas de um mesmo projeto como também em projetos subseqüentes.

A partir destes avanços tecnológicos, com a utilização de programas CAD no auxílio ao processo de desenvolvimento de projetos, algumas etapas acabaram sendo substituídas por outras mais ágeis, reduzindo o tempo confecção do projeto e conseqüentemente seu custo final (MIYAMOTO, 2008).

Segundo Miyamoto (2008) entre os principais benefícios podemos destacar os seguintes:

- Melhoria na qualidade do projeto enquanto representação gráfica;
- Confiabilidade dos projetos no que se refere à precisão que os desenhos apresentam em relação à informação contida;
- Velocidade de produção dos desenhos, já que muitas tarefas podem ser automatizadas (inserção de textos, texturas, cotas, etc.);
- Integração entre os envolvidos no projeto, promovendo a integração dos projetistas;
- Facilidade no estudo de alternativas, pois novos projetos podem ser gerados a partir de outros desenvolvidos anteriormente;
- Facilidade de alterações no projeto sem a necessidade de redesenhá-lo;
- Facilidade na apresentação de idéias, visto que os modelos tridimensionais sombreados ou com tratamento foto-realístico podem aproximar-se bastante da realidade;
- Simplificação do desenho, a partir da utilização de bibliotecas;
- Facilita a visualização e compreensão de desenhos (projeto);
- Facilidade de transporte (Internet, mídias, discos, etc.), e a portabilidade através da comunicação do projeto com outros programas;
- Facilidade no desenvolvimento corporativo de projetos evitando erros e otimizando a compatibilização, uma vez que os trabalhos são desenvolvidos em cima de um modelo preciso possibilitando a sobreposição de várias camadas (layers);

- Permite integrar o desenho com um banco de dados;
- Velocidade, rapidez e economia de tempo no processo de representação;
- Mais eficiência no processo de projeto;
- Mais eficácia do projetista.

2.11.4 Tecnologia BIM

Além da modelagem 3D, o *Building Information Modeling* (BIM) surge também como uma nova e ótima alternativa tecnológica para o desenvolvimento de projetos. Em primeiro lugar, a tecnologia BIM tem todas as funções de CAD 3D, considerando que a modelagem 3D CAD é meramente coleção de pontos, linhas nas formas 2D e 3D. No conceito BIM, tais entidades geométricas recebem um significado, simbólico ou abstrato com atributos quantitativos ou qualitativos, tais como durabilidade, resistência ou vida útil. O BIM é um modelo de informação do edifício, que trata a informação da construção desde a concepção até a utilização, manutenção e demolição. Desta forma os elementos da edificação são descritos de forma integrada não só nos aspectos geométricos, mas também a todos os outros aspectos ligados à edificação, (FERREIRA, 2007).

Para Sousa (2010) a modelação de informações do edifício é realizada utilizando objetos com atributos para criar elementos de construção: lajes, pilares, coberturas, janelas, fios, conexões hidráulicas e outros objetos. Cada objeto do sistema representa um elemento de construção com um comportamento e atributos relevantes para esse elemento. Por exemplo, o comportamento de uma porta é diferente de acordo comportamento do material que ele é feita. Como a BIM trabalha com o modelo real do edifício, e não com uma representação 2D, pode-se levantar questões como, por exemplo: relatórios de análises de perdas de calor, controle de custos, volume de massa de construção, e dados sobre as fases da execução, manutenção, além de plantas, cortes, perspectivas e animações e cenas de realidade virtual.

Para Ferreira (2007), um dos desdobramentos mais atuais dos conceitos abrigados pela Engenharia Simultânea aplicados à Engenharia Civil é o uso de BIM. Contudo, defende-se que o modelamento de informações para construção é uma grande tarefa da qual dependem diversos conceitos altamente elaborados. Essa tarefa só pode ser conduzida graças às novas ferramentas computacionais. No entanto, a utilização da BIM de forma correta, influenciará profundamente a maneira de trabalhar nos empreendimentos de construção. Ainda, o mesmo, relata que a discussão sobre o modelo e sua utilização não é meramente técnica. Não se trata de simplesmente aceitar e verificar a maneira mais eficiente de utilizar um modelo tal qual ele aparece implementado em um programa desenvolvido por uma grande empresa de software de CAD. É preciso utilizar de maneira crítica o modelo, percebendo suas vantagens e desvantagens, percebendo também as suas falhas e problemas podendo assim, sugerir mudanças ou correções.

2.12 PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO

A crescente competitividade no setor da construção civil e o aumento das exigências dos clientes finais têm pressionado as empresas do setor a oferecer produtos de melhor qualidade, executados dentro de prazos e custos cada vez menores. Nesse contexto, a efetiva preparação e o desenvolvimento de planos adequados à realidade das obras tornam-se uma questão crucial para o bom desempenho das empresas construtoras. A habilidade de antever possíveis barreiras à execução de um empreendimento capacita as empresas a trabalhar em ambientes incertos bem como a solucionar eventuais problemas antes da realização das tarefas, protegendo, assim, a produção (SANTOS, 2001 *apud* NOBRE e BARROS NETO 2003).

Para o alcance desse objetivo, o processo de planejamento e controle de produção vêm se destacando como um importante conjunto de ferramentas que está contribuindo para a melhoria do desempenho da produção (SILVA JUNIOR e BORGES JUNIOR, 2010).

Moura (2008) define o planejamento como um processo de tomada de decisão, realizado antecipadamente à ação e que se empenha em projetar um futuro desejado e formas eficazes de realizá-lo.

Segundo Formoso *et al* (1998) o processo de planejamento da produção é extremamente importante para a gestão da construção. Na indústria da construção, o processo de planejamento e controle tende a se concentrar no controle do projeto, enquanto em outras indústrias, tais processos enfatizam o controle da produção.

Uma das maneiras mais eficazes de aumentar a eficiência do setor da construção é melhorar o planejamento e controle da produção (Ballard, 2000 *apud* MOURA, 2008).

Moura (2008) corroboram essa afirmação, apontando que o PCP é fundamental, uma vez que, potencialmente, pode ter um grande impacto na qualidade, produtividade e confiabilidade quanto a prazos dos empreendimentos do setor.

O planejamento e controle da produção cumprem um papel fundamental para que seja alcançado êxito nos princípios da *lean construction*, de modo a obter um máximo retorno em produtividade de uma determinada tarefa, a um menor custo de execução (NOBRE, 2003 *apud* BARROS NETO, 2003).

Segundo SILVA JUNIOR e BORGES JUNIOR (2010), o planejamento é necessário por vários motivos:

- a) facilita a compreensão dos objetivos do empreendimento;
- b) define todos os trabalhos exigidos;
- c) desenvolve uma referência básica para processos de orçamento e programação;
- d) disponibiliza uma coordenação e integração vertical e horizontal (multifuncional), além de produzir informações para tomada de decisão;
- e) com base em decisões atuais, contribui para evitar tomada de decisões erradas em projetos futuros;

- f) melhora o desempenho da produção através da consideração e análise de processos alternativos;
- g) aumenta a velocidade de resposta para mudanças futuras;
- h) fornece padrões para o monitoramento, revisão e controle de execução do empreendimento;
- i) explora a experiência acumulada da gerência.

De acordo com Moura, (2008) na prática, o planejamento deve definir quatro requisitos: o que fazer (atividades), como realizar (métodos), quem irá executar (recursos) e quando realizar (cronograma). Ainda segundo ele, para ser eficaz, um sistema de controle deve ser integrado ao sistema de planejamento, formando um ciclo contínuo de planejamento e controle. Ainda o mesmo autor relata que o planejamento como um processo gerencial, que envolve o estabelecimento de objetivos e a determinação dos procedimentos necessários para atingi-los, sendo somente eficaz quando realizado em conjunto com o controle.

Logo, o planejamento só se faz útil na medida em que o controle exerce seu real papel que é o de monitorar, com base nos objetivos do empreendimento, e de realizar ações corretivas (BALLARD, 2000).

2.12.1 Last Planner

Segundo Formoso (2011), desde meados dos anos 90, novas formas de estruturar o processo de planejamento e controle de produção (PCP) vêm sendo adotadas na indústria da construção, com base em conceitos e princípios provenientes do chamado paradigma da Produção Enxuta. Dentre as várias abordagens, merece destaque o Sistema *Last Planner* de controle da produção, cuja implementação em diferentes países, inclusive no Brasil vem sendo amplamente reportada e discutida nos congressos anuais do IGLC (*International Group for Lean Construction*).

Ao longo dos anos, muitos trabalhos sobre o LPS foram publicados, principalmente nas conferências do IGLC. Entretanto, a maior parte dos artigos relata pesquisas qualitativas, baseadas em estudos de caso ou pesquisa-ação, focados no processo de implementação, apontando, principalmente, benefícios obtidos em empreendimentos isolados (MOURA, 2008).

Ainda Formoso (2011) no *last planner*, o PCP normalmente é dividido em três níveis: planejamento de longo prazo, planejamento de médio prazo (também conhecido como *look-ahead planning*) e planejamento de curto prazo. O planejamento *look-ahead* tem várias funções, entre as quais se destaca o controle dos fluxos de trabalho entre as unidades de produção pela identificação e remoção sistemática das restrições. Por meio desse mecanismo, busca-se reduzir a variabilidade nos fluxos de trabalho a montante, evitando que a mesma se propague para as unidades de produção a jusante, ao longo desses fluxos. Por meio da redução da variabilidade nas unidades de produção e nos fluxos de trabalho, busca-se evitar que o mesmo seja interrompido ou realizado em condições inadequadas. Com isso, pode-se esperar um aumento de produtividade das unidades de produção e, assim, uma melhoria no desempenho do empreendimento, pela redução de custos e de prazos. O terceiro e último nível tem como papel principal atribuir pacotes de trabalho às equipes e gerenciar os compromissos com as mesmas, em relação ao que vai ser feito, após a avaliação do que pode e do que deve ser feito, baseados nos recursos disponíveis e no cumprimento de pré-requisitos. O nome do sistema, *last planner* (último planejador) é uma alusão a quem, em última instância, define as tarefas a serem executadas no nível de curto prazo.

No intuito de melhorar a eficácia dos sistemas de planejamento e controle da construção civil, Ballard (2000) aponta que o sistema *last planner* (LPS) foi desenvolvido a partir de modelos e conceitos desenvolvidos na Engenharia de Produção. O mesmo autor salienta que esse sistema prevê um ambiente de produção confiável em empreendimentos através da redução da variabilidade do fluxo de trabalho. Ainda segundo o mesmo autor, por fluxo de trabalho entende-se o movimento de informações e materiais através das unidades de produção, nas quais os mesmos são processados. No caso da construção as unidades de produção (equipes) são

móveis e o fluxo de trabalho é definido pelo movimento dessas equipes. Define o LPS como uma filosofia, regras e procedimentos, e um conjunto de ferramentas que facilitam a implementação desses procedimentos.

No LPS, os planos são produzidos à medida que são obtidas as informações sobre o status do sistema, fornecida por alguém em um nível hierárquico acima, o que se assemelha ao conceito mais amplo de produção puxada proposto (MOURA, 2008).

Segundo Formoso (2011) o sistema *last planner* é introduzido um conceito adaptado de produção puxada, segundo o qual um sistema puxado é aquele que libera materiais ou informações no sistema de produção com base no estado do mesmo, observado por meio da quantidade de trabalho em progresso e qualidade de tarefas disponíveis, entre outros fatores. Essa forma de planejar contrasta com a visão de produção empurrada, adotada em sistemas tradicionais de planejamento baseados em técnicas de rede (CPM), nos quais os planos de longo prazo, bastante detalhados, constituem-se nos únicos planos formalizados.

Segundo o Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da UFSC, em estudo sobre Programação de Projetos com PERT / COM, 1991, a técnica CPM (Critical Path Method - Método do Caminho Crítico) foi desenvolvida em 1957 pela Sperry Rand Corporation para a empresa Du Pont, como trabalho de consultoria destinado à reduzir os crescentes custos e o tempo exigido para levar novos produtos do estágio da pesquisa à produção.

De acordo ainda com Formoso (2011) o Last Planner introduz a produção puxada tanto no nível de médio quanto de curto prazo. No médio prazo, faz-se a identificação de restrições, o que desencadeia uma série de ações de remoção das mesmas, incluindo a aquisição ou a produção de recursos para a produção. No curto prazo, analisam-se as tarefas programadas e os recursos disponíveis, liberando para a produção apenas aquelas que realmente têm condições de serem realizadas. Segundo ele, no Sistema Last Planner, existem vários mecanismos de gestão participativa, tanto na geração dos planos como na avaliação dos resultados, por meio de reuniões de planejamento realizadas sistematicamente nos níveis de médio e curto prazos. Normalmente participam dessas reuniões representantes das várias equipes

envolvidas, mesmo que subempregadas, e também representantes de diferentes áreas funcionais da organização.

O sistema *last planner* busca introduzir um mecanismo de proteção da produção denominado por Ballard (2000) de *shielding production* (produção protegida), para a redução da variabilidade no curto prazo, e a análise sistemática de restrições, que contribui para melhorar a confiabilidade dos fluxos de trabalho.

O conceito de produção protegida consiste em garantir, através da seleção de tarefas de qualidade, a redução da incerteza do fluxo de trabalho (BALLARD, 2000 *apud* MOURA, 2008).

Segundo Moura (2008) o mecanismo de proteção da produção tem consequência direta no comportamento do fluxo das equipes. Por exemplo, se por algum motivo uma tarefa que não teve todas as suas restrições removidas for incluída no plano semanal de trabalho, essa tarefa provavelmente não poderá ser executada, ou será executada parcialmente. A equipe responsável pela mesma ficará ociosa ou irá realizar alguma outra tarefa programada como reserva. Como consequência dessa não realização do trabalho, tem-se atraso na entrega daquele serviço para o cliente do processo, que pode ser a equipe que viria logo após a primeira para executar o serviço subsequente, criando uma interrupção no fluxo de trabalho. Ao mesmo tempo, o deslocamento da equipe para outra frente de trabalho tende a aumentar a parcela de atividades que não agregam valor (MOURA, 2008).

Dessa forma, um dos motivos pelo qual se protege a produção é a tentativa de estabilizar o fluxo de trabalho de forma que não haja atrasos na realização das atividades e nem interferência entre uma equipe e outra por motivos que poderiam ser evitados através da realização da proteção do fluxo (BALLARD, 2000 *apud* MOURA, 2008).

O Last Planner envolve a coleta de alguns indicadores, sendo o principal deles o percentual de planos concluídos (PPC), utilizado para monitorar a eficácia dos planos (BALLARD, 2000).

O indicador percentual de planos completos, que consiste no quociente entre o número de tarefas totalmente executadas em um período e o número de tarefas

planejadas nesse mesmo período, deve ser empregado para avaliar a confiabilidade dos planos de curto prazo da obra (BALLARD, 2000 *apud* NOBRE e BARROS NETO, 2003).

Segundo Koskela (1992) é importante salientar a importância do princípio da transparência, que consiste na perfeita visualização e compreensão do fluxo de trabalho, do início ao fim, por todos os agentes envolvidos no processo. Segundo este autor, isso pode ser atingido de diversas formas: por meios físicos ou organizacionais, através de medição e da disposição pública de informações.

De acordo com Ballard (2000) uma importante mudança no LPS é a detecção de variações no objetivo de cada equipe, podendo-se realizar ações corretivas e mudar o curso das ações. Isso difere do sistema tradicional no qual o propósito é realizar as atividades conforme planejado, sem levar em conta as mudanças que porventura ocorram no meio do caminho.

De acordo com Moura (2008) seus estudos, apesar de não serem definitivos na análise estatística de indicadores de desempenho do PCP, contribuíram para avançar o conhecimento sobre as relações, principalmente, no que diz respeito à influência da eficácia do processo de planejamento e controle da produção no desempenho de empreendimentos. Contribuíram também para a identificação significativa da influência do planejamento do canteiro de obras na eficácia do planejamento. Apesar disso, o mesmo enfatiza que se pode constatar a escassez de estudos de caráter quantitativo que evidenciassem os impactos do emprego do LPS ou que apontassem, de forma mais contundente, os fatores que afetam o sucesso da sua implementação. O mesmo afirma que existem poucos estudos que evidenciem propriamente a relação existente entre eficácia dos planos e desempenho do empreendimento.

