

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**Planejamento e Controle do Processo de Projeto de Sistemas
Pré-fabricados em Ambientes de *Engineer-to-order***

Porto Alegre
2013

JOSANA GABRIELE BOLZAN WESZ

**PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROCESSO DE
PROJETO DE SISTEMAS PRÉ-FABRICADOS EM
AMBIENTES DE *ENGINEER-TO-ORDER***

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

Porto Alegre
2013

JOSANA GABRIELE BOLZAN WESZ

**PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROCESSO DE
PROJETO DE SISTEMAS PRÉ-FABRICADOS EM
AMBIENTES DE *ENGINEER-TO-ORDER***

Prof. Carlos Torres Formoso
Ph.D. pela Universidade de Salford / Grã-Bretanha
Orientador

Profa. Patrícia Tzortzopoulos Fazenda
Ph.D. pela Universidade de Salford / Grã-Bretanha
Coorientadora

Prof. Armando Miguel Awruch
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ricardo Codinoto (Universidade de Salford)
Ph.D. pela Universidade de Salford / Grã-Bretanha

Prof. Ariovaldo Denis Granja (UNICAMP)
Doutor pela Universidade Estadual de Campinas / Brasil

Profa. Luciana Inês Gomes Miron (UFRGS)
Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul / Brasil

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, José Luiz e Silvana, pelo amor, pela educação, pelo incentivo, pela compreensão, pelo carinho e por me ensinarem que a vida está nos pequenos detalhes. Ao meu irmão, Marcel, pela doçura, pela companhia, por me entender a partir de um simples olhar. Ao Felipe Kich, pelas amplas discussões sobre a presente pesquisa. Aos meus avós, tios, primos e às famílias Bolzan e Wesz, que acompanharam de alguma forma o desenvolvimento deste trabalho. Vocês são a essência da minha vida, minha base, meus amigos, meus eternos companheiros.

Ao meu amigo e colega de profissão, Robson do Amaral, que me fez crescer como pessoa e como profissional, nas longas reflexões sobre arquitetura, projetos e sobre a vida.

Aos colegas do NORIE, especialmente os da turma de mestrado 2011, pelos momentos que compartilhamos e pelas boas discussões sobre a intrigante interface entre a arquitetura e a engenharia. Nossos horizontes foram ampliados a partir dessa jornada.

Ao meu orientador, professor Carlos Torres Formoso, pela oportunidade única em desenvolver a presente pesquisa, por nos incentivar a abordar as oportunidades por diferentes perspectivas, pelo apoio e pela excelente orientação. À minha coorientadora, professora Patrícia Tzortzopoulos Fazenda, pelo acompanhamento e auxílio ao longo do desenvolvimento do trabalho. Aos demais professores do NORIE, pelo conhecimento transmitido. À CAPES e ao CNPq pela bolsa de estudos que possibilitou a minha total dedicação na realização desta pesquisa. À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil.

À empresa construtora e seus colaboradores que foram essenciais para a realização e avanço desta pesquisa.

Aos demais amigos, colegas e familiares que, embora não citados, acompanham de perto a minha jornada e, que de alguma forma contribuíram em agregar alegria e conhecimento às experiências vividas.

Para ser grande, sê inteiro: nada
Teu exagera ou exclui.
Sê todo em cada coisa. Põe quanto és
No mínimo que fazes.
Assim em cada lago a lua toda
Brilha, porque alta vive.

Odes de Ricardo Reis, Fernando Pessoa

RESUMO

WESZ, J. G. B. **Planejamento e Controle do Processo de Projeto de Sistemas Pré-fabricados em Ambientes de *Engineer-to-order***. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

O processo de projeto tem importante papel na geração de valor, pois define o produto de forma que este atenda às necessidades do cliente. No entanto, o planejamento e controle deste processo na indústria da construção são, em geral, informais e ineficazes. Estes problemas tendem a ser mais graves em empreendimentos rápidos e complexos, quando envolvem sistemas pré-fabricados, normalmente caracterizados como sistemas do tipo *engineer-to-order* (ETO). Visando a aprimorar o processo de projeto, muitas empresas tem implementado conceitos e princípios da produção enxuta, podendo ser destacado o uso do Sistema *Last Planner* (SLP), que contribui para proteger a produção da variabilidade do processo, assim como para eliminá-la. O presente estudo tem como objetivo propor um modelo de planejamento e controle de projetos em empresas que projetam, fabricam e montam sistemas pré-fabricados, com características de sistema de produção do tipo ETO. Foi realizado um estudo empírico no setor de projetos de empresa de sistemas construtivos metálicos, com sede na Região Sul do Brasil. Inicialmente, o SLP foi implementado em duas equipes de projeto, sendo refinado e adaptado ao contexto da empresa. Depois, o SLP refinado foi implementado em outras quatro equipes. Como principais contribuições destacam-se o papel do modelo proposto no aumento da transparência de processos e na melhoria da confiabilidade deste processo, possibilitando o planejamento integrado entre as equipes de projeto. O modelo pode ser aplicado a sistemas pré-fabricados do tipo ETO, não somente no contexto de sistemas construtivos metálicos, mas em equipes de projetos que desenvolvem múltiplos projetos simultaneamente.

Palavras-chave: processo de projeto, planejamento e controle, *engineer-to-order*, Sistema *Last Planner*

ABSTRACT

WESZ, J. G. B. **Design Planning and Control for Engineer-to-order Prefabricated Building Systems**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

The design process plays an important role in value generation, since it defines the products that must meet customer needs. However, design planning and control in the construction industry are often informal and ineffective. This problem tends to bring serious consequences, especially in fast and complex projects that involve prefabricated building systems, normally defined as engineer-to-order (ETO) environments. In order to improve the design process, several companies have implemented lean production concepts and principles, and especially the Last Planner System (LPS) for production control, which shields production from upstream variability as well as contributes for reducing it. The aim of this study is to propose a model for planning and controlling the design process in companies that design, manufacture and assemble prefabricated ETO building systems. An empirical study was carried out in the design department of a steel fabricator based in Southern Brazil. Initially, LPS was implemented in two design teams, being refined and adapted to the context of the company. Then, the existing LPS was implemented in four other design teams. The main contributions of this investigation is the role of the proposed model in increasing process transparency and improving the reliability of the design process, making it possible to produce an integrated plan for the whole design department. This model is not limited to steel fabricators, but is applicable to any ETO prefabricated building systems, in which design teams carry out multiple design projects simultaneously.

Keywords: design process, planning and control, engineer-to-order, Last Planner System

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: estrutura do problema no processo de projeto (CROSS, 1994)	30
Figura 2: ascensão do custo de mudança em projeto (REINERTSEN, 1997)	31
Figura 3: perfil da chegada de informações em projeto (REINERTSEN, 1997)	31
Figura 4: principais diferenças entre produção e projeto (TZORTZOPOULOS; FORMOSO; BETTS, 2001)	32
Figura 5: relação entre tamanho da fila e utilização da capacidade (REINERTSEN, 1997).....	34
Figura 6: negligência da gestão de requisitos (KIVINIEMI; FISCHER, 2005).....	37
Figura 7: comparação entre os conceitos de transformação, fluxo e geração de valor em projeto (KOSKELA; HUOVILA, 1997)	37
Figura 8: modelo de desenvolvimento de produto proposto por Rozenfeld <i>et al.</i> (2006)....	40
Figura 9: processo de planejamento (LAUFER; TUCKER, 1987)	48
Figura 10: mecanismo de proteção da produção (BALLARD; HOWELL, 1998).....	56
Figura 11: principais contribuições e dificuldades apontadas por trabalhos anteriores na implementação do SLP no processo de projeto	66
Figura 12: delineamento da pesquisa	71
Figura 13: programa de capacitação de gestão de projetos	74
Figura 14: produtos da empresa de sistemas construtivos metálicos	76
Figura 15: principais etapas do PDP da empresa	77
Figura 16: subetapas que formam uma etapa completa de projeto de detalhamento	78
Figura 17: planta de cobertura e etapas de um dos empreendimentos da empresa	79
Figura 18: configuração da Engenharia.....	80
Figura 19: frente de trabalho das equipes de projeto.....	80
Figura 20: etapas da pesquisa e fontes de evidência utilizadas	80
Figura 21: cronograma de realização da etapa 1 da pesquisa.....	81
Figura 22: documentos analisados na etapa 1	84
Figura 23: dados secundários da empresa analisados na etapa 1	85
Figura 24: leiaute das equipes 1 e 2 a partir de novembro de 2012	86
Figura 25: cronograma de realização da etapa 2 da pesquisa.....	87
Figura 26: documentos analisados na etapa 2	87
Figura 27: duração e número de reuniões de curto prazo observadas nas equipes 1 e 2.....	88
Figura 28: número de semanas analisadas e configuração das equipes E3, E4, E5 e E6.....	89
Figura 29: cronograma de realização da etapa 3 da pesquisa.....	90

Figura 30: documentos analisados na etapa 3	90
Figura 31: duração e número de reuniões de curto prazo observadas nas equipes 3, 4, 5 e 6	91
Figura 32: cronograma de realização da etapa 4 da pesquisa.....	92
Figura 33: protocolo de avaliação, contendo boas práticas de planejamento e critérios de avaliação	93
Figura 34: indicador de eficácia da implementação das boas práticas de planejamento.....	94
Figura 35: constructos, subconstructos, variáveis e fontes de evidência utilizados na avaliação do modelo	95
Figura 36: modelo do PDP da empresa	97
Figura 37: macrofase de pré-desenvolvimento do PDP da empresa	97
Figura 38: macrofase de desenvolvimento do PDP da empresa, entre os <i>gates</i> 1 e 2.....	99
Figura 39: macrofase de desenvolvimento do PDP da empresa, entre os <i>gates</i> 2 e 3.....	100
Figura 40: macrofase de desenvolvimento do PDP da empresa, entre os <i>gates</i> 3 e 5.....	100
Figura 41: ordenação das prioridades de melhorias - subgrupos Fornecedores, Engenharia e Clientes	101
Figura 42: sistema híbrido de produção (produção empurrada e produção puxada).....	104
Figura 43: proposta de atividades para a macrofase de pós-desenvolvimento do PDP da empresa	105
Figura 44: modelo sugerido para o PDP da empresa.....	106
Figura 45: cronograma de projeto, realizado pelo setor de Planejamento.....	107
Figura 46: planilha de curto prazo utilizada em junho e julho na E1	109
Figura 47: reunião de curto prazo da E1, em 17 de dezembro de 2012	110
Figura 48: planilha de curto prazo utilizada na E1 e na E2, a partir de novembro de 2012	111
Figura 49: níveis de planejamento de projeto.....	112
Figura 50: evolução do PPC da E1, dados de novembro de 2012 a março de 2013	113
Figura 51: causas de não conclusão dos pacotes de trabalho da E1, dados de novembro de 2012 a março de 2013.....	114
Figura 52: natureza das causas de não conclusão dos pacotes de trabalho da E1, dados de novembro de 2012 a março de 2013.....	115
Figura 53: evolução do índice de remoção das restrições (IRR) da E1	116
Figura 54: natureza das principais restrições da E1, dados de novembro de 2012 a março de 2013	116
Figura 55: extrato do plano de longo prazo da E2.....	118

Figura 56: plano de médio prazo de uma das frentes de detalhamento de estrutura da E2	118
Figura 57: reunião de curto prazo da E1, em 17 de dezembro de 2012	119
Figura 58: extrato do plano de médio prazo da E2.....	120
Figura 59: subetapas previstas e liberadas da E2, dados de novembro de 2012 a maio de 2013	121
Figura 60: controle de subetapas e aderência à meta mensal, dados de novembro de 2012 a maio de 2013.....	122
Figura 61: peso previsto e liberado da E2, dados de novembro de 2012 a maio de 2013..	123
Figura 62: evolução do PPC da E2, dados de novembro de 2012 a maio de 2013	123
Figura 63: controle de pacotes do plano de curto prazo	124
Figura 64: causas de não conclusão dos pacotes de trabalho da E2, dados de novembro de 2012 a maio de 2013.....	124
Figura 65: natureza das causas de não conclusão dos pacotes de trabalho da E2, dados de novembro de 2012 a maio de 2013	125
Figura 66: evolução mensal da natureza das causas da E2, dados de novembro de 2012 a maio de 2013.....	126
Figura 67: evolução do índice de remoção das restrições (IRR) da E2.....	126
Figura 68: natureza das principais restrições da E2, dados de novembro de 2012 a maio de 2013	127
Figura 69: dados de controle do processo de projeto da E1 e da E2	127
Figura 70: dados referentes à análise de restrições da E1 e da E2	130
Figura 71: versão 1 do modelo de planejamento e controle de projetos	131
Figura 72: planilha de curto prazo utilizada pelas equipes de projeto.....	133
Figura 73: dados de PPC das equipes E3, E4, E5 e E6	135
Figura 74: causas de não conclusão dos pacotes de trabalho das equipes de projeto conceitual, dados compilados da E3 e da E4.....	136
Figura 75: causas de não conclusão dos pacotes de trabalho das equipes de projeto de detalhamento, dados compilados da E5 e E6.....	137
Figura 76: dados de controle do processo de projeto das equipes E3, E4, E5 e E6	138
Figura 77: natureza das causas de não conclusão dos pacotes de trabalho das equipes de projeto conceitual e de detalhamento, respectivamente.....	139
Figura 78: dados referentes à análise de restrições das equipes de projeto	139
Figura 79: versão 2 do modelo de planejamento e controle de projetos	142
Figura 80: avaliação das práticas de planejamento em março de 2013.....	144
Figura 81: painel de controle operacional proposto pela pesquisadora.....	148

Figura 82: painel de controle adaptado pelos coordenadores de projeto.....	149
Figura 83: dispositivo visual de restrições do médio prazo integrado do setor de projetos	150
Figura 84: avaliação das práticas de planejamento em agosto de 2013	151
Figura 85: módulo de fechamento do programa de capacitação, em 28 de agosto de 2013	154
Figura 86: versão final do modelo de planejamento e controle de projetos	155
Figura 87: plano de médio prazo integrado das equipes de projeto conceitual	156
Figura 88: plano de médio prazo integrado das equipes de projeto de detalhamento	157
Figura 89: painel visual de restrições do médio prazo integrado do setor de projetos.....	158
Figura 90: painel visual de planejamento utilizado nas equipes de projeto	158
Figura 91: indicadores do quadro de planejamento visual utilizado nas equipes de projeto	159

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: setores dos entrevistados	81
Tabela 2: subgrupos, setores, população e amostra da <i>survey</i>	83

LISTA DE SIGLAS

BIM – *Building Information Modelling*

CD – Centro de Distribuição

CP – Coordenador de Projeto

DFN – Documento de Formatação de Negócio

E1 – Equipe 1

E2 – Equipe 2

E3 – Equipe 3

E4 – Equipe 4

E5 – Equipe 5

E6 – Equipe 6

EP – Estrutura do Produto

ETO – *Engineer-to-order*

IRR – Índice de Remoção de restrições

NORIE – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

PDP – Processo de Desenvolvimento do Produto

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PPC – Percentual de Planos Concluídos

RNC – Relatório de Não Conformidade

RPE – Reunião de Planejamento da Engenharia

RPO – Reunião de Passagem de Obra

SLP – Sistema *Last Planner*

TFV – Transformação / Fluxo / Valor

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	MOTIVAÇÃO DO TRABALHO	17
1.2	CONTEXTO E JUSTIFICATIVA	18
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA	21
1.4	QUESTÕES DE PESQUISA	26
1.5	OBJETIVOS DA PESQUISA	26
1.6	DELIMITAÇÕES DA PESQUISA	27
1.7	ESTRUTURA DO TRABALHO	27
2	PROCESSO DE PROJETO	29
2.1	NATUREZA DO PROCESSO DE PROJETO	29
2.2	PROJETO COMO PROCESSO	33
2.3	PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	38
2.4	SISTEMAS DE PRODUÇÃO DO TIPO <i>ENGINEER-TO-ORDER</i>	41
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
3	PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROCESSO DE PROJETO	46
3.1	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	46
3.2	PROBLEMAS NO PLANEJAMENTO E CONTROLE TRADICIONAL	50
3.3	SISTEMA <i>LAST PLANNER</i>	53
3.3.1	Planejamento de Curto Prazo	53
3.3.2	Planejamento de Médio Prazo	55
3.3.3	Produção Puxada e Empurrada	57
3.3.4	Benefícios do Sistema <i>Last Planner</i>	58
3.4	PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROCESSO DE PROJETO	59
3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
4	MÉTODO DE PESQUISA	68
4.1	ESTRATÉGIA DE PESQUISA	68
4.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA	70
4.2.1	Revisão Bibliográfica	72
4.2.2	Etapa 1: Compreensão	72
4.2.3	Etapa 2: Primeira Fase de Implementação	72
4.2.4	Etapa 3: Segunda Fase de Implementação	73
4.2.5	Programa de Capacitação	73

4.2.6	Etapa 4: Avaliação e Inserção do Sistema de Planejamento e Controle	75
4.3	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	76
4.4	DESCRIÇÃO DO ESTUDO DESENVOLVIDO	80
4.4.1	Etapa 1: Compreensão	81
4.4.1.1.	Entrevista semiestruturada	81
4.4.1.2.	<i>Survey</i>	82
4.4.1.3.	Análise de documentos	84
4.4.1.4.	Análise de dados secundários	84
4.4.2	Etapa 2: Primeira fase de implementação	85
4.4.2.1.	Análise de documentos	87
4.4.2.2.	Observação participante	87
4.4.3	Etapa 3: Segunda Fase de Implementação	88
4.4.3.1.	Análise de documentos	90
4.4.3.2.	Observação participante	91
4.4.4	Etapa 4: Avaliação e Inserção do Sistema de Planejamento e Controle	91
4.4.4.1.	Avaliação da Implementação das Práticas de Planejamento	92
4.4.4.2.	Avaliação do Modelo Desenvolvido	94
5	RESULTADOS	96
5.1	ETAPA 1: COMPREENSÃO	96
5.1.1	Processo de Desenvolvimento de Produto	96
5.1.2	Oportunidades de melhorias identificadas	100
5.2	ETAPA 2: PRIMEIRA FASE DE IMPLEMENTAÇÃO	106
5.2.1	Equipe 1	106
5.2.2	Implementação e dificuldades enfrentadas na Equipe 1	108
5.2.3	Equipe 2	117
5.2.4	Implementação e dificuldades enfrentadas na Equipe 2	119
5.2.5	Síntese dos Resultados da Etapa 2 e Proposta Inicial do Modelo	127
5.3	ETAPA 3: SEGUNDA FASE DE IMPLEMENTAÇÃO	132
5.3.1	Síntese dos Resultados da Etapa 3 e Proposta da Versão 2 do Modelo	137
5.4	ETAPA 4: AVALIAÇÃO E INSERÇÃO DO SISTEMA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE	143
5.4.1	Primeira Avaliação do Grau de Implementação do Modelo	143
5.4.2	Dispositivos Visuais	147
5.4.3	Segunda Avaliação do Grau de Implementação do Modelo	150

5.4.4	Versão Final do Modelo	154
5.5	ANÁLISE DO MODELO DESENVOLVIDO	159
5.5.1	Eficácia do planejamento	160
5.5.2	Mecanismo de proteção da produção de projeto	160
5.5.3	Aprendizagem através do uso dos indicadores	160
5.5.4	Transparência e disponibilidade de informações	161
5.5.5	Flexibilidade na tomada de decisão	161
5.5.6	Coleta, processamento e análise dos indicadores	162
5.5.7	Realização sistemática de reuniões	162
5.5.8	Compreensão das práticas de planejamento e dos conceitos e princípios fundamentais	162
6	CONCLUSÕES	164
6.1	PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA	164
6.2	SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	168
	REFERÊNCIAS	169
	APÊNDICE 1	174
	ROTEIRO ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA	175
	APÊNDICE 2	176
	ANEXO 1	179

1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo descreve o escopo desta dissertação, abordando a motivação inicial e o contexto da mesma, seguido do problema de pesquisa, no qual a lacuna de conhecimento é apontada com base na bibliografia. A seguir, as questões, objetivos e delimitações da pesquisa são apresentados, e, por fim, a estrutura do trabalho é brevemente descrita.

1.1 MOTIVAÇÃO DO TRABALHO

A empresa em que foi desenvolvido o presente estudo atua no segmento de sistemas construtivos metálicos, no mercado nacional e internacional da construção civil. O seu sistema de produção é do tipo *engineer-to-order* (ETO), portanto todas as atividades de produção são conduzidas pelo pedido do cliente, sendo que seus produtos são únicos, pré-fabricados e feitos sob encomenda (BERTRAND; MUNTSLAG, 1993).

O projeto de edificações em sistemas construtivos metálicos, a produção das peças metálicas e a montagem em obra são as principais etapas dos empreendimentos da empresa. Nesse contexto, são desenvolvidos múltiplos projetos simultaneamente em prazos relativamente curtos (em torno de 3 meses por projeto). Assim, é caracterizado o que Reinertsen (1997) denomina de fábrica de projetos (*design factory*), ou seja, um ambiente complexo, dinâmico e com alto grau de incerteza, típico de ambientes de ETO.

A motivação inicial para o desenvolvimento da presente pesquisa se deu a partir dos resultados do estudo acadêmico realizado anteriormente na referida empresa (FABRO *et al.*, 2011), desenvolvida pelo Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE) da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Neste trabalho, a partir da implementação de melhorias no planejamento e controle no processo de montagem, foi identificada a necessidade de melhorar a gestão do processo de projeto.

Assim, ao aprofundar a discussão com a empresa, foi identificada a oportunidade de aumentar a confiabilidade e a transparência no setor de projetos e melhorar a integração desse com os demais processos da empresa. Os principais problemas diagnosticados nas tratativas iniciais com a empresa para realização desta pesquisa foram: atrasos na entrega de etapas de projeto, dificuldade em planejar e controlar o processo de projeto, pouca transparência de informações, dificuldade em prever a capacidade das equipes, assim como dificuldade em

analisar as restrições relacionadas a projeto. Dessa forma, foi identificada a oportunidade de desenvolver o presente estudo no setor de projetos da empresa.

1.2 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA

O processo de desenvolvimento de produto (PDP) engloba um conjunto de atividades com o objetivo de projetar e produzir um produto (ROZENFELD *et al.*, 2006). Ainda, o PDP compreende o acompanhamento após o lançamento do produto, planejando a sua descontinuidade e gerando aprendizado para melhorias em produtos futuros (ROZENFELD *et al.*, 2006). Segundo Williams (1999), a gestão do PDP na construção, ou seja, a gestão de empreendimentos¹ engloba múltiplos objetivos, metas conflitantes e um grande número de envolvidos, elementos que contribuem diretamente com o aumento da complexidade. Diante disso, o grau de complexidade de um empreendimento determina como o mesmo deve ser gerenciado (BACCARINI, 1996).

O sistema de produção do tipo ETO é um sistema no qual existe grande incerteza sobre o que pedir ou fabricar até o recebimento de um pedido do cliente e desenvolvimento das especificações de engenharia (BERTRAND; MUNTSLAG, 1993). Dessa forma, lida com forte flutuação de demanda de mercado e alto grau de incerteza, podendo, então, ser caracterizado como um contexto de alta complexidade (BERTRAND; MUNTSLAG, 1993).

Segundo Bertrand e Muntslag (1993), a complexidade em ETO está diretamente relacionada à estrutura do PDP, ao desenvolvimento simultâneo de múltiplos projetos, e ao desenvolvimento de produtos únicos, produzidos sob encomenda. Nesse contexto, segundo os referidos autores, todas as atividades de produção são conduzidas pelo pedido do cliente, o qual desempenha um papel central no sistema de produção e no sistema de controle da produção.

Além disso, em ambientes de ETO, as atividades de projeto fazem parte do *lead time* de pedido do cliente, sendo, portanto, também sujeitas ao controle de produção (BERTRAND; MUNTSLAG, 1993). O *lead time*, por sua vez, pode ser definido como o tempo decorrido entre o momento em que o pedido é realizado e o momento em que o produto está disponível

¹ Neste trabalho, o termo empreendimento (*project*) é utilizado para designar o processo de desenvolvimento de edificação, caracterizando uma organização temporária. O termo projeto (*design*), por sua vez, é utilizado para designar a fase do PDP em que os requisitos do cliente são transformados em especificações técnicas de um produto.

para o uso (WIGHT, 1970). De acordo com Little *et al.* (2000), em situações de ETO, a fase de projeto pode demorar mais do que a fase de produção, devendo, portanto, ser cuidadosamente controlada. Os referidos autores também apontam a importância do planejamento integrado em ambientes de ETO, a fim de aumentar a aderência aos prazos de entrega, sendo que o condutor principal deve ser a sequência de montagem do produto.

O processo de projeto de edificação, por sua vez, é um processo de natureza criativa e iterativa, no qual os requisitos do cliente são transformados em soluções de projeto (LAWSON, 1997). Por essa razão, suas etapas não seguem necessariamente uma sequência de atividades distintas e previsíveis, sendo que, o problema e a solução emergem juntos na medida em que o projeto é desenvolvido (LAWSON, 1997). Segundo Ballard (2002), as soluções satisfatórias de projeto emergem em meio a um processo iterativo de negociação e ajuste, em que todas as decisões estão conectadas e são determinadas no decorrer desse processo.

Ballard e Koskela (1998) apontam que as dificuldades em gerenciar o processo de projeto são decorrentes da natureza iterativa do mesmo, da existência de diferentes clientes e das suas necessidades conflitantes. Assim, de acordo com Lawson (1997), frequentemente é necessário elaborar uma solução integrada para um conjunto de requisitos, na qual alguns requisitos acabam sendo priorizados em detrimento de outros. Além disso, frequentemente as decisões são tomadas sem as informações adequadas e sob intensa pressão de custos e de prazos (BALLARD; KOSKELA, 1998).

Da mesma forma, a falta de entregas parciais no decorrer do processo dificulta a identificação da quantidade de trabalho concluído e em progresso nas atividades e, conseqüentemente, no projeto como um todo (BALLARD; KOSKELA, 1998). Ainda, segundo Ballard e Koskela (1998), os projetos estão cada vez mais sujeitos a incertezas devido à dinamicidade das oportunidades de mercado e das mudanças tecnológicas.

Koskela, Huovila e Leinonen (2002) apontam que a falha definição de tarefas de projeto e o atraso na tomada de decisão do cliente aumentam a variabilidade nos fluxos. Da mesma forma, especificações de responsabilidades deficientes e crônica falta de informações de entrada dificultam a geração de valor, resultando em perda de desempenho ao longo de toda a cadeia de projeto (KOSKELA; BALLARD; TANHUANPÄÄ, 1998).

Nesse contexto, de acordo com Ballard e Koskela (1998), muitas decisões de projeto são reciprocamente interdependentes, tornando complexa a gestão do fluxo de informação entre os diferentes especialistas, principalmente em estágios iniciais do projeto. No entanto, a previsibilidade da entrega de informações é essencial para o planejamento das unidades de produção, principalmente em projetos complexos e rápidos (BALLARD, 1999). Uma unidade de produção, por sua vez, é um grupo organizado capaz de executar as operações de uma determinada fase de produção, assim como de se comprometer com um determinado prazo e volume de produção (BALLARD, 1999).

Apesar da complexidade inerente ao processo de projeto, essa é uma fase de grande relevância no PDP, pois, de acordo com Rozenfeld *et al.* (2006), grande parte dos custos do ciclo de vida de um produto são decorrentes de decisões tomadas no projeto do produto. Assim, um processo de projeto bem gerenciado representa a possibilidade de aumento da competitividade de mercado (ROZENFELD *et al.*, 2006).

De acordo com Koskela Huovila e Leinonen (2002), a gestão de projetos sofre com a falta de planejamento sistemático, bem como da deficiência na especificação de tarefas e de responsabilidades. Esses problemas causam redução da produtividade e qualidade no projeto em si e nas atividades subsequentes (KOSKELA; HUOVILA; LEINONEN, 2002). Segundo Formoso *et al.* (2001), a falta de planejamento expõe o processo de produção à incerteza e à variabilidade, resultando em interrupções na execução das atividades, mudanças de ritmo, entre outros impactos negativos.

A gestão de projeto tradicional limita-se em quebrar as atividades de projeto, na maioria das vezes de forma implícita e informal, e distribuí-las entre os projetistas, definindo quando serão executadas (KOSKELA; HUOVILA, 1997). No entanto, segundo Koskela (2000), este conceito clássico de transformação, que considera somente as atividades que agregam valor, é muito limitado. Conseqüentemente, as atividades no processo de projeto que não são de transformação, acabam não sendo devidamente consideradas e representadas, e, portanto, raramente são controladas e aprimoradas (KOSKELA; HUOVILA, 1997).

A teoria TFV (transformação/fluxo/valor), proposta por Koskela (2000), por sua vez, apresenta três perspectivas para o processo de projeto: (a) projeto como um processo de transformação de informação de entrada (requisitos do cliente) em informação de saída (projeto de um produto); (b) projeto como o fluxo de informações através do tempo e espaço;

e (c) projeto como um processo de geração de valor aos clientes. Complementarmente, Ballard e Koskela (1998) apontam que a falta de integração entre projeto e produção é um das principais causas dos problemas encontrados na construção, sendo que os princípios da teoria TFV podem possibilitar essa integração.

Com base em conceitos da área de gestão de operações, Reinertsen (1997) discute as dificuldades de gerenciar uma fábrica de projetos, ou seja, ambientes nos quais é necessário desenvolver múltiplos projetos ao mesmo tempo. O referido autor enfatiza que, assim como na produção, o processo de projeto também possui elevados níveis de trabalho em progresso, porém esse raramente é medido e controlado. O trabalho em progresso em projeto pode representar uma perda ainda maior do que na produção, pois as decisões de projeto apresentam alto risco de obsolescência, diante da dinamicidade e competitividade do mercado, portanto o projeto somente agrega valor quando finalizado (REINERTSEN, 1997).

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

A complexidade das edificações e a competição do mercado são crescentes, aumentando assim a pressão pela melhoria de desempenho do processo de projeto em termos de tempo e de qualidade (FORMOSO *et al.*, 1998). Diante disso, a sobreposição entre projeto e produção é uma alternativa para reduzir a duração do empreendimento e aumentar a flexibilidade do projeto do produto, aumentando, entretanto, o grau de complexidade (FORMOSO *et al.*, 1998).

Da mesma forma, Tzortzopoulos, Formoso e Betts (2001) destacam que a falta de planejamento integrado entre as diferentes disciplinas, o planejamento informal das atividades e a falta de controle do fluxo de informação são os principais problemas que afetam o desempenho do processo de projeto. Além disso, a pobre comunicação entre os envolvidos, a falta de documentos, o desequilíbrio na alocação de recursos, a falta de coordenação entre as diferentes disciplinas e os erros de tomada de decisão são dificuldades de gestão frequentemente enfrentadas (KOSKELA; BALLARD; TANHUANPÄÄ, 1998).

Na gestão de projeto tradicional, o método de execução das atividades é sequencial em vez de simultâneo, resultando em um elevado número de revisões de projeto, pois as decisões são tomadas isoladamente por cada projetista (BALLARD; KOSKELA, 1998). Além disso, de acordo com Tzortzopoulos e Formoso (1999), o foco excessivo na visão de transformação

pode dificultar a identificação de requisitos do cliente e a identificação de erros de projeto, podendo causar retrabalhos de alto custo em fases avançadas, além de dificultar a geração de valor.

A geração de valor, por sua vez, não depende somente da informação de entrada disponível, mas também do nível de qualificação dos projetistas e das condições de trabalho das equipes de projeto (TZORTZOPOULOS; FORMOSO, 1999). Dessa forma, a gestão de projeto deve incluir a preocupação em remover obstáculos para a criatividade, como, por exemplo, tempo insuficiente e relutância diante de mudanças de solução (TZORTZOPOULOS; FORMOSO, 1999).

Ballard e Koskela (1998) sugerem que mais estudos relacionados à gestão de projetos são necessários, principalmente para facilitar a geração de valor e a redução de perdas no sistema de produção como um todo. Os referidos autores também apontam a necessidade em melhor investigar em que fases de projeto os diferentes especialistas devem ser envolvidos. Ainda, mais pesquisas são necessárias na identificação de técnicas para controlar a produção de projetos, assim como para buscar uma maior integração entre o projeto do produto e o seu processo (BALLARD; KOSKELA, 1998).

A complexidade dos produtos, associada ao aumento de riscos e de custos, evidencia a necessidade de aprimorar e melhor coordenar o trabalho em equipe, principalmente em equipes multidisciplinares, em que diferentes especialistas devem contribuir para a obtenção de um projeto de qualidade (CROSS, 1994). Assim, uma abordagem clara e sistemática é essencial para que os especialistas certos colaborem no momento certo do desenvolvimento do projeto (CROSS, 1994).

Contudo, segundo Tribelsky e Sacks (2010), uma das dificuldades centrais do trabalho de uma equipe do projeto é manter um fluxo ininterrupto de informação. Consequentemente, altos níveis de retrabalhos, longos tempos de ciclo e a utilização de grandes lotes de projeto são fatores comuns, podendo impactar na qualidade dos projetos desenvolvidos (TRIBELSKY; SACKS, 2010), além de apresentar alto risco de não atender aos requisitos do cliente (Ballard, 2002).

Ainda, em se tratando de ambientes com sistema de produção do tipo ETO, caracterizados pela alta complexidade e elevado grau de incerteza, um sistema de planejamento e controle de projeto adequado para esse contexto é essencial, pois seus benefícios impactam em melhorias

no PDP como um todo (BERTRAND; MUNTSLAG, 1993). Little *et al.* (2000) identificaram os seguintes fatores como principais problemas em ambientes de ETO, representando oportunidades de melhoria: levantamento insuficiente de requisitos do cliente no período de negociação, falta de planejamento e controle de projeto, alto nível de retrabalho, atrasos nas entregas, e falta de uma abordagem integrada para a gestão de todos os processos.

De acordo com Little *et al.* (2000), o planejamento em ambientes de ETO muitas vezes é excessivamente focado na produção da fábrica, sem um esforço suficiente no planejamento e controle de projetos. Assim, embora a atividade de projeto seja fundamental para especificar o produto, essa tende a ser gerenciada de forma inadequada, podendo provocar atrasos na entrega ao cliente (Little *et al.*, 2000). Em ambientes de ETO, segundo Bertrand e Muntslag (1993), cada decisão está associada a uma unidade de produção específica, com as responsabilidades e autorizações associadas. Dessa forma, de acordo com os referidos autores, a delegação de responsabilidades de controle da produção para os responsáveis por executá-la, na maior medida possível, é de extrema importância.

Assim, segundo Ballard (2002), é necessário um sistema de controle da produção que decomponha as tarefas em um período próximo ao prazo de execução e que possibilite direcionar explicitamente a atenção dos envolvidos em critérios de projeto. Além disso, esse sistema deve facilitar a geração de valor e o fluxo de informação entre os especialistas, fatores com os quais o Sistema *Last Planner* (SLP) de controle da produção pode colaborar diretamente (BALLARD, 2002).

O SLP, criado a partir de uma série de implementações na indústria, possui uma estrutura hierárquica de planejamento, a qual facilita o planejamento e o controle realizados por diferentes envolvidos no processo, em diferentes etapas de desenvolvimento, facilitando o convívio com a incerteza (BALLARD, 2000). Esse sistema auxilia no planejamento e controle da unidade de produção e do fluxo de informação, utilizando mecanismos de colaboração e de gestão de compromissos, com o objetivo de proteger a produção das incertezas e estabilizar o processo (BALLARD; HOWELL, 1998).

Ao aumentar a estabilidade em um processo, é possível a produção de resultados sistemáticos e coerentes ao longo do tempo (LIKER; MEIER, 2007), visando a reduzir a variabilidade e, conseqüentemente, melhorar o desempenho (BALLARD; HOWELL, 1998). O SLP, portanto, se aplica diretamente ao contexto de projetos complexos e rápidos, com alto índice de

incertezas (BALLARD; HOWELL, 2003). Nesse contexto, esse sistema surge como um método em potencial para reduzir a variabilidade em projetos de construção, especialmente em ambientes de ETO.

De fato, diversos estudos foram realizados sobre a aplicação do SLP no processo de projeto, como os seguintes: Koskela, Ballard e Tanhuanpää (1998); Miles (1998); Tzortzopoulos; Formoso e Betts (2001); Ballard (2002); Codinhoto e Formoso (2005); Trescastro (2005); Formoso, Trescastro e Codinhoto (2006); Ballard, Hammond e Nickerson (2009); Hamzeh, Ballard e Tommelein (2009); Kerosuo *et al.* (2012). Entretanto, nenhum deles foi focado em um contexto de ETO, com a necessidade em gerenciar múltiplos projetos realizados.

Em um dos primeiros trabalhos na área, Koskela, Ballard e Tanhuanpää (1998) avaliaram a aplicabilidade do SLP em projeto, salientando os seguintes benefícios: (a) aumento da transparência no processo; (b) fornecimento de indicadores de desempenho; (c) aumento da disponibilidade das informações de entrada, diminuindo, assim, as incertezas; e (d) aumento da flexibilidade da tomada de decisão. Por outro lado, os referidos autores sugerem mais pesquisas na área a fim de refinar e atingir uma justificativa empírica sólida para o SLP em projeto, além de aprimorar o médio prazo e aumentar o nível de detalhamento das causas de conclusão dos pacotes de trabalho.

Miles (1998) e Tzortzopoulos, Formoso e Betts (2001) também apontaram o aumento da transparência no processo de projeto, aumentando, conseqüentemente, o comprometimento dos envolvidos no planejamento. Ainda, Tzortzopoulos, Formoso e Betts (2001) identificaram a necessidade de uma gestão sistemática dos requisitos do cliente como complemento às melhorias propostas ao processo de planejamento de projeto, visando aumentar a geração de valor ao cliente (TZORTZOPOULOS; FORMOSO; BETTS, 2001).

Além disso, Tzortzopoulos, Formoso e Betts (2001) encontraram dificuldades em aprofundar as práticas de planejamento diante da falta de participação e de apoio da alta gerência das empresas. Portanto, esse apoio parece ser ponto crucial para o sucesso do sistema de planejamento e controle de projetos (HAMZEH; BALLARD; TOMMELEIN, 2009).

Ballard (2002) sugere as seguintes melhorias para trabalhos futuros: utilizar um formato mais sistemático de planejamento e controle; melhor definir os pacotes de trabalho para facilitar a compreensão das interdependências; e aprimorar a lista de causas para categorizar as falhas de

planejamento, visando à identificação da causa raiz. A partir disso, o processo de aprendizagem também é facilitado (BALLARD, 2002).

A implementação do plano de médio prazo, segundo Ballard (2002) e Codinhoto e Formoso (2005), foi descrita como uma limitação da implementação do SLP em projeto, apontando a oportunidade de desenvolvimento de mais pesquisas na área. Ainda, Trescastro (2005) identificou a dificuldade por parte dos coordenadores de projeto em delegar o planejamento das atividades, tornando as reuniões demasiadamente longas e dispersas.

As principais limitações apontadas nos estudos foram dificuldades encontradas na implementação devido ao pouco entendimento dos conceitos e práticas do SLP (MILES, 1998; TZORTZOPOULOS; FORMOSO; BETTS, 2001; BALLARD, 2002; KEROSUO *et al.*, 2012). Dessa forma, como sugestão para trabalhos futuros, os mesmos autores apontam a importância do desenvolvimento de formas de treinamento mais aprofundado, assim como o contínuo acompanhamento, principalmente nas fases iniciais da implementação.

Ballard, Hammond e Nickerson (2009) apontam que os princípios, as funções e os métodos do SLP podem ser aplicados ao planejamento e controle de projeto. Porém, é necessária a adaptação dos métodos para ajustá-los ao nível de incerteza, velocidade e a complexidade do trabalho. Hamzeh, Ballard e Tommelein (2009) apontaram a importância em padronizar o sistema de planejamento, possibilitando o aprimoramento do processo através da análise dos indicadores de planejamento e o aprendizado a partir das falhas (HAMZEH; BALLARD; TOMMELEIN, 2009).

Kerosuo *et al.* (2012) relatam mudanças positivas a partir da implementação do SLP em projeto, destacando a transição da programação formal para a que emerge durante as reuniões, com base na informação compartilhada entre os projetistas, aumentando assim o comprometimento com o planejado. Além disso, os referidos autores identificaram o aumento da comunicação e participação ativa dos projetistas nas reuniões, e o maior alinhamento das interdependências entre diferentes disciplinas.

Diante disso, segundo Formoso *et al.* (1998), a utilização de modelos de planejamento contribui para melhor explicitar o processo de projeto. De acordo com os referidos autores, esses modelos colaboram com a explicitação da necessidade de eventuais melhorias no processo, como simplificação do fluxo de informações e redução do número de etapas. Além disso, permitem o maior entendimento do processo como um todo e a melhor definição de

responsabilidades, aumentando, assim, a transparência do processo e melhorando a comunicação entre os envolvidos (FORMOSO *et al.*, 1998). Da mesma forma, facilitam a retroalimentação do processo (*feedback*) através do monitoramento e registro sistemático das atividades (FORMOSO *et al.*, 1998).

1.4 QUESTÕES DE PESQUISA

Diante do problema de pesquisa apresentado, a seguinte questão de pesquisa é proposta: **como planejar e controlar projetos em empresas com sistema de produção do tipo ETO?**

As seguintes questões secundárias originaram-se do desdobramento da questão de pesquisa principal, a fim de auxiliar no desenvolvimento do estudo:

- a) Como aumentar a confiabilidade do processo de projetos no contexto de ETO?
- b) Como estabelecer um planejamento integrado entre as diferentes equipes em um ambiente de múltiplos projetos?
- c) Como avaliar a maturidade da implementação das práticas de planejamento?

1.5 OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo principal deste estudo é: **propor um modelo de planejamento e controle de projetos em empresas de construção com sistema de produção do tipo ETO.**

A partir disso, os objetivos específicos propostos são:

- a) Adaptar o SLP para o planejamento e controle de projetos em sistemas do tipo ETO;
- b) Desenvolver dispositivos visuais para melhorar a integração entre as equipes envolvidas em projetos; e
- c) Identificar boas práticas de planejamento a fim de auxiliar na avaliação do grau de implementação do modelo.

1.6 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

O presente trabalho está limitado a um estudo em uma empresa específica, sendo desenvolvido em um contexto que viabiliza os objetivos descritos anteriormente. Porém, os resultados obtidos são válidos para esse escopo limitado, portanto, não podendo ser generalizados. Da mesma forma, o contexto de projetos em sistemas pré-fabricados, com sistema de produção do tipo ETO, é apresentado como uma delimitação da pesquisa, influenciando diretamente nos seus resultados.

Além disso, a utilização específica do SLP para o planejamento de projetos também é uma delimitação do estudo, pois o mesmo não abrange a utilização de outras ferramentas de planejamento e controle do processo de projetos. Ainda, a presente pesquisa não investigou diretamente a interface cliente e equipe de projeto, nem a gestão de requisitos dos clientes.

Por fim, outra delimitação do presente trabalho é o foco no planejamento e controle de projeto, permitindo, no entanto, a integração futura com o planejamento da produção. Assim, o trabalho tem como objetivo trazer melhorias no processo de produção de projeto, mas não aborda diretamente a qualidade das soluções técnicas e formais.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

A presente dissertação de mestrado está estruturada em seis capítulos. O presente capítulo de introdução apresentou a motivação inicial, assim como o contexto e o problema de pesquisa, ou seja, a lacuna de conhecimento identificada. A partir dessa discussão, foram apresentadas as questões, os objetivos e as delimitações da pesquisa.

O capítulo 2 e 3 apresentam a revisão bibliográfica.

No capítulo 2, são abordados temas relacionados ao processo de projeto, como a natureza do processo de projeto, o conceito de projeto como um processo produtivo, e a abordagem de processo de desenvolvimento do produto. Além disso, é descrito o contexto de ambientes do tipo ETO.

No capítulo 3, são abordados temas relacionados ao planejamento e controle do processo de projeto. Inicialmente são apresentados conceitos básicos de planejamento e controle advindos

da produção e os problemas no planejamento e controle tradicional. Depois, o SLP é descrito, assim como as principais experiências de trabalho anteriores na área de planejamento e controle de projeto.

O capítulo 4 apresenta o método de pesquisa. Inicialmente a estratégia de pesquisa e seu delineamento são descritos, sendo suas etapas fundamentadas nas etapas da pesquisa construtiva. Com base nisso, essas etapas são detalhadas, sendo descritos os estudos desenvolvidos e o contexto da empresa em que ocorreram.

No capítulo 5, são apresentados os resultados obtidos ao longo desenvolvimento da pesquisa nas etapas 1, 2, 3 e 4, permitindo a compreensão do processo de refinamento e a evolução do modelo de planejamento e controle de projeto proposto, assim como sua avaliação e disseminação na empresa.

Por fim, no capítulo 6, são realizadas considerações finais sobre as contribuições do modelo e sugestões para estudos futuros.

2 PROCESSO DE PROJETO

Este capítulo aborda, inicialmente, a natureza do processo de projeto com o objetivo de entender a complexidade em planejar e controlar esse processo. Depois, o conceito de projeto como processo é abordado, a fim de compreendê-lo a partir das perspectivas de transformação, fluxo e de geração de valor. A seguir, é abordado o conceito de PDP, visando explicitar como a integração do processo de projeto com os demais processos permite a resolução de problemas ainda na fase de projeto, facilitando a produção do produto. Por fim, o contexto de sistema produtivo do tipo ETO é descrito, sendo esse contexto similar ao que foi desenvolvida a presente pesquisa.

2.1 NATUREZA DO PROCESSO DE PROJETO

O processo de projeto, segundo Lawson (1997), é um processo em que o problema e a solução emergem juntos, ou seja, as soluções que vão sendo propostas determinam como o problema é resolvido. Assim, o projetista, a partir do estudo dos requisitos iniciais do cliente, desenvolve um processo de negociação entre problema e solução através das atividades de análise, síntese e avaliação, caracterizando a um processo mental de alta complexidade (LAWSON, 1997). Esse pode representar um longo caminho de tentativas e erros, que, por fim, resulta em uma proposta a ser apresentada ao cliente (CROSS, 1994).

Os requisitos do cliente, por vezes vagos, representam uma ampla gama de critérios, porém, nem sempre é possível englobar todos os requisitos em um projeto (CROSS, 1994). Frequentemente, para atender aos prazos, algumas necessidades dos clientes são deixadas em segundo plano, em função da necessidade de *tradeoffs*² (CROSS, 1994). No entanto, segundo Koskela, Ballard e Tanhuanpää (1998), deve-se buscar um equilíbrio entre os objetivos.

O problema de projeto, em geral, compreende uma meta a ser alcançada, restrições que devem ser eliminadas para que essa meta seja atingida, e critérios a serem considerados para que uma solução bem sucedida seja alcançada (CROSS, 1994). Cross (1994) classifica os problemas em projeto como pouco definidos, pois podem mudar na medida em que um maior número de informações é disponibilizado e o projeto é mais detalhado.

² Neste trabalho, o termo *tradeoff* é utilizado para designar a priorização em projeto de determinados requisitos do cliente em detrimento de outros (CROSS, 1994).

A incerteza inerente ao processo de projeto é o que torna o mesmo uma atividade tão desafiadora (CROSS, 1994). Devido a sua característica de processo único, há grande incerteza em relação aos tempos de recebimento de pré-requisitos de projeto e aos tempos de duração das atividades (REINERTSEN, 1997). Os pré-requisitos de projeto, por sua vez, podem ser informações, definições do cliente, projetos complementares, entre outros itens (REINERTSEN, 1997).

De acordo com Cross (1994), a iteração em busca de soluções viáveis é intrínseca à natureza do processo de projeto. Porém, segundo o referido autor, uma melhoria pontual tende a gerar ajustes em outra parte, que ainda pode gerar problemas em uma terceira parte, podendo, assim, significar que a mudança inicial não é viável. Dessa forma, o projetista pode ficar preso a esse ciclo iterativo de tomada de decisão (CROSS, 1994).

A estrutura do problema em um projeto residencial, apresentada na Figura 1, ilustra a natureza das interdependências encontradas no processo de projeto, sendo que uma decisão pontual - por exemplo, a definição do tipo de cobertura - pode impactar em outras decisões interdependentes - como, por exemplo, os materiais utilizados, assim como o sistema de drenagem e os vãos da estrutura da cobertura (CROSS, 1994). Apesar disso, segundo Cross (1994), esse processo de refinamento, em que o desenho faz um papel de comunicação entre as ideias e as possíveis soluções, é essencial no processo de projeto.