Os fundamentos teóricos do PCP, ao contrário de muitos programas de melhoria, têm sua base justamente alicerçada no aprendizado. A tomada de decisão, o controle e o replanejamento são sempre realizados utilizando dados e indicadores coletados durante o processo anterior e visam sempre a melhoria, baseados na aprendizagem, tentando entender os reais motivos de problemas ocorridos para que

estes não venham a acontecer de novo, mantendo assim uma postura pró-ativa frente aos problemas (Neves *et al*, 2002).

Segundo Nobre e Barros Neto (2003) a falta de conhecimento, pelo mestre de obra e os trabalhadores, dos princípios do planejamento e controle de produção como os da construção enxuta e do sistema last planner, dificulta a realização de melhoramentos nas metas de produção estabelecidas, bem como não estimula a racionalização na utilização dos materiais.

2.13 CRONOGRAMA

De acordo com Mattos (2002), dentro do esforço de planejamento de uma obra, destaca-se a elaboração do cronograma geral do empreendimento, que deve servir de referencia para a programação das tarefas de campo e para avaliação do progresso da obra. Para elaboração do cronograma o gerente deve, em primeiro lugar, identificar e quantificar as atividades, estabelecer uma seqüência lógica – precedência – e, por fim, definir a duração e os recursos correspondentes a cada uma das atividades.

Desenvolver o cronograma é o processo de análise das atividades, suas durações, recursos necessários e restrições, visando criar uma seqüência lógica entre todas as etapas da obra (PMBOK, 2008).

De acordo com Mendes Jr. (1999), um cronograma representa o tempo total estimado para duração do projeto, com análise da seqüência das atividades, sua duração e os requisitos de recursos. Para desenvolvê-lo é necessário ordenar as atividades corretamente, planejando-as, identificando-as e documentando as relações de dependência entre as mesmas. Isso facilita o conhecimento de todas as etapas que integram o projeto e ajuda a estimar o tempo de duração que será necessário para a conclusão de cada uma.

O planejamento do tempo de um projeto constitui um elemento fundamental para determinação do prazo. Que é feita a partir da duração de cada uma das atividades que compõem o projeto, e do inter-relacionamento, resultante da metodologia de

execução definida. A duração das mesmas é determinada em função do tipo e da quantidade de trabalho que a compõe, bem como função da produtividade da equipe que a executa, admitindo-se, inicialmente estarem disponíveis o pessoal, os materiais, equipamentos e outros recursos necessários. Caso alguns dos itens anteriormente citados não estejam integralmente disponíveis, pode-se afirmar que o prazo do projeto aumenta, implicando na perda de ganhos para o cliente e para a organização executora. A ordenação das atividades pode ser feita com técnicas manuais (gráficos) ou com auxílio do computador (TI). As técnicas manuais são mais efetivas em projetos menores ou nas fases iniciais de projetos maiores (MENDES JR. 2010).

Segundo Faria (2011), antes de se iniciar a fase de execução de uma obra é importante planejar com detalhes os serviços que serão realizados em todas as fases de execução do projeto. O resultado desse planejamento é o cronograma da obra. Esse registro expressa visualmente a programação das atividades que serão realizadas durante a construção. Ele pode ser mais ou menos detalhado, contemplando a duração de serviços específicos (por exemplo, a instalação das esquadrias de um edifício) ou apenas as fases mais gerais da obra (fundações, estrutura, alvenaria, etc.). Quando ele mostra, também, os valores que serão gastos, ao longo do tempo, em cada uma dessas atividades, ele recebe o nome de cronograma físico-financeiro. O cronograma mostra, em uma linha do tempo, o começo e o fim de cada uma das fases ou atividades da obra. A qualquer momento, portanto, é possível verificar com rapidez o andamento das diversas frentes de serviço. Assim é possível definir prioridades e concentrar o foco nas equipes que eventualmente estejam mais atrasadas em relação às demais. O cronograma também ajuda a planejar as compras de produtos e materiais de construção, reduzindo estoques desnecessários no canteiro. Ainda o mesmo cita que no cronograma físico-financeiro, as despesas com a execução dos serviços são detalhadas semanal ou mensalmente, dependendo do tipo de construção. Isso permite que os administradores do caixa da obra saibam exatamente quanto vão gastar e quando isso vai acontecer, evitando despesas e empréstimos imprevistos. Da mesma forma, eles podem planejar o investimento do dinheiro que ainda não foi gasto, que rende juros e reduz as despesas do construtor.

Segundo Gehbauer (2002) para a elaboração do cronograma, como para qualquer planejamento, são necessários diversos níveis de informação. Como as condições de trabalho previstas para a execução da obra não podem ser completamente avaliadas na fase inicial do planejamento, o grau de precisão dos dados aumenta com o avanço do planejamento, ou seja, verifica-se que os dados iniciais mostram-se cada vez mais imprecisos. Por este motivo, um cronograma para ser coerente, deve ser elaborado em três níveis:

- elaboração de um cronograma geral, que delimita unicamente as etapas de execução mais importantes e define para isto prazos gerais;
- elaboração de um cronograma detalhado que indica com maior precisão cada etapa de trabalho e suas respectivas atividades;
- controle durante a execução e adaptação dos desvios ocorridos em relação ao cronograma geral.

Cronograma geral indica os prazos das etapas de produção mais importantes, (p.ex.: execução dos pavimentos) sem entrar no planejamento de prazos das atividades que compõem estas etapas. Ele abrange o tempo total de construção e serve como principal instrumento de controle e gerenciamento da execução. Para a elaboração do cronograma geral são estipulados primeiramente pelos empreendedores a data final e os marcos intermediários. Estes prazos devem ser tão realistas quanto possível. As etapas de construção determinadas na estruturação do trabalho são então organizadas a partir de dados como: índices de produtividade, prazos de execução e recursos de que a empresa dispõe. Para isto não é necessário, nem conveniente, uma delimitação das atividades como acontece no cronograma detalhado. Por fim, deve ser feita uma revisão dos prazos determinados, com o objetivo de se obter uma curva de alocação de recursos tão nivelada quanto possível, evitando-se uma alocação extrema de recursos.

Cronograma detalhado contém os prazos de execução de cada etapa e nele são consideradas também todas as atividades e serviços, fixando-se prazos para elas. Elaborado desta forma, o cronograma detalhado serve como orientação e previsão do tempo de construção necessário. Entretanto, ele não foge dos marcos determinados

pelo cronograma geral. Através dele são planejados períodos de compensação para casos de extrapolação dos prazos, e realizado o gerenciamento de todas as atividades da obra. Para a elaboração do cronograma detalhado, deve ser feito o levantamento de todas as dimensões e quantidades relativas à construção e seus respectivos índices de produtividade e desempenho. Estes dados são listados na Lista de Serviços na mesma seqüência em que são executadas as atividades correspondentes, de tal forma que possam ser planejados os recursos disponíveis e calculados os tempos de execução.

Adaptações durante o período de execução: as inúmeras influências internas e externas que ocorrem durante o período de execução de uma obra, tornam necessárias algumas alterações no cronograma detalhado. Estas alterações devem ser adaptadas ao cronograma geral, que permanece em vigor. Assim fica garantido que, apesar destes desvios que ocorrem isoladamente, o tempo total de execução permanece inalterado. A interdependência entre o grau de precisão do planejamento e o tempo gasto em planejamento deve ser considerada de forma crítica na elaboração do cronograma. Exatamente por causa do déficit, no Brasil, de dados reais obtidos através de cálculos realizados após o término da execução, e pela falta de pesquisas de processos de construção sistematicamente registrados, é de extrema importância que sejam feitas estas adaptações no cronograma através de controle e gerenciamento durante a execução.

Além da definição da programação do processo executivo, faz-se necessário seu controle, ou seja, acompanhar, avaliar e regular o progresso para atender aos objetivos de desempenho definidos no plano de gerenciamento. O monitoramento deve incluir relatórios de status, medições do progresso e previsões (PMBOK, 2008).

A definição da duração de uma tarefa é de extrema importância, pois constitui o dado numérico de tempo em função do qual o cronograma será gerado, sendo, por consequência, responsável pela obtenção do prazo da obra e dos marcos intermediários (Mattos, 2002).

Mattos (2002) salienta que um numero pequeno de operários acarreta uma duração demasiado longa. Por outro lado, se o engenheiro alocar uma quantidade

excessiva de operários no serviço poderá ocorrer interferência entre eles, falta de espaço físico e perda de economia de escala.

- Se for estabelecido o prazo das etapas da obra – o que é comum em edifícios onde se quer ter um ciclo de determinado número de dias por andares-, a duração é previamente definida, devendo ser calculada a equipe para atingir tal meta;
- Se o fator determinante é a quantidade de recursos, a incógnita a ser calculada será a duração.

Gehbauer (2002) define quatro formas principais de apresentação de um cronograma, variando de acordo com o tipo, volume e complexidade da tarefa e, também, segundo a quantidade de informações que ele deve conter. A primeira delas é a lista de prazos, esta é a forma mais simples de apresentação de um cronograma. É como uma Lista de Serviços completada com as informações: duração data de início e data de término de uma atividade. Como neste caso não é possível mostrar a interdependência com outras atividades, a lista de prazos serve apenas como ponto de partida para os demais cálculos de definição de prazos.

A segunda é o cronograma de barras ou gráfico de Gantt: as vantagens do cronograma de barras estão na sua facilidade de leitura e compreensão, além da possibilidade de uma visualização clara do conjunto de atividades. Eles podem ser aplicados também no planejamento de recursos (mão-de-obra e máquinas). Por estes motivos, o cronograma de barras costuma ser utilizado para a visualização do processo, mesmo quando o planejamento foi realizado com o auxílio da rede de precedências. Os cronogramas de barras puros não oferecem, entretanto, nenhuma informação sobre o avanço de uma atividade dentro de um processo, e nem mostram com clareza a ligação lógica existente entre as atividades. Porém, já existem hoje cronogramas de barras com informação de precedências, notadamente os gerados por *softwares de gerenciamento de projetos*, tais como *Power Project*, *MS Project* e *Primavera*. A representação gráfica é feita normalmente com o eixo tempo mostrado horizontalmente. Na direção vertical estão todas as etapas da construção e suas atividades. Além da coluna onde estão as atividades, são previstas também outras colunas onde são incluídos dados da lista de serviços (quantidades, tempo gasto,

quantidade de mão-de-obra). Para facilitar o controle da obra, pode ser representada acima da barra que indica os prazos planejados, mais uma barra que indica a situação do realizado.

A terceira é linha de balanço, esta é representada em duas dimensões os tempos de construção e o avanço dos trabalhos de acordo com o tempo. Por isto, este tipo de cronograma é muito adequado para construções com grande volume de produção, como é o caso em construção de estradas e túneis e, também, para construções de edifícios quando se usa o método de planejamento para trabalho cadenciado. Neste diagrama, o eixo horizontal geralmente representa a quantidade de produção ou o avanço da produção e o eixo vertical representa o tempo. Em certos casos, o posicionamento dos eixos pode ser invertido. A inclinação da linha que representa o avanço da produção em direção ao eixo tempo mostra a velocidade de execução dos trabalhos. Por isso este diagrama pode ser chamado também de diagrama de velocidade. As linhas de balanço, entretanto, não permitem uma visualização do processo geral, quando ocorrem cadeias complexas de atividades, com velocidades de execução muito diferentes. A representação gráfica do avanço da obra, dada pelas linhas de balanço é usada freqüentemente para realizar, em combinação com o cronograma de barras, a comparação entre previsto e realizado, a partir das linhas somatórias do tempo gasto real e o tempo planejado. Nesta combinação podem ser reconhecidos com facilidade os desvios na velocidade de execução, através da diferença nas inclinações das linhas (GEHBAUER, 2002).

A quarta é a rede de precedências, esta é a mais completa, mas também a mais trabalhosa forma de elaboração de um cronograma. A utilização desta técnica está ligada à utilização de *softwares* de gerenciamento de projetos, tais como o *MS Project*, *Primavera*, e o *PowerProject*. A sua principal vantagem está no fato de que a rede de precedências mostra as interdependências das diversas atividades entre si. Assim, os efeitos de atrasos em relação ao cronograma geral podem ser percebidos e também calculados. Para haver uma maior aceitação e compreensão do esquema em rede por parte de todos aqueles que estão envolvidos com a obra, os resultados deste planejamento são também apresentados na forma de lista de prazos ou cronograma

em barras. A elaboração da rede de precedências pode basear-se também na lista de serviços feita para o empreendimento, que neste caso deve conter, além dos dados já mencionados, informações sobre as dependências entre as atividades listadas. Em um cálculo no sentido do desenvolvimento da obra, ou seja, do começo para o fim da execução, é levantada para cada atividade a data de seu início, que deve ser o mais cedo possível. Já num cálculo de trás para frente, ou seja, do final para o início da obra, é determinada uma segunda data de início das atividades que deve ser o mais tarde possível. A diferença entre estas datas estabelecidas define um prazo de reserva, denominado folga, para as respectivas atividades. Quando esta diferença é igual a zero para uma determinada atividade, significa que ela pertence ao caminho crítico da rede, e cada atraso nesta atividade tem influência direta no cronograma geral. Atividades com folga maior que zero, podem sofrer, dentro dos limites da folga, atrasos ou adiamentos sem que o cronograma geral fique comprometido. Estes conhecimentos permitem um aproveitamento ideal dos recursos e um, melhor direcionamento das medidas corretivas no caso de transtornos que provoquem desvios entre as datas do planejado e do realizado. No planejamento de cronogramas através do esquema em rede podem ser utilizadas basicamente duas formas de apresentação:

- no CPM (*Critical Path Method*) cada atividade é representada por uma seta e os nós demarcam um determinado momento dentro do processo (começo ou fim);
- no MPM (*Metra Potential Method*), as atividades são representadas pelos nós, e as setas indicam (também de forma quantitativa) as dependências das diversas atividades entre si.

3. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso é uma fonte de pesquisa que se concentra no estudo de um caso particular, mas usa esse caso e suas características para representar casos análogos.

Para Gil (2009), o estudo de caso consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento. Segundo ele as principais vantagens do estudo de caso são: o estímulo a novas descobertas, onde o pesquisador mantém-se atento a novas descobertas; a ênfase na totalidade, o pesquisador volta-se para a multiplicidade de dimensões de um problema focalizando-o como um todo; a simplicidade dos procedimentos, os relatórios do estudo de caso, por exemplo, se caracterizam pela utilização de uma linguagem e de uma forma muito mais acessível do que outros relatórios de pesquisa.

3.1 RELATO DA PESQUISA

Seleção de um projeto de uma residência de alto padrão de quatro pavimentos com 492,92 m² para realização do estudo de caso abrangendo as seguintes etapas:

- 1) Levantamento sobre a documentação gráfica descritiva para análise da compatibilização espacial;
- 2) Verificação e análise da compatibilidade (interferências físicas), através de conflitos geométricos detectados pela sobreposição entre todos os projetos (arquitetônico e complementares);
- 3) Análise do cronograma da obra verificando o fluxo de atividades e identificando possíveis incompatibilidades entre as etapas da obra;
- 4) Acompanhamento no canteiro de obra, através de observações in loco e documentos com objetivo de verificar possíveis incompatibilidades entre os projetos de arquitetura e complementares que deram origem a modificações, retrabalhos e/ou diminuição da funcionalidade da residência e conseqüentemente o aumento do custo da obra.

3.2 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O objeto de estudo trata-se de uma residência unifamiliar com 492,92 m² de área construída, quatro pavimentos, sendo o subsolo dividido em garagem com capacidade para quatro carros, lavanderia, quarto empregada, bwc empregada e despensa com 140,26 m². O pavimento térreo está dividido em cozinha, sala de estar / jantar e salão de festas com 149,98 m². O pavimento superior é dividido em três suítes com 122,68 m² e o ático dividido em suíte e closet com 80 m². A obra teve início em 04 de abril de 2011 com data prevista para conclusão em 30 de março 2012.

A estrutura da residência é de concreto armado e as lajes são pré-moldadas com enchimento em lajotas cerâmicas. A alvenaria foi dividida em duas dimensões de blocos cerâmicos 14x19x19 para as paredes que possuíam pilares de 14cm de largura e tijolos 17x20x20 para as paredes que possuíam pilares com largura de 20cm e nas paredes que há contato com o solo foram utilizados blocos de concreto de 19x19x39.