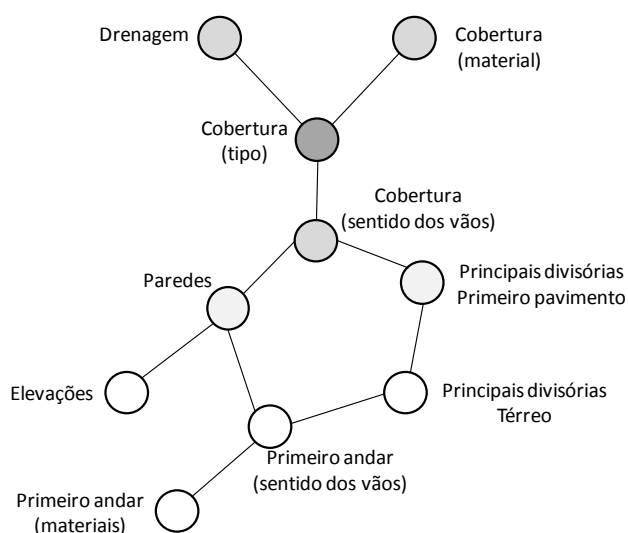


Figura 1: estrutura do problema no processo de projeto (CROSS, 1994)

Na abordagem de fábrica de projetos, em que é considerado um ambiente com múltiplos projetos, Reinertsen (1997) aponta quatro importantes características do processo de projeto, que se diferem da produção:

- a) As mudanças encarecem exponencialmente quando o projeto está em fase mais avançada (Figura 2), ou seja, o impacto da mudança é maior, diante de muitas decisões já tomadas;

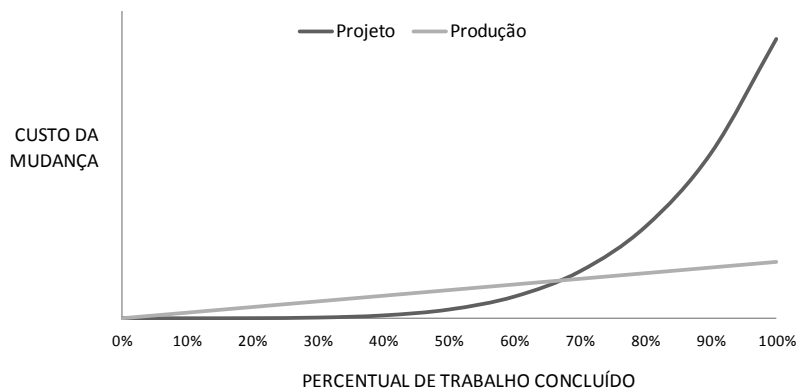


Figura 2: ascensão do custo de mudança em projeto (REINERTSEN, 1997)

- b) Os requisitos, que são informações e podem se tornar restrições de projeto, são disponibilizados ao longo do processo, na medida em que o cliente avalia se as soluções de projeto estão de acordo com suas necessidades (Figura 3). Essa característica pode vir a gerar mudanças em fases avançadas de projeto, as quais, como descrito anteriormente, representam maiores custos;

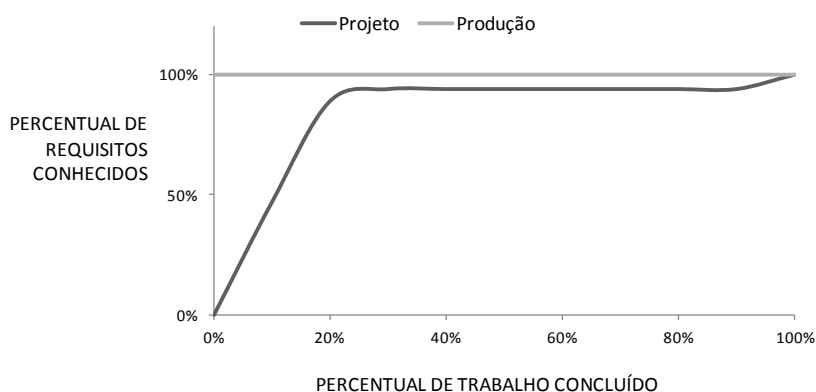


Figura 3: perfil da chegada de informações em projeto (REINERTSEN, 1997)

- c) As atividades de projeto não são repetitivas como na produção, caracterizando assim um processo único, não repetitivo e com maior variabilidade. A variabilidade, por sua vez, é uma característica desejável para o desenvolvimento de um projeto bem sucedido, pois um processo totalmente previsível não geraria produtos inovadores, portanto não geraria valor. Apesar disso, o uso de ferramentas que auxiliam no aumento da eficácia do planejamento tende a colaborar com o aumento da estabilidade do processo (BALLARD; HOWELL, 1998); e

d) Outro impacto da natureza única do processo de projeto é que o trabalho tende a ser expandindo para todo o tempo disponível para realizá-lo, resultando, muitas vezes, em atrasos na entrega. Assim, em busca de uma solução ideal, os projetistas tem dificuldade em finalizar o projeto antes do previsto, além de não planejar atividades reservas prontas para serem iniciadas na sequência.

Segundo Wise (1984), a pequena quantidade de informações de entrada para projeto causa atrasos e retrabalhos durante o processo. Diferentemente da produção, o retrabalho se dissolve na própria natureza interativa das atividades do processo, portanto é importante que seja controlado para que possa ser reduzido (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Com base em Ballard (2000) e Tzortzopoulos, Formoso e Betts (2001), a Figura 4 apresenta uma síntese das principais diferenças entre produção e projeto, que permitem melhor compreender a natureza do processo de projeto.

PRODUÇÃO	PROJETO
Produz bens físicos	Produz informação
Pouca incerteza	Alta incerteza
Processo repetitivo, gerando aprendizado	Processo é único, dificultando o aprendizado
Possui tempos-padrão da duração das atividades	O trabalho se expande por todo o tempo disponível
Fácil verificar quando o trabalho foi executado	Difícil determinar quando o trabalho foi executado
Variabilidade deve ser evitada	Variabilidade é oportuna na medida em que agrega valor ao produto
Iteração gera perdas	Iteração pode gerar valor

Figura 4: principais diferenças entre produção e projeto (TZORTZOPOULOS; FORMOSO; BETTS, 2001)

Diante da natureza criativa do processo de projeto, é mais difícil a formalização do trabalho, assim como a distinção das suas fases e atividades (BERTRAND; MUNTSLAG, 1993). Apesar disso, as equipes de projeto podem obter alguns benefícios a partir da utilização de um processo estruturado, pois amplia as possibilidades de soluções exploradas e serve como um mapa para projetistas menos experientes (ULRICH; EPPINGER, 2000).

Ballard e Koskela (1998) apontam que as dificuldades em gerenciar projeto são decorrentes da natureza do seu processo. Por outro lado, de acordo com Wise (1984), há muitas restrições externas em projeto, ou seja, que não dependem diretamente do projetista, o que aumenta a complexidade da tomada de decisão e evidencia a necessidade da utilização de técnicas de planejamento e controle.

Assim, a representação formal do processo possibilita que todos os envolvidos tenham uma visão geral do mesmo, incluindo objetivos, fontes de informação e critérios de projeto (ROZENFELD *et al.*, 2006). Nesse contexto, uma abordagem clara e sistemática do processo é essencial para que os especialistas certos colaborem no momento certo do desenvolvimento do projeto (CROSS, 1994).

2.2 PROJETO COMO PROCESSO

O projeto tem importante papel na medida em que define o produto com o objetivo de melhor atender as necessidades do cliente (ULRICH; EPPINGER, 2000). No entanto, Cross (1994) aponta que o foco das atividades de projeto, muitas vezes, é o documento final contendo os desenhos e as especificações do produto, sendo que o processo de projeto acaba sendo negligenciado.

Koskela (2000) aponta a importância em integrar os conceitos de transformação, fluxo e geração de valor através da teoria TFV, propondo a aplicação de um conjunto de conceitos e princípios ao planejamento e controle do processo de projeto. A falta de uma teoria adequada de projeto, que integre essas três visões, é um desafio no desenvolvimento de modelos formais de projeto que possam orientar a realização desse processo (KOSKELA; HUOVILA, 1997).

A gestão de projeto tradicional, com foco na visão de transformação, é limitada, gerando problemas recorrentes, tais como: (a) fragmentação, uma vez que a execução de uma atividade isoladamente é mais simples do que a interação com as demais; (b) excessivo número de iterações e variabilidade das atividades de projeto, gerando retrabalho; e (c) perda dos requisitos do cliente final ao longo da cadeia de atividades (KOSKELA; HUOVILA, 1997). Dessa forma, as atividades de projeto que não são de transformação, como, por exemplo, a captura e a comunicação da informação, acabam ficando em segundo plano (KOSKELA; HUOVILA, 1997).

Por outro lado, segundo Koskela e Huovila (1997), a visão de projeto como fluxo, originada na engenharia industrial, foca no fluxo de informação, o qual, além de contemplar as atividades que agregam valor (atividades de transformação), considera também as atividades que não agregam valor. Essas, por sua vez, são consideradas perdas no processo, podendo ser perda por espera, por movimentação ou por inspeção (KOSKELA; HUOVILA, 1997). Assim,

por representarem grande parte do tempo gasto no processo de projeto, perdas como retrabalhos, falta de informação, mudanças de escopo e tempo de *set-up*³, devem ser identificadas a fim de serem reduzidas e aprimoradas (KOSKELA; HUOVILA, 1997).

Devido às incertezas intrínsecas do processo de projeto, há potencial para a formação de filas e para a ocorrência de atrasos, mesmo quando o sistema não está sobrecarregado, ou seja, sem a utilização total da capacidade (REINERTSEN, 1997). Porém, os efeitos das mudanças de demanda e de capacidade dependem do nível da utilização da capacidade no momento em que ocorrem essas mudanças, assim como da variabilidade do sistema (REINERTSEN, 1997). A Figura 5 representa a relação não linear entre utilização da capacidade e tempo de atraso, sendo que se a utilização da capacidade está entre 0% e 50 % o tempo de fila é menor do que se está entre 50 e 100% (REINERTSEN, 1997).

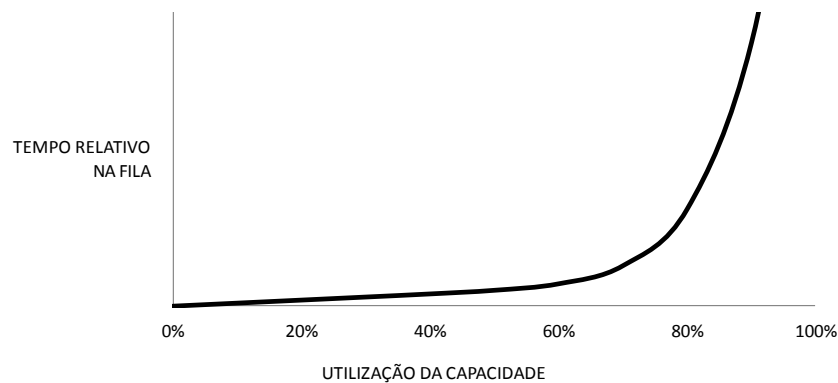


Figura 5: relação entre tamanho da fila e utilização da capacidade (REINERTSEN, 1997)

Assim, para aprimorar o processo de projeto é preciso ter excesso de capacidade, pois, diante da sua variabilidade intrínseca, sempre haverá a formação de filas quando a capacidade apresenta alto nível de utilização (REINERTSEN, 1997). Ainda, é importante a utilização de sistemas de controle, tais como: monitorar e remover filas que impactam o processo como um todo; planejar a capacidade para os diferentes períodos de demanda; e utilizar sistemas de reserva de recurso, através da análise das restrições das atividades futuras, tornando-as prontas para serem executadas quando preciso (REINERTSEN, 1997).

Outra forma de reduzir o tamanho das filas, sem exigir mudança de capacidade, é reduzir o tamanho do lote de produção, permitindo um processo de fluxo ininterrupto (REINERTSEN, 1997). Assim, é possível reduzir o tempo de espera por informação, intensificando a comunicação e busca por soluções de projeto (KOSKELA; HUOVILA, 1997), além de

³ Neste trabalho, o termo *set-up* é utilizado para designar a configuração inicial dos recursos necessários para realizar uma determinada atividade.

aumentar o controle de qualidade dos produtos, pois os erros aparecem mais rapidamente (WOMACK *et al.*, 1992). Apesar de os projetistas estarem habituados a trabalhar com grandes lotes de informação, no estudo de Trescastro (2005) houve pouca resistência em trabalhar com lotes menores.

Ballard e Howell (2003) apontam que o tamanho do lote de projeto deve ser reduzido e o fluxo de informações estruturado para que dados incompletos também sejam compartilhados e disponíveis para todos os envolvidos. A partir do aumento da transparência no processo, portanto, é possível reduzir as iterações negativas, ou seja, aquelas que ao serem eliminadas não causam perdas de valor, nem impedem que o projeto seja concluído (Ballard, 1999).

Nesse contexto, Ballard (2000) sugere as seguintes ações com potencial para reduzir as iterações negativas em projeto:

- a) Planejar a sequência das atividades a fim de orientar as decisões de projeto e evitar ciclos iterativos desnecessários;
- b) Identificar momentos ao longo do processo em que os principais envolvidos devem se reunir a fim de facilitar a comunicação e a tomada de decisão;
- c) Compartilhar informações incompletas, por meio da redução do tamanho dos lotes de projeto, possibilitando o início de outras atividades, assim como o desenvolvimento simultâneo das mesmas;
- d) Utilizar um planejamento puxado, no qual somente é realizado o trabalho necessário, reduzindo também a perda por superprodução; e
- e) Evitar decisões prematuras a fim de aumentar o valor agregado ao produto, adiando sistematicamente algumas decisões de projeto, desde que respeitando os prazos previamente estipulados. Essa ação, por sua vez, pode reduzir a iteração negativa, simplesmente por não iniciar o ciclo iterativo.

Os impactos positivos esperados a partir dessas ações, segundo Ballard (2000), incluem a redução da duração e dos custos de projeto, e o aumento da eficiência da comunicação entre os envolvidos no processo. Assim, a tomada de decisão passa a ser um processo bem organizado, em que diferentes alternativas são consideradas (BALLARD, 2000). Além disso, evita-se um processo isolado, no qual as decisões são tomadas separadamente em cada equipe, sem considerar o impacto da decisão sobre as outras equipes (BALLARD, 2000).

Nesse contexto, de acordo com Reinertsen (1997), o processo de projeto deve eficientemente gerar informação que tenha grande valor e utilidade. Diante disso, segundo o referido autor, a chave da boa comunicação não é simplesmente a quantidade de informações disponíveis, mas o montante de informação útil transmitida em relação ao que é preciso para tomar boas decisões.

Portanto, uma forma de melhorar a comunicação é diminuir a necessidade de comunicação, através da boa definição das responsabilidades, da divisão adequada das atividades de projeto nas equipes e da formação de equipes comprometidas (REINERTSEN, 1997). Além disso, com o intuito de evitar que falhas de projeto sejam recorrentes, e que as mesmas gerem aprendizado, a informação sobre as falhas deve ser rápida e amplamente disseminada (REINERTSEN, 1997).

Da mesma forma, de acordo com Koskela e Huovila (1997), o esforço e tempo necessário para a transferência de informação pode ser reduzido através da abordagem de equipe, facilitando a comunicação oral e informal. Ainda, a redução de hierarquia aumenta o poder de decisão da equipe e diminui a necessidade de comunicação com superiores (KOSKELA; HUOVILA, 1997).

Por outro lado, como resultado de aspectos multidisciplinares e do crescente número de envolvidos, a comunicação em projeto tende a ser mais difícil (DEN OTTER; EMMITT, 2008). Entretanto, embora os membros da equipe geralmente desenvolvam tarefas individuais, a comunicação direta entre os mesmos é essencial para facilitar e estimular o processo de projeto (DEN OTTER; EMMITT, 2008). A comunicação direta, na maioria das vezes, é mais esclarecedora do que desenhos e *e-mails*, especialmente em fase inicial do projeto, quando as ideias ainda estão muito implícitas e fragmentadas (DEN OTTER; EMMITT, 2008).

Complementarmente às visões de transformação e de fluxo, Koskela e Huovila (1997) sugerem a realização de uma rigorosa análise dos requisitos do cliente, somada à colaboração ativa do cliente, a fim de permitir o atendimento pleno aos requisitos de projeto. Os referidos autores afirmam que a dificuldade em capturar requisitos está relacionada ao fato de que o cliente é, em realidade, um conjunto de pessoas ou organizações, sendo que tais requisitos com frequência são alterados no decorrer do processo. Além disso, os requisitos são em grande número, sendo complexa a sua gestão (KOSKELA; HUOVILA, 1997).

Kiviniemi e Fischer (2005) salienta que alguns requisitos importantes na visão dos usuários finais são perdidos ao longo do desenvolvimento do projeto, principalmente se as mudanças não são documentadas formalmente. A Figura 6 ilustra como a sequência de mudanças, a partir de uma mudança anterior, faz com que a solução final de projeto se afaste dos verdadeiros objetivos do cliente, diminuindo o valor percebido pelo mesmo (KIVINIEMI; FISCHER, 2005).

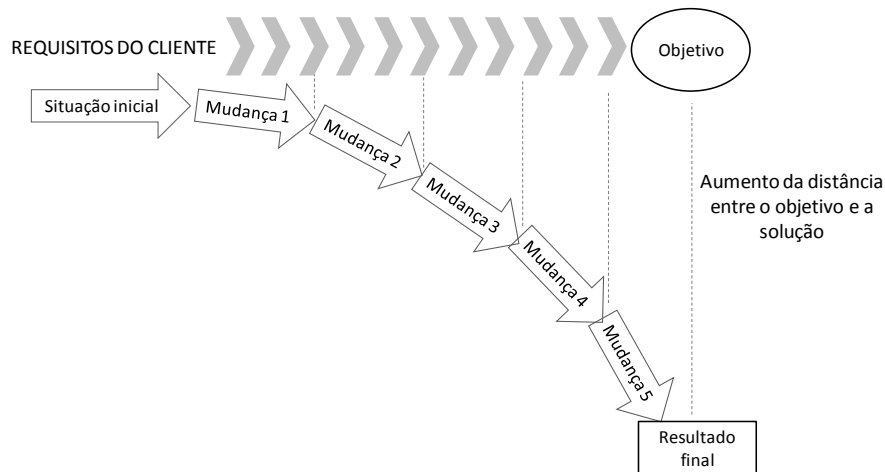


Figura 6: negligência da gestão de requisitos (KIVINIEMI; FISCHER, 2005)

Koskela (2000) sugere que a gestão de projeto na construção deve considerar as três abordagens conceituais descritas de maneira balanceada (KOSKELA, 2000). A Figura 7 apresenta de forma resumida os conceitos, princípios e práticas relacionadas a essas três perspectivas.

	TRANSFORMAÇÃO	FLUXO	GERAÇÃO DE VALOR
CONCEITUAÇÃO DO PROJETO	Conversão de requisitos em projeto do produto	Fluxo de informação composto por conversão, inspeção, movimentação e espera	Processo no qual valor é criado ao consumidor por meio do atendimento dos requisitos em projeto
PRINCÍPIOS	Decomposição, controle e aprimoramento das atividades decompostas	Eliminação de perdas (atividades desnecessárias), redução de tempo	Eliminação de perda de valor (lacuna entre o valor atingido e o melhor valor possível)
MÉTODOS E PRÁTICAS	Estrutura de divisão de trabalho, método do caminho crítico (CPM), quadro de responsabilidades	Rápida redução de incerteza, abordagem de equipe, ferramenta de integração, parcerias	Rigorosa análise dos requisitos, gestão sistemática de requisitos
CONTRIBUIÇÃO PRÁTICA	Atentar para o que deve ser feito	Atentar para que ações desnecessárias sejam eliminadas ou reduzidas	Atentar para que os requisitos do cliente sejam atendidos da melhor maneira possível

Figura 7: comparação entre os conceitos de transformação, fluxo e geração de valor em projeto (KOSKELA; HUOVILA, 1997)

2.3 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

O processo de desenvolvimento de produto é composto por diferentes atividades que são iniciadas a partir de uma oportunidade de mercado e desenvolvidas até a produção e entrega do produto (ULRICH; EPPINGER, 2000). Rozenfeld *et al.* (2006), define o PDP como um conjunto de atividades que visa a chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção, incluindo atividades de acompanhamento após o lançamento. Ulrich e Eppinger (2000) descrevem o PDP como um processo que engloba uma sequência de atividades de um empreendimento a fim de conceber, projetar e comercializar um produto.

O PDP, de acordo com Rozenfeld *et al.* (2006), é caracterizado por um elevado grau de incertezas, principalmente no início do processo, na fase de projeto, quando decisões importantes devem ser tomadas, como materiais e tecnologia utilizados. Além disso, compreende um grande fluxo de informação de entrada proveniente de diferentes fontes, internas e externas à empresa, múltiplos requisitos a serem atendidos, e caráter único de cada processo (ROZENFELD *et al.*, 2006).

As novas abordagens para gestão do PDP, tais como o desenvolvimento integrado do produto e o desenvolvimento *lean* de produtos (produção enxuta) são caracterizadas pela busca da integração entre as diferentes fases do processo, pela simultaneidade de atividades, pela formação de times multifuncionais, pela participação de diferentes áreas em fase inicial de projeto, e pela simplificação da formalização no processo. Diante da natureza do PDP, em que os requisitos são esclarecidos ao longo do seu desenvolvimento, algumas decisões são adiadas com o objetivo de aperfeiçoá-las em fase finais do projeto (Rozenfeld *et al.*, 2006). Além disso, essas abordagens valorizam a aprendizagem, a inovação e a melhoria contínua (Rozenfeld *et al.*, 2006).

Por outro lado, muitas empresas tem despendido um grande esforço na implementação de princípios da produção enxuta, no entanto, a maioria delas falha na aplicação dos mesmos no PDP (REINERTSEN, 1997). Possivelmente por desconsiderar a etapa inicial fundamental da implementação, ou seja, a estabilização básica do ambiente de trabalho (BALLARD; HOWELL, 1998). O termo produção enxuta foi criado por Womack *et al.* (1992) a partir de estudos na indústria automobilística, denominando uma nova forma de projetar e gerenciar sistemas de produção com foco em reduzir e eliminar perdas no processo, ou seja, atividades que não agregam valor.

Rozenfeld *et al.*, 2006 apontam que a realização do planejamento integrado do conjunto de projetos e a integração das equipes de projeto, permitindo que as mesmas compartilhem os mesmos objetivos, são fatores que influenciam diretamente no bom andamento do PDP. Ainda, os referidos autores apontam a importância do envolvimento da cadeia de fornecedores e de clientes no processo, aumentando, assim, a qualidade do produto desenvolvido. Além disso, o papel dos líderes e gerentes de projeto afeta diretamente no desempenho da equipe, pois o mesmo tem papel fundamental em resolver conflitos, prover recursos e um bom ambiente de trabalho (Rozenfeld *et al.*, 2006).

Com o intuito de aprimorar os empreendimentos, visando o desenvolvimento de projetos de construção mais rápidos, de menores custos e de maior valor agregado, o guia de projeto integrado (IPD, 2007) enfatiza a importância do envolvimento dos diferentes participantes do projeto no início do processo. Além disso, a transparência da comunicação, o entendimento por parte dos projetistas das consequências de suas decisões e a entrega de um produto de maior qualidade são apontados como fatores fundamentais para aprimorar o processo de projeto (IPD, 2007).

O projeto integrado tem como base os seguintes conceitos: formação de equipes integradas e guiadas pelos princípios de confiança, visando à efetiva colaboração; a transparência do processo através do compartilhamento aberto de informações; a tomada de decisão baseada em geração de valor; e a ampla utilização da tecnologia (IPD, 2007). Segundo Tzortzopoulos, Formoso e Betts (2001), o PDP bem sucedido requer o efetivo controle do trabalho desenvolvido pelas equipes envolvidas e da troca de informação entre elas.

Por outro lado, de acordo com Ballard (2002), o PDP de caráter sequencial, no qual os projetistas tem pouco conhecimento do processo produtivo, pode resultar em tempos de ciclo longos, altos índices de retrabalho e elevados custos, além de grande chance de não satisfazer as necessidades do cliente.

Nesse contexto, de acordo com Rozenfeld *et al.* (2006), por muito tempo, acreditou-se que as características inerentes ao PDP, como as incertezas, a baixa previsibilidade e a criatividade, limitavam as possibilidades de gerenciar e estruturar esse processo, com receio de que houvesse consequências negativas nos resultados obtidos. Porém, nos últimos anos, casos bem-sucedidos evidenciaram que o desempenho desse processo é diretamente proporcional ao modelo e às práticas de gestão adotados (ROZENFELD *et al.*, 2006). Nesse contexto, Cross

(1994) aponta a necessidade em aprimorar a maneira tradicional de trabalhar em projeto, buscando uma abordagem sistemática e motivando o desenvolvimento de novos procedimentos a fim de aprimorar o processo.

Assim, é essencial para um bom desempenho de uma empresa, a existência de um modelo bem estruturado de PDP, o qual deve apresentar coerência e consistência na estratégia adotada, considerando o tipo de cultura dominante da empresa (ROZENFELD *et al.*, 2006). O modelo de PDP representa a estrutura organizacional, assim como a sistematização das atividades e os mecanismos utilizados (ROZENFELD *et al.*, 2006). Apesar disso, segundo Tzortzopoulos *et al.* (2001), os modelos de PDP apresentam limitações quando usados como base para o planejamento, pois nas fases iniciais do PDP, devido às incertezas, é difícil determinar a sequência das atividades e os pacotes de trabalho.