A cobertura será estruturada com madeira tipo itaúba para a cobertura do ático e madeira tipo cambará para as coberturas dos beirais. Para o fechamento das coberturas serão utilizadas telhas de concreto do tipo Double S. A captação das águas pluviais da cobertura será com calhas e rufos em chapas galvanizadas nº26.

Para os revestimentos de pisos estão previstos pisos laminados para os quartos, pavimento intertravado (ex. paver) na entrada da garagem e porcelanatos e granito para os demais ambientes. As esquadrias de madeira serão itaúba e as esquadrias de alumínio serão da linha gold com vidros verdes 6 mm. Para os revestimentos externos as paredes serão revestidas em textura. Nas paredes internas a opção foi por porcelanatos nas paredes da lavanderia, cozinha e bwc's e pintura látex para os demais ambientes. Em todos os ambientes os forros serão em placas de gesso acartonado.

Nas instalações elétricas estão previstos alarme, ponto de TV a cabo e telefone em todos os ambientes. Nas instalações hidrosanitárias e gás são previstos um sistema de reuso de águas pluviais para as torneiras de jardim e sistema de aquecimento a gás com dois aquecedores de passagens e um boiler (sistema

conjugado). As tubulações de água fria e esgoto serão de PVC e cobre para as tubulações de água quente.

3.3 DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS

3.3.1 Projeto Arquitetônico

A partir do programa de necessidades do cliente aprovado pelo proprietário, o arquiteto iniciou o desenvolvimento dos estudos preliminares e anteprojeto.

Com o anteprojeto pronto, contendo cortes, elevações, perspectivas e especificações necessárias para o perfeito entendimento do projeto, este foi distribuído para os projetistas estrutural, hidráulico e elétrico para elaborarem os projetos complementares.

Devido a atrasos ocorridos no prazo de entrega dos projetos complementares, o projeto arquitetônico foi finalizado sem as adequações com os demais projetos. Resultando em imprevistos na execução ao longo do processo construtivo.

3.3.2 Projeto Estrutural

De acordo com o engenheiro responsável pelo projeto estrutural da obra, objeto de análise deste estudo de caso, o anteprojeto de arquitetura apresenta diversas informações como paredes, esquadrias, cotas, textos, mobiliário, etc., porém para inserir o lançamento da estrutura fez-se necessário ocultar informações irrelevantes, mantendo no projeto apenas as indicações de paredes e de aberturas, para que a visualização do projeto não fosse prejudicada.

O processo de elaboração do projeto foi iniciado com o lançamento da estrutura em papel vegetal. É nesta etapa em que ocorreu a interação entre os profissionais responsáveis pelos projetos arquitetônico e estrutural, buscando viabilizar um modelo estrutural que alcance as expectativas da necessidade do cliente, no que diz respeito à

estética, custos, entre outros. A inserção do lançamento da estrutura realizou-se através do *software* TQS (Software Cálculo de Estruturas).

A seguir são descritas as etapas de elaboração do projeto estrutural conforme relatou o responsável técnico por esta disciplina.

A etapa de modelagem que acontece diretamente no plano 2D, onde é necessário inserir a cota do eixo vertical no início do desenvolvimento do projeto e no lançamento de cada elemento estrutural, modelando-se automaticamente em 3D. Os elementos estruturais se dividem em camadas, ou seja, cada pavimento tem-se um croquis em 2D. Na sequência de forma automática, o software modela a estrutura e disponibiliza para a visualização.

A etapa seguinte é a análise da estrutura que acontece após o cálculo da estrutura que é executado depois que todo o modelamento e configurações de normas estiverem prontos. Nesta etapa o projetista pode direcionar com base na sua experiência para uma estrutura segura e econômica.

A penúltima etapa é o dimensionamento e é auxiliada diretamente pelo software com o auxílio das tabelas de dimensionamento que apresentam status de cálculo certo ou erro, sendo que para cada tipo de erro cabe ao projetista analisar e interagir com a estrutura para dimensionar todos os elementos de acordo com as normas.

A última etapa é o detalhamento, o projetista deve interagir de forma complementar os detalhamentos que não são gerados por limitações do software, como sobreposição de textos, inserção de cotas, detalhamento de geometria complexas, cálculo de vigas paredes. Nesta etapa cria a sua identidade no projeto com o acabamento refinado aos olhos do projetista.

3.3.3 Projeto Elétrico

Para auxiliar no desenvolvimento deste projeto o projetista utilizou o software Lumine, um programa integrado para projeto de instalações elétricas prediais.

Segundo o engenheiro responsável pela obra os lançamentos dos pontos elétricos, telefone, alarme, lógica, ar condicionado, iluminação e quadros foram feitos pela construtora e repassados para o projetista responsável pelo projeto elétrico. Neta etapa coube apenas ao projetista ocultar as informações desnecessárias ao projeto elétrico.

A próxima etapa informada por ele foi a de modelagem, a qual acontece diretamente no plano 2D, torna-se necessário inserir a cota do eixo vertical modelando-se automaticamente em 3D. O software modela as instalações elétricas e disponibiliza para a visualização.

Na etapa seguinte a análise acontece após a passagem de toda fiação que é executada depois que todos os pontos de força e iluminação com suas respectivas potências e tubulações são ligados ao quadro de distribuição e medição, formando um conjunto de circuitos.

Na penúltima etapa do dimensionamento é auxiliada diretamente pelo software com o auxílio das interfaces de dimensionamento, porém cabe ao projetista analisar e interagir com as instalações para dimensionar todos os elementos de acordo com as normas vigentes.

Na última etapa do detalhamento o projetista deve interagir de forma a complementar os detalhamentos que não são gerados por limitações do software como sobreposição do textos, detalhes construtivos e outros.

3.3.4 Projeto Hidrossanitário

Para auxiliar no desenvolvimento deste projeto o projetista utilizou o software Hydros da AltoQi.

Segundo o engenheiro responsável pela obra os lançamentos dos pontos de água quente/fria, esgoto, posicionamento dos aquecedores de passagens são feitas pela construtora com base no projeto específico do mobiliário e posteriormente repassados

para o projetista responsável pelo projeto hidráulico. Os restantes dos lançamentos ficaram a cargo deste projetista.

A próxima etapa é a modelagem que acontece diretamente no plano 2D. Porém, o Hydros modela 3D de forma automática, tornando necessário inserir as informações da cota do eixo vertical no início do desenvolvimento do projeto e no lançamento de cada elemento que forma as instalações hidrossanitárias. Na sequência de forma automática, o software modela as instalações hidrossanitárias e disponibiliza para visualização.

Na análise acontece após o traçado de todas as prumadas, tubulações horizontais, inserção das peças (curvas, registros, etc.) e demais itens e podem ser analisados através dos resultados das pressões.

No dimensionamento os tubos são dimensionados diretamente pelo software, porém cabe ao projetista analisar e interagir com as instalações para dimensionar todos os elementos de acordo com as solicitações das normas.

Na parte do detalhamento, última etapa, o projetista interage de forma a complementar os detalhamentos que não são gerados por limitações do software, como sobreposição de textos, detalhes construtivos e outros.

3.4 DESENVOLVIMENTO DA OBRA

3.4.1 Equipes de trabalho

3.4.1.1 *Funcionários Registrados*

A obra é composta por uma equipe de 7 (sete) homens. Sendo 1 (um) mestre de obras, 1 (um) encarregado de obra, 2 (dois) pedreiros e 3 (três) serventes.

3.4.1.2 Funcionários autônomos

A obra é composta por alguns funcionários autônomos, ou seja, empreiteiros que possuem uma equipe de funcionários registrados que prestam serviços, são eles:

- a) Encanador: profissional com dois ajudantes
- b) Eletricista: profissional com um ajudante
- c) Armador: profissional com um ajudante
- d) Carpinteiro para execução da cobertura: profissional com dois ajudantes
- e) Pintor: profissional com dois ajudantes
- f) Carpinteiro para colocação de portas: profissional com um ajudante
- g) Azulejista: profissional com um ajudante

3.4.2 Acompanhamento da obra

O acompanhamento da obra é composta por um engenheiro sênior, uma arquiteta, um engenheiro júnior, um estagiário que cursa engenharia civil e uma estagiária que cursa arquitetura.

O engenheiro júnior com auxílio dos estagiários acompanham a obra diariamente, onde são esclarecidas dúvidas de obra, projetos, levantamento de quantitativos de materiais necessários ao andamento da obra, compra de materiais, etc. A presença do engenheiro sênior e da arquiteta acontecem nos pontos chave da obra, onde são necessárias definições importantes que não são de autonomia de seus subordinados.

3.5 SOBREPOSIÇÃO DE PROJETOS

A sobreposição é uma técnica de apoio a coordenação utilizada para verificar a compatibilidade entre projetos de diversas especialidades. O pressuposto do projeto simultâneo tem por objetivo integrar o desenvolvimento do produto ao desenvolvimento

dos outros processos envolvidos por intermédio da cooperação entre os diversos agentes (LAMORÉ *et al*, 2007).

Neste estudo de caso, para possibilitar a identificação das interferências físicas entre cada projeto, esta equipe utilizou técnicas de sobreposição de projetos em 2D.

Este método consistiu literalmente na sobreposição das pranchas de projetos referentes à obra, objeto de estudo deste trabalho, segundo a metodologia descrita abaixo.

3.5.1 Metodologia de sobreposição

Antes de se iniciar a sobreposição das pranchas, os responsáveis pela compatibilização devem estar em posse de todos os projetos em arquivo *.dwg* (extensão acad), ou equivalente, que integrarão a obra a ser executada, além disso, devem, também, ter o conhecimento de todos os projetos, sua forma de leitura, simbologias e legendas.

A sobreposição dos projetos deste estudo de caso foi realizada pela mesma equipe que desenvolveu este trabalho, sendo assim, após estar com todos os projetos à disposição, a equipe trabalhou na ordenação e preparação dos desenhos, que vem a ser o ponto de partida para uma sobreposição eficaz.

Como forma de ordenação dos projetos adotou-se a planilha básica de cruzamentos de dados, onde são listadas as classes de projetos a serem reunidas e analisadas etapa a etapa, conforme a TABELA 1.

CLASSE	ARQ	EST	ELÉ	ÁGUA	ESG
ARQUITETÔNICO		x	x	x	
ESTRUTURAL	x		x		x
ELÉTRICO	x	x		x	x
ÁGUA	x		x		
ESGOTO		x	x		

TABELA 1 – Planilha básica de cruzamento de dados.
Fonte: Os autores.

A preparação dos desenhos consistiu na eliminação das informações desnecessárias que dificultam a visualização e análise dos projetos, influenciando e prejudicando, assim, a identificação das possíveis interferências. Além disso, é importante verificar se os desenhos encontram-se em mesma escala, o que pode ser feito facilmente analisando-se a dimensão das portas em cada desenho, por exemplo. Caso as pranchas apresentem escalas diferentes é possível uniformizá-las através do comando *scale* (AutoCad).

A fase de preparo considerou a eliminação de todos os aspectos que causam poluição visual aos desenhos, ficando visíveis apenas as informações básicas e pertinentes de cada projeto. As plantas do projeto arquitetônico exibiram apenas as indicações de níveis, nome dos ambientes, mobiliários que sejam pertinentes a compatibilização com os projetos hidráulicos e elétricos, dimensões das esquadrias e indicação do sentido de subida das escadas e rampas.

As plantas do projeto estrutural em concreto contiveram apenas as hachuras que distinguem os tipos de laje, indicação de nível do piso em osso, nome das peças estruturais, suas dimensões e algum detalhe de estrutura que se mostre necessário. As plantas de projeto elétrico e telefonia exibiram o posicionamento dos pontos de iluminação, tomadas, quadros e percursos dos eletrodutos. As plantas de água e esgoto mostraram apenas seus percursos dos dutos e pontos de ralos.

Em todos os casos acima citados, as cotas foram excluídas, levando-se em consideração que as mesmas dificultariam a análise de interferências devido ao excesso de informação. As cotas também são desnecessárias porque as plantas são elementos estáticos sem, a princípio, mudanças. Nos cortes, de todos os projetos foram mantidas as indicações de nível, as cotas e as indicações do tipo de ambientes (sala, quarto, bwc, etc.)

A manipulação de informações gráficas requer disciplina e meticulosidade. A estratificação adequada do conteúdo representado nos desenhos de engenharia e arquitetura é o primeiro passo para a organização dessas informações. Agrupá-las de forma simples é a única garantia de que a análise poderá ser feita setorialmente, sem que se perca a noção do todo ali representado.

Para tanto, após os desenhos estarem “limpos”, cada elemento, de cada projeto, foi definido em *layer* individual, com cores e espessuras de linhas específicas. Por exemplo, para as linhas do projeto arquitetônico definiu-se a cor preta e espessura 0,60 mm e para o projeto estrutural definiu-se a cor verde escuro para pilares e verde claro para vigas, ambos com espessura de 0,4mm. Com isso a visualização de cada projeto sobreposto fica mais evidente, conforme será explicitado nos próximos capítulos.

A configuração dos layers pode ser feita conforme as seguintes etapas:

1. Primeiramente configura-se os layers identificados e necessários, na barra de menu na opção *layers properties manager*; configura-se a cor, ou seu número, como é mais conhecido pelo software Auto CAD, também o seu tipo (*type*), contínuo, tracejado, pontilhado, etc.
2. Em seguida cria-se um arquivo *.ctb*, que gera arquivos de desenho para impressão, podendo ser extensão *.plt* ou *.pdf*. Este arquivo, *.ctb*, gera-se seguindo o caminho, *File*, opção *Plot style manager*, abrirá uma janela contendo vários arquivos *.ctb* já pré configurados pelo Auto CAD. Gera-se uma cópia renomeando o arquivo, "compatibilização.ctb", por exemplo.

Ao se concluir os passos anteriores iniciou-se o processo de compatibilização propriamente dita. Através da sobreposição de desenhos correspondentes, planta sobre planta, cortes sobre cortes etc. Sugere-se que para a sobreposição os desenhos sejam transformados em blocos para facilitar sua manipulação sem a perda de informações. Para isso o comando *block* (AutoCad) pode ser utilizado.

Para tal é importante a determinação de um ponto de referência. Este ponto deve ser representado impreterivelmente na mesma posição em cada projeto e em cada pavimento a ser estudado. Partindo deste pressuposto, elementos que são constantes verticalmente em todo o empreendimento podem ser uma boa escolha, como por exemplo, escadas, poço de elevador, etc.

Uma vez que os desenhos estão preparados e sobrepostos pôde-se analisar e identificar as interferências entre os projetos.

Deve-se lembrar que apesar dos projetos já estarem “limpos” e organizados o volume de informações e detalhes em cada prancha costuma ser muito grande. Sendo assim, para facilitar sua visualização, as pranchas de projetos sobrepostos foram plotadas em folhas de grandes dimensões como folhas A1 ou A0, e projetados em telas ou paredes através de projetores conectados diretamente no computador.

Uma das etapas de maior relevância na compatibilização de projetos é conseguir exprimir-se através da linguagem escrita com a clareza necessária ao bom entendimento do destinatário e, ainda, manter a rastreabilidade das alterações.

Sendo assim, utilizou-se da criação de “nuvens” numeradas no próprio desenhos, permitindo assim o destaque de cada interferência e sua localização em cada projeto. Além disso, todas as interferências foram comentadas e algumas soluções prévias apresentadas.

Todas as interferências encontradas foram devidamente identificadas e destacadas com simbologias e/ou figuras geométricas que se sobressaíram ao restante do desenho. Conforme apresentado a seguir.

A apresentação dos comandos do AutoCad visa simplesmente selecionar em meio a tantas outras, àquelas que mais se ajustam à metodologia aqui proposta, não impedindo que os resultados aqui apresentados possam ser alcançados através de comandos similares ou até mesmo por intermédio de outro *software*.

É importante salientar a importância de sempre preservar os arquivos originais dos desenhos e criar cópias para edição. Não se devem modificar arquivos de propriedade de outro profissional, portanto, é necessário que se providencie um carimbo próprio para a compatibilização.

3.5.2 Arquitetônico x Estrutural

Normalmente, considera-se a compatibilização entre os projetos arquitetônico e estrutural como principais, devido a sua importância norteadora para outros projetos complementares. Na sobreposição entre estes projetos procurou-se encontrar

interferências entre os elementos estruturais vigas e pilares sobre paredes de menor espessura, esquadrias de alturas ou peitoris elevados até mesmo enchimentos em pilares da arquitetura. Assim iniciou-se a análise das interferências.

A legenda das figuras encontra-se nos desenhos pranchas em anexo no final deste trabalho.

3.5.2.1 *Subsolo Arquitetura x Subsolo Estrutural*

Na FIGURA 1 pode ser observado que o pilar da arquitetura tem dimensões incompatíveis com o pilar do projeto de concreto (estrutural).

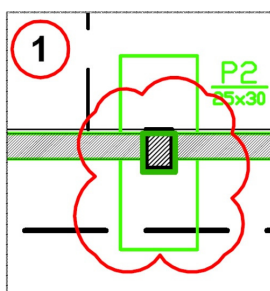


FIGURA 1 – Detalhe da interferência 01 entre as pranchas Subsolo da arquitetura e Subsolo do estrutural.

Fonte: Os autores.

Na FIGURA 2 observou-se a necessidade de ajuste de arquitetura no pilar P3

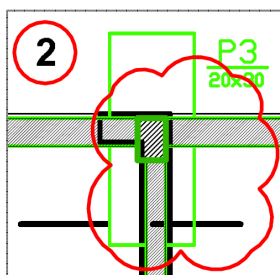


FIGURA 2– Detalhe da interferência 02 entre as pranchas Subsolo da arquitetura e Subsolo do estrutural.

Fonte: Os autores.

Na FIGURA 3 observou-se que os pilares e muro de arrimo estão desalinhados em relação à parede da arquitetura causando diminuição de área útil.

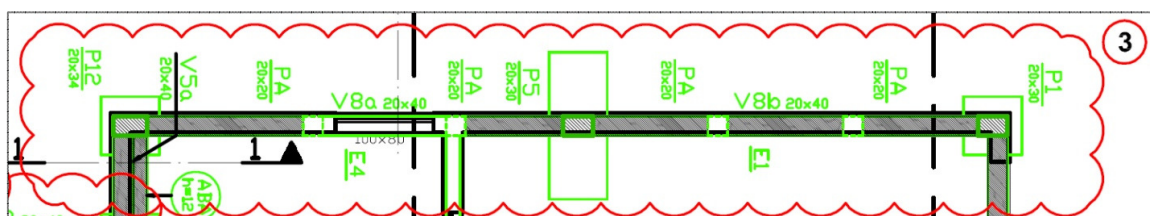


FIGURA 3– Detalhe da interferência 03 entre as pranchas Subsolo da arquitetura e Subsolo do estrutural.

Fonte: Os autores.

Na FIGURA 4 observou-se que o pilar P6 está desalinhado em relação à parede da arquitetura, necessitando aumento da espessura da alvenaria causando diminuição de área útil.

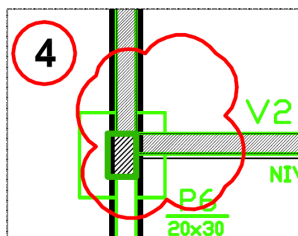


FIGURA 4– Detalhe da interferência 04 entre as pranchas Subsolo da arquitetura e Subsolo do estrutural.

Fonte: Os autores.

Na FIGURA 5 observou-se que os pilares P9 e P10 estão desalinhados em relação à parede da arquitetura, necessitando aumento da espessura da alvenaria causando diminuição de área útil.

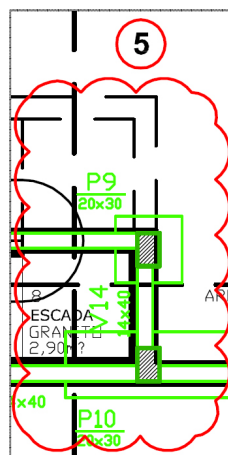


FIGURA 5 – Detalhe da interferência 05 entre as pranchas Subsolo da arquitetura e Subsolo do estrutural.

Fonte: Os autores.

Na FIGURA 6 observou-se que os pilares e muro de arrimo estão desalinhados em relação à parede da arquitetura causando diminuição de área útil pilares P13, P14 e PAs salientes, podendo exigir enchimento em alvenaria aba projetada no subsolo, porém inexistente.

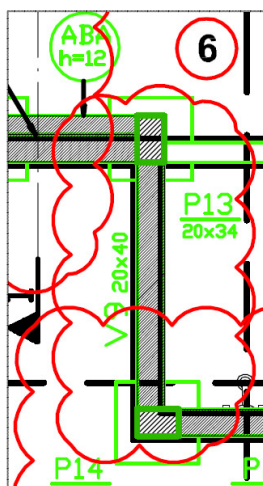


FIGURA 6 – Detalhe da interferência 06 entre as pranchas Subsolo da arquitetura e Subsolo do estrutural.

Fonte: Os autores.

Na FIGURA 7 observou-se que os pilares e o muro de arrimo estão desalinhados em relação à parede da arquitetura causando diminuição de área útil pilares BAL, p16 e PAs salientes, podendo exigir engrossamento de alvenaria.

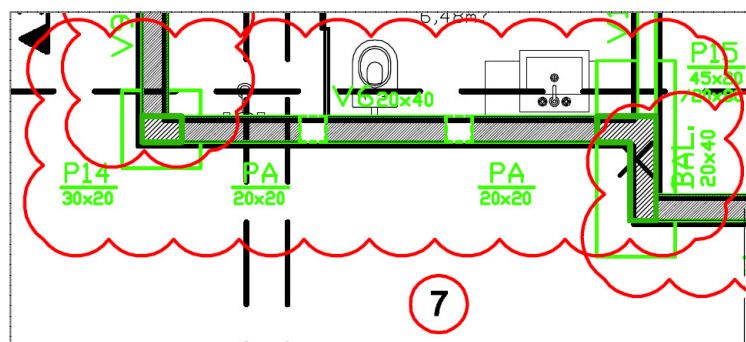


FIGURA 7 – Detalhe da interferência 07 entre as pranchas Subsolo da arquitetura e Subsolo do estrutural.
Fonte: Os autores.

Na FIGURA 8 observou-se que os pilares e o muro de arrimo estão desalinhados em relação à parede da arquitetura causando diminuição de área útil pilares BAL, p16 e PAs salientes, podendo exigir engrossamento de alvenaria.

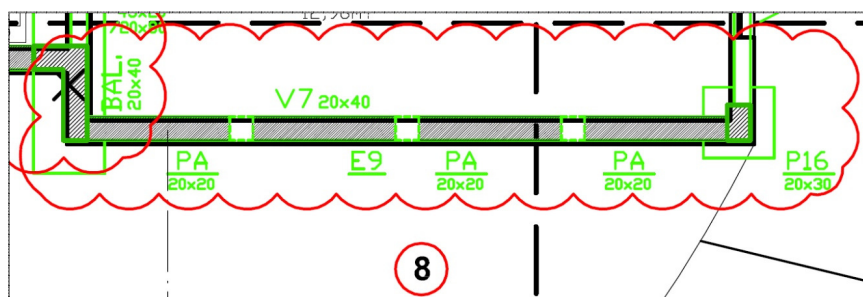


FIGURA 8 – Detalhe da interferência 08 entre as pranchas Subsolo da arquitetura e Subsolo do estrutural.
Fonte: Os autores.

3.5.2.2 Subsolo Arquitetura x Térreo Estrutural

Na FIGURA 9 se pôde observar que os pilares e o muro de arrimo estão desalinhados em relação à parede da arquitetura, causando redução da área útil.

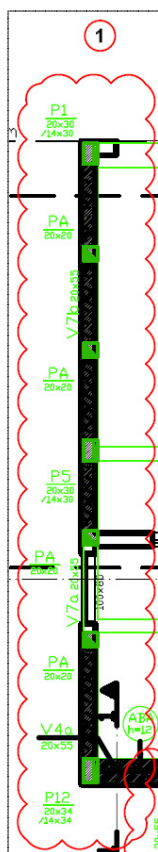


FIGURA 9 – Detalhe da interferência 01 entre as pranchas Subsolo da arquitetura e Térreo do estrutural.
Fonte: Os autores

Na FIGURA 10 pôde-se observar falta de alinhamento entre a arquitetura e o pilar P2, necessitando aumento da espessura da alvenaria causando desperdício e redução da área útil.

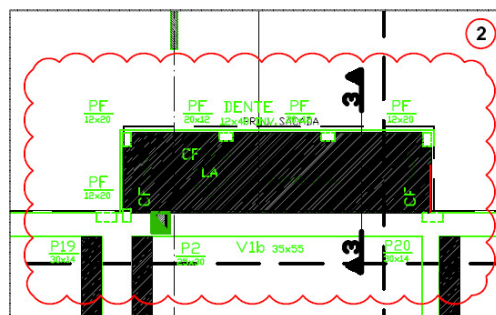


FIGURA 10 – Detalhe da interferência 02 entre as pranchas Subsolo da arquitetura e Térreo do estrutural.
Fonte: Os autores.

Na FIGURA 11 observou-se que o pilar P3 está desalinhado em relação à arquitetura, necessitando aumento da espessura da alvenaria causando desperdício e redução da área útil.

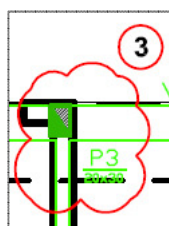


FIGURA 11 – Detalhe da interferência 03 entre as pranchas Subsolo da arquitetura e Térreo do estrutural.
Fonte: Os autores.

Na FIGURA 12 observou-se que os pilares P9 e P10 desalinhados estão em relação à parede da arquitetura, necessitando aumento da espessura da alvenaria causando desperdício e redução da área útil.

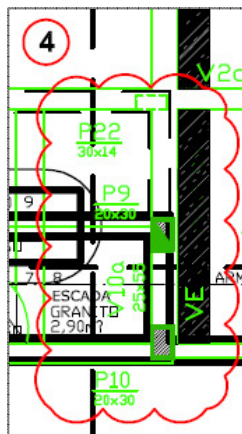


FIGURA 12 – Detalhe da interferência 04 entre as pranchas Subsolo da arquitetura e Térreo do estrutural.

Fonte: Os autores.

Na FIGURA 13 observou-se que o pilar P6 está desalinhado em relação à parede da arquitetura, necessitando aumento da espessura da alvenaria causando desperdício e redução da área útil.

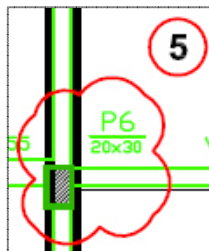


FIGURA 13 – Detalhe da interferência 05 entre as pranchas Subsolo da arquitetura e Térreo do estrutural.

Fonte: Os autores.

Na FIGURA 14 se pôde observar que os pilares e o muro de arrimo estão desalinhados em relação à parede da arquitetura, causando redução da área útil. Pilares P13, P14 e PA's salientes, podendo exigir enchimento de alvenaria.

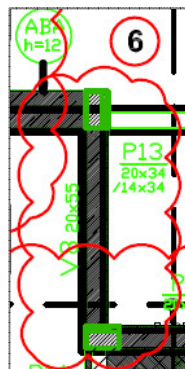


FIGURA 14 – Detalhe da interferência 06 entre as pranchas Subsolo da arquitetura e Térreo do estrutural.
Fonte: Os autores.

Na FIGURA 15 observou-se que os pilares e muro de arrimo estão desalinhados em relação à parede da arquitetura, causando redução da área útil. Pilares BAL, P16 e PA's salientes, podendo exigir enchimento de alvenaria.

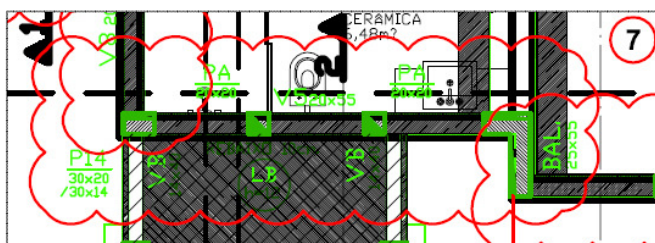


FIGURA 15 – Detalhe da interferência 07 entre as pranchas Subsolo da arquitetura e Térreo do estrutural.
Fonte: Os autores.

Na FIGURA 16 observou-se falta de alinhamento entre pilares dos projetos, causando necessidade de engrossamento da parede de alvenaria.

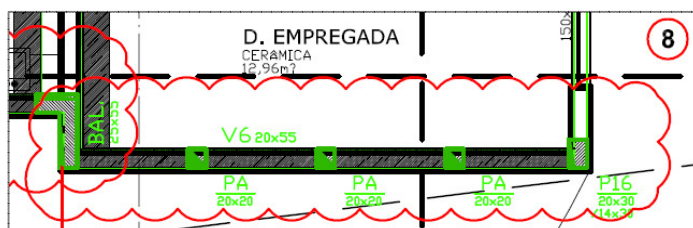


FIGURA 16 – Detalhe da interferência 08 entre as pranchas Subsolo da arquitetura e Térreo do estrutural.

Fonte: Os autores.

3.5.2.3 Térreo Arquitetura x Superior Estrutural

Na FIGURA 17 observou-se que o pilar P21 possui dimensão maior que a espessura da parede da arquitetura.

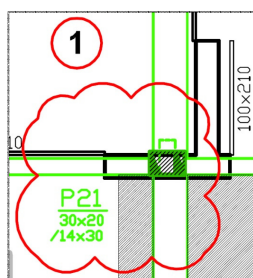


FIGURA 17 – Detalhe da interferência 01 entre as pranchas Térreo da arquitetura e Superior do estrutural.

Fonte: Os autores.

Na FIGURA 18 observou-se que o pilar P10 possui maior espessura que a parede da arquitetura. Vigas V14b e VE1 estão desalinhadas em relação à parede da arquitetura.

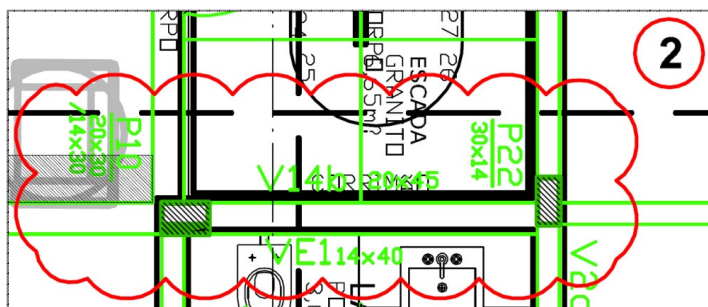


FIGURA 18 – Detalhe da interferência 02 entre as pranchas Térreo da arquitetura e Superior do estrutural.

Fonte: Os autores.

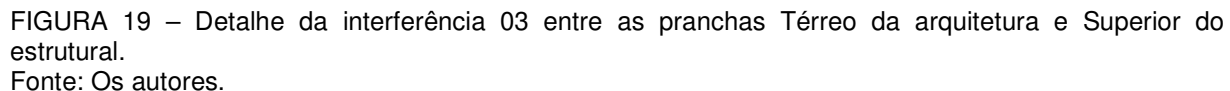
[illegible]

FIGURA 20 – Detalhe da interferência 01 entre as pranchas Superior da arquitetura e Cobertura do estrutural.

Fonte: Os autores.

3.5.2.6 Corte B Arquitetura x Corte A Estrutural

Na FIGURA 21 pôde-se observar o beiral da mansarda na arquitetura em nível desalinhado com o nível projetado no concreto. Viga V7 não prevista na arquitetura.

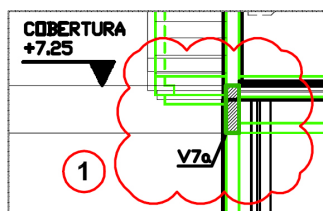


FIGURA 21 – Detalhe da interferência 01 entre as pranchas Corte B da arquitetura e Corte A do estrutural.

Fonte: Os autores.

Na FIGURA 22 pôde-se observar que a viga V9b não foi prevista no projeto arquitetônico.

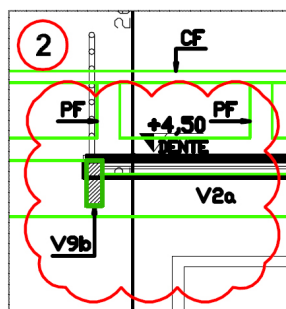


FIGURA 22 – Detalhe da interferência 02 entre as pranchas Corte B da arquitetura e Corte A do estrutural.

Fonte: Os autores.

Na FIGURA 23 pôde-se observar que a laje da arquitetura deve ser ajustada de acordo com o projeto da laje LB no plano do concreto, o que influenciará na elevação.