A Figura 8 apresenta o modelo de PDP proposto por Rozenfeld *et al.* (2006), no qual o processo é dividido em três macrofases: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento do produto. No referido modelo, a entrega de um conjunto de resultados caracteriza uma fase (ROZENFELD *et al.*, 2006). A transição formalizada entre fases, por sua vez, caracteriza um *gate*, no qual os resultados de cada fase devem ser analisados com o objetivo de antecipar problemas e gerar aprendizado (ROZENFELD *et al.*, 2006).

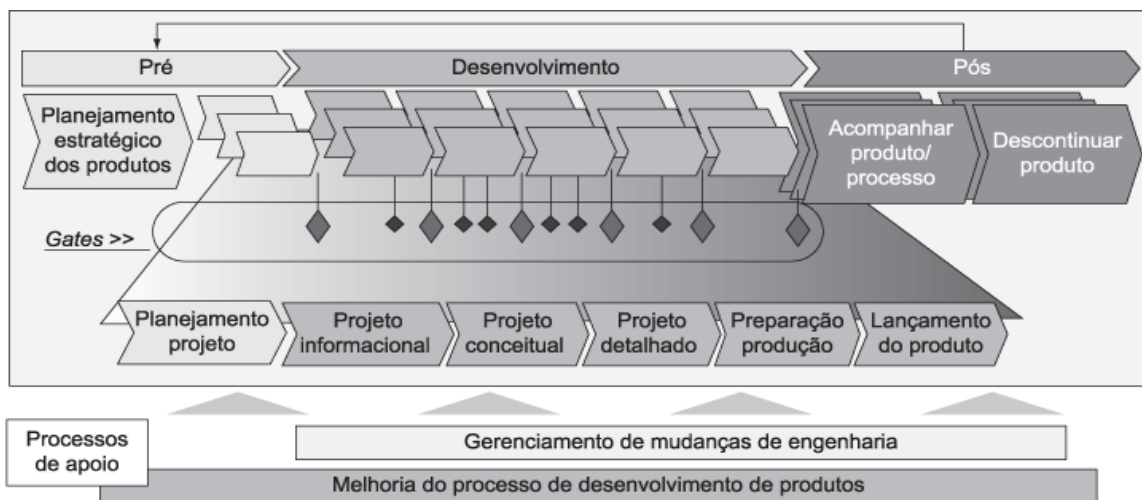


Figura 8: modelo de desenvolvimento de produto proposto por Rozenfeld *et al.* (2006)

O grau de complexidade do PDP na construção, ou seja, de um empreendimento, está relacionada ao número e à natureza de seus elementos, assim como ao grau de interdependência entre eles, representando a incerteza estrutural (WILLIAMS, 1999). Além disso, a complexidade está relacionada às incertezas associadas aos processos de gestão, mais especificamente quanto à definição de objetivos e métodos (WILLIAMS, 1999). Baccarini

(1996) define complexidade como a presença de muitos elementos variados inter-relacionados, como tarefas, especialistas, componentes, entre outros, e que podem ser operacionalizados em termos de diferenciação e interdependência entre suas partes.

Somado a isso, a tendência da redução de prazos de entrega em busca de atender à demanda do mercado, diminuindo a duração dos empreendimentos, faz com que os processos ocorram paralelamente, aumentando a complexidade (WILLIAMS, 1999). Além disso, a própria natureza dinâmica do PDP, assim como as frequentes mudanças de requisitos dos clientes, das tecnologias e das regulamentações, são fatores que contribuem para o aumento da complexidade em projeto (ROZENFELD *et al.*, 2006). Diante disso, a integração, a partir da coordenação, comunicação e controle sistemático, é essencial para um bom desenvolvimento de um empreendimento (BACCARINI, 1996).

Nesse contexto, a engenharia simultânea surgiu com o objetivo de reduzir a duração do desenvolvimento do produto, incentivando o projeto integrado e concomitante de produtos com seus processos relacionados, incluindo manufatura e suporte (WILLIAMS, 1999). Ballard e Koskela (1998) definem engenharia simultânea como um processo de desenvolvimento de produto em que ocorre a consideração simultânea, ou integrada, de vários critérios de projeto que expressam as necessidades de múltiplos intervenientes. Para tanto, é utilizada a abordagem multidisciplinar a partir da formação de equipes multifuncionais (BALLARD; KOSKELA, 1998).

Assim, a integração dos demais processos do PDP com o processo de projeto auxilia a resolução de problemas ainda na fase de projeto, visando facilitar a produção do produto, pois conta com o conhecimento de diferentes especialistas (PORTIOLI-STAUDACHERA *et al.*, 2003). Laufer (1996) explora o conceito de simultaneidade na gestão de empreendimentos, definindo a gestão simultânea como uma forma de gerenciar empreendimentos complexos, com elevado grau de incerteza e com prazos relativamente reduzidos.

2.4 SISTEMAS DE PRODUÇÃO DO TIPO *ENGINEER-TO-ORDER*

As empresas com sistemas de produção do tipo ETO podem diferir entre si em termos de nível de complexidade dos seus produtos, do grau de especificidade do produto pelo cliente, do layout e da complexidade do processo de produção (BERTRAND; MUNTSLAG, 1993).

Ainda, podem variar de acordo com as características dos concorrentes e do mercado em que estão inseridas (BERTRAND; MUNTSLAG, 1993).

No processo de desenvolvimento de elementos pré-fabricados, como sistemas produtivos do tipo ETO, a complexidade é maior devido aos longos fluxos que exigem mais esforço de cooperação e coordenação, e uma maior quantidade de projeto definido no início do PDP (KOSKELA, 2003). Ainda, os ciclos mais longos geram correção de erros com custos mais elevados (KOSKELA, 2003). Bertrand e Muntslag (1993) descrevem as características de um sistema de produção do tipo ETO a partir dos seus graus de dinamicidade, incerteza e complexidade, apresentados a seguir.

O sistema ETO lida com forte flutuação de demanda de mercado, especialmente porque o pedido do cliente conduz a produção, caracterizando, assim, um sistema altamente dinâmico (BERTRAND; MUNTSLAG, 1993). Portanto, de acordo com Bertrand e Muntslag (1993), a empresa do tipo ETO tem de lidar com fortes flutuações no mix e volume de vendas no curto e no médio prazo. Nesse contexto, segundo os referidos autores, a busca pela flexibilidade no processo é essencial a fim de lidar com essas flutuações.

De acordo com Bertrand e Muntslag (1993), o grau de incertezas no processo influencia diretamente na complexidade em controlar um sistema de produção. A incerteza pode ser caracterizada como a diferença entre a quantidade de informação necessária para realizar uma tarefa e a quantidade de informação já disponível na organização (GALBRAITH, 1973⁴ *apud* BERTRAND; MUNTSLAG, 1993). Em sistemas ETO, segundo os referidos autores, as maiores incertezas estão relacionadas aos seguintes fatores:

- a) Especificações dos produtos, principalmente nas fases iniciais do seu desenvolvimento, ou seja, durante a fase de projeto, quando as informações e especificações de um produto são gradualmente disponibilizadas. Dessa forma, decisões como capacidade, *lead time* e orçamento precisam ser tomadas em condições de incerteza;
- b) Mix e volume de produtos da demanda futura, dificultando o planejamento e a reserva de capacidade; e
- c) Processo de produção, pois cada produto é único, dificultando a estimativa inicial de recursos a serem requeridos no processo.

⁴ GALBRAITH, J. R. **Designing Complex Organizations**. Addison - Wesley, Reading, 1973

Outra característica comum em ambientes de sistemas ETO é que os clientes tendem a mudar os seus requisitos ao longo do PDP, assim, a flexibilidade, ou seja, a capacidade de reagir a essas alterações, se torna um pré-requisito para o sucesso da empresa (LITTLE *et al.*, 2000).

A complexidade do controle da produção em sistemas do tipo ETO, de acordo com Bertrand e Muntslag (1993), está relacionada aos seguintes fatores:

- a) Estrutura do fluxo do produto, principalmente na fase de projeto, na qual, diante da sua natureza criativa, é mais difícil a formalização do trabalho, assim como o controle do trabalho em progresso. Reinertsen (1997) aponta a importância em gerenciar a demanda de projetos, controlando o número de projetos no sistema a fim de evitar a sobrecarga do mesmo;
- b) Desenvolvimento simultâneo de múltiplos projetos por cada unidade de produção, em diferentes etapas de desenvolvimento. Dessa forma, as incertezas existentes em um projeto podem trazer efeitos negativos nos demais projetos, exigindo assim maior esforço no planejamento e coordenação. Segundo Reinertsen (1997), a estrutura que apresenta fila única de projetos para múltiplas equipes protege o sistema, pois se ocorre um problema em determinado projeto, atrasando uma equipe, as demais podem continuar o trabalho. Assim, de acordo com o mesmo autor, é configurado um ambiente de menor variabilidade no tempo de processamento; e
- c) Partes da estrutura do produto, sendo elas específicas para cada pedido e por vezes representam longos *lead times*. Assim, necessitam ser previstas no início do processo, quando, muitas vezes, as especificações ainda não foram definidas. Reinertsen (1997) sugere controlar o número de partes por produto, a fim de simplificá-lo, reduzindo assim a complexidade no processo, e reutilizar partes de soluções de projeto em projetos futuros.

A estrutura de controle do fluxo do produto em sistemas do tipo ETO deve englobar a coordenação da interface entre vendas e produção, levando em consideração a capacidade de recursos e os prazos de entrega do produto (BERTRAND; MUNTSLAG, 1993). Nesse contexto, segundo Bertrand e Muntslag (1993), o setor de vendas é responsável por garantir suficiente demanda do produto e por aceitar os pedidos dos clientes. A produção, por sua vez, é responsável pelo fornecimento de capacidade de produção e pela garantia de que o pedido do cliente seja concluído no prazo (BERTRAND; MUNTSLAG, 1993).

Porém, segundo Bertrand e Muntslag (1993), em determinados momentos, tanto a produção quanto o setor de vendas enfrentam limitações, como pedidos conflitantes e desequilíbrio entre a capacidade e demanda de recursos. Essas, segundo os referidos autores, são geradas pela inflexibilidade da capacidade de produção, e pelos níveis de carga de trabalho e de estoque disponível.

Além disso, determinadas condições e circunstâncias podem variar durante a fase de negociação de pedidos de clientes, tais como (BERTRAND; MUNTSLAG, 1993):

- a) O cliente pode mudar suas especificações originais, com implicações significativas para as capacidades de recursos necessários;
- b) Outros pedidos podem ter sido aceitos nesse período, reduzindo a disponibilidade de capacidade de recursos;
- c) A capacidade necessária para pedidos previamente aceitos é maior do que o inicialmente previsto, reduzindo a capacidade disponível para novas encomendas; e
- d) As negociações se estendem por um longo período, levando a mudanças nas estimativas originais da capacidade total.

Dessa forma, cada uma dessas situações pode ter um efeito sobre a data de entrega a ser especificada na proposta (BERTRAND; MUNTSLAG, 1993). A contínua revisão e confirmação das condições relevantes entre vendas e produção, portanto, são estratégias essenciais para o bom andamento do processo (BERTRAND; MUNTSLAG, 1993).

Nesse contexto, Bertrand e Muntslag (1993) desenvolveram uma estrutura de decisão aplicável a uma situação de produção ETO, sendo composta por quatro fundamentais decisões de controle de produção: (a) aceitar o pedido do cliente, verificando se é possível atender aos prazos; (b) direcionar o pedido para determinada unidade de produção, dependendo do tipo de produto, e verificar se há necessidade de terceirizar a produção; (c) determinar quando o trabalho será liberado para a unidade de produção; e (d) determinar a sequência de trabalho na unidade de produção.

A delegação de responsabilidades na tomada de decisões deve ser explicitamente incluída na estrutura de decisão descrita, assim, conforme a trabalho avança ao longo do PDP, a responsabilidade pela tomada de decisão se torna cada vez mais próxima das operações (BERTRAND; MUNTSLAG, 1993).

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da natureza complexa do processo de projeto, descrita anteriormente, o uso de ferramentas que contribuem para aumentar a eficácia do planejamento e controle tende a colaborar com a obtenção da estabilidade do processo. A abordagem de projeto como processo, a partir da teoria TFV, facilita a integração entre projeto e produção, permitindo a identificação de possíveis melhorias ainda na fase de projeto.

No contexto de sistemas de produção de pré-fabricados do tipo ETO, no qual múltiplos projetos são desenvolvidos simultaneamente, mais esforços são exigidos na coordenação dos fluxos do PDP, a fim de aumentar a previsibilidade e flexibilidade do sistema, assim como a capacidade de lidar com a incerteza e complexidade inerentes a este processo. Diante disso, o planejamento integrado do conjunto de projetos, a integração das equipes de projeto e o papel dos líderes são pontos cruciais para o bom andamento do PDP.

3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROCESSO DE PROJETO

Este capítulo aborda, inicialmente, a importância e o papel do planejamento e controle, e de seus níveis hierárquicos, a fim de reduzir as incertezas e aprimorar o processo produtivo, tornando-o mais previsível e sistemático. Ainda, alguns conceitos do modelo de gestão tradicional são discutidos e ampliados, com base em conceitos originários da filosofia *lean*.

A seguir, o Sistema *Last Planner* é descrito, destacando os principais conceitos envolvidos e seus objetivos. São abordados seus níveis de planejamento de curto e de médio prazo, incluindo as medidas de desempenho empregadas, assim como os conceitos de sistema de produção puxada. Após, faz-se uma reflexão sobre os principais benefícios do SLP.

Ao final, discute-se o planejamento e controle no processo de projeto, sendo descritos os estudos anteriores sobre esse tema, principalmente a partir da implementação do SLP. São destacadas as principais contribuições e dificuldades apontadas pelos referidos trabalhos.

3.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Planejar é um processo de tomada de decisão antecipada em que são determinadas as atividades a serem executadas, assim como a maneira que as mesmas devem ser realizadas para que o planejamento seja efetivo (LAUFER; TUCKER, 1987). Para tanto, paralelamente devem ser estipulados os métodos (como fazer), os recursos (quem fará com quais recursos), a sequência (quando serão feitas) e a duração desejados (LAUFER; TUCKER, 1987). De acordo com Turner (1999), o escopo é um importante fator da gestão de empreendimentos, sendo adequado quando: (a) a quantidade adequada de trabalho é realizada; (b) o trabalho desnecessário não é executado; e (c) o trabalho realizado atende aos requisitos do cliente.

O planejamento, por sua vez, deve ser um processo hierarquizado, principalmente em situações de incerteza (LAUFER; TUCKER, 1987). Com frequência, divide-se esse processo em três diferentes níveis, com diferentes componentes e gradativo aumento do grau de detalhamento (EILON, 1971⁵ *apud* LAUFER; TUCKER, 1987), sendo eles: (a) estratégico, no qual se define o escopo do empreendimento e suas metas; (b) tático, no qual se identifica os meios, ou seja, os recursos, e as suas limitações; e (c) operacional, no qual se define as ações a serem realizadas.

⁵ EILON, S. **Management Control**. Macmillan, London, 1971.

De acordo com Koskela, Ballard e Tanhuanpää (1998), projeto e construção demandam planejamentos realizados por pessoas diferentes, em diferentes fases do empreendimento. Nesse contexto, de acordo com o referido autor, o plano mestre tende a focar nos objetivos gerais e restrições do empreendimento como um todo, guiando os demais níveis de planejamento, os quais especificam os meios para alcançar esses objetivos.

Nesse contexto, o grau de detalhamento da informação deve ser de acordo com cada nível referido e está diretamente relacionado ao grau de incerteza envolvido (FORMOSO *et al.*, 2001). Dessa forma, em empreendimentos com elevada incerteza, a programação das atividades deve ser realizada em um momento mais próximo à execução das mesmas (FORMOSO *et al.*, 2001).

Segundo Laufer e Tucker (1987), a manutenção da consistência desses diferentes níveis de planejamento é um desafio no ambiente da construção, diante das frequentes atualizações demandadas e da distância física entre escritório e local da obra/cliente. Assim, muitas vezes na prática, o foco acaba sendo a definição da duração das atividades, as datas de entrega e a alocação de recursos (LAUFER; TUCKER, 1987). No entanto, a maneira como o trabalho deve ser executado, assim como a definição do método de planejamento e de execução, acabam ficando em segundo plano (LAUFER; TUCKER, 1987).

Na prática, é muito comum a execução das atividades ser orientada por um plano de curto prazo informal, realizado pelo coordenador da equipe, porém desconectado com o plano formal do empreendimento (LAUFER; TUCKER, 1987). Dificultando, assim, a integração entre os diferentes níveis de planejamento do empreendimento como um todo, o que é essencial para garantir um processo sistemático, contínuo e coordenado (LAUFER; TUCKER, 1987). Como resultado, surgem dificuldades em disponibilizar recursos no prazo, em integrar as diferentes partes do projeto, em manter consistência entre os diferentes níveis de tomada de decisão e em aperfeiçoar o planejamento (LAUFER; TUCKER, 1987).

De acordo com Laufer e Tucker (1987), o processo de planejamento deve compreender cinco principais etapas, representadas na Figura 9, sendo elas:

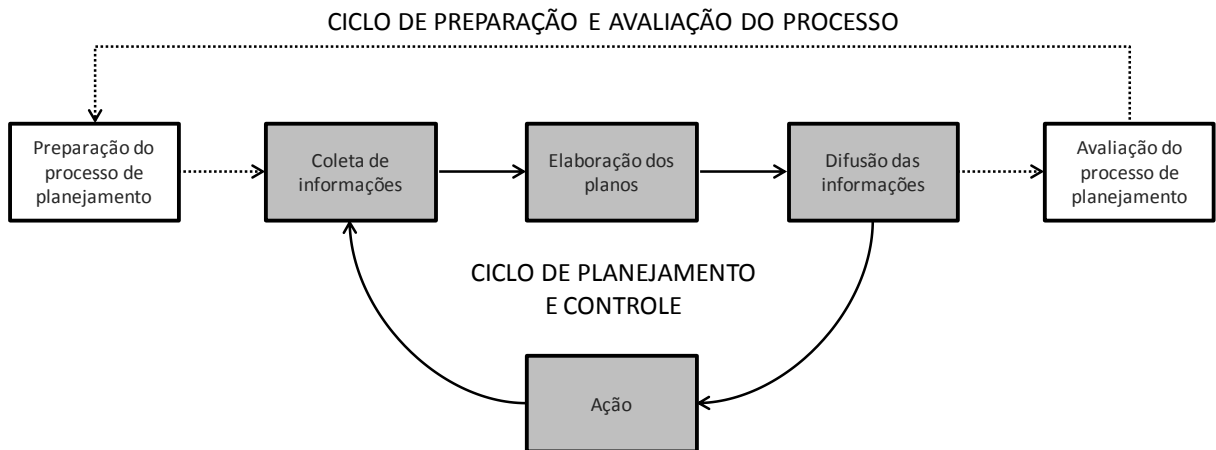


Figura 9: processo de planejamento (LAUFER; TUCKER, 1987)

- a) Preparação do processo planejamento: nessa etapa são definidos os níveis de planejamento a serem utilizados, a sua frequência de atualização, o horizonte e nível de detalhamento, o grau da centralização do planejamento e controle, e as técnicas e ferramentas de planejamento a serem empregadas (LAUFER; TUCKER, 1987). Ainda, são definidos os principais envolvidos no planejamento e controle e as responsabilidades de cada um (FORMOSO *et al.*, 2001). De acordo com Formoso *et al.* (2001), essas definições são realizadas a partir de uma análise profunda das condições que influenciam as atividades do processo, dependendo do ambiente em que a empresa está inserida, assim como da sua forma de atuação nesse meio;
- b) Coleta de informações: a disponibilidade de informações para os tomadores de decisão influencia diretamente a qualidade do processo de planejamento e controle (FORMOSO *et al.*, 1999). Essas informações advêm de documentos contratuais, condições ambientais, técnicas construtivas, disponibilidade e custo de recursos, assim como de objetivos e restrições dos diferentes envolvidos no processo, tais como gerentes, projetistas, clientes, poder público e consultores (LAUFER; TUCKER, 1987);
- c) Elaboração dos planos: nessa etapa as decisões são tomadas com base nas informações capturadas (LAUFER; TUCKER, 1987). Assim, os planos são elaborados a partir da utilização de técnicas de planejamento adaptadas aos recursos, prazos e custos de cada processo (LAUFER; TUCKER, 1987);
- d) Difusão das informações: as informações geradas devem ser distribuídas para as pessoas certas (LAUFER; TUCKER, 1987). Assim, é importante definir, para cada

cliente interno, a natureza da informação demandada, sua periodicidade, o formato a ser apresentado e o ciclo de retroalimentação (FORMOSO *et al.*, 2001); e

- e) Avaliação do processo de planejamento: essa etapa tem como objetivo a melhoria do processo de planejamento em empreendimentos futuros (LAUFER; TUCKER, 1987). Assim, o processo deve ser controlado a partir da utilização de indicadores desempenho, tanto da produção quanto do processo de planejamento (LAUFER; TUCKER, 1987).

Como também representado na Figura 9, Laufer e Tucker (1987) propõem dois ciclos a fim de explicitar o processo de planejamento: (a) o ciclo de preparação e avaliação do processo de planejamento; e (b) o ciclo de planejamento e controle.

Dessa forma, o **ciclo de preparação e avaliação do processo de planejamento** tem um caráter intermitente e refere-se às definições do processo de planejamento e controle, no início do empreendimento, e às avaliações desse processo realizadas durante ou ao final de cada empreendimento (LAUFER; TUCKER, 1987).

O **ciclo de planejamento e controle** compreende as etapas de coleta de informações (b), de elaboração dos planos (c), e de difusão das informações (d), seguidas da etapa de ação, referente à execução das atividades planejadas (LAUFER; TUCKER, 1987). Esse ciclo deve ser contínuo e se repetir várias vezes ao longo da realização de um empreendimento, em diferentes níveis hierárquicos, baseado nas definições estabelecidas no ciclo de preparação e avaliação do processo de planejamento (FORMOSO *et al.*, 2001).

Diante da incerteza e da complexidade intrínseca em empreendimentos da construção, nos quais existem muitas interdependências entre as atividades, o controle da produção é imprescindível para aumentar a estabilidade e a previsibilidade do processo (BALLARD; HOWELL, 1998). O controle, segundo Laufer e Tucker (1987), é o processo que garante a execução das atividades planejadas e o cumprimento das metas estabelecidas através da medição e da avaliação de desempenho, permitindo a realização de ações corretivas quando esse desempenho não está de acordo com o programado, formando assim um ciclo contínuo e efetivo de planejamento e controle.

A coordenação e a comunicação sistemática entre os diferentes envolvidos no projeto, como clientes, projetistas, autoridades, subcontratados e fornecedores, tem importante papel no processo de planejamento, na medida em que facilitam a execução das atividades (LAUFER;

TUCKER, 1987). Da mesma forma, a formalização adequada do planejamento e controle da produção facilita o entendimento do processo, garantindo a consistência entre os diferentes níveis gerenciais e viabilizando a coleta de dados para a retroalimentação do planejamento (FORMOSO *et al.*, 2001).

3.2 PROBLEMAS NO PLANEJAMENTO E CONTROLE TRADICIONAL

Normalmente a etapa do planejamento dos empreendimentos que recebe maior atenção é a de elaboração dos planos, sendo que a coleta e a difusão das informações são deficientes (LAUFER; TUCKER, 1987), o que, por vezes, invalida os esforços despendidos em qualquer outro aspecto do processo (FORMOSO *et al.*, 2001). A maior dificuldade na coleta de informação está relacionada em como abordar às incertezas do processo, exigindo, assim, uma atitude mais pró-ativa por parte do planejador na coleta das informações (LAUFER; TUCKER, 1987). Quanto à difusão das informações, a dificuldade ocorre em virtude da resistência na utilização do plano, muitas vezes por ser realizado isoladamente por planejadores e não pelas pessoas envolvidas na execução das atividades (LAUFER; TUCKER, 1987). Além disso, por vezes, os planos não são adaptados ao contexto em que são inseridos (LAUFER; TUCKER, 1987).

Além disso, a etapa de avaliação do processo de planejamento e controle, por sua vez, é raramente realizada na prática, pois não depende somente da qualidade dos planos, mas também da qualidade da gestão do empreendimento e de outros fatores do contexto (LAUFER; TUCKER, 1987). Assim, segundo os mesmos autores, esse ciclo é muitas vezes negligenciado em empresas de construção.

Laufer e Tucker (1987) destacam como principais falhas no planejamento em empreendimentos: (a) o foco no plano de entregas formais, enquanto os métodos de planejamento e de execução são negligenciados; (b) o controle inadequado, fazendo com que o planejamento tenha pouca utilidade; e (c) a ênfase na tomada de decisão emergencial, ignorando as etapas precedentes necessárias para a tomada de decisão. Diante disso, na abordagem tradicional, o planejamento é transformado em uma fachada, por trás da qual o trabalho é realizado de forma improvisada, podendo resultar na redução da eficiência e diminuição de geração de valor para o cliente (KOSKELA; HOWELL, 2002). Essa

abordagem compromete seriamente o desempenho, principalmente em empreendimentos grandes, complexos e rápidos (KOSKELA; HOWELL, 2002).

Koskela (2000) destaca que a falta de transparência aumenta a propensão a erros e a visibilidade dos mesmos, assim como diminui a motivação à melhoria. O mesmo autor estabelece uma forte relação entre o aumento da transparência com a possibilidade de controlar e aprimorar processos, tornando esses diretamente observáveis através de meios organizacionais ou físicos, além de manter as informações e os medidores de desempenho visíveis a todos. Assim, é facilitada a participação na gestão por parte dos envolvidos no processo, criando um ambiente favorável ao aprendizado e à melhoria contínua (BALLARD; HOWELL, 2003).

A falta de planejamento, por sua vez, expõe o processo de produção à incerteza e à variabilidade, resultando em interrupções na execução das atividades, mudanças de ritmo, entre outros impactos negativos (FORMOSO *et al.*, 2001). Diante disso, em vez do planejamento formal definir o curso da ação, a execução das atividades acaba por delinear o chamado plano formal (LAUFER; TUCKER, 1987). Laufer e Tucker (1987) apontam que os problemas decorrem principalmente devido à inadequada qualificação, orientação e motivação das partes envolvidas no processo.

Ao criticar a visão tradicional de gestão de empreendimentos, Koskela e Howell (2002) apontam à necessidade de uma abordagem de *management as organising* (gestão como organização), em contraposição à de *management as planning* (gestão como planejamento). Em outras palavras, os referidos autores sugerem que, em empreendimentos complexos, a gestão não pode ser realizada pela simples aderência a planos estabelecidos no início do empreendimento, sendo necessária a adaptação das técnicas de planejamento ao contexto no qual são aplicadas, a gestão descentralizada em cada unidade de produção, e a comunicação horizontal baseada na iteração entre as unidades de produção (KOSKELA; HOWELL, 2002).

Koskela e Howell (2002) destacam que na gestão tradicional os planos formais orientam a produção apenas em linhas gerais, pois não representam as circunstâncias reais do processo. Além disso, os mesmos autores apontam que existe uma separação acentuada entre a gestão e a execução, uma vez que planos que definem tarefas para a execução, sem considerar a situação do sistema de produção, acabam sendo abandonados. Ou seja, as informações

produzidas pelo processo de planejamento não são suficientemente questionadas e aprimoradas pelas pessoas envolvidas na execução (KOSKELA; HOWELL, 2002).

Especificamente em relação à execução das atividades, os mesmos autores criticam a abordagem tradicional do “modelo de despacho”. Essa abordagem pressupõe que as entradas para uma atividade e os recursos necessários para executá-la estão prontos no momento da autorização (KOSKELA; HOWELL, 2002). Ainda, o referido modelo assume que as atividades estão plenamente compreendidas pelos executores, podendo ser iniciadas e finalizadas de acordo com o planejado (KOSKELA; HOWELL, 2002). Entretanto, com frequência as tarefas são iniciadas sem todos os pré-requisitos atendidos, resultando em improvisações que levam à baixa eficiência ou interrupção de tarefas e aumento da variabilidade nos processos à jusante (KOSKELA, 2004).

Outra crítica ao “modelo de despacho” é que se assume como certo o comprometimento dos responsáveis pela execução (KOSKELA; HOWELL, 2002). Porém, na prática isso não ocorre, pois o ciclo de comprometimento compreende uma solicitação inicial, seguida de uma promessa de execução por parte dos executores, assim como o desenvolvimento da atividade e a declaração de conclusão da mesma (KOSKELA; HOWELL, 2002).

Finalmente, no modelo tradicional de gerenciamento, denominado por Koskela e Howell (2002) como o “modelo termostato”, o controle tende a manter o foco na identificação das causas dos desvios e em agir sobre as mesmas, ou seja, limita-se a comparar o progresso das atividades com o desempenho previsto, em vez de alterar apenas o nível de desempenho para atingir um objetivo pré-determinado, em caso de um desvio (KOSKELA; HOWELL, 2002). Os referidos autores sugerem que o controle deveria enfatizar mais a aprendizagem e a melhoria contínua, a partir do monitoramento dos processos e da identificação das causas dos problemas.

Reinertsen (1997) aponta que a melhoria contínua é um meio efetivo de lidar com problemas a partir do estabelecimento de um pensamento crítico e de uma postura positiva, visando evitar rótulos pré-estabelecidos, os quais podem tornar superficiais as análises e as decisões tomadas. Koskela (2000), por sua vez, destaca a necessidade de eliminar as atividades que não agregam valor no esforço de melhoria contínua, a partir de um amplo leque de ações, que inclui o desenvolvimento de boas práticas e a capacitação dos envolvidos, os quais são incentivados em superar as limitações na redução da variabilidade e do tempo de ciclo

(KOSKELA, 2000). Embora seja necessário pouco investimento financeiro para alcançar a melhoria contínua, muito esforço é demandado por parte dos envolvidos (KOSKELA, 2000).

3.3 SISTEMA *LAST PLANNER*

O SLP foi concebido por Ballard e Howell (1994) como uma forma de planejar a produção na busca de atingir as metas de prazo do empreendimento, a partir do aumento da confiabilidade do sistema de produção em termos de conclusão de tarefas. Segundo Ballard (2000), o referido sistema pode ser entendido como o mecanismo de transformar o que deve ser feito naquilo que pode ser feito, através da identificação e remoção das restrições. Assim, a partir da participação direta de representantes dos executores na elaboração do plano, é possível a formação de um estoque de atividades prontas para serem executadas, as quais constituirão os pacotes semanais de trabalho (BALLARD, 2000).

O SLP compreende um conjunto de ferramentas que permite a implementação dos seguintes procedimentos: (a) controle da unidade de produção, através da melhoria progressiva dos pacotes de trabalho, incentivando a melhoria contínua e ações corretivas; e (b) controle do fluxo de informação, buscando proativamente fazer com que o trabalho flua através das unidades de produção, na melhor sequência e ritmo possível (BALLARD, 2000). Além disso, esse sistema tem seu foco em dois níveis hierárquicos de planejamento, os quais são descritos a seguir: (a) o **planejamento de curto prazo**, no nível operacional; e (b) o **planejamento de médio prazo**, no nível tático.

3.3.1 Planejamento de Curto Prazo

O planejamento de curto prazo, geralmente semanal, é também denominado plano de comprometimento ou operacional, sendo considerado como a primeira etapa de implementação do SLP, pois é nesse nível que iniciam as mudanças de como as organizações controlam sua produção (BALLARD; HOWELL, 1998).

Segundo Ballard e Howell (1994), as atividades devem ser programadas no nível operacional com a colaboração de representantes dos executores, sendo por isso o sistema denominado de *Last Planner*, ou seja, o planejador final. Ballard e Howell (1998) sugerem um conjunto de critérios para a definição adequada de pacotes de trabalho nesse nível de planejamento:

- a) Definição: os pacotes de trabalho devem ser específicos o suficiente para que os recursos corretos sejam identificados. Ainda, a denominação do pacote deve permitir a identificação de sua conclusão, ou não, ao final de cada semana;
- b) Prontos para serem executados: os pré-requisitos de cada pacote devem estar disponíveis no momento da execução;
- c) Sequência de execução: a sequência deve estar de acordo com as necessidades da unidade de produção e do cliente. Os pacotes prontos para serem executados de menor prioridade, por sua vez, devem ser planejados como tarefas suplentes, em caso de os pacotes planejados falharem ou a capacidade de produção exceder a expectativa;
- d) Tamanho: os pacotes devem ser coerentes com a capacidade de produção semanal da equipe, assim como devem gerar trabalho no tamanho e formato exigido pela próxima unidade de produção; e
- e) Aprendizado: identificar os pacotes de trabalho não concluídos na semana e suas causas de não conclusão.

De acordo com Ballard e Howell (1998), os planos de baixa qualidade expõem as unidades de trabalho a atrasos na espera por recursos e pré-requisitos. Assim, segundo os referidos autores, o trabalho tende a apresentar maior custo e duração diante de múltiplas paradas, sequências mal definidas e retrabalhos. Ainda, as atividades podem ser realizadas de maneira inadequada, não atingindo os requisitos de qualidade (BALLARD; HOWELL, 1998).

Além disso, a superestimação da capacidade, o não seguimento do plano na execução, e a elaboração de planos ruins estão entre as principais dificuldades na implementação do planejamento de curto prazo, sendo esses os principais motivos de redução da confiabilidade do fluxo de informações (LIU; BALLARD, 2009).

Dessa forma, aprender a planejar, mantendo o comprometimento com o planejado, é o primeiro passo para estabilizar o ambiente de trabalho (BALLARD; HOWELL, 1998). No decorrer do processo de implementação, espera-se melhorar o planejamento na medida em que a coleta de informação é aprimorada e os participantes do processo de planejamento adquirem mais experiência em planejar (BALLARD; HOWELL, 1998).

Segundo Koskela, Stratton e Koskenvesa (2010), o SLP aumenta o comprometimento dos envolvidos, através de promessas explícitas do que deve ser realizado e a conferência do

trabalho concluído, além da análise das causas de não conclusão. Para garantir, portanto, o ciclo de aprendizado e de melhoria do planejamento, é necessário medir o desempenho entre o que é planejado e executado, o que pode ser realizado a partir de dois importantes indicadores do planejamento de curto prazo (BALLARD; HOWELL, 1998):

- a) Percentual de pacotes concluídos (PPC): indicador de eficácia do método de planejamento, sendo a relação entre o número de pacotes concluídos e o número de pacotes planejados; e
- b) Causas-raiz da não conclusão dos pacotes de trabalho: identificação dos motivos da não conclusão dos pacotes, com foco em eliminá-los para evitar a recorrência. Assim, é possível distinguir as falhas por execução das que ocorrem em função de um planejamento precário.

O contínuo monitoramento das causas de não conclusão dos pacotes de trabalho é uma forma de medir a eficácia das ações corretivas (BALLARD; HOWELL, 2003b), podendo trazer melhorias para além da unidade de produção, ou seja, em nível organizacional (KOSKELA *et al.*, 1997). Dessa forma, para fechar o ciclo de planejamento semanal, antes do planejamento da semana vigente, são identificados os pacotes não concluídos na semana anterior, assim como suas causas-raiz da não conclusão (BALLARD; HOWELL, 1998). Segundo Ballard e Howell (2003), como o SLP é um sistema de controle distribuído, a revisão dos planos de curto prazo semanal deve ser realizada pelo supervisor imediato da unidade de produção.

Os níveis acima de gerência, por sua vez, tem o papel de assegurar que o SLP está sendo corretamente utilizado pelos subordinados, o que pode incluir análise ocasional dos planos (BALLARD; HOWELL, 2003). Porém, em geral, o papel da alta gerência é acompanhar o PPC e os ciclos de aprendizado realizados a partir da análise das causas de não conclusão dos pacotes de trabalho (BALLARD; HOWELL, 2003). De acordo com Formoso *et al.* (2001), o comprometimento e a participação da alta e média gerência são essenciais para o sucesso da implementação de um novo modelo de planejamento e controle da produção. Por vezes, essa situação exige uma mudança de percepção por parte dos gerentes para que algumas atividades de PCP sejam consideradas inerentes às suas funções (FORMOSO *et al.*, 2001).

3.3.2 Planejamento de Médio Prazo

O planejamento de médio prazo realiza a vinculação entre o plano mestre e o plano de curto prazo, a partir do detalhamento das etapas definidas no plano mestre (FORMOSO *et al.*,

2001). O referido planejamento tende a ter um horizonte móvel e de visão antecipada de algumas semanas à frente, sendo, por isso, também denominado *lookahead planning* (FORMOSO *et al.*, 2001).

A redução da incerteza do fluxo de informação de uma unidade de produção para outra é crucial para aumentar a produtividade, diminuir o tempo de desenvolvimento (*lead time*) e melhorar a confiabilidade da informação, reduzindo custos e duração do projeto (BALLARD; HOWELL, 1998). Ballard e Howell (1998) referenciam uma das principais regras da Toyota – empresa japonesa produtora de automóveis, precursora da produção enxuta – para explicar como a teoria de controle da produção da indústria foi adaptada e aplicada com sucesso na construção: parar a produção em vez de deixar seguir na linha um produto defeituoso, o que pode ser aplicado às atividades ou às informações.

Nesse contexto, de acordo com os referidos autores, o mecanismo de proteção da produção, ilustrado na Figura 10, é uma estratégia de gerenciamento para condições de incerteza, sendo iniciado no planejamento de médio prazo. Nesse nível de planejamento, é realizada a identificação e a remoção das restrições, formando um estoque de pacotes de trabalho prontos para serem executados no plano de curto prazo, ou seja, aqueles pacotes que possuem todos seus pré-requisitos supridos (BALLARD; HOWELL, 1998). Esse estoque de trabalho apto a ser realizado também garante o fluxo ininterrupto de trabalho no curto prazo (BALLARD; HOWELL, 1998).

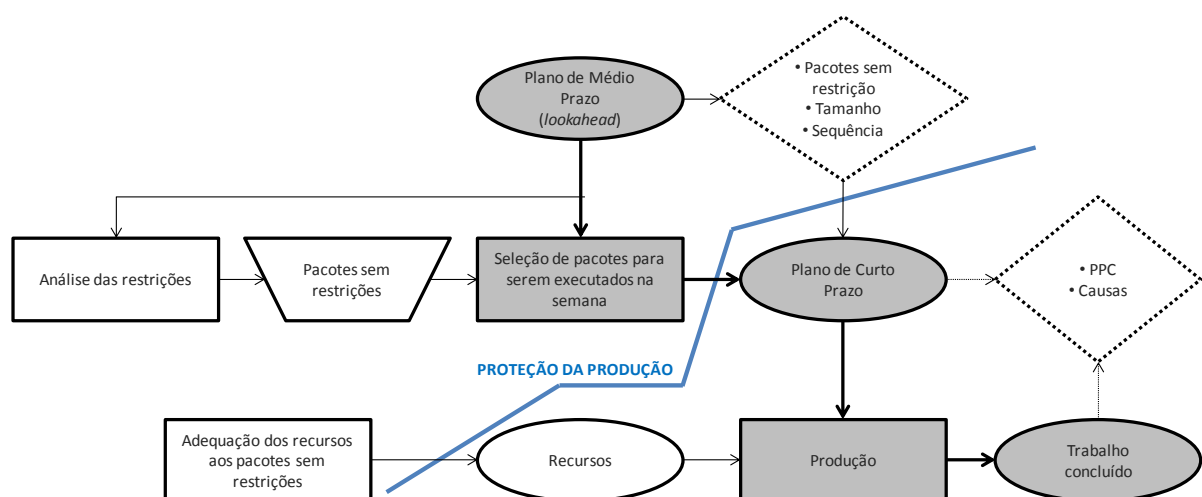


Figura 10: mecanismo de proteção da produção (BALLARD; HOWELL, 1998)

Assim, os problemas são identificados antecipadamente e se não forem resolvidos no médio prazo, ou seja, se não tiverem suas restrições removidas, não devem avançar para o curto

prazo, a fim de não impactar a produção (BALLARD; HOWELL, 2003b). O índice de remoção de restrições (IRR), medido pela relação entre as restrições removidas e as restrições identificadas, representado em porcentagem, é um indicador que mede a eficácia desse processo (BALLARD, 2000).

No planejamento de médio prazo, o fluxo de trabalho, que pode ser entendido como a sequência de execução das atividades de um determinado trabalho ou projeto, é definido (BALLARD; HOWELL, 2003b). O mecanismo de proteção da produção, por sua vez, colabora em gerar maior responsabilidade entre os envolvidos com o planejado e em aprimorar o controle do processo, pois as expectativas podem ser atingidas e, diante das falhas, há o aprendizado e a oportunidade de ação para melhorias (BALLARD; HOWELL, 1998).

3.3.3 Produção Puxada e Empurrada

Com base no processo de proteção da produção descrito anteriormente, o SLP pode ser considerado um sistema de produção puxada, pois no plano de curto prazo são selecionadas as atividades oriundas do estoque de atividades do plano de médio prazo, formado por atividades aptas a serem executadas (BALLARD, 2000).

Fundamentalmente, segundo Hopp e Spearman (2000) em um sistema empurrado, o sinal para lançamentos de trabalho vem de fora do sistema, enquanto em um sistema puxado, o referido sinal vem do próprio sistema. Assim, um sistema de planejamento empurrado programa suas atividades com base na demanda, enquanto um sistema de planejamento puxado autoriza a liberação de trabalho com base no status do sistema (HOPP; SPEARMAN, 2000).

Dessa forma, ao contrário de um sistema puxado, um sistema empurrado libera um trabalho no processo produtivo exatamente quando está programado no cronograma, portanto, o tempo de liberação não é modificado de acordo com o que está ocorrendo no processo (HOPP; SPEARMAN, 2000). Nesse contexto, um sistema baseado no pedido do cliente, como o caso de um sistema de produção do tipo ETO, é caracterizado por ser tipicamente um sistema empurrado, pois a produção só é iniciada após uma demanda externa (HOPP; SPEARMAN, 2000).

Porém, ainda é possível obter um processo híbrido, iniciado como um sistema empurrado a partir do pedido do cliente, mas estabelecendo um sistema puxado, quando possível, em

determinada etapa do processo (HOPP; SPEARMAN, 2000). Dessa forma, o trabalho pode ser liberado somente a partir de um sinal da unidade de trabalho a jusante (HOPP; SPEARMAN, 2000). De acordo com Hopp e Spearman (2000), em um sistema híbrido é importante escolher o local dessa interface com sabedoria, visando um aproveitamento estratégico dos benefícios do sistema puxado, mas mantendo o caráter de sistema empurrado, que é orientado pelo pedido do cliente.

O principal benefício de um sistema de produção puxada é a possibilidade de estabelecer um limite de trabalho em progresso no processo, assim, as liberações são controladas, evitando que o sistema fique sobrecarregado (HOPP; SPEARMAN, 2000). Diante disso, os seguintes impactos positivos podem ser apontados: diminuição da incerteza no tempo de liberação do trabalho; redução da variabilidade no tempo de ciclo, permitindo a maior precisão na estimativa e cumprimento de prazos do cliente; aumento do controle da qualidade das atividades; e aumento da flexibilidade no processo e no planejamento, pois o sistema não está sobrecarregado (HOPP; SPEARMAN, 2000).

3.3.4 Benefícios do Sistema *Last Planner*

A literatura aponta vários benefícios do SLP, principalmente no contexto de empreendimentos complexos e rápidos, caracterizados por um grande número de participantes da cadeia de suprimentos ampla, frequentes mudanças de projeto, e forte pressão para atingir as exigências do mercado (BALLARD; HOWELL, 1994). Segundo Ballard e Howell (1994), um dos principais benefícios do SLP é estabilizar o fluxo de trabalho através da proteção da produção da incerteza dos setores a montante, reduzindo a variabilidade e melhorando o desempenho nos setores a jusante (BALLARD; HOWELL, 1994).

A estabilidade refere-se à confiabilidade na disponibilização de recursos, alcançada através da redução da variabilidade dos processos a montante, fazendo com que resultados sistemáticos e coerentes sejam alcançados ao longo do tempo (LIKER; MEIER, 2007). De acordo com Ballard e Howell (1994), o aumento da estabilidade no ambiente de trabalho tende a aumentar produtividade da equipe, diminuindo a duração das atividades e os custos. Além disso, a redução da variabilidade desses fluxos pode contribuir para a redução de *buffers* (estoques) no processo (KOSKELA; STRATTON; KOSKENVESA, 2010).

Além de colaborar com a redução das incertezas, o SLP pode contribuir para a criação de um ambiente que estimula a confiança e a coesão na equipe, pois todos estão a par do trabalho

desenvolvido (BALLARD; HOWELL, 1998). Dessa forma, o SLP pode contribuir também para comprometer os envolvidos no planejamento em aprender e melhorar (BALLARD; HOWELL, 1998).

Ainda, menos tempo é despendido em espera e busca por atividades, ou em mudança para atividades alternativas, devido ao estoque de atividades gerado no plano de médio prazo (BALLARD; HOWELL, 1998). Os supervisores, por sua vez, são aliviados de algumas tarefas de planejamento, na medida em que o mesmo é descentralizado, restando mais tempo e energia para realizar iniciativas de melhoria da produção (BALLARD; HOWELL, 1998).

Após considerável número de implementações, Ballard e Howell (2003) recomendam o refinamento do SLP, propondo a explicitação da aceitação de uma entrega (*handoff*) pelo cliente, assim como a identificação de pacotes de trabalho que apresentam recursos compartilhados, tais como projetistas, espaço e equipamento.

Além disso, Ballard e Howell (2003) incentivam a utilização mais intensiva da “técnica dos 5 porquês”, com o intuito de aprimorar a identificação das causas-raiz, e a realização de planos de ação para que essas não se repitam. Ainda, os referidos autores sugerem adotar uso de mecanismos formais de aprendizado, como, por exemplo, realizar um rodízio semanal de responsáveis por desenvolver um plano de ação. O aprendizado é um importante componente do SLP, mas parece não ser abordado sistematicamente na prática (BALLARD; HOWELL, 2003).

3.4 PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROCESSO DE PROJETO

Diversos estudos sobre a implementação do SLP no processo de projeto são reportados na literatura. Um dos primeiros estudos publicados sobre o assunto refere-se à implementação desse sistema em um empreendimento comercial na Finlândia (KOSKELA; BALLARD; TANHUANPÄÄ, 1997). Nesse estudo, o aumento da transparência do processo foi um dos principais benefícios apontados, tornando visível, no PPC, os impactos das decisões não previstas por parte do cliente. Além disso, a partir das medidas de desempenho (PPC e causas da não conclusão de pacotes), foi possível definir metas e monitorar o processo de projeto (KOSKELA; BALLARD; TANHUANPÄÄ, 1998).

No referido estudo, aproximadamente metade das causas de não conclusão dos planos estava relacionada com a variabilidade do processo de projeto – falta de informação de entrada e definição de projeto – e a outra metade, relacionada ao planejamento interno de cada equipe de projeto – falta de tempo devido a outras atividades e duração da atividade foi subestimada. (KOSKELA; BALLARD; TANHUANPÄÄ, 1998). Koskela, Ballard e Tanhuanpää (1998) apontaram dificuldades em detalhar as causas da não conclusão dos pacotes, em busca da causa-raiz, não havendo, portanto, a tentativa de realização de ações para evitar os problemas detectados.

O estudo de Miles (1998) envolveu duas empresas, uma responsável pelo projeto, outra para a construção de uma fábrica de alta tecnologia nos Estados Unidos. Os diferentes envolvidos foram reunidos no início do empreendimento, o que possibilitou o estabelecimento dos parâmetros de projeto e de soluções construtivas do empreendimento, contribuindo para melhorar a comunicação e a transparência ao longo de todo o processo (MILES, 1998). O mesmo autor sugere que, diante da existência de um método bem definido e de uma atitude de comprometimento entre os envolvidos, é possível que diferentes equipes e empresas trabalhem juntas na busca de soluções que agreguem valor ao cliente.

Miles (1998) aponta alguns benefícios adicionais do SLP, tais como: melhor organização das atividades, possibilitando a realização do trabalho de uma forma previsível e confiável; redução dos impactos dos processos à jusante, como resultado da redução da variabilidade à montante; e uso da ferramenta de planejamento como um veículo para comunicar as necessidades de pré-requisitos entre as disciplinas de projeto e com o cliente. Além disso, a identificação quase que em tempo real das causas de não conclusão permite a realização de ações corretivas, possibilitando um processo de aprendizagem e melhoria contínua (MILES, 1998).

Por outro lado, Miles (1998) identificou o atraso na entrada de informações por parte do cliente como uma das dificuldades encontradas na implementação, resultando em impactos na produtividade e atrasos de projeto. Além disso, o referido autor encontrou dificuldades na utilização das planilhas de médio e de curto prazo, sugerindo o desenvolvimento de ferramentas mais simples e mais flexíveis. Nesse estudo, as causas internas de não conclusão dos pacotes de trabalho excederam as externas, sendo que a principal causa foi o tempo subestimado para a realização dos pacotes, demonstrando uma possível falta de visão da capacidade produtiva.

Tzortzopoulos, Formoso e Betts (2001) desenvolveram um estudo em que o SLP foi implementado no processo de projeto de um condomínio residencial, no qual uma empresa de arquitetura e uma construtora estavam envolvidas. O referido estudo descreve, como impactos positivos da utilização do SLP em projeto, o aumento da transparência e da previsibilidade do processo devido à formalização dos planos e do uso de medidas de desempenho, melhorando principalmente o processo de tomada de decisão.