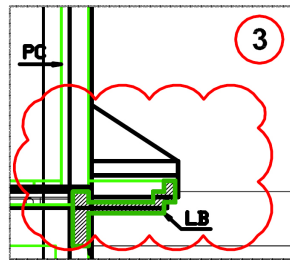


FIGURA 23 – Detalhe da interferência 03 entre as pranchas Corte B da arquitetura e Corte A do estrutural.

Fonte: Os autores.

Na FIGURA 24 observou-se incompatibilidade entre as dimensões do elemento representado na prancha do projeto arquitetônico e do estrutural.

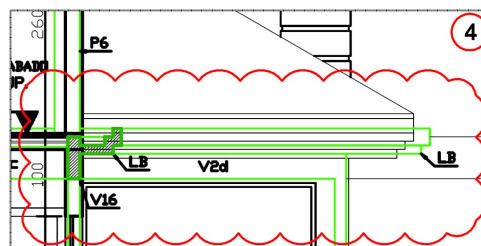


FIGURA 24 – Detalhe da interferência 04 entre as pranchas Corte B da arquitetura e Corte A do estrutural.

Fonte: Os autores.

Na FIGURA 25 observou-se que a viga V11 é incompatível entre corte e detalhe.

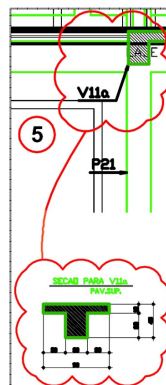


FIGURA 25 – Detalhe da interferência 05 entre as pranchas Corte B da arquitetura e Corte A do estrutural.

Fonte: Os autores.

Na FIGURA 26 observou-se que o muro de arrimo e viga V7 estão atingindo a esquadria.

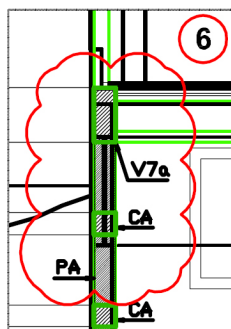


FIGURA 26 – Detalhe da interferência 06 entre as pranchas Corte B da arquitetura e Corte A do estrutural.

Fonte: Os autores.

Na FIGURA 27 observou-se que pilar P8 está interferindo em esquadrias, viga e pilares. No corte do concreto estes elementos estão alinhados de forma diferente daquela representada na planta de concreto.

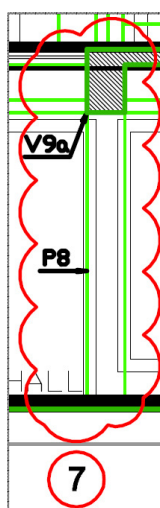


FIGURA 27 – Detalhe da interferência 07 entre as pranchas Corte B da arquitetura e Corte A do estrutural.

Fonte: Os autores.

Na FIGURA 28 observou-se que as escadas da arquitetura e do concreto possuem diferentes alturas de degraus.

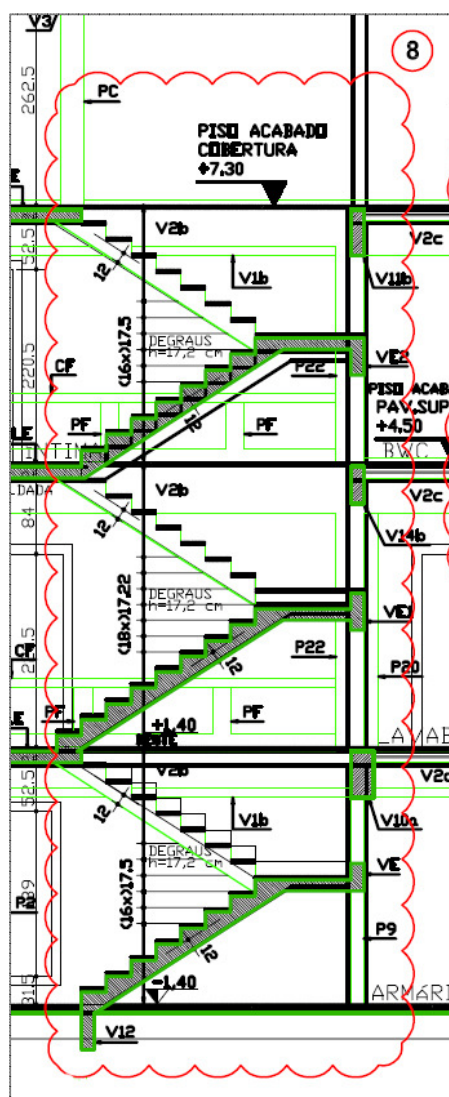


FIGURA 28 – Detalhe da interferência 08 entre as pranchas Corte B da arquitetura e Corte A do estrutural.
Fonte: Os autores.

3.5.2.7 Corte AA Arquitetura x Seção 1-1 e 3-3 Estrutural

Na FIGURA 29 observou-se que a laje da arquitetura deve ser ajustada de acordo com o projeto da laje LB no plano do concreto o que influenciará na elevação.

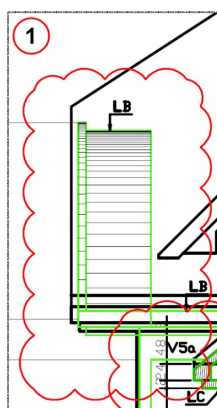


FIGURA 29 – Detalhe da interferência 01 entre as pranchas Corte AA da arquitetura e Seção 1-1 e 3-3 do estrutural.
Fonte: Os autores.

Na FIGURA 30 observou-se que a viga VC da mansarda interfere no vão da porta.

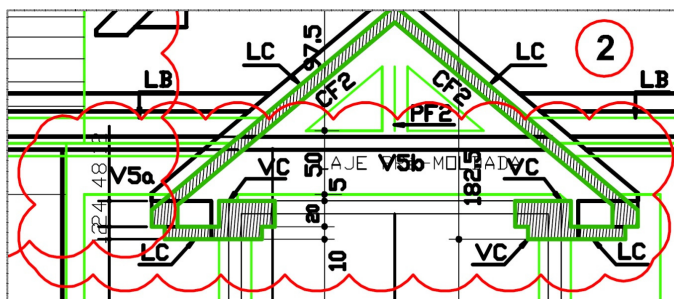


FIGURA 30 – Detalhe da interferência 02 entre as pranchas Corte AA da arquitetura e Seção 1-1 e 3-3 do estrutural.
Fonte: Os autores.

Na FIGURA 31 observou-se que a laje da mansarda e o beiral da arquitetura estão em níveis diferentes do projeto estrutural.

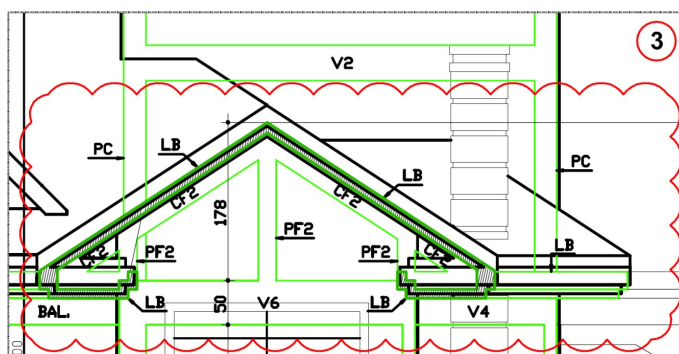


FIGURA 31 – Detalhe da interferência 03 entre as pranchas Corte AA da arquitetura e Seção 1-1 e 3-3 do estrutural.
Fonte: Os autores.

Na FIGURA 32 observou-se que o nível projetado no concreto é incompatível com o nível da arquitetura.

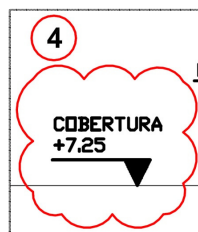


FIGURA 32 – Detalhe da interferência 04 entre as pranchas Corte AA da arquitetura e Seção 1-1 e 3-3 do estrutural.
Fonte: Os autores.

Na FIGURA 33 observou-se que o guarda corpo do concreto está desalinhado em relação à altura e a largura do guarda corpo da arquitetura.

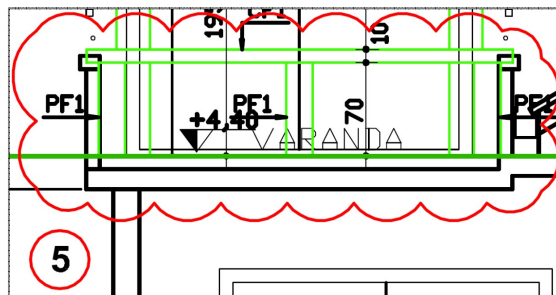


FIGURA 33 – Detalhe da interferência 04 entre as pranchas Corte AA da arquitetura e Seção 1-1 e 3-3 do estrutural.
Fonte: Os autores.

3.5.2.8 Corte EE Arquitetura x Corte BB Estrutural

Na figura 34 observou-se que a laje LB do concreto e beiral da arquitetura estão em níveis diferentes. Pôde-se observar ainda que a viga VB1 do estrutural e a porta janela interferem-se entre si.

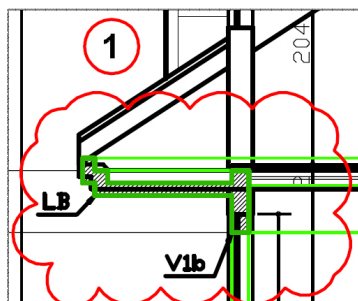


FIGURA 35 – Detalhe da interferência 01 entre as pranchas Corte EE da arquitetura e Corte BB do estrutural.
Fonte: Os autores.

Na FIGURA 36 observou-se que os degraus da arquitetura e do concreto estão com alturas diferentes.

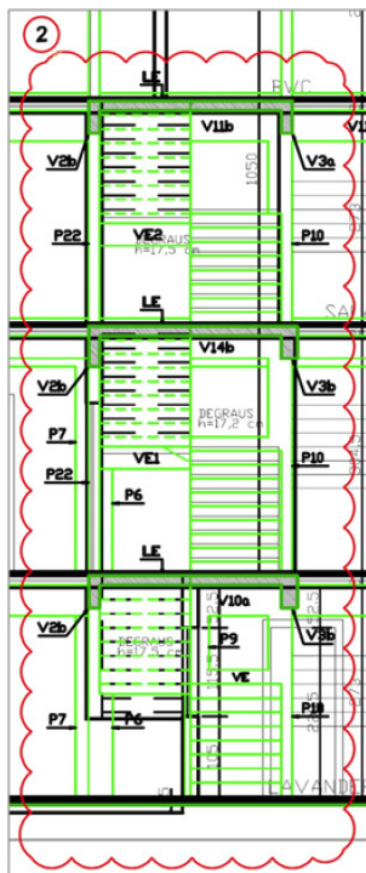


FIGURA 36 – Detalhe da interferência 02 entre as pranchas Corte EE da arquitetura e Corte BB do estrutural.
Fonte: Os autores.

Na FIGURA 37 observou-se que estrutura da sacada do concreto está mais alta que a sacada da arquitetura.

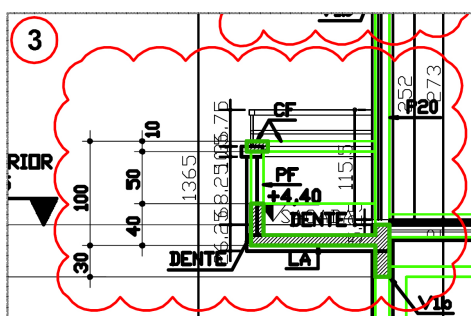


FIGURA 37 – Detalhe da interferência 03 entre as pranchas Corte EE da arquitetura e Corte BB do estrutural.
Fonte: Os autores.

Na FIGURA 38 observou-se que a estrutura da sacada do concreto está mais alta do que a sacada da arquitetura, além disso, a viga VB1 tem maior espessura que a alvenaria.

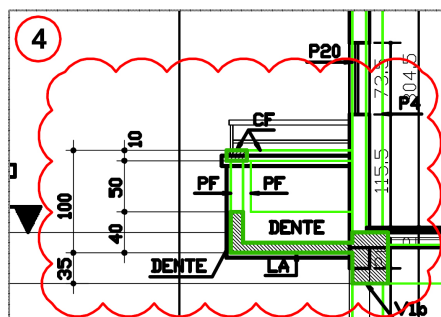


FIGURA 38 – Detalhe da interferência 04 entre as pranchas Corte EE da arquitetura e Corte BB do estrutural.

Fonte: Os autores.

Na FIGURA 39 observou-se que o pilar P3 está mais espesso que o pilar da arquitetura.

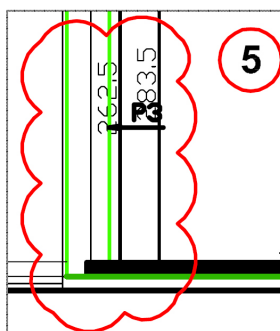


FIGURA 39 – Detalhe da interferência 05 entre as pranchas Corte EE da arquitetura e Corte BB do estrutural.

Fonte: Os autores.

3.5.3 Arquitetônico x Elétrico

A análise entre arquitetura e elétrica busca detectar interferências das pontas de energia e esquadrias, tanto em suas alturas quanto em seus peitoris, no caso de janelas. Procurou também verificar interferências entre estes mesmos pontos de energia e arquitetura de interiores, como roupeiros e espelhos.

A legenda das figuras encontra-se nos desenhos pranchas em anexo no final deste trabalho.

3.5.3.1 Subsolo Arquitetônico x Subsolo Elétrico

Com a sobreposição destes desenhos observou-se que não há interferências entre as pranchas.

3.5.3.2 Térreo Arquitetônico x Térreo Elétrico

Na FIGURA 40 observou-se interferência entre altura da porta na arquitetura e a altura da tomada de ar condicionado.

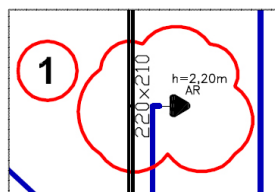


FIGURA 40 – Detalhe da interferência 01 entre as pranchas Térreo da arquitetura e Térreo do estrutural.
Fonte: Os autores.

Na FIGURA 41 observou-se interferência entre altura da porta na arquitetura e a altura da tomada de ar condicionado.

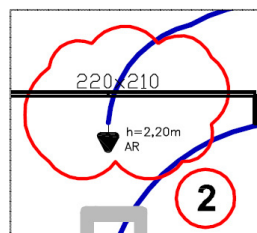


FIGURA 41– Detalhe da interferência 02 entre as pranchas Térreo da arquitetura e Térreo do estrutural.
Fonte: Os autores.

3.5.3.3 Superior Arquitetônico x Superior Elétrico

Na FIGURA 42 observou-se interferência entre os pontos de energia e projeto de arquitetura de interiores.

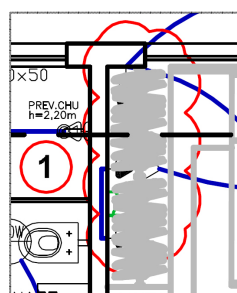


FIGURA 42 – Detalhe da interferência 01 entre as pranchas Superior da arquitetura e Superior do estrutural.
Fonte: Os autores.

Na FIGURA 43 observou-se interferência entre os pontos de energia e projeto de arquitetura de interiores.

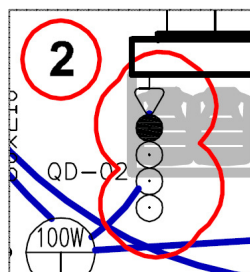


FIGURA 43 – Detalhe da interferência 02 entre as pranchas Superior da arquitetura e Superior do estrutural.
Fonte: Os autores.

3.5.3.4 Cobertura Arquitetônico x Cobertura Elétrico

Com a sobreposição destes desenhos observou-se que não há interferências entre as pranchas.

3.5.3.5 Sótão Arquitetônico x Sótão Elétrico

Na FIGURA 44 observou-se interferência entre pontos de energia da elétrica e parede da arquitetura.

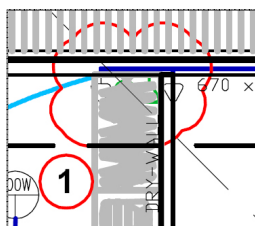


FIGURA 44 – Detalhe da interferência 01 entre as pranchas Sótão da arquitetura e Sótão do estrutural.
Fonte: Os autores.