Tzortzopoulos, Formoso e Betts (2001) salientaram a importância de um treinamento inicial para que o sistema de planejamento seja bem sucedido, podendo reduzir problemas como pacotes de trabalho no plano de curto prazo sem restrições removidas, erros na definição dos pacotes e tempo subestimado para as atividades. Além disso, os referidos autores apontam maiores dificuldades em determinar as atividades de projeto nas fases iniciais, quando o grau de incertezas é maior, pois a definição das atividades depende fortemente das decisões de projeto. Essa incerteza também dificultou a identificação de restrições, impossibilitando a plena utilização do médio prazo, resultando em uma implementação parcial desse nível de planejamento (TZORTZOPOULOS; FORMOSO; BETTS, 2001).

No referido estudo, as principais causas de não conclusão dos pacotes foram falta de informações legais de projeto e necessidade de desenvolver outra atividade. Essa última causa, por sua vez, está diretamente relacionada à falta de participação do diretor do escritório de arquitetura na implementação. Assim, esse frequentemente mudava o que havia sido planejado, refletindo negativamente no comprometimento da equipe com os planos (TZORTZOPOULOS *et al.*, 2001).

Em estudo realizado por Ballard (2002), com aplicação do SLP na fase de projeto de um teatro nos Estados Unidos, o referido autor sugere a utilização de um formato mais sistemático de planejamento e controle, a melhor compreensão das interdependências de projeto e a realização aprofundada da análise de causas. Ainda, Ballard (2002) sugere buscar uma maneira mais rápida de realizar o planejamento semanal, publicar os gráficos de indicadores e de causas para que fique visível a todos, assim como, realizar uma avaliação periódica do sistema de planejamento, para acompanhar a evolução de implementação do mesmo.

Ballard (2002) ainda aponta que pesquisas adicionais são necessárias para aprimorar o controle do fluxo de informação de projeto e a geração de valor, visando a integrar o SLP com

os demais elementos do gerenciamento de empreendimentos. Estes elementos incluem a avaliação pós-ocupação, o planejamento do empreendimento, as estratégias de comprometimento para a tomada de decisão, entre outros elementos (BALLARD, 2002).

Codinhoto (2003), a partir do estudo do planejamento integrado entre o processo de projeto e de produção em empreendimentos industriais complexos, apontou que as decisões ao longo do PDP tendem a ocorrer de maneira fragmentada, devido à falta de integração entre as diferentes fases e à falta de definição de pontos de controle. No referido estudo, Codinhoto (2003) identifica o SLP como importante ferramenta para redução das incertezas e, portanto, da variabilidade no processo de projeto. Além disso, o SLP colaborou com o aumento do comprometimento das equipes e com o aumento da transparência do processo de projeto, através da formalização da programação e da utilização de medidas de desempenho (CODINHOTO, 2003). No artigo de Codinhoto e Formoso (2005), sobre os mesmos estudos, foi constatado o aumento do PPC em projeto na medida em que os envolvidos foram entendendo melhor a lógica do planejamento.

Ainda, Codinhoto e Formoso (2005) apontam que o planejamento integrado possibilita a diminuição das causas de não conclusão da produção relacionadas a projeto, pois as restrições identificadas no plano de médio prazo da produção foram consideradas atividades de projeto (CODINHOTO; FORMOSO, 2005). Por outro lado, assim como no estudo de Ballard (2002), foram descritas dificuldades na implementação do plano de médio prazo em projeto, sugerindo a realização de futuros estudos (CODINHOTO, 2003). Codinhoto e Formoso (2005) também expõem que o uso de pequenos lotes de produção torna o processo de projeto mais transparente, porém representa uma grande mudança e pode haver resistência por parte de projetistas tradicionalmente acostumados a projetar em grandes lotes.

O estudo de Moura (2005) teve como principal contribuição a confirmação de que o planejamento de projetos, desde o início, deve estar vinculado aos objetivos estratégicos do empreendimento, como gerar valor ao cliente e reduzir prazos e custos. Esse estudo aborda a coordenação do processo de projetos desenvolvidos simultaneamente à produção em empreendimentos complexos. Assim, a referida autora aponta a importância do envolvimento da equipe de projeto em fases iniciais de preparação do empreendimento, a fim de auxiliar na elaboração de metas, análise de projetos existentes e viabilidade do negócio.

Porém, Moura (2005) obteve dificuldades em aplicar alguns dos conceitos propostos nos estudos realizados, assim como transmiti-los aos coordenadores de projeto. A coordenação de projetos, portanto, resumiu-se basicamente ao atendimento dos prazos de entrega de projeto à produção. Além disso, a coordenação foi iniciada tardiamente, apenas após a etapa de negociação, limitando a atividade de projeto apenas ao desenvolvimento de soluções já definidas anteriormente (MOURA, 2005).

Trescastro (2005), a partir do estudo realizado no planejamento do processo de projetos em empreendimentos complexos na construção civil, identificou maior resistência dos projetistas em iniciar o trabalho com poucas definições, condição importante para a implementação da engenharia simultânea. Na visão de alguns projetistas, as características inerentes à natureza do processo de projeto, como as mudanças de informações fornecidas no início do processo, assim como a mudança de requisitos por parte do cliente, representam muita incerteza no processo e elevado risco de retrabalho (TRESCASTRO, 2005).

Assim como Moura (2005), Trescastro (2005) aponta a importância do envolvimento de especialistas de projeto e de produção, assim como de fornecedores, no início do desenvolvimento do produto, a fim de criar um ambiente colaborativo entre os envolvidos e desenvolver soluções de projeto que considerassem os requisitos do processo de produção. Da mesma forma, o mesmo autor aponta como essencial a etapa de preparação do processo de planejamento, proposta por Laufer e Tucker (1987), na coordenação do processo de projeto.

Na implementação do SLP em projeto, assim como Codinhoto (2003), Trescastro (2005) encontrou dificuldades no emprego do PPC, devido à falta de sistematização e de foco no planejamento durante reunião de comprometimento, resultando em muitas discussões paralelas. Deste modo, o referido autor sugere a delegação de atividades de planejamento a todos os participantes da reunião, a fim de torná-la mais sistemática.

Den Otter e Emmitt (2008) sugerem que as reuniões são essenciais para melhorar a comunicação da equipe e incentivar a interação sócio-emocional, sendo especialmente importantes para o ajuste e sincronização de atividades em equipes de projetos simultâneos. No entanto, os benefícios e o nível de colaboração das reuniões são proporcionais à habilidade do coordenador de projeto ou do projetista principal em conduzir o encontro (DEN OTTER; EMMITT, 2008), salientando a importância do papel de liderança. Ainda, muitas vezes, os projetistas vêm despreparados para as reuniões e não dão seguimento às decisões tomadas, ou

seja, as decisões de projeto acabam sendo improvisadas e não são lembradas na reunião seguinte (KOSKELA; HUOVILA; LEINONEN, 2002).

Ballard, Hammond e Nickerson (2009) descrevem em seu estudo a contribuição do SLP no atendimento aos prazos, sem necessidade de hora extra, e a implementação bem sucedida do planejamento de médio prazo no processo de projeto. Ainda, os referidos autores sugerem a análise das causas de atividades não planejadas a fim de melhor controlar o quanto afetam o planejamento. Por outro lado, os mesmos autores apontam que os métodos do SLP devem ser adaptados para ajustá-los ao nível de incerteza, velocidade e à complexidade do trabalho, inerentes ao processo de projeto.

O estudo desenvolvido por Hamzeh, Ballard e Tommelein (2009) refere-se à implementação do SLP no processo de projeto de um hospital nos Estados Unidos. Nesse estudo, constatou-se que o SLP em projeto colabora com a melhoria da comunicação na equipe, e entre equipes, e permite que os projetistas vislumbrem as atividades que devem ser realizadas no horizonte de médio prazo. Ainda, os referidos autores apontam que o treinamento inicial desenvolvido, através de um programa de capacitação compreendendo os conceitos *lean*, foi essencial para nivelar o conhecimento entre os envolvidos e facilitar a implementação.

Além disso, Hamzeh, Ballard e Tommelein (2009) destacam a importância em padronizar o processo de planejamento e controle, possibilitando a medição e a melhoria do processo. Da mesma forma, apontam como essenciais para o sucesso da implementação, o apoio da alta e média gerência e o uso do plano de curto prazo como uma agenda comum, utilizada durante a semana como uma ferramenta de gestão (HAMZEH; BALLARD; TOMMELEIN, 2009). Por outro lado, sugerem melhorias para estudos futuros no que diz respeito ao aprendizado a partir das falhas (HAMZEH; BALLARD; TOMMELEIN, 2009).

Da mesma forma, Kerosuo *et al.* (2012) relatam mudanças positivas a partir da implementação do SLP em projeto, em um processo de reforma de uma escola. O estudo visou a compreender as mudanças na colaboração entre os projetistas, assim como a mudança de orientação temporal durante as reuniões (KEROSUO *et al.*, 2012). De acordo com Kerosuo *et al.* (2012), o SLP aumentou a colaboração entre os envolvidos, assim como a comunicação entre os projetistas durante as reuniões, tornando-as mais sistemáticas. Ainda, os referidos autores identificaram o aumento do número de discussões sobre o planejamento das atividades de projeto, em relação às reuniões tradicionais, e o aumento da preocupação com as

interdependências entre as diferentes disciplinas. Porém, por vezes, a discussão era demasiadamente centralizada no coordenador (KEROSUO *et al.*, 2012).

Por outro lado, a partir da análise das principais causas da não conclusão dos pacotes de trabalho, tais como falta de tempo, falta de informação e falta de compreensão da atividade a ser desenvolvida, ficou evidente a necessidade de melhorar o entendimento do SLP (KEROSUO *et al.*, 2012), possivelmente realizando um treinamento mais aprofundado. Ainda, alguns integrantes da equipe de projeto foram resistentes em se adaptar às mudanças propostas pelo SLP, sendo bastante persistentes em seus procedimentos de trabalho tradicionais (KEROSUO *et al.*, 2012). Isso inclui manter o foco no cronograma formal, utilizando as reuniões apenas para comunicar o status do trabalho, assim como manter a postura reativa a partir de problemas já estabelecidos (KEROSUO *et al.*, 2012).

A Figura 11 apresenta uma síntese das principais contribuições e dificuldades apontadas pelos referidos trabalhos a partir da implementação do SLP no processo de projeto, servindo como ponto de partida para a análise dos resultados da presente pesquisa.

	Contribuições	Dificuldades
Koskela, Ballard e Tanhuanpää (1998)	Aumento da transparência no processo de projeto; utilização de medidores de desempenho em projeto	Dificuldade em encontrar as causas-raiz; não houve a tentativa de ação sobre as causas
Miles (1998)	Envolvimento da equipe de projeto em fases iniciais de preparação do empreendimento; redução de impactos a jusante devido à redução da variabilidade à montante; aumento da comunicação entre os envolvidos	Planilhas de médio e de curto prazo mais simples e mais flexíveis
Tzortzopoulos, Formoso e Betts (2001)	Aumento da transparência e da previsibilidade do processo devido à formalização dos planos e do uso de medidores de desempenho, melhorando o processo de tomada de decisão	Falta de um treinamento inicial para nivelar conceitos; implementação parcial do planejamento de médio prazo
Ballard (2002)	Publicação dos gráficos de indicadores e de causas para que fique visível a todos; avaliação periódica do sistema de planejamento; utilização de um formato mais sistemático de planejamento e controle; maior compreensão das interdependências de projeto; análise mais aprofundada de causas	Implementação do planejamento de médio prazo; dificuldades encontradas na implementação devido ao pouco entendimento dos conceitos e práticas do SLP
Codinhoto (2003)	Redução das incertezas e da variabilidade; aumento da transparência no processo de projeto e do comprometimento das equipes	Implementação do planejamento de médio prazo; dificuldades no emprego do PPC
Moura (2005)	Envolvimento da equipe de projeto em fases iniciais de preparação do empreendimento	Implementação dos conceitos de planejamento e controle
Trescastro (2005)	Envolvimento da equipe de projeto em fases iniciais de preparação do empreendimento; utilização de lotes menores de projeto	Resistência dos projetistas em iniciar o trabalho com poucas definições; dificuldades no emprego do PPC; reuniões pouco sistemáticas
Ballard, Hammond e Nickerson (2009)	Maior aderência aos prazos, sem necessidade de hora extra; análise das causas de atividades não planejadas; implementação do planejamento de médio prazo	Necessidade de adaptação dos métodos do SLP para ajustá-los ao nível de incerteza, velocidade e complexidade do processo de projeto
Hamzeh, Ballard e Tommelein (2009)	Treinamento inicial para nivelar conceitos; aumento da previsibilidade do processo e da comunicação entre os envolvidos; padronização do processo de planejamento e controle; apoio da alta e média gerência; uso do plano de curto prazo como uma agenda comum da equipe	Aprendizado a partir das falhas
Kerosuo et al. (2012)	Aumento da colaboração e da comunicação entre os envolvidos; aumento da compreensão das interdependências entre as disciplinas de projeto	Dificuldade da compreensão dos conceitos; resistência às mudanças propostas pelo SLP

Figura 11: principais contribuições e dificuldades apontadas por trabalhos anteriores na implementação do SLP no processo de projeto

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A formalização adequada do planejamento e controle facilita o entendimento do processo de projeto, garantindo a consistência entre os diferentes níveis gerenciais. O SLP, por sua vez, colabora diretamente em estabilizar o fluxo de trabalho através da proteção da produção, reduzindo a incerteza e a variabilidade do processo de projeto e estimulando a confiança e a coesão na equipe, pois todos estão cientes do trabalho desenvolvido.

A partir da análise dos trabalhos anteriores sobre a implementação do SLP no processo de projeto, foi possível identificar a necessidade de melhor investigar a implementação do SLP no contexto de sistemas de produção de pré-fabricados do tipo ETO, no qual múltiplos projetos são desenvolvidos simultaneamente, por múltiplas equipes. Os trabalhos desenvolvidos anteriormente na área não abordaram o referido contexto, pois, em grande parte, se limitaram ao estudo em equipes que desenvolveram um projeto por vez. Ainda, foi identificada a oportunidade em aprofundar os estudos com o intuito de possibilitar o planejamento integrado entre projeto e produção e entre diferentes equipes de projeto.

Os estudos anteriores apresentaram como maior dificuldade a implementação do planejamento de médio prazo em projeto, sendo essa, portanto, uma importante lacuna de conhecimento. Da mesma forma, é importante atentar à necessidade de aprimorar o aprendizado a partir das falhas, garantindo a retroalimentação e melhoria do planejamento. Os treinamentos, quando realizados, não foram satisfatórios na disseminação de conceitos e de resultados da implementação, sendo esse quesito identificado como um importante ponto de partida para o bom andamento dos trabalhos.

Por fim, nos trabalhos anteriores, pouco se explorou a utilização de dispositivos visuais para disponibilização das informações de planejamento. Essa prática pode colaborar diretamente para a padronização e utilização efetiva e sistemática do processo de planejamento e controle, para aumentar a transparência e disponibilidade das informações, além de possibilitar a maior integração entre as diferentes unidades de produção. Ainda, pouco se avançou na avaliação da implementação das práticas de planejamento e controle em projeto.

4 MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo descreve o desenvolvimento da pesquisa em todas as suas etapas, visando a responder as questões inicialmente propostas. Primeiramente, a sua estratégia é apresentada e o seu delineamento é descrito, a fim de dar uma visão geral do processo da pesquisa e das etapas desenvolvidas. Na sequência, a empresa no qual este trabalho foi desenvolvido é caracterizada, incluindo o seu contexto e suas peculiaridades. Por fim, as etapas do estudo são descritas de forma detalhada, sendo essas relacionadas às fontes de evidências utilizadas em cada etapa.

4.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

A pesquisa construtiva, do inglês *constructive research* ou *design science research*, é um modo de produção de conhecimento científico que tem como objetivo desenvolver um artefato inovador (construção) para solucionar um problema real (HOLMSTROM; KETOKIVI; HAMERI, 2009). Esse artefato deve ser submetido a uma implementação ou avaliação empírica para comprovar seu desempenho na prática (HOLMSTROM; KETOKIVI; HAMERI, 2009). Segundo Kasanen, Lukka e Siitonen (1993), esse tipo de pesquisa em geral mescla dados quantitativos e qualitativos. Além disso, de acordo com os referidos autores, caracteriza-se como uma pesquisa de caráter prescritivo que visa à solução de um problema real.

Na pesquisa construtiva, constrói-se um artefato para um propósito específico e avalia-se o seu desempenho, a partir de critérios estabelecidos (MARCH; SMITH, 1995), contribuindo para a prática e para a teoria da disciplina na qual se aplica (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993; LUKKA, 2003). Existem vários tipos de artefatos, tais como modelos, métodos, procedimentos, ferramentas (MARCH; SMITH, 1995; AKEN, 2004), entre outros, podendo esses ser inovações propostas por pesquisadores ou podem ser desenvolvidos a partir de teorias pré-existentes (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993).

Como o desempenho do artefato está relacionado com o ambiente em que ele opera, a compreensão incompleta desse ambiente pode resultar em artefatos inapropriados ou que gerem efeitos colaterais indesejados (MARCH; SMITH, 1995). Ainda, os participantes da implementação tem importante papel para um funcionamento bem sucedido na prática, havendo, por vezes, resistência às mudanças (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993).

Na pesquisa construtiva, normalmente existe uma intervenção no ambiente real, com forte participação do pesquisador (LUKKA, 2003). Em alguns casos, a pesquisa assemelha-se à pesquisa-ação (HOLMSTROM; KETOKIVI; HAMERI, 2009). Segundo Kasanen, Lukka e Siitonen (1993), existem algumas características comuns entre a pesquisa-ação e a pesquisa construtiva, destacando-se a necessidade de compreensão ampla dos processos organizacionais, a fim de que as alterações pretendidas possam ser realizadas na prática, e a participação do pesquisador ocorra de modo cooperativo, de forma a apoiar os participantes da organização em seus processos de aprendizagem. Porém, os mesmos autores afirmam que, diferentemente da pesquisa-ação, a pesquisa construtiva visa explicitamente à criação de um artefato.

De acordo com Holmstrom, Ketokivi e Hameri (2009), o ciclo de produção de conhecimento de uma pesquisa pode compreender quatro principais fases, sendo elas:

- a) Incubação da solução: elaborar o problema e desenvolver uma potencial solução;
- b) Refinamento da solução: refinar a solução elaborada na fase anterior, na medida em que é testada na prática;
- c) Proposição de uma teoria substancial: estabelecer a relevância teórica da solução, podendo ser generalizada para o contexto empírico em estudo; e
- d) Proposição de uma teoria formal: generalizar a teoria estabelecida para além do contexto em estudo.

As duas primeiras fases possuem caráter exploratório e as duas últimas têm um caráter explanatório (HOLMSTROM; KETOKIVI; HAMERI, 2009). Os mesmos autores afirmam que os estudos que envolvem as fases **b** e **c** tem o mérito de envolverem tanto o refinamento do artefato, obtendo resultados práticos, como a reflexão no primeiro nível teórico.

Nesse contexto, o presente trabalho é caracterizado como uma pesquisa construtiva conduzida através de uma estratégia de pesquisa similar à pesquisa-ação. Assim, ao longo do desenvolvimento da pesquisa, houve a cooperação entre a pesquisadora e os funcionários da empresa em que o estudo empírico foi realizado, com o objetivo de aprimorar o processo de planejamento e controle de projeto em ambientes de ETO (problema real). Como em qualquer pesquisa-ação, em diversos momentos, a pesquisadora assumiu um papel de facilitadora.

A pesquisa, portanto, mescla dados quantitativos e qualitativos, a partir de múltiplas fontes de evidência, abordadas posteriormente neste capítulo (ver seção 4.4), e visa à construção explícita de um modelo de planejamento e controle de projetos, para o contexto de empresas de construção com sistema de produção do tipo ETO (artefato). Esse modelo teve como ponto de partida o Sistema *Last Planner* de controle da produção (conexão com conhecimento teórico prévio), e, ao final do estudo empírico, foi realizada uma reflexão sobre as contribuições teóricas e práticas da solução desenvolvida.

4.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa construtiva pode ser mais bem caracterizada a partir da divisão do processo de pesquisa nas seguintes etapas (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993; LUKKA, 2003): (a) encontrar um problema relevante na prática com potencial de pesquisa; (b) obter uma compreensão profunda do tema dos pontos de vista teórico e prático; (c) desenvolver uma construção inovadora para solucionar o problema real; (d) implementar a solução e testar sua aplicabilidade prática; (e) examinar o escopo de aplicabilidade da solução; e (f) identificar e analisar a contribuição teórica.

A partir dessas etapas, a Figura 12 apresenta o delineamento do presente estudo, o qual compreende quatro principais fases, sendo elas: revisão bibliográfica, realizada ao longo de todo o trabalho; fase de compreensão; fase de desenvolvimento; e fase de análise.

Devido ao caráter indutivo e iterativo da pesquisa-ação, as três últimas fases referidas (compreensão, desenvolvimento e análise) representam um ciclo que se repetiu várias vezes ao longo do desenvolvimento do estudo, caracterizando, ainda, as quatro seguintes etapas (Figura 12): (a) Etapa 1: compreensão holística dos processos da empresa; (b) Etapa 2: primeira fase de implementação nas equipes de projeto 1 e 2, e proposta da versão 1 do modelo; (c) Etapa 3: segunda fase de implementação das equipes 3, 4, 5 e 6, e proposta da versão 2 do modelo; e (d) Etapa 4: avaliação das implementações, inserção do sistema de planejamento integrado no setor de projeto, e proposta da versão final do modelo. Por fim, foi realizada a análise cruzada dos resultados nas diferentes etapas da pesquisa, sendo avaliadas as suas contribuições práticas e teóricas.

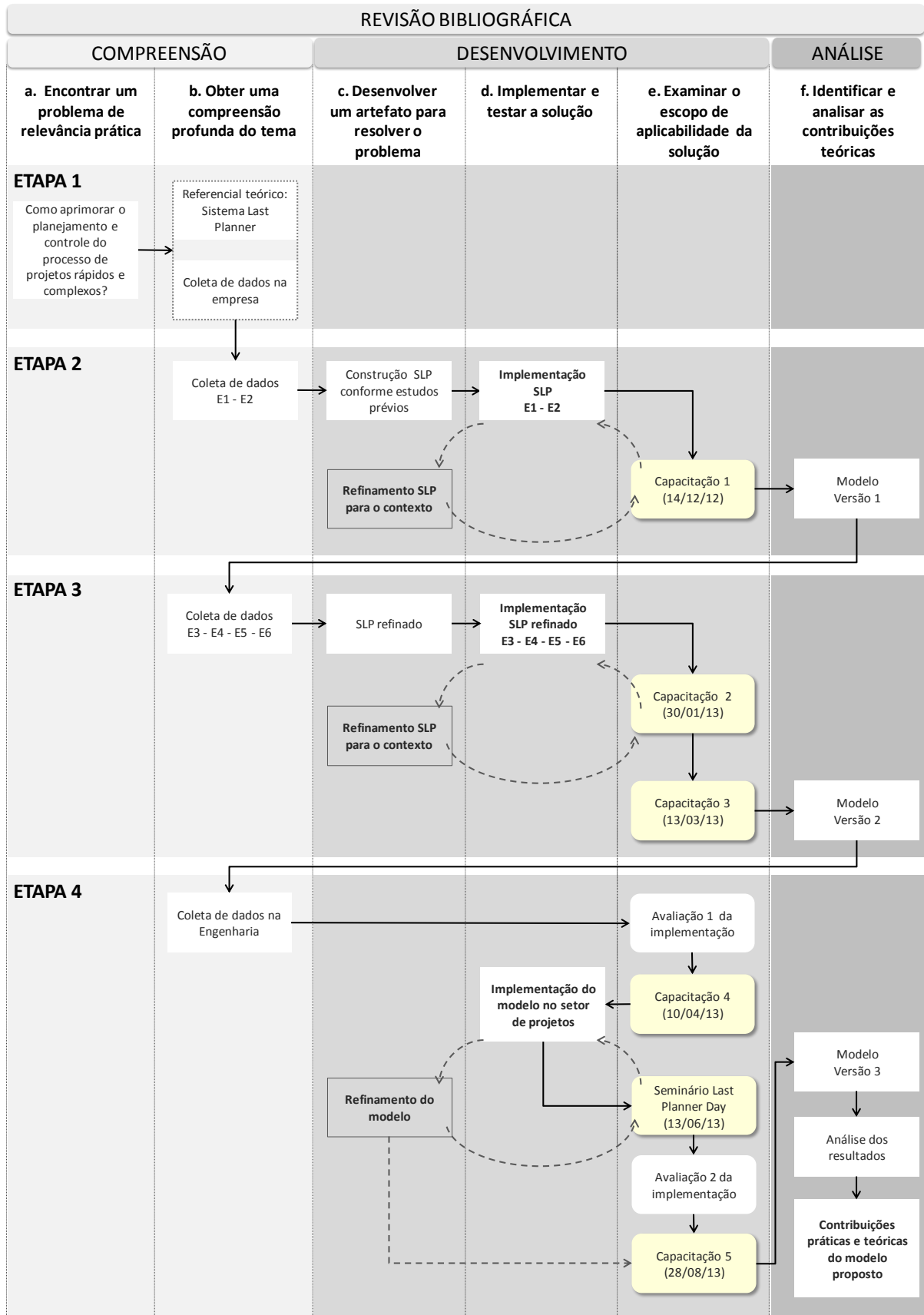


Figura 12: delineamento da pesquisa

Além disso, foi desenvolvido um programa de capacitação, visando à disseminação de conceitos e práticas na empresa. Dessa forma, ao final de cada ciclo de desenvolvimento, nas etapas 2, 3 e 4, foram realizados módulos do referido programa, os quais possibilitaram momentos de avaliação e de reflexão sobre o desenvolvimento do sistema de planejamento e controle de projetos.