Na FIGURA 45 observou-se interferência entre os pontos de iluminação e projeto de arquitetura.

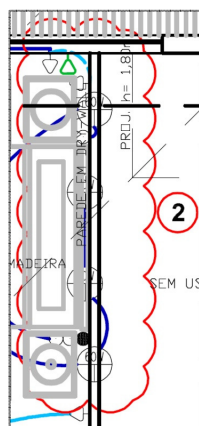


FIGURA 45 – Detalhe da interferência 02 entre as pranchas Sótão da arquitetura e Sótão do estrutural.
Fonte: Os autores.

Na FIGURA 46 observou-se interferência entre pontos de energia elétrica e projeto de arquitetura; falta de indicação de parede de drywall.

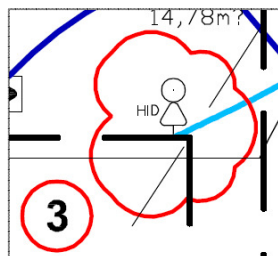


FIGURA 46 – Detalhe da interferência 03 entre as pranchas Sótão da arquitetura e Sótão do estrutural.
Fonte: Os autores.

3.5.4 Arquitetônico x Água

Compatibilizar arquitetura e hidráulica tem por objetivo verificar se os dutos interferem na plástica do projeto arquitetônico, se os tubos de queda não são comportados pelas paredes e até mesmo se o reservatório projetado é perfeitamente encaixado no espaço projetado pela arquitetura.

A legenda das figuras encontra-se nos desenhos pranchas em anexo no final deste trabalho.

3.5.4.1 *Subsolo Arquitetônico x Subsolo Água*

Na FIGURA 47 observou-se enchimento previsto no projeto de hidráulica e que não foi readequado no projeto arquitetônico.

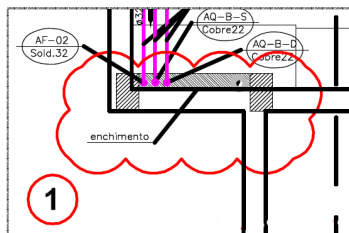


FIGURA 47 – Detalhe da interferência 01 entre as pranchas Subsolo do arquitetônico e Subsolo de água.
Fonte: Os autores.

Na FIGURA 48 observou-se enchimento previsto no projeto de hidráulica e não conformidade com a espessura de parede da arquitetura, tamanho insuficiente.

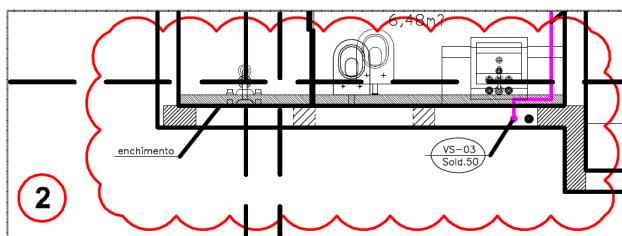


FIGURA 48– Detalhe da interferência 02 entre as pranchas Subsolo do arquitetônico e Subsolo de água.
Fonte: Os autores.

Na FIGURA 49 observou-se enchimento previsto no projeto de hidráulica e não conformidade com a espessura de parede da arquitetura, tamanho insuficiente.

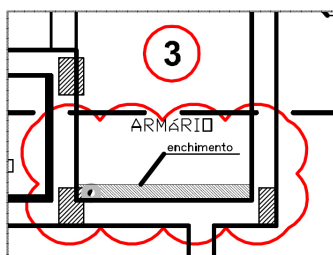


FIGURA 49 – Detalhe da interferência 03 entre as pranchas Subsolo do arquitetônico e Subsolo de água.
Fonte: Os autores.

3.5.4.2 *Térreo Arquitetônico x Térreo Água*

Na FIGURA 48 observou-se enchimento previsto no projeto de hidráulica e não conformidade com a espessura de parede da arquitetura, tamanho insuficiente.

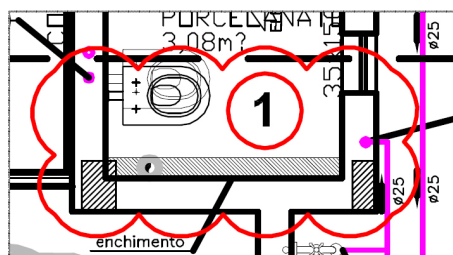


FIGURA 50 – Detalhe da interferência 01 entre as pranchas Térreo do arquitetônico e Térreo de água.
Fonte: Os autores.

3.5.4.3 *Superior Arquitetônico x Superior Água*

Com a sobreposição destes desenhos observou-se que não há interferências entre as pranchas.

3.5.4.4 *Sótão Arquitetônico x Sótão Água*

Com a sobreposição destes desenhos observou-se que não há interferências entre as pranchas.

3.5.4.5 *Cobertura Arquitetônico x Detalhe Caixa d' Água*

Na FIGURA 51 observou-se espaço para caixa d'água prevista na hidráulica com dimensão diferente do previsto na arquitetura

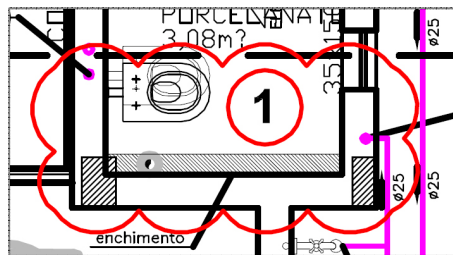


FIGURA 51 – Detalhe da interferência 01 entre as pranchas Cobertura do arquitetônico e Detalhe da Caixa d' água.

Fonte: Os autores.

3.5.5 Estrutural x Esgoto

Análise de compatibilização entre estes projetos busca detectar os dutos que passem de forma indevida por elementos estruturais que prejudiquem o fluxo de fluídos pelos dutos ou que possam interferir na estabilidade de um elemento estrutural. Buscou também se as caixas de passagem não coincidem com a fundação.

A legenda das figuras encontra-se nos desenhos pranchas em anexo no final deste trabalho.

3.5.5.1 Subsolo Esgoto x Subsolo Estrutural

Na FIGURA 52 observou-se interferência entre a fundação e duto de esgoto.

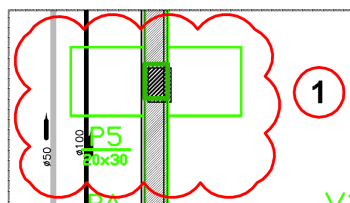


FIGURA 52 – Detalhe da interferência 01 entre as pranchas Subsolo do esgoto e Subsolo do estrutural.

Fonte: Os autores.

Na FIGURA 53 observou-se interferência entre a fundação e duto de esgoto.

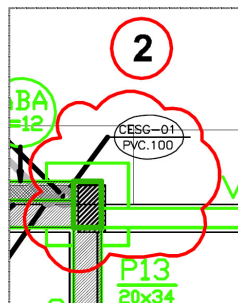


FIGURA 53 – Detalhe da interferência 02 entre as pranchas Subsolo do esgoto e Subsolo do estrutural.
Fonte: Os autores.

Na FIGURA 54 observou-se interferência entre caixa de gordura e fundação.

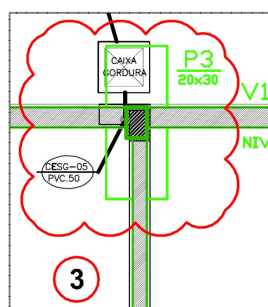


FIGURA 54 – Detalhe da interferência 03 entre as pranchas Subsolo do esgoto e Subsolo do estrutural.
Fonte: Os autores.

Na FIGURA 55 observou-se interferência entre tubulação de hidráulica e fundação.

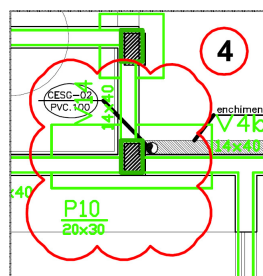


FIGURA 55 – Detalhe da interferência 03 entre as pranchas Subsolo do esgoto e Subsolo do estrutural.
Fonte: Os autores.

3.5.5.2 Térreo Esgoto x Térreo Estrutural

Na FIGURA 56 observou-se interferência entre viga V9 e dreno de ar condicionado.

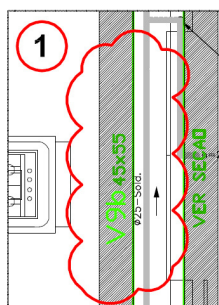


FIGURA 56 – Detalhe da interferência 01 entre as pranchas Térreo do esgoto e Térreo do estrutural.
Fonte: Os autores.

Na FIGURA 57 observou-se interferência entre pilar P3 e CESC-05.

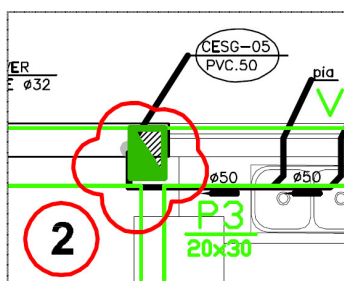


FIGURA 57– Detalhe da interferência 02 entre as pranchas Térreo do esgoto e Térreo do estrutural.
Fonte: Os autores.

3.5.5.3 Superior Esgoto x Superior Estrutural

Com a sobreposição destes desenhos observou-se que não há interferências entre as pranchas.

3.5.5.4 Sótão Esgoto x Cobertura Estrutural

Na FIGURA 58 observou-se interferência entre a viga V9 e o ralo.

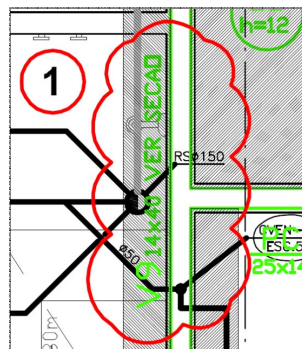


FIGURA 58– Detalhe da interferência 01 entre as pranchas Sótão do esgoto e Cobertura do estrutural.
Fonte: Os autores.

Na FIGURA 59 observou-se interferência entre pilar p13, viga V5a e CESC-01.

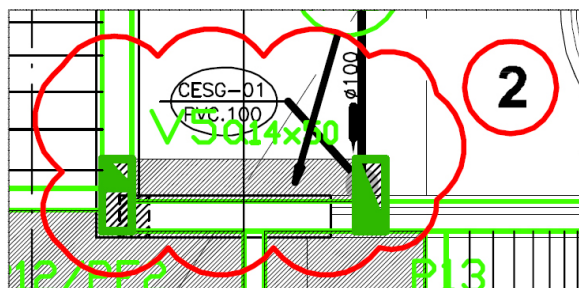


FIGURA 59– Detalhe da interferência 02 entre as pranchas Sótão do esgoto e Cobertura do estrutural.
Fonte: Os autores.

3.5.6 Elétrico x Estrutural

Sobrepondo o seguintes projetos, buscou verificar principalmente se os pontos de iluminação não coincidem com vigas, idem eletrodutos. A incidência entre ambos pode grande dificuldades na execução.

3.5.6.3 Superior Elétrico x Cobertura Estrutural

Com a sobreposição destes desenhos observou-se que não há interferências entre as pranchas.

3.5.6.4 Sótão Elétrico x Cobertura Estrutural

Com a sobreposição destes desenhos observou-se que não há interferências entre as pranchas.

3.5.6.5 Cobertura Elétrico x Detalhe Caixa d' Água Estrutural

Com a sobreposição destes desenhos observou-se que não há interferências entre as pranchas.

3.5.7 Elétrico x Esgoto

A sobreposição entre estas disciplinas buscou encontrar incompatibilidades que pudessem causar problemas no funcionamento entre iluminação e elementos hidráulicos como ralos e dutos tanto de descarga quanto de ventilação. Isso pode ocorrer porque os elementos de elétrica de um pavimento estão na mesma laje da instalação hidráulica do pavimento logo acima.

A legenda das figuras encontra-se nos desenhos pranchas em anexo no final deste trabalho.

3.5.7.1 *Subsolo Elétrico x Subsolo Esgoto*

Na FIGURA 61 observou-se interferência entre luminária e duto de água pluvial.

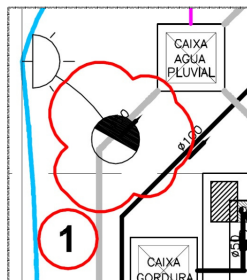


FIGURA 61 – Detalhe da interferência 01 entre as pranchas Subsolo do elétrico e Subsolo do esgoto.
Fonte: Os autores.

3.5.7.2 *Subsolo Elétrico x Térreo Esgoto*

Com a sobreposição destes desenhos observou-se que não há interferências entre as pranchas.

3.5.7.3 *Térreo Elétrico x Superior Esgoto*

Na FIGURA 62 observou-se interferência entre luminária do térreo e dutos de esgoto do pavimento superior.

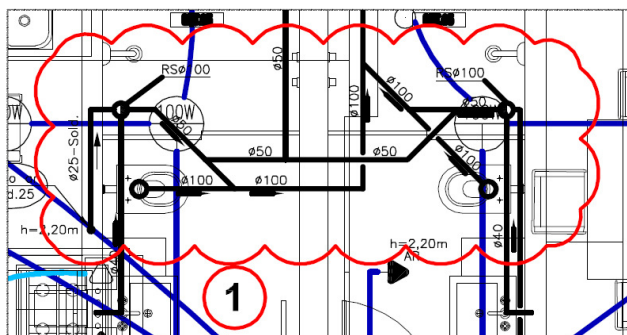


FIGURA 62 – Detalhe da interferência 01 entre as pranchas Térreo do elétrico e Superior do esgoto.
Fonte: Os autores.

Na FIGURA 63 observou-se interferência entre duto de esgoto do pavimento superior com luminária do pavimento térreo.

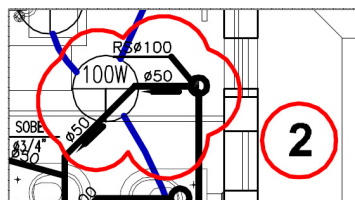


FIGURA 63 – Detalhe da interferência 02 entre as pranchas Térreo do elétrico e Superior do esgoto.
Fonte: Os autores.

3.5.7.1 *Superior Elétrico x Sótão Esgoto*

Com a sobreposição destes desenhos observou-se que não há interferências entre as pranchas.

3.5.8 Elétrico x Água

A sobreposição entre estas disciplinas buscou encontrar incompatibilidades que pudessem causar problemas no funcionamento entre iluminação e elementos hidráulicos como ralos e dutos tanto de descarga quanto de ventilação. Isso pode ocorrer porque os elementos de elétrica de um pavimento estão na mesma laje da instalação hidráulica do pavimento logo acima.

A legenda das figuras encontra-se nos desenhos pranchas em anexo no final deste trabalho.

3.5.8.1 *Subsolo Elétrico x Subsolo Água*

Com a sobreposição destes desenhos observou-se que não há interferências entre as pranchas.

3.5.8.2 Térreo Elétrico x Térreo Água

Na FIGURA 64 observou-se o enchimento previsto no projeto de hidráulica interferindo sobre ponto de elétrica no teto.

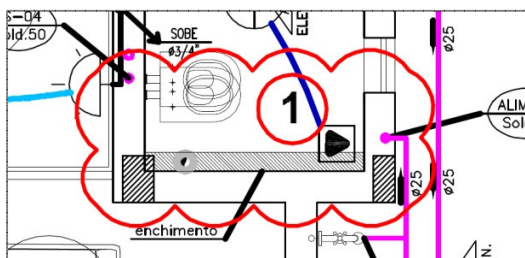


FIGURA 64 – Detalhe da interferência 01 entre as pranchas Térreo do elétrico e Térreo de água.
Fonte: Os autores.

3.5.8.3 Sótão Elétrico x Sótão Água

Na FIGURA 65 observou-se interferência entre quadro de distribuição do elétrico e misturadores hidráulicos.

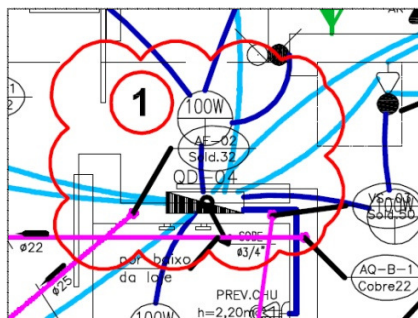


FIGURA 65 – Detalhe da interferência 01 entre as pranchas Sótão do elétrico e Sótão de água.
Fonte: Os autores.

3.5.8.4 Cobertura Elétrico x Detalhe Caixa d' Água

Com a sobreposição destes desenhos observou-se que não há interferências entre as pranchas.

3.5.9 Observações

Os projetos de telefonia seguem o mesmo raciocínio do projeto elétrico quanto à compatibilização com os projetos arquitetônico e estrutural. Neste estudo de caso não foi necessária a compatibilização dos projetos de telefonia visto que suas passagens são as mesmas especificadas no projeto elétrico, o qual foi compatibilizado.

Neste estudo de caso os projetos de esgoto foram compatibilizados com os estruturais cujas interferências exercem influencia direta com o projeto arquitetônico, além disso, as passagens e enchimentos necessários para o projeto de água são os mesmos para o projeto de esgoto. Sendo assim, para este caso, não houve necessidade da compatibilização entre os projetos de arquitetura com o de esgoto e do estrutural com o de água.

3.6 ANÁLISE DO CRONOGRAMA

A análise do cronograma da obra visou verificar o fluxo de atividades, identificando possíveis incompatibilidades entre as etapas da obra e também atrasos no cronograma devido a interferências climáticas, falta de detalhes construtivos em projetos, retrabalhos pela falta da compatibilização de projetos, entre outros.

O acompanhamento da obra é feito por apenas um cronograma físico financeiro. Para uma melhor visualização e entendimento do desenvolvimento da obra elaboramos um cronograma similar a um diagrama de Gantt (gráfico usado para ilustrar o avanço das diferentes etapas de um projeto. Os intervalos de tempo representando o início e fim de cada fase aparecem como barras coloridas sobre o eixo horizontal do gráfico) conforme segue a seguir:

INSERIR CRONOGRAMA A3

Para cada item foram deixadas duas linhas horizontais, sendo a de cima marcada com o que foi previsto pelo cronograma físico-financeiro e a de baixo do que foi executado podendo ser no prazo, com atraso e com retrabalho. Obedecendo a seguinte legenda:

- a) Amarelo: previsto pelo cronograma físico-financeiro
- b) Azul: executado dentro do prazo
- c) Rosa: executado com atrasos
- d) Vermelho: retrabalhos

Para cada mês foi dividido em quatro pequenas colunas que representam cada semana do mês e dentro de cada pequena coluna é colocado a porcentagem de quanto cada etapa deverá ser executada no período.

Os dados das etapas e do que foi previsto foi baseada no cronograma físico-financeiro fornecido pela construtora. Enquanto que os dados do que foi executado e os retrabalhos foram obtidas por conversas com o engenheiro júnior e seus estagiários que fazem o acompanhamento diário da obra.

3.6.1 Identificação das interferências

Em análise à TABELA 2 a seguir, o item 2.1 da infra-estrutura ocorreu um atraso de uma semana na execução das escavações mecânicas das estacas devido aos fatores climáticos (intensas chuvas) que impossibilitou a continuação dos serviços.

Nos itens 2.2 e 2.3 (TABELA 2) retrabalhos já aconteceram devido à falta de precisão do equipamento durante a rotação do trado, isso fez com que o eixo de algumas estacas acabassem saindo em até 15 cm da sua posição correta. Em consulta com o engenheiro calculista do projeto estrutural foram necessários reforços em blocos e vigas envolvendo aumento de ferragens e dimensões de blocos e vigas baldrame (retrabalhos) para vencer as excentricidades das estacas.

2	INFRA-ESTRUTURA	mar/11				abr/11				mai/11			
2.1	Escavação mecânica estacas				100%								
					50%	50%							
2.2	Forma			40%	40%	60%	60%						
								10%					
2.3	Aço			70%	70%	30%	30%						
								10%					
2.4	Concreto 25 MPA				20%	80%							
					10%	90%							
2.5	Compactação/reaterro							100%					
								0%	100%				

TABELA 2 – Detalhe do item 2 do cronograma da obra – Infraestrutura.

Fonte: Os autores.

Em consequência das interferências que aconteceram nos itens 2.4 - Concreto 25 MPA e 2.5 - Compactação / Reaterro, apresentados na TABELA 2, o item 5.2 - Impermeabilização, TABELA 3, apresentou atraso no início dos serviços, onde os 20% refere-se à impermeabilização das vigas baldrames.

5	COBERTURAS E PROTEÇÕES	mar/11				abr/11				mai/11			
5.1	Telhados												
5.2	Impermeabilizações							20%					
								0%	20%				

TABELA 3 – Detalhe do item 5 do cronograma da obra – Coberturas e Proteções.

Fonte: Os autores.

Na TABELA 4 detectamos um atraso no mês de julho que aconteceu devido a um acidente de trabalho cuja consequência foi o desfalque de dois funcionários. Para buscar equilibrar o cronograma, três profissionais autônomos (dois pedreiros e um servente) durante o período de um mês continuaram as atividades, executando fôrma, aço, levantamento de alvenaria e auxílio na concretagem, conforme TABELA 5.

4	PAREDES E PAINÉIS	mai/11				jun/11				jul/11			
4.1	Alvenaria tijolo cerâmico e = 15 cm				20%				20%				20%
					20%				10%				30%
4.2	Alvenaria tijolo cerâmico e = 20 cm				80%				20%				
					80%				10%				10%

TABELA 4 – Detalhe do item 4 do cronograma da obra – Supra-estrutura

Fonte: Os autores.

3	SUPRA - ESTRUTURA	mai/11				jun/11				jul/11			
3.1	Forma	20%				20%				20%			
		25%				10%				30%			
3.2	Aço	30%				30%				20%			
		30%				20%				30%			
3.3	Concreto 25 MPA	20%				20%				20%			
		20%				10%				30%			

TABELA 5 – Detalhe do item 3 do cronograma da obra – Supra-estrutura
Fonte: Os autores.

Como comentado no estudo de caso da compatibilização de projetos tivemos uma interferência no corte do projeto arquitetônico com o projeto estrutural da mansarda frontal esquerda, onde o beiral da mansarda avançou no canto superior da porta janela.

Isto somente foi identificado depois que as formas e armaduras do beiral já haviam sido executadas. Ao comunicar ao engenheiro responsável o ocorrido, este ordenou que fosse executado um novo detalhe do beiral, feito com novas medidas de fôrmas e armaduras, gerando retrabalhos conforme TABELA 6.

3	SUPRA - ESTRUTURA	ago/11				set/11				out/11			
3.1	Forma	20%				15%							
		20%				15%				5%			
3.2	Aço												
								5%					

TABELA 6 – Detalhe do item 3 do cronograma da obra – Supra-estrutura
Fonte: Os autores.

Outro tipo de interferência foi encontrado na TABELA 7, tendo como consequência atrasos no cronograma e retrabalhos, isso aconteceu nos itens 8.1 elétrica, 8.2 hidráulica – água fria / quente e 8.3 hidráulica – esgoto / águas pluviais depois de executados todos os pontos hidráulicos e elétricos a empresa de mobiliário planejado para melhor atendimento da modulação do mobiliário da lavanderia os pontos hidráulicos e elétricos tiveram que ser modificados.

Ainda no item 8.2 houve uma interferência causada por uma decisão de ultima hora tomada pelo proprietário, o qual decidiu que fosse colocado uma torneira de parede no lavado, depois do ponto hidráulico já ter sido executado como torneira de bancada, sendo necessário levantar o ponto hidráulico ocasionando também retrabalhos e atrasos no cronograma.

Devido ao grande atraso na entrega do projeto hidráulico finalizado, o projeto somente foi entregue ao encanador quando a etapa de concretagem das vigas baldrame já havia sido concluída. Verificando a cota da galeria de águas pluviais, esta atendia com folga, porém, verificando a cota da rede de esgoto, para que o esgoto da residência possa ir ao destino final por gravidade foi necessário furar as vigas baldrame, furos estes que não havia sido previstos (passagens nas vigas).

8	INSTALAÇÕES COMPLEMENTARES	set/11	out/11	nov/11
8.1	Elétrica	10%	20%	30%
		10%	5% 10%	
8.2	Hidráulica - Água Fria / Quente	20%	20%	20%
		10%	7% 10%	
8.3	Hidráulica - Esgoto / Águas Pluviais	10%	30%	10%
		10%	2% 5% 20%	

TABELA 7 – Detalhe do item 8 do cronograma da obra – Instalações Complementares

Fonte: Os autores.

Com todos esses retrabalhos citados acima, verificamos anteriormente o atraso nos serviços do encanador e do eletricista que não conseguiram dar seguimento aos serviços, pois tiveram que refazer o que já havia sido executado. Dessa forma, a equipe de funcionários registrados que no período deveriam executar 33,33% do revestimento interno e de piso bruto/contrapisos, TABELA 8, não conseguiram executar no prazo, pois tiveram que aguardar o término dos serviços do encanador e do eletricista para poder fazer o emboçamento das paredes e concretagem do piso bruto.

6	REVESTIMENTOS	out/11	nov/11	dez/11
6.1	Revestimentos internos	33,33%	33,33%	33,33%
		10,00%		
7	PAVIMENTAÇÃO	out/11	nov/11	dez/11
7.1	Piso Bruto / Contrapisos	33,33%	33,33%	33,33%
		0,00%		

TABELA 8 – Detalhe dos itens 6 e 7 do cronograma da obra – Revestimentos e Pavimentação

Fonte: Os autores.

De acordo com a TABELA 9 abaixo, verificamos que para os meses Janeiro, Fevereiro e Março de 2012 estão previstos os serviços de colocação de esquadrias de alumínio (inclui vidros) e madeira (inclui ferragens), azulejos, forros de gesso, pintura (interna e externa), cerâmica, madeira, rodapés, soleiras e pavimentações especiais. Nestes meses espera-se a entrega de uma série de materiais na obra, nesta fase deverá estar prevista uma logística que evite a ocorrência de interferências entre os estoques de materiais e também entre a grande quantidade de funcionários trabalhando em um mesmo espaço.

4	PAREDES E PAINÉIS	jan/12				fev/12				mar/12			
4.1	Alvenaria tijolo cerâmico e = 15 cm												
4.2	Alvenaria tijolo cerâmico e = 20 cm												
4.3	Esquadrias metálicas	33%				33%				33%			
4.4	Esquadrias de madeira	33%				33%				33%			
4.5	Ferragens	33%				33%				33%			
4.6	Vidros	33%				33%				33%			
6	REVESTIMENTOS	jan/12				fev/12				mar/12			
6.1	Revestimentos internos												
6.2	Revestimentos externos												
6.3	Azulejos	33%				33%				33%			
6.4	Forro de gesso	33%				33%				33%			
6.5	Pinturas interna (látex)					33%				33%			
6.6	Pintura externa (textura)									50%			
7	PAVIMENTAÇÃO	jan/12				fev/12				mar/12			
7.1	Piso Bruto / Contrapisos												
7.2	Cerâmicas	33%				33%				33%			
7.3	Madeiras	33%				33%				33%			
7.4	Rodapés, Soleira e Peitoris	33%				33%				33%			
7.5	Pavimentações especiais					50%				50%			

TABELA 9 – Detalhe dos itens 4 – Paredes e Painéis, 6 – Revestimentos e 7 – Pavimentação do cronograma da obra
Fonte: Os autores.

4. RESULTADOS

Através de uma metodologia de sobreposição de projetos e de análise de cronograma apresentada por esta equipe, foi possível identificar e prever as interferências responsáveis pelo prejuízo do método construtivo e andamento da obra.

Este trabalho foi realizado durante a execução de parte do empreendimento o que tornou possível vivenciar os problemas causados pela falta de compatibilização entre os projetos e as etapas da obra.

Seguindo os procedimentos de compatibilização dos projetos foi possível identificar uma série de interferências, presentes em todas as classes de projetos. Com a sobreposição do projeto arquitetônico com o estrutural foi possível identificar 38 interferências, entre os projetos arquitetônico e elétrico observou-se 7 interferências, entre os projetos arquitetônico e água 5 interferências. Já entre os projetos estrutural e esgoto foram encontradas 8 interferências, entre os projetos elétrico e esgoto 3 interferências e entre os projetos elétrico e estrutural e elétrico e água foram identificadas 2 interferências em cada grupo.

No gráfico a seguir é possível observar claramente as porcentagens das quantidades de interferências encontradas com a sobreposição dos vários tipos de projetos.

PORCENTAGEM DE INTERFERÊNCIAS NA SOBREPOSIÇÃO DE PROJETOS

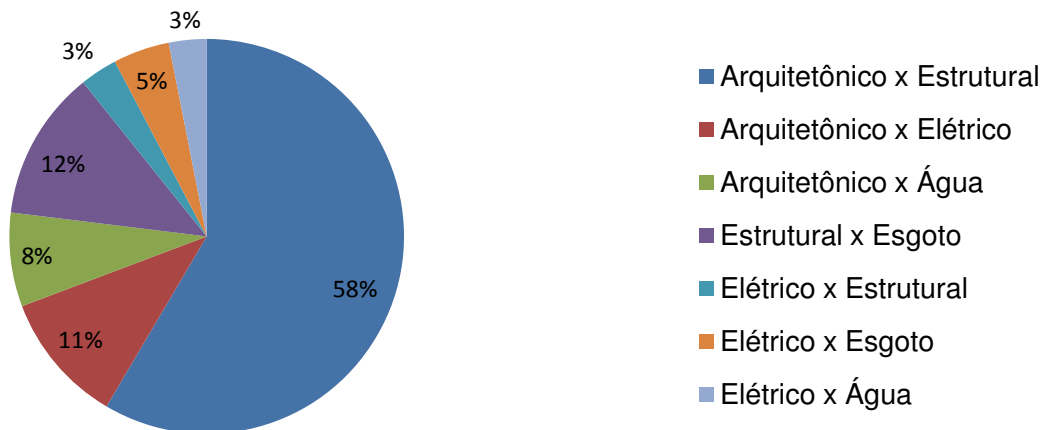


GRÁFICO 1 – Porcentagem de interferências encontradas com a sobreposição dos projetos.

Fonte: Os autores.

Com a análise deste gráfico observou-se que a maior interferência ocorreu entre os projetos arquitetônicos e estruturais, os quais representam as classes de projetos de maior importância no processo construtivo.

O primeiro projeto a ser executado num canteiro de obras é o projeto estrutural, qualquer incompatibilidade que este possuir em relação ao projeto arquitetônico irá influenciar o processo construtivo desde seu início.

Na análise das incompatibilidades entre os projetos arquitetônico e estrutural pôde-se observar, principalmente, a existência de pilares e vigas desalinhadas e/ou com dimensões distintas entre estes projetos. Além disso, observou-se desalinhamento em nível da laje e do beiral da mansarda e a existência de vigas não previstas no projeto arquitetônico. Foi possível identificar ainda vigas e pilares atingindo portas e esquadrias e alturas de degraus e níveis diferentes em cada projeto.

Estas interferências geram necessidade de ajuste da arquitetura aos pilares e vigas com aumento da espessura da alvenaria, causando desperdício de material, gastos extras e possível redução da área útil do empreendimento. Além disso, com os níveis e medidas representadas no projeto estrutural estando diferentes daquelas apresentadas no projeto arquitetônico, a casa, neste caso, poderá ser executada com

dimensões distintas aquelas aprovadas pela prefeitura, o que, em certos casos, pode gerar problemas na obtenção do Habite-se e CVCO (Certificado de Vistoria de Conclusão de Obra).

Com a sobreposição dos projetos arquitetônico e elétrico possível observou-se incompatibilidade entre a altura do ponto de ar condicionado com a altura da porta podendo ocorrer interferência física entre a tomada e a vista da porta. Além disso, foram identificadas interferências entre alguns pontos de energia e arquitetura de interiores. Apesar de parecerem pouco significativas, estas interferências irão afetar diretamente o consumidor final, ou seja, o proprietário da residência, o que afetará também o incorporador, pois este estará entregando um produto final com características distintas das discriminadas no memorial descritivo.

Na sobreposição dos projetos arquitetônico e de água observou-se que apesar de existir enchimentos previstos no projeto hidráulico, os mesmos não estão previstos na arquitetura, o que representa a necessidade de improviso na execução, resultando em desperdício de tempo e material. Foi possível verificar também incompatibilidade com as dimensões do espaço destinado à caixa d'água previstas em cada um destes projetos.