4.2.1 Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica, realizada em diferentes momentos ao longo do estudo, abordou temas relacionados aos processos de projeto e de desenvolvimento do produto, a fim de melhor compreender a natureza desses processos e as características peculiares de suas atividades, assim como entender um conjunto de conceitos que caracterizam o projeto como um processo. Ainda, temas relacionados ao planejamento e controle da produção, em especial o SLP de controle da produção, foram revisados, na tentativa de trazer para o processo de projeto as lições adquiridas na gestão da produção na construção civil. Além disso, realizou-se uma etapa de revisão bibliográfica sobre gestão de projetos e implementações anteriores do SLP no processo de projeto.

4.2.2 Etapa 1: Compreensão

A etapa 1 da presente pesquisa teve como objetivo compreender o contexto e os processos da empresa, assim como identificar oportunidades de melhoria no seu processo de projeto. Foi desenvolvida entre outubro de 2011 a abril de 2012.

4.2.3 Etapa 2: Primeira Fase de Implementação

Na etapa 2 da presente pesquisa, foi desenvolvida a primeira fase de implementação do sistema de planejamento e controle de projetos nas equipes de projeto 1 e 2. O trabalho foi iniciado na equipe 1, porém, a fim de obter dados de diferentes experiências de implementação, possibilitando o cruzamento das informações, sentiu-se a necessidade de implementar o SLP em outra equipe de projeto.

Dessa forma, inicialmente foi realizado um estudo exploratório nas referidas equipes, a partir de entrevistas com os coordenadores e projetistas. Nesse momento, foram identificadas as rotinas de planejamento existentes e as dificuldades enfrentadas. A seguir, foi realizado um estudo-piloto nas equipes 1 e 2, no qual foi implementado o SLP. Após o refinamento e

adaptação do SLP ao contexto da empresa, o mesmo foi novamente implementado nas equipes 1 e 2, tendo a pesquisadora o papel de observadora participante. As atividades descritas ocorreram entre maio de 2012 e janeiro de 2013.

No decorrer da etapa 2 da pesquisa, a empresa demonstrou interesse em implementar o SLP em todo o setor de projetos (descrito na seção 4.3). Para tanto um programa de capacitação foi proposto, sendo esse descrito na seção 4.2.5.

4.2.4 Etapa 3: Segunda Fase de Implementação

A etapa 3 da presente pesquisa constituiu-se na segunda fase de implementação, sendo realizada ao longo do programa de capacitação. O foco da implementação foram as equipes de projeto 3, 4, 5 e 6, tendo a pesquisadora o papel de observadora participante. Essa etapa foi realizada de dezembro de 2012 a março de 2013

4.2.5 Programa de Capacitação

O programa de capacitação foi ministrado pelos pesquisadores e professores do NORIE-UFRGS, com o apoio do setor de Melhoria Contínua da empresa, sendo realizado entre dezembro de 2012 e agosto de 2013. Os principais objetivos da capacitação foram: refinar, padronizar e disseminar o sistema de planejamento e controle de projetos da empresa, juntamente com os envolvidos diretamente no processo, auxiliando na implementação do SLP e aumentando as chances de sucesso de utilização do sistema proposto. Ainda, visou capacitar os funcionários da empresa em conceitos e ferramentas de gestão de projetos.

O programa foi dividido entre cinco módulos sobre gestão de projetos, sendo abordados os seguintes temas: planejamento e controle de projetos; Sistema *Last Planner*; práticas avançadas, como gestão de requisitos e *Building Information Modelling* (BIM); medição de desempenho; e coordenação de projetos. Participaram desse programa cerca de 60 profissionais da empresa envolvidos direta ou indiretamente no processo de projeto, como: o diretor de operações, o gerente do setor de projetos (Engenharia), coordenadores de projeto, projetistas, e representantes dos setores de Planejamento, Orçamento e Planejamento e Controle da Produção (PCP) de Fábrica.

Além disso, foi proposto pela empresa um encontro extra, a fim de revisar conceitos e práticas do SLP, principalmente aos funcionários que não estavam presentes nos módulos anteriores da capacitação. Assim, entre o quarto e o quinto módulo, ocorreu o seminário denominado

Last Planner Day. Nesse encontro, também foi realizada a discussão sobre os dispositivos visuais que iriam auxiliar na implementação do modelo proposto.

Um programa de capacitação similar havia sido desenvolvido anteriormente na empresa para os coordenadores e gerentes de montagem em obra, também realizado por professores e pesquisadores do NORIE-UFRGS. Assim, a cada módulo foram propostas implementações e seus resultados foram discutidos no módulo seguinte, colaborando com a disseminação do aprendizado e com a reflexão sobre as práticas de planejamento propostas. Esse mesmo formato, portanto, foi mantido na capacitação de gestão de projetos.

A Figura 13 apresenta o programa de capacitação de gestão de projetos realizado, compreendendo os cinco módulos e o referido seminário, as datas em que ocorreram, assim como os temas abordados e as atividades desenvolvidas.

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO: GESTÃO DE PROJETOS		
Módulos	Data	Temas e atividades
Módulo 1	14/12/2012	Planejamento e controle de projetos
		Sistema <i>Last Planner</i>
		BIM
		Resultados da primeira fase de implementação do SLP (equipes 1 e 2)
		Modelo de sistema de planejamento e controle de projetos - Versão 1
Módulo 2	30/01/2013	Resultados da segunda fase de implementação do SLP (equipes 3, 4, 5 e 6)
		Discussão modelo de sistema de planejamento de projetos na empresa
		Gestão de requisitos
Módulo 3	13/03/2013	Medição de desempenho
		Aplicação jogo didático: simulação SLP
		Apresentação boas práticas de planejamento e controle de projetos
		Modelo de sistema de planejamento e controle de projetos - Versão 2
Módulo 4	10/04/2013	Coordenação de projetos
		Apresentação equipes E1 e E2: avanços na implementação
		Apresentação primeira avaliação das boas práticas de planejamento
Seminário	13/06/2013	Revisão de conceitos e práticas do SLP
		Proposta painel de controle operacional para o setor de projetos
		Discussão modelo de sistema de planejamento de projetos na empresa
Módulo 5	28/08/2013	Apresentação segunda avaliação das boas práticas de planejamento
		Apresentação dos resultados do estudo desenvolvido
		Modelo de sistema de planejamento e controle de projetos - Versão final

Figura 13: programa de capacitação de gestão de projetos

No módulo 1 foram apresentados e discutidos os principais benefícios e dificuldades enfrentadas na primeira fase de implementação (equipes 1 e 2), visando a facilitar as implementações seguintes. Nesse mesmo módulo foi apresentada pela pesquisadora uma

versão inicial do modelo de planejamento e controle de projetos. Ainda, visando a expandir a implementação das práticas no setor, foram escolhidas as quatro equipes a serem envolvidas na segunda fase de implementação do SLP, a partir do interesse manifestado pelos coordenadores de projeto durante o encontro. Os resultados iniciais da implementação nessas quatro equipes foram apresentados pelas próprias equipes no encontro seguinte (módulo 2).

No módulo 3, entre outras atividades, foram apresentadas pela pesquisadora as 14 práticas de planejamento para o processo de projeto. Assim, foi possível gerar a reflexão sobre as práticas, esclarecendo os critérios para a realização da avaliação da implementação das mesmas nas equipes envolvidas no estudo. Nesse módulo, a versão 2 do modelo foi apresentada. Além disso, um jogo didático de simulação do SLP foi aplicado, auxiliando na consolidação dos conceitos.

Os resultados da primeira avaliação da implementação das práticas de planejamento foram apresentados pela pesquisadora e discutidos no módulo 4 do programa de capacitação. Ainda, as equipes E1 e E2 apresentaram seus avanços, visando à disseminação do conhecimento e das práticas nas demais equipes.

No quinto módulo, foi realizado o fechamento do programa, quando os resultados da segunda avaliação da implementação das práticas de planejamento foram apresentados. Além disso, foram apresentados os avanços alcançados pelas equipes e alguns pontos que ainda poderiam ser melhorados. Por fim, a versão final do modelo foi proposta pela pesquisadora.

O papel da pesquisadora no programa de capacitação foi esclarecer os objetivos das implementações e apontar as oportunidades de melhoria no processo de projeto da empresa, a partir dos diagnósticos realizados. Ainda, a pesquisadora teve o papel de facilitadora no processo de implementação, promovendo a comunicação entre pesquisadores, professores e funcionários da empresa. Dessa forma, foi possível fomentar a participação dos funcionários na construção do artefato, a fim de torná-lo mais adequado ao contexto. Além disso, esse programa teve um importante papel na avaliação do modelo de planejamento e controle proposto, permitindo examinar o seu escopo e a sua aplicabilidade ao contexto estudado.

4.2.6 Etapa 4: Avaliação e Inserção do Sistema de Planejamento e Controle

Na etapa 4 da presente pesquisa foram realizadas duas avaliações da implementação de boas práticas de planejamento e controle de projetos nas equipes 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Além disso,

investigou-se a inserção do sistema de planejamento e controle de projetos na Engenharia e a sua conexão com os sistemas de planejamento de outras áreas da empresa, a fim de aprimorar o modelo, considerando o contexto de sistemas de produção ETO.

Ainda, foi realizada a análise cruzada dos resultados, do processo de implementação e dos resultados alcançados nas seis equipes. Da mesma forma, a versão final do modelo de sistema de planejamento e controle de projetos foi discutida em alguns seminários e reuniões internas na empresa, incluindo o módulo de fechamento do programa de capacitação. Essa etapa foi desenvolvida de fevereiro a outubro de 2013.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa em que foi realizada a presente pesquisa classifica seus produtos em três principais famílias, com grau de complexidade crescente: (a) supermercados e centros de distribuição (CD); (b) prédios industriais; e (c) edificações especiais, como centros comerciais e outros casos específicos.

A Figura 14 ilustra imagens de produtos da empresa.



Figura 14: produtos da empresa de sistemas construtivos metálicos

O processo de produção de sistemas e de peças metálicas normalmente apresenta curtos tempos de desenvolvimento (*lead times*). Tipicamente o processo de montagem em obra tem seu início dois meses após o início do processo de projeto. Além disso, as fases do projeto de detalhamento são desenvolvidas em paralelo com a produção das peças na Fábrica.

O processo de projeto, por sua vez, tende a ser complexo em função do grande número de projetos sendo desenvolvidos simultaneamente no setor (em torno de 75 projetos) visando a atender aos curtos prazos, por vezes havendo a necessidade de terceirizar o projeto de

detalhamento. São desenvolvidos projetos de estrutura, cobertura e de fechamentos em peças metálicas. Levando em conta o ambiente de múltiplos projetos, pode-se afirmar que o PDP tem um elevado grau de complexidade estrutural.

Ainda, o PDP da empresa, principalmente em processos iniciais, é caracterizado por muitas incertezas, tais como: falta de informações sobre o projeto arquitetônico, mudanças nos prazos exigidos pelo cliente, atrasos em tarefas anteriores na obra, mudança de ordem de montagem em obra em função etapas de construção anteriores, e mudanças de projeto solicitadas pelo cliente.

A Figura 15 apresenta as principais etapas do PDP da empresa: (a) venda: venda e captura dos requisitos do cliente, realizada no setor denominado Comercial; (b) orçamento: orçamento da obra, o qual é realizado com base no peso da estrutura, no setor denominado Orçamento; (c) projeto: desenvolvimento de projetos, realizado na Engenharia, setor no qual este estudo empírico foi desenvolvido; (d) fabricação: produção das peças metálicas na Fábrica; e (e) montagem: montagem das peças em obra. Ainda, o setor de Planejamento é responsável pelo planejamento de longo prazo por edificação, utilizado nos demais processos da empresa. Os projetos desenvolvidos na Engenharia, por sua vez, incluem duas principais fases: o projeto conceitual e o projeto de detalhamento, cujos processos estão subdivididos em etapas (Figura 15).

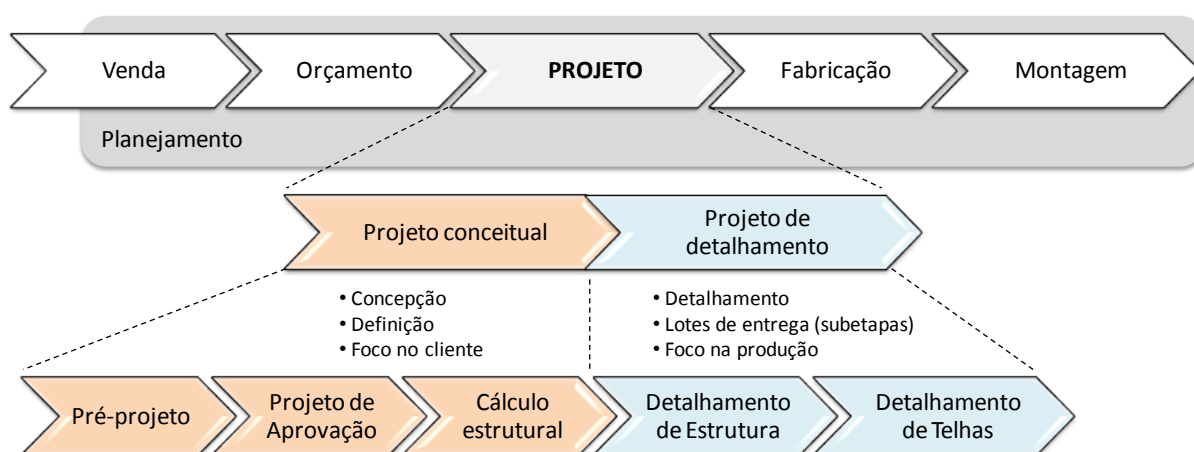


Figura 15: principais etapas do PDP da empresa

O **projeto conceitual** engloba a fase inicial de concepção e definição da edificação, durando aproximadamente três semanas. Esse é caracterizado por maior grau de incerteza e pela participação ativa do cliente. As principais etapas dessa fase são: pré-projeto, seguido da primeira reunião com o cliente; projeto de aprovação; e cálculo estrutural (Figura 15). Na

sequência, o cliente deve aprovar o projeto, permitindo que esse seja entregue pela equipe de projeto conceitual a uma equipe de projeto de detalhamento, em uma reunião de passagem de projeto entre as duas equipes envolvidas.

A fase de **projeto de detalhamento** (Figura 15), que dura em torno de doze semanas, é desenvolvida em paralelo com a produção de peças metálicas e, por vezes, em paralelo com o processo de montagem em obra. Nessa fase, a estrutura e a cobertura são detalhadas e entregues em lotes para a Fábrica e para a Montagem. Esses lotes são denominados subetapas de projeto de detalhamento, as quais formam uma etapa completa. Assim, somente após a conclusão da entrega de uma etapa completa, pode ser iniciada a entrega das subetapas da etapa seguinte.

As subetapas, por sua vez, variam de acordo com as características de cada produto, mas em geral englobam os seguintes itens: chumbeação, estrutura principal e secundária (terças, treliças planas ou espaciais), fechamentos verticais e horizontais (telhas, zenital e lanternim). A Figura 16 apresenta as subetapas típicas de uma etapa.

Subetapas de Detalhamento de Estrutura	Subetapas de Detalhamento de Telhas
A10. Chumbeação	B10. Telhas de Cobertura
A20. Estrutura Secundária / Medajoist	B20. Telhas de Fechamento
A30. Estrutura Principal	B30. Calhas e Arremates
A40. Vigas de Rolamento	B40. Lanternim e Arremates
A50. Treliça Soldada	B50. Zenital e Arremates
A60. Mezanino	B60. Venezianas
A70. Pipe Reck	B70. Equipamentos de Cobertura
	B80. Steel Deck
	B90. Smokevent e Insufladores

Figura 16: subetapas que formam uma etapa completa de projeto de detalhamento

A entrega em subetapas foi uma proposta da empresa, anterior ao início da realização da presente pesquisa, com o intuito de diminuir o trabalho em progresso ao longo de todo o empreendimento, diminuir o tempo de espera por informação e de manter um fluxo ininterrupto de produção. Dessa forma, busca-se aumentar a aderência ao plano de longo prazo e melhor atender aos processos à jusante.

A Figura 17 apresenta uma planta de cobertura de um dos projetos desenvolvidos na empresa, no qual cada módulo entre eixos representa uma etapa (por exemplo, a etapa 1 é o módulo da edificação entre os eixos A e B). Assim, as etapas representam módulos da edificação, definidos em fase inicial do projeto, sendo que a entrega das mesmas deve seguir a sequência de produção das peças e da montagem em obra.

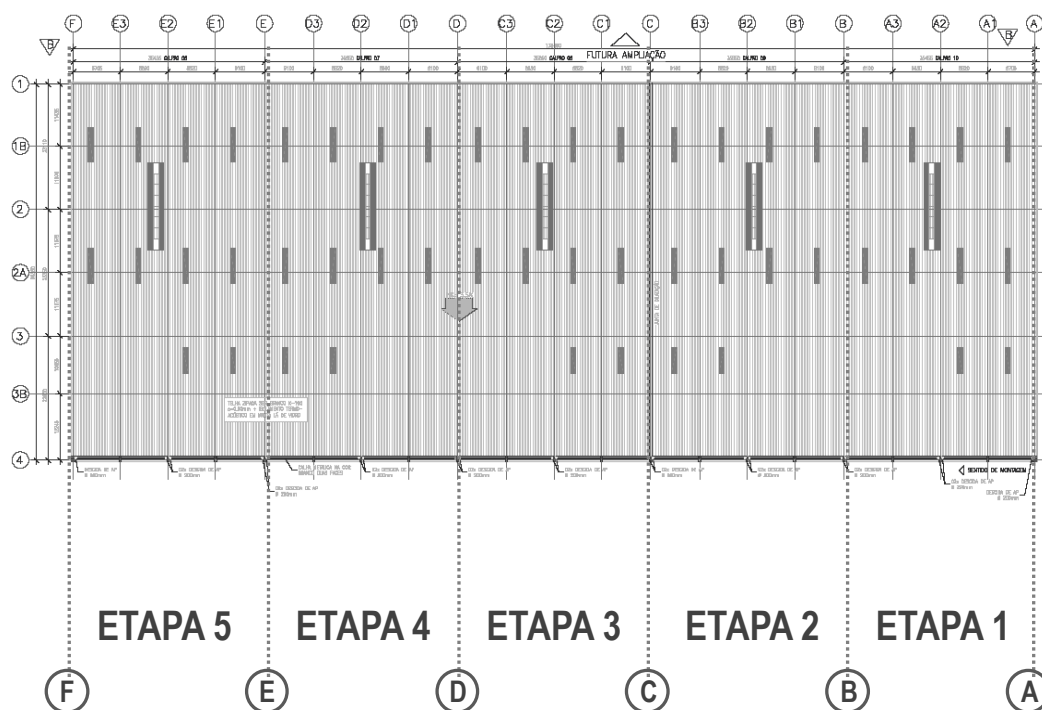


Figura 17: planta de cobertura e etapas de um dos empreendimentos da empresa

O setor de Engenharia é composto por nove equipes de projeto, com cerca de dez integrantes cada, das quais quatro são especializadas em projeto conceitual, e cinco em projeto de detalhamento. Dessas, uma equipe atua em São Paulo, duas em Porto Alegre e as outras seis no interior do estado do Rio Grande do Sul. Essa configuração existe desde novembro de 2012. Antes disso, cada equipe executava o projeto do início ao fim, incluindo as duas fases referidas.

A reestruturação do setor foi proposta pelos coordenadores de projeto com o intuito de melhor definir o foco das equipes nas diferentes fases de projeto. Assim, as equipes de projeto conceitual devem focar na tratativa com os diferentes clientes e na gestão de requisitos, e as equipes de projeto de detalhamento devem focar nas entregas em lotes de projeto, a fim de atender às demandas da Fábrica e aos prazos de montagem em obra. Essa necessidade foi identificada a partir dos resultados de uma pesquisa de satisfação do cliente, realizada pela empresa, na qual um dos principais quesitos de insatisfação apontado foi a interface entre a Engenharia e os clientes.

A Figura 18 apresenta a configuração da Engenharia que, além de coordenadores e projetistas, possui um gerente de projetos e dois especialistas de processo, que atuam como consultores técnicos.

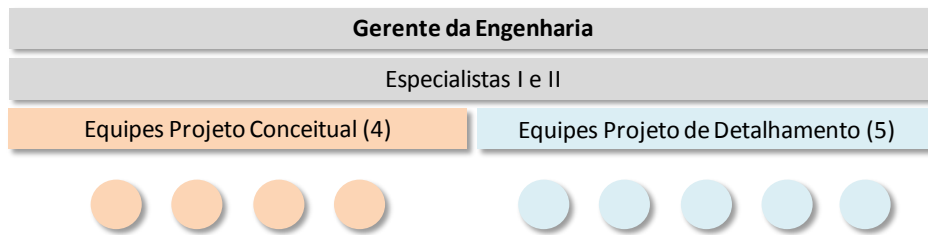


Figura 18: configuração da Engenharia

A configuração de cada equipe pode variar, mas em geral são formadas por três a quatro frentes de trabalho, conforme Figura 19, desenvolvendo de três a cinco projetos, paralelamente, sob a orientação um coordenador de projeto. Cada frente de trabalho é representada por um projetista-líder, sendo esse, em geral, um funcionário mais experiente e com maior poder de decisão. Ainda, o projetista-líder pode representar o coordenador quando necessário e colaborar com atividades de planejamento das frentes.

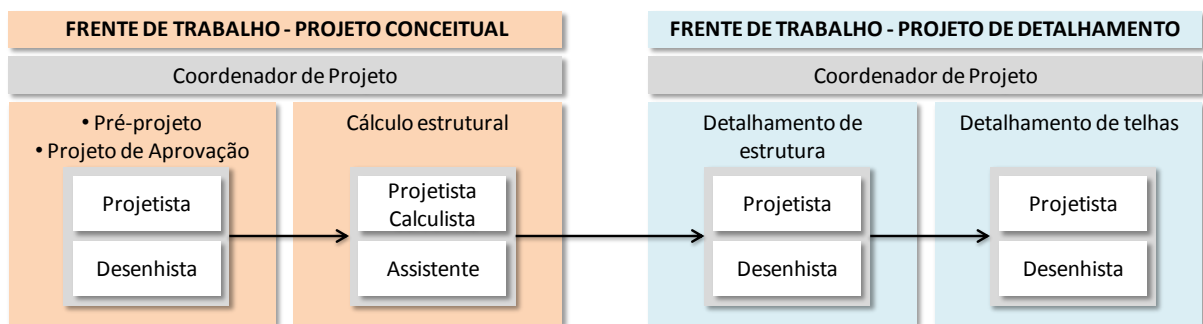


Figura 19: frente de trabalho das equipes de projeto

4.4 DESCRIÇÃO DO ESTUDO DESENVOLVIDO

A Figura 20 relaciona as etapas da pesquisa com as fontes de evidência utilizadas. Cada uma das etapas está descrita em mais detalhe nos itens seguintes.

Etapas	Fontes de evidência
1	Entrevista semiestruturada
1	Survey
1, 2, 3, 4	Análise de documentos
1	Análise de dados secundários
2, 3, 4	Observação participante
4	Avaliação da implementação das práticas de planejamento

Figura 20: etapas da pesquisa e fontes de evidência utilizadas

4.4.1 Etapa 1: Compreensão

A Figura 21 apresenta o cronograma de realização da etapa 1. Nessa etapa, foram utilizadas as seguintes fontes de evidência: entrevistas semiestruturadas, pesquisa do tipo *survey*, análise de documentos e análise de dados secundários.

CRONOGRAMA - Etapa 1							
ATIVIDADES	out/11	nov/11	dez/11	jan/12	fev/12	mar/12	abr/12
Roteiro da entrevista semiestruturada							
Aplicação da entrevista semiestruturada							
Questionário da <i>Survey</i>							
Aplicação da <i>Survey</i>							
Análise dados da <i>Survey</i>							
Análise de documentos							
Análise de dados secundários							

Figura 21: cronograma de realização da etapa 1 da pesquisa

4.4.1.1. Entrevista semiestruturada

Em entrevista semiestruturada de caráter qualitativo, foram realizadas 18 entrevistas em profundidade⁶ com funcionários de diferentes cargos e de cinco diferentes setores envolvidos no PDP da empresa, sendo eles: Planejamento, Orçamento, Engenharia, Estrutura de Produto, e PCP de Fábrica. Na Engenharia, foram entrevistados dez funcionários, entre eles, o gerente, uma coordenadora de projeto, projetistas e desenhistas.