Com a sobreposição dos projetos estrutural e de esgoto foi possível identificar interferências entre elementos da fundação com dutos de esgoto e a caixa de gordura. Observou-se ainda interferência entre viga e dreno de ar condicionado, viga e ralo e vigas e pilares com a tubulação. Todas estas incompatibilidades resultam em desvios improvisados que geram desperdícios e possivelmente furos em vigas com conseqüente enfraquecimento da estrutura.

Na compatibilização dos projetos elétrico e estrutural pode-se observar interferências entre pontos de iluminação e vigas, resultando na necessidade de desvios imprevistos e/ou furos em vigas.

Com a sobreposição dos projetos elétrico e de esgoto e elétrico e de água foi possível observar interferências entre luminárias e dutos de água pluvial, de esgoto e de água fria, o que resulta em necessidade de desvios improvisados com conseqüente desperdício de material.

Na análise do cronograma físico da obra observaram-se interferências de fatores climáticos, falta de precisão do equipamento de fundação, acidentes de trabalhos, esperas para redimensionamento de projetos e retrabalhos que aconteceram devido à falta de compatibilização de projetos e mudanças de decisões que prejudicaram o andamento da obra e aumentaram os custos com materiais e mão de obra.

Neste caso verificou-se que interferências de fatores climáticos (chuvas), aparentemente, não foram de grande relevância se comparados aos retrabalhos devido à falta de compatibilização de projetos, pois durante os dias de chuvas, as etapas de execução de fôrmas de blocos e vigas baldrames foram antecipadas para aproveitar o período chuvoso. Dessa forma, o atraso no cronograma aconteceu durante a execução das fundações, porém, foi antecipado na etapa de execução das fôrmas, concluindo-se que não houve aumento de custos de mão de obra e nem de materiais. Entretanto, os retrabalhos devido à falta de compatibilização de projetos ou mudanças de decisões já definidas que aconteceram durante a obra, geraram aumento de custos com materiais e mão de obra e, conseqüentemente, aumento do custo do valor total da residência.

As interferências devido a acidentes de trabalho poderiam ter sido evitadas se houvesse na obra um engenheiro de segurança de trabalho.

Para as fases de acabamento da obra, onde muitos materiais serão entregues no mesmo período e vários funcionários trabalharão em um mesmo espaço, específico na obra, deve ser prevista uma logística adequada para o estoque de materiais e execução dos serviços, garantindo assim racionalização dos materiais e mão de obra e evitando qualquer tipo de interferência.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade da compatibilização de projetos é resultado da extrema divisão de trabalhos que se instalou na indústria da construção civil, na qual há um grande numero de envolvidos no processo que precisa ser coordenado. O conhecimento e as contribuições vêm de diferentes escritórios e, dentro destes, de diferentes especialistas das mais diversas características.

Diante do cenário exposto, foi possível compreender a enorme quantidade de incongruências, falhas e conflitos representados nos projetos que são, por sua vez, encaminhados para a obra, na esperança de que um engenheiro, normalmente sobrecarregado de funções gerencial-administrativas, assuma o fardo de resolver os conflitos de projetos durante a construção.

O fato é que se deixou de sistematizar e controlar o trâmite da informação e, com isso, os projetos passaram a serem desenvolvidos por quatro, cinco ou mais escritórios.

Com o desenvolvimento deste trabalho foi possível observar que com a coordenação dos projetos feita no momento correto, resta pouco para a etapa de compatibilização e através de uma metodologia simples de verificações e correções muitos destes problemas podem ser sanados.

A metodologia de sobreposição de projetos apresentada neste trabalho pode ser executada por qualquer profissional da área da engenharia e arquitetura, pois exige apenas um conhecimento básico de programas CAD e certo conhecimento e experiência em processos e técnicas projetuais e construtivas.

O profissional que vier a se dedicar à compatibilização de projetos deve possuir uma característica fundamental: organização. Com base nos estudos realizados concluiu-se que a delicada etapa de organização gráfica dos desenhos é essencial para a simplificação da leitura das interferências, permitindo a correta identificação das incompatibilidades.

Verificou-se também que, quando se trata das etapas do processo construtivo, é de grande importância estar sempre prevenido contra imprevistos, os quais muitas

vezes são inevitáveis. Fatores climáticos desfavoráveis certamente irão ocorrer, porém como foi visto neste trabalho, quando está prevista a possibilidade de realocação da equipe para outra função, surgirá pouco ou nenhum efeito negativos sobre a obra.

Além disso, o acompanhamento de obra constante por um engenheiro é inevitável para que se garanta o bom andamento do processo, evitando assim desperdício de materiais, descaso da mão de obra quanto à segurança e decisões tomadas na hora certa, as quais muitas vezes são imediatas.

Após a identificação de todas as interferências deve-se decidir qual projeto e/ou etapa construtiva deve ser alterada. O melhor caminho para acertadamente definir qual dos profissionais deverá modificar seu projeto ou qual etapa deve ser alterada é o bom senso, que deve estar embasado em ética, consenso e conhecimento técnico. A macro-análise das questões apresentadas e a troca de idéias com os profissionais envolvidos é um bom caminho para resolver conflitos existentes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Guilherme. **Pesquisa na internet**, Palestra 4 – Compatibilização de Projetos, 2009.

AMORIN, A. L. **Linguagem, informação e representação do espaço**. In: IV CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE GRÁFICA DIGITAL – SIGRADI'2000, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: UFRJ-FAU, 2000. Disponível em: <<http://cuminca.des.scix.net/data/works/att/c99d.content.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674**: Manutenção de Edificações - Procedimento, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13531**: Elaboração de projetos de edificações – Atividades técnicas, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: Informações e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001**: Sistema de Gestão da Qualidade, 2000.

BALLARD, G. **The Last Planner System of Production Control**. 2000. Thesis (Doctor of Philosophy) – School of Civil Engineering, Faculty of Engineering. University of Birmingham, Birmingham.

BORDIN, L. **Caracterização do processo e modelagem das atividades geradoras de informações no desenvolvimento de projetos de edifícios residenciais multifamiliares**. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CALLEGARI, S. **Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares** - Arquitetura e Urbanismo. Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

CALLEGARI, S e BARTH, F **Programa de Pós Graduação** em Arquitetura e Urbanismo, 2007 - UFSC – BR.

CARDOSO, F.F., SILVA, FRED B., FABRÍCIO, MÁRCIO M. **A análise da articulação entre os serviços de engenharia e projetos e as estratégias de produção das empresas construtoras de edifícios**. Anais. Congresso Latino Americano de Tecnologia e Gestão na Construção de Edifícios – EPUSP- São Paulo, nov. 1998.

CÓDIGO DE DEFESA DO CONSUMIDOR, Lei n.º 8.078, de 11 de setembro de 1990.

CORRÊA, R. M. **Integração de Projetos de Estrutura e Arquitetura de Edifícios Ensinados Através do Auxílio Computacional**. Artigo. Engenharia de Produção. COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS, UFSC. **Programação de projetos com PERT / CPM**. Apostila, 1991.

FABRICIO, M.M. **Projeto Simultâneo na Construção de edifícios**. Tese. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FARIA, Renato. **Cronograma físico-financeiro**, PINI web – Equipe de Obra; disponível em <<http://www.equipededeobra.com.br/construcao-reforma/35/cronograma-fisico-financeiro-213994-1.asp>>; acessado em 19 de out. de 2011.

FERREIRA, R.C. Artigo Técnico. **Os diferentes conceitos adotados entre gerência, coordenação e compatibilização de projeto na construção de edifícios**. São Carlos, SP. 2001. 3p. In: Workshop Nacional de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, Anais, São Carlos, USP, 2001.

FERREIRA, R. C. **Uso do CAD 3D na compatibilização espacial em projetos de produção de vedações verticais em edificações**. São Paulo: Dissertação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.

FINEP E ITQC – Pesquisa – Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras. São Paulo, Setembro 1998.

FORMOSO, Carlos. Reportagem – **Produção enxuta**. Guia da Construção, PINI Web. Disponível em <http://revista.construcaomercado.com.br>, ultimo acesso em 14 de setembro de 2011.

FORMOSO, C. T. et al. **Diretrizes para a modelagem do processo de desenvolvimento de projeto de edificações**. ENTAC 98 – VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis, 1998b.

FRANCO, S. L. **Racionalização Construtiva**. 2009. <http://www.gerenciamento.ufba.br>, acesso em 25 de maio de 2009.

GEHBAUER, F. et al. **Planejamento e gestão de obras** – um resultado prático da cooperação técnica Brasil-Alemanha. Curitiba: CEFET/PR, 2002.

GIL, A. Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Ed. Atlas, 2009.

GRAZIANO, F. P. **Compatibilização de Projetos**. Tese. São Paulo: Mestrado (Profissional) IPT, 2003.

HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P. **Análise de Falhas – Aplicação de Métodos de FMEA e FTA**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995, 156p.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Salford: Center for Integrated Facility Engineering, 1992.

LAMORÉ, F. *et al.* **Técnicas de Coordenação: o uso de extranets, sobreposição de projetos, e listas de checagem**. Artigo, 2007.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is construction planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, Londres, 1987.

MATTOS, A. D.; **Cronograma**. Construção e Mercado, Ed. PINI, n. 10, maio, 2002.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. São Paulo: Tese - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1994.

MELHADO, S. B. **Coordenação de Projetos de Edificações**. São Paulo. Ed. O Nome da Rosa. 2005. 115p.

MENDES JR, R. **Programação da produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos**, Florianópolis, 1999.

MENDES JR, R; SCHEER, S; ZEN, T. H.; PEYERL, F. **Estudo comparativo de sistemas colaboradores de projetos**. Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil (TIC), São Paulo, 2005.

MIKALDO, J. e SCHEER, S. **Artigo Técnico: Compatibilização de Projetos ou Engenharia Simultânea – Qual a Melhor Solução**, 2008.

MIYAMOTO, R. T. **Modelagem tridimensional com geometria construtiva de sólidos (CSG) para projetos de engenharia e arquitetura em sistema CAD visando a portabilidade e estabilidade de projetos 3D**. Dissertação. (Mestrado). Curso de pós-graduação em engenharia urbana da Universidade Estadual de Maringá, 2008.

MOECKEL, A **Modelagem de processos e desenvolvimento em ambiente de engenharia simultânea: implementações com as tecnologias Workflow e BSCW**. Curitiba, 2000. Dissertação. (Mestrado). Curso de Pós-graduação em Tecnologia, Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná.

MOURA, C. B. **Avaliação do impacto do sistema last planner no desempenho de empreendimentos da construção civil**. 2008. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

NASCIMENTO, L. A; SANTOS, E. T. **Barreiras para o uso da Tecnologia da Informação na Indústria da Construção Civil**. II Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, Porto Alegre: PUC-RS, 2002.

NASCIMENTO, L.A.; SANTOS, E.T. **A indústria da construção na era da informação**. Porto Alegre, 2003.

NEVES, R.M.; COELHO, H. O., FORMOSO, C. T.; **Aprendizagem na implantação do PCP**. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba, 2002.

NOBRE, J.A.P.; BARROS NETO, J.P.; **Análise da aplicação do last planner em empreendimento de uma empresa de pequeno porte de Fortaleza.** XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil, 2003.

NOVAES, C. C. **Diretrizes para garantia da qualidade do projeto na produção de edifícios habitacionais.** Tese - Escola Politécnica(USP) São Paulo, 1996.

NOVAES, C.C.A.; **A Modernização do Setor da Construção de Edifícios e a Melhoria da Qualidade do Projeto** In: VII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO: Qualidade no processo construtivo. Florianópolis, 1998.

PMBOK; **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos.** Quarta edição. Project Management Institute, Inc. Pensilvânia, 2008.

PORTO, Erika C. D. **Representação do projeto arquitetônico:** Da representação tradicional a informatizada. 1997. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

RODRÍGUES, M.A.A.; HEINECK, L.F.M, **Coordenação de Projetos:** Uma Experiência de 10 anos dentro de Empresas Construtoras de Médio Porte. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Anais. Fortaleza, 2001.

RODRIGUEZ, M. A. R.; **Coordenação Técnica de projetos: caracterização e subsídios para sua aplicação na gestão do processo de projeto de edificações.** Tese (Doutorado). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

SANTOS, Roberto Barbosa dos. **Avaliação da Aplicação da Teoria das Restrições no Processo de Planejamento e Controle da Produção de Obras de Edificação.** 2001. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

SCARABELOT, Adriano L. Palestrante do Curso de Compatibilização de Projetos do PRO-CREA. Paranaíba, 2010.

SCARDOELLI, L; SILVA, M. F; FORMOSO, C. T ; HEINECK, L. F. **Melhorias de**

Qualidade e Produtividade: Iniciativas das empresas de construção civil. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 1994.

SILVA, M.V.M.F.P. ***As Atividades de Coordenação e a Gestão do Conhecimento nos Projetos de Edificações.*** Dissertação. Construção Civil. Universidade de Federal de São Carlos. São Carlos, 2004.

SEBRAE/PR e SINDUSCON/PR. **Diretrizes gerais Para Compatibilização de Projetos.** Curitiba - Paraná. Editora Sebrae 120p, 1995.

SCHMITT, C.M. Projetos para obras de edificação: a difícil tarefa de compatibilizar os vários projetos específicos através da análise da sua representação gráfica. Recife, PE. 1999. 8p., In: Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho, 1, Anais, Recife, UFP, 1999. Artigo técnico.

SILVA JUNIOR, O.L.; BORGES JUNIOR, C.A.; **Roteiro para elaboração do planejamento da produção de empreendimentos da indústria da construção civil, segundo os princípios da construção enxuta.** VII SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – 2010.

SOIBELMAN, L; CALDAS, C. H. S. ***O uso de extranets no gerenciamento de projetos: o exemplo norte americano.*** Anais ENTAC, 8º, Salvador, 2000.

SOLANO, R. S. **Compatibilização de Projetos na Construção Civil de Edificações:Método das Dimensões Possíveis e Fundamentais.** In: V WORKSHOP DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, Anais. Florianópolis, 2005.

SOUSA, J. S. Compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares-estudo de caso. Recife: Universidade Católica de Pernambuco, 2010. (Tese de mestrado)

SOUZA, A. L. R. **O projeto para produção das lajes de concreto armado de edifícios.** São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1996. (Tese de Mestrado).

TAVARES JÚNIOR, W; POSSAMAI, O.; BARROS NETO. **Um modelo de compatibilização de projetos de edificações baseado na engenharia simultânea**

e **FMEA**. Porto Alegre, RS. 2002. 9p. Workshop Nacional de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2, Anais, Porto Alegre, PUCRS, 2002. Artigo técnico.

TAVARES JÚNIOR, W; POSSAMAI, O; BARROS NETO, J. P. Artigo Técnico. **Um Modelo de Compatibilização de Projetos de Edificações Baseado na Engenharia Simultânea e FMEA**, 2001.

THOMAZ, Erico, **Tecnologia, Gerenciamento e Qualidade na Construção**, Editora Pini, São Paulo, 2001.

VALERIANO, D. L. **Gerência em Projetos**, Editora Makron Books, São Paulo, 1998.

VANNI, C.M.J. **Análise de Falhas Aplicada a Compatibilização de Projetos na Construção de Edifícios**. Belo Horizonte: Dissertação(Mestrado) UFMG, 1999.

VILLAGARCIA, S. L; FRIGIERI Jr., V; 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, 1. Recife, 1999. A competitividade da construção civil no novo milênio: anais I SIBRAGEQ, Recife, 1999.

VIOLIN, R. Y. T; ANGELIS NETO, G.; ANGELIS, B.L.D.; DUARTE, M.C. Artigo Técnico – **Compatibilização de Projetos: Metodologia para Redução de Resíduos de Construção e Demolição**, 2006.

ANEXOS

A seguir segue a apresentação das pranchas de sobreposição onde foram encontradas interferências referentes a todos os projetos, possibilitando visão global da localização das incompatibilidades, conforme a classificação abaixo:

ANEXO 1 - Arquitetônico x Estrutural

ANEXO 2 - Arquitetônico x Elétrico

ANEXO 3 - Arquitetônico x Água

ANEXO 4 - Estrutural x Esgoto

ANEXO 5 - Elétrico x Estrutural

ANEXO 6 - Elétrico x Esgoto

ANEXO 7 - Elétrico x Água

ANEXO 1

ANEXO 2

ANEXO 3

ANEXO 4

ANEXO 5

ANEXO 6

ANEXO 7