A Tabela 1 apresenta os setores dos entrevistados.

Tabela 1: setores dos entrevistados

Setor	Amostra
Planejamento	1
Orçamento	3
Engenharia	10
Estrutura de Produto	2
Planejamento de Controle da Produção	2
Total de entrevistados	18

As entrevistas, realizadas em 16 de novembro de 2011, tiveram o objetivo de compreender o ambiente de estudo, ou seja, o PDP da empresa com foco no setor de projetos, identificando oportunidades de melhoria no processo de projeto da empresa sob a ótica dos funcionários. As entrevistas foram registradas por gravação de áudio e anotações, servindo como ponto de

⁶ As entrevistas foram realizadas com o apoio da Engenheira Raquel Reck, em 16 de novembro de 2011.

partida para o desenvolvimento da *survey* de satisfação aplicada na empresa, sendo essa descrita no item a seguir.

O roteiro da entrevista (Apêndice 1), composto por sete perguntas gerais e abertas, englobou itens como PDP da empresa, diferentes fases e atividades de projeto, e indicadores utilizados. Ainda, foram abordadas questões relacionadas ao grau de satisfação dos entrevistados quanto aos projetos desenvolvidos pela Engenharia, à qualidade do fluxo de informações, aos prazos de entrega, entre outras questões.

Além disso, um modelo para o processo de desenvolvimento de produto da empresa, desenvolvido pela pesquisadora com base em um mapa de processos existente na empresa, foi apresentado aos entrevistados. Dessa forma, foi possível mapear e obter um conhecimento global do PDP, assim como validar o modelo e identificar etapas que poderiam ser aprimoradas.

4.4.1.2. *Survey*

A *survey* de avaliação da satisfação⁷ foi aplicada aos funcionários de diferentes setores envolvidos no PDP da empresa. Seus resultados foram submetidos à análise estatística, compreendendo a análise descritiva das questões de satisfação e a análise das prioridades de melhorias apontadas pelos funcionários da empresa.

O objetivo principal da *survey* foi avaliar a satisfação dos funcionários em relação ao processo de projeto, a fim de compreender suas necessidades e expectativas. Dessa forma, foi possível aprofundar o conhecimento do contexto da empresa, identificando oportunidades de melhorias no planejamento e controle do processo de projeto. Ainda, os objetivos específicos da *survey* foram avaliar a satisfação dos funcionários da empresa em relação aos seguintes fatores: informações de projeto fornecidas ao setor de Engenharia, técnicas e ferramentas utilizadas pela Engenharia, e projeto fornecido pela Engenharia aos setores subsequentes.

Para fins de desenvolvimento dessa pesquisa quantitativa e melhor análise de seus resultados, os setores da empresa foram agrupados em três subgrupos, caracterizando assim três diferentes questionários: (a) Fornecedores: setores que fornecem informações ao setor de

⁷ A *survey* de satisfação foi desenvolvida durante a disciplina de Pesquisa e Análise de Mercado, do Programa de Pós-graduação da Engenharia Civil da UFRGS, ministrada pela Prof.^a Márcia Echeveste. Ainda, colaboraram com o desenvolvimento da *survey* a Eng. Raquel Reck e os seguintes estudantes do último ano do curso de graduação em Estatística da UFRGS: Andriago Rodrigues, Henrique Hoeltgebaum, Jonas Hendler, Letícia Herrmann, Luciane Moraes, Piel Souza e Roberto Moreira.

Engenharia; (b) Engenharia: setor de desenvolvimento de projetos; e (c) Clientes: setores que recebem informações do setor de Engenharia.

A *survey* foi respondida por 149 funcionários da empresa, sendo uma amostra representativa de 46% da população total (319 funcionários). Dessa amostra, 18,1% pertencem ao subgrupo Fornecedores, enquanto que 43,0% pertencem ao subgrupo Engenharia e 38,9%, o subgrupo Clientes. Esses percentuais são similares à verdadeira proporção de funcionários em cada subgrupo na empresa, dos quais 17,2% são Fornecedores, 44,8% pertencem ao subgrupo da Engenharia, e 37,0%, ao subgrupo Clientes.

A Tabela 2 relaciona os subgrupos da pesquisa com os setores da empresa, tamanho da população e da amostra da *survey*.

Tabela 2: subgrupos, setores, população e amostra da *survey*

Subgrupo	Setor	População	Amostra
Fornecedores	Comercial	25	12
	Orçamento	24	13
	Planejamento	6	2
	Total de Fornecedores	55	27
Engenharia	Total da Engenharia	143	64
Clientes	Estrutura de Produto	20	16
	Planejamento de Controle da Produção	15	5
	Logística	6	6
	Fabricação	50	17
	Montagem	30	14
	Total de Clientes	121	58
Total		319	149

As questões presentes nos questionários foram agrupadas em cinco diferentes categorias: (a) processo de desenvolvimento de projetos; (b) controle de prazos e coleta e avaliação de indicadores; (c) coleta, documentação e transparência de informações; (d) tipos e usos das ferramentas; e (e) projeto desenvolvido. A partir dessa categorização, foi possível identificar pontos que precisavam ser aprimorados no processo.

A *survey* foi aplicada na empresa por meio de um formulário de preenchimento *on-line*, realizado através do *software SurveyMonkey*, e está ilustrada no Apêndice 2. A coleta de dados foi realizada nos dias 28, 29 e 30 de novembro de 2011.

4.4.1.3. Análise de documentos

De acordo com Yin (2003), os documentos podem apresentar diferentes formatos, tais como: cartas, memorandos e comunicados; pautas e atas de reunião; documentos administrativos, como propostas comerciais e relatórios; estudos e avaliações anteriores realizadas no mesmo local da pesquisa; e artigos de revistas e jornais.

Os documentos são fontes de informação estáveis, podendo ser revisados repetidamente, são fontes discretas, pois não foram criados como resultado do estudo, e exatas, pois contêm datas, nomes dos envolvidos e detalhes dos eventos (YIN, 2003). Ainda, por vezes, possuem ampla cobertura de tempo e de eventos (YIN, 2003). Por outro lado, devem ser analisados com cautela, cruzando suas informações com outras fontes de evidência, pois podem ter um viés tendencioso ou conter informações incompletas (YIN, 2003).

A Figura 22 apresenta os documentos utilizados nessa etapa da pesquisa. Os documentos do estudo desenvolvido por Fabro (2011) colaboraram para a compreensão do contexto, principalmente nos setores a jusante do setor de projetos. Os documentos disponibilizados pelo setor de Recursos Humanos, por sua vez, apoiaram a realização das entrevistas e da *survey*.

Documentos - Etapa 1	Fonte
Artigo de estudo anterior na empresa	Fabro (2011)
Cronograma de obra utilizado em estudo anterior	Fabro (2011)
Lista funcionários: cargo / data de contratação / setor - Engenharia e Orçamento	Recurso Humanos
Documento impresso: mapa de plano de carreira - Engenharia e Orçamento	Recurso Humanos

Figura 22: documentos analisados na etapa 1

4.4.1.4. Análise de dados secundários

Os dados secundários, segundo Yin (2003), podem compreender registros organizacionais, como gráficos e orçamentos de um determinado período; mapas e desenhos de layout da empresa; dados de pesquisas realizadas; e registros pessoais, como diários e calendários. Assim como a análise de documentos, os dados secundários devem ser analisados com cautela e em conjunto com outras fontes de evidência (YIN, 2003).

A análise de dados secundários disponibilizados pela empresa focou-se no entendimento do contexto e das melhorias que já estavam sendo realizadas no processo de projeto. Além disso,

foi possível identificar detalhes que corroboraram as informações obtidas através de outras fontes de evidência.

A Figura 23 apresenta os dados secundários utilizados na etapa 1 da pesquisa.

Dados secundários - Etapa 1	Formato
Mapa simplificado do PDP da empresa	Arquivo digital (PowerPoint)
Planilha utilizada para calcular o grau de complexidade da obra	
Fluxograma de projeto	Arquivo digital (PowerPoint): apresentação da Engenharia
Planilha com tempos-padrão de projeto	
Organograma estrutura da Engenharia (gerente, coordenadores, equipes)	
Planta baixa layout equipes de projeto	Arquivo AutoCAD
Projeto utilizado em estudo anterior (FABRO, 2011)	
Cronograma de obra utilizado em estudo anterior (FABRO, 2011)	Arquivo Excel
Fluxograma das etapas de negociação utilizada pelo Orçamento	Arquivo digital (PowerPoint)

Figura 23: dados secundários da empresa analisados na etapa 1

4.4.2 Etapa 2: Primeira fase de implementação

Na primeira fase de implementação, o estudo empírico foi iniciado na equipe 1 (E1), com a etapa de compreensão, em maio de 2012. Essa equipe foi escolhida em função de ser apontada pela gerência do setor como a equipe com maiores dificuldades de planejamento. Inicialmente, foram realizadas entrevistas com a coordenadora de projetos (CP) e com os projetistas-líderes da equipe, responsáveis por representar cada frente de trabalho nas reuniões de curto prazo semanal.

Nessas entrevistas, buscou-se entender a configuração da equipe e os principais tipos de projeto realizados, além de aprofundar a compreensão do próprio processo de projeto, incluindo as fases e atividades desenvolvidas. No momento em que a coleta de dados foi realizada, a equipe estava em processo de reestruturação para se tornar especialista em projeto de detalhamento, o que ocorreu em novembro de 2012.

O estudo se desenvolveu a partir da observação participante nas reuniões semanais de curto prazo em junho e julho de 2012 (8 semanas). Porém, devido à reestruturação do setor da Engenharia, o acompanhamento foi suspenso em agosto, sendo retomado de outubro até janeiro de 2012 (17 semanas).

A Figura 24 representa o leiaute de trabalho da E1 (similar ao layout da E2), composta pela CP, três frentes de trabalho de projeto de detalhamento de estrutura e uma frente de trabalho de projeto de detalhamento de telhas.

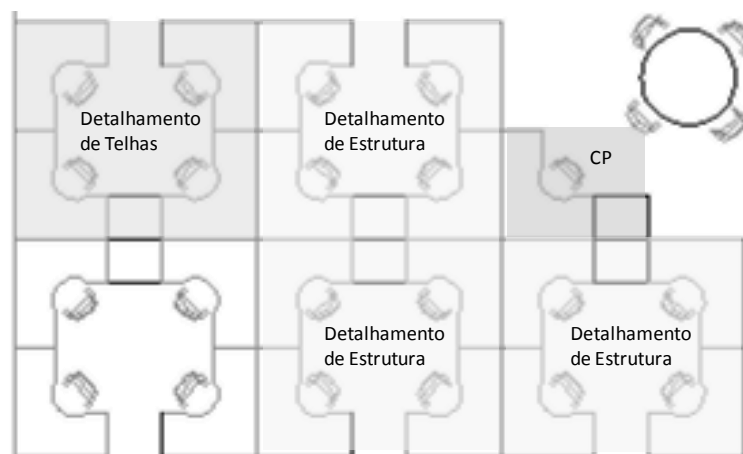


Figura 24: leiaute das equipes 1 e 2 a partir de novembro de 2012

O início da coleta de dados na equipe 2 (E2) ocorreu em julho de 2012, por meio de entrevistas realizadas junto ao CP e aos projetistas-líderes da equipe. Além disso, foram disponibilizados documentos pela equipe, tais como atas de reuniões de curto e de médio prazo, pois a E2 já tinha implementado algumas práticas do SLP desde dezembro de 2011.

A E2, portanto, realizava reuniões de planejamento semanal, media o PPC, mas identificava algumas causas de não conclusão dos pacotes de trabalho apenas de forma superficial. A existência dessas práticas facilitou o desenvolvimento do trabalho junto à equipe, porém a análise de indicadores e o processos de aprendizagem a partir dos indicadores deveriam ser aprimorados, assim como havia necessidade de implementar o planejamento de médio prazo.

Assim como a E1, em novembro de 2012, a E2 passou a ser uma equipe de projeto de detalhamento, apresentado a mesma configuração da E1 (Figura 24). Ainda, a maioria dos projetos realizados por essa equipe era da família do tipo CD. O estudo na E2 se desenvolveu a partir da observação participante semanal das reuniões de curto prazo de agosto a janeiro de 2012 (25 semanas).

A Figura 25 apresenta o cronograma de realização da etapa 2 desta pesquisa. Além das atividades já descritas, em 21 de novembro de 2012 foi realizado um seminário de apresentação de resultados, que antecedeu o programa de capacitação. No módulo 1 do programa de capacitação, realizado em 14 de dezembro de 2012, foi proposta a primeira versão do modelo de planejamento e controle de projetos pela pesquisadora e os trabalhos realizados até então pelas equipes 1 e 2 foram apresentados.

CRONOGRAMA - Etapa 2									
ATIVIDADES	mai/12	jun/12	jul/12	ago/12	set/12	out/12	nov/12	dez/12	jan/13
Coletas de dados E1									
Reuniões de curto prazo E1									
Coletas de dados E2									
Reuniões de curto prazo E2									
Seminário pré-programa de capacitação									
Proposta modelo - Versão 1									
Montagem apresentações de resultados E1 e E2									
Módulo 1 do programa de capacitação									

Figura 25: cronograma de realização da etapa 2 da pesquisa

4.4.2.1. Análise de documentos

A partir da análise dos planos de médio e de curto prazo gerados nas equipes 1 e 2, foi possível acompanhar a evolução dos seguintes indicadores: IRR, natureza das restrições, PPC e causas de não conclusão dos pacotes de trabalho.

Além disso, na E2, a partir do relatório de entrega de etapas, foi possível obter dados de aderência e entregas ao cronograma realizado pelo setor de Planejamento, tornando mais ampla e fundamentada a análise dos resultados na equipe.

A Figura 26 apresenta os documentos utilizados na etapa 2 da pesquisa.

Documentos - Etapa 2	Fonte
Cronogramas de projeto	Planejamento
Ckeck list utilizado para conferência de etapas de projeto, antes da liberação	equipe 1
Plano de longo prazo	equipes 1 e 2
Plano de médio prazo (IRR)	equipes 1 e 2
Plano de curto prazo (PPC e causas)	equipes 1 e 2
Relatórios de entregas de etapas de projeto (etapa / data / peso estrutural)	equipe 2

Figura 26: documentos analisados na etapa 2

4.4.2.2. Observação participante

A observação participante é uma forma de coleta de dados em que o pesquisador participa ativamente dos eventos em tempo real (YIN, 2003). Assim, é possível aprofundar o entendimento do contexto de estudo, além de esclarecer o comportamento interpessoal e a motivação dos envolvidos no trabalho (YIN, 2003). Por outro lado, segundo Yin (2003), as pessoas podem alterar seu comportamento por estarem sendo observadas e a pesquisadora pode influenciar os eventos, o que deve ser levado em conta na análise dos dados.

A observação participante foi a principal fonte de evidência dessa etapa por meio da participação da pesquisadora nas reuniões de curto prazo semanal. As reuniões planejamento

de médio prazo não foram acompanhadas diretamente pela pesquisadora, porém, foram realizados assessoramentos durante os encontros nas reuniões de curto prazo. Nesses encontros, por vezes, as equipes solicitavam auxílio e tiravam dúvidas sobre práticas do planejamento de médio prazo. A Figura 27 apresenta a duração e o número de reuniões observadas nas equipes 1 e 2.

Equipes	Projeto	Reuniões	Duração	Semanas observadas
E1	Detalhamento	Reuniões de curto prazo	De 30 min a 1 h	25
E2	Detalhamento	Reuniões de curto prazo	De 30 min a 1 h	25

Figura 27: duração e número de reuniões de curto prazo observadas nas equipes 1 e 2

Além disso, foi realizada a observação participante por parte da pesquisadora em 6 seminários e em 7 reuniões do setor de Engenharia, nos quais eram discutidas as melhorias implementadas, e em 4 reuniões de planejamento integrado entre os diferentes setores da empresa. Assim, buscou-se obter informações adicionais que colaborassem com o entendimento do contexto e da identificação de possíveis oportunidades de melhorias para o processo de planejamento e controle do projeto.

4.4.3 Etapa 3: Segunda Fase de Implementação

Na segunda fase de implementação, o SLP refinado, a partir da experiência da primeira etapa de implementação, foi implementado nas equipes 3, 4, 5 e 6. Após o primeiro módulo do programa de capacitação, no qual foram definidas as quatro equipes participantes, foram realizadas reuniões com cada CP, visando compreender o contexto de cada equipe. Assim, foram identificadas as principais características das equipes E3, E4, E5 e E6, descritas a seguir:

- a) E3: equipe de projeto conceitual, caracterizada por quatro frentes de projeto e uma frente de cálculo, liderada por um calculista principal. A E3 foi uma fusão de diferentes equipes após a reestruturação da Engenharia, portanto ainda havia muito trabalho em progresso remanescente da configuração anterior, afetando diretamente a produção da equipe. Além disso, um dos problemas apontados por seus integrantes era a falta de transparência de informações na equipe. A E3 não apresentava rotinas sistemáticas de planejamento, ou seja, cada frente de trabalho desenvolvia suas atividades a partir de um plano realizado pelo CP. Porém, o referido plano era frequentemente abandonado, possivelmente por não ser desenvolvido com a participação da equipe.

- b) E4: equipe de projeto conceitual, caracterizada por três frentes de projeto, já incluindo um calculista em cada frente. O CP da E4 realizava o planejamento de médio prazo da equipe sem análise de restrições e sem a participação dos projetistas. Foram apontadas dificuldades na alocação de projetos na equipe, pois não havia o controle do trabalho em progresso. Além disso, foram relatadas dificuldades em prever e planejar o sequenciamento das atividades de projeto (fluxo de trabalho). A E4 não apresentava rotina de reunião de curto prazo, nem utilizava indicadores de planejamento.
- c) E5: equipe de projeto de detalhamento, caracterizada por três frentes de detalhamento de estrutura e duas, de detalhamento de telhas. A E5 realizava as reuniões de curto prazo semanal, porém, sem registro e análise dos indicadores. Não havia planejamento de médio prazo na equipe.
- d) E6: equipe de projeto de detalhamento, caracterizada por três frentes de detalhamento de estrutura e uma, de detalhamento de telhas. A E6 não apresentava rotinas sistemáticas de planejamento, sendo a programação geral da equipe era realizada apenas pela coordenadora. Diversos problemas foram identificados, tais como: uma mesma obra sendo detalhada por várias frentes, devido à falta de planejamento; dificuldade em controlar a alocação de pessoas conforme a demanda de trabalho; e dificuldade em identificar as principais causas da não conclusão das tarefas.

A etapa 3 ocorreu de dezembro de 2012 a março de 2013, tendo a pesquisadora o papel de observadora participante nas reuniões de curto prazo das equipes.

A Figura 28 apresenta a composição de cada equipe e o número de semanas analisadas.

Equipes	Projeto	N° de semanas analisadas	N° de Frentes Projeto	N° de Frentes Cálculo
E3	Conceitual	5	4	1
E4	Conceitual	5	3	3
			N° de Frentes Det. Estrutura	N° de Frentes Det. Telhas
E5	Detalhamento	5	3	2
E6	Detalhamento	4	3	1

Figura 28: número de semanas analisadas e configuração das equipes E3, E4, E5 e E6

Os resultados dessa etapa foram apresentados pelas equipes e discutidos no módulo 2 do programa de capacitação, realizado no dia 30 de janeiro de 2013. Depois, entre os módulos 2 e 3, foram desenvolvidos os critérios para a implementação das boas práticas e a segunda

versão do modelo de planejamento e controle de projetos, apresentados no módulo 3 da capacitação.

A Figura 29 apresenta o cronograma de realização da etapa 3 desta pesquisa.

CRONOGRAMA - Etapa 3				
ATIVIDADES	dez/12	jan/13	fev/13	mar/13
Coletas de dados E3, E4, E5, E6				
Reuniões de curto prazo E3, E4, E5, E6				
Montagem apresentações de resultados E3, E4, E5, E6				
Módulo 2 do programa de capacitação				
Proposta critérios e boas práticas de planejamento				
Proposta modelo - Versão 2				
Preparação Jogo didático SLP				
Módulo 3 do programa de capacitação				

Figura 29: cronograma de realização da etapa 3 da pesquisa

4.4.3.1. Análise de documentos

A partir da análise dos planos de curto prazo gerados nas equipes foi possível acompanhar a evolução dos indicadores de planejamento. Além disso, a equipe 4 disponibilizou documentos da fase de negociação com o cliente, tais como atas de reunião, propostas comerciais e o documento de formatação de negócio (DFN). O DFN é um importante documento para o processo de projeto, pois é o único local que apresenta o registro dos requisitos do cliente. Esses documentos auxiliaram na compreensão da interface entre setor de vendas e equipe de projeto.

A Figura 30 apresenta os documentos utilizados na etapa 2 da pesquisa.

Documentos - Etapa 3	Fonte
Cronogramas de projeto	Planejamento
Plano de longo prazo	equipes 3, 4, 5, 6
Plano de médio prazo (IRR)	equipes 4, 6
Plano de curto prazo (PPC e causas)	equipes 3, 4, 5, 6
DFN	equipe 4
Ata de Reunião de Passagem	equipe 4
Proposta comercial	equipe 4

Figura 30: documentos analisados na etapa 3

4.4.3.2. Observação participante

A Figura 31 apresenta a duração e o número de reuniões observadas nas equipes 3, 4, 5 e 6. Assim, é possível observar a maior duração das reuniões de curto prazo nas equipes de projeto conceitual, devido à incerteza inerente dessa fase de projeto, a qual dificulta a definição dos pacotes de trabalho.

Equipes	Projeto	Reuniões	Duração	Semanas observadas
E3	Conceitual	Reuniões de curto prazo	De 30 min a 1 h 30 min	5
E4	Conceitual	Reuniões de curto prazo	De 30 min a 1 h 30 min	5
E5	Detalhamento	Reuniões de curto prazo	De 30 min a 40 min	5
E6	Detalhamento	Reuniões de curto prazo	De 30 min a 40 min	4

Figura 31: duração e número de reuniões de curto prazo observadas nas equipes 3, 4, 5 e 6

4.4.4 Etapa 4: Avaliação e Inserção do Sistema de Planejamento e Controle

Na etapa 4, foram realizadas duas avaliações da implementação de boas práticas de planejamento e controle de projetos nas equipes 1, 2, 3, 4, 5 e 6, com base em um protocolo de avaliação (ver seção 4.4.4.1).

Após as etapas 2 e 3, nas quais o SLP foi implementado em 6 das 9 equipes do setor de projeto, era necessário padronizar o modelo de planejamento e controle de projetos. Assim, entre o quarto e o quinto módulo da capacitação, ocorreu o seminário denominado *Last Planner Day*, quando foi iniciada a construção dos dispositivos visuais para apoiar o processo de planejamento e controle.

Além da implementação do sistema de planejamento no setor de Engenharia como um todo, buscou-se aprimorar a integração desse planejamento com os setores de fabricação e de montagem, contribuindo para a construção de um modelo de planejamento e controle integrado na empresa. Nesse sentido, a reunião de planejamento da Engenharia (RPE), já realizada semanalmente entre o setor de Planejamento e os coordenadores de projeto, cumpria um importante papel no desenvolvimento do planejamento integrado.

Nessa reunião buscava-se acompanhar o cumprimento de metas do setor, evitando o foco limitado em metas de cada unidade, as quais eram definidas com o apoio do setor de Planejamento. Além disso, a RPE foi identificada como uma oportunidade para nivelar o trabalho entre as diferentes equipes e identificar restrições de projeto que as equipes

isoladamente não eram capazes de eliminar. Assim, a pesquisadora participou da RPE como observadora participante em quatro oportunidades, entre outubro de 2012 e abril de 2013.

Na sequência, foi proposta a versão final do modelo de planejamento e controle de projetos, apresentada no módulo de fechamento da capacitação, realizado em 28 de agosto de 2013. Por fim, após a conclusão do estudo empírico, foi realizada a análise cruzada dos resultados nas diferentes etapas da pesquisa, consolidando a avaliação do modelo proposto. Procurou-se analisar o escopo da aplicabilidade do modelo, as dificuldades de implementação e seus impactos no processo de projeto. A partir disso, foram avaliadas as contribuições práticas e teóricas do modelo proposto.

A Figura 32 apresenta o cronograma de realização da etapa 4 de desenvolvimento desta pesquisa.

CRONOGRAMA - Etapa 4									
ATIVIDADES	fev/13	mar/13	abr/13	mai/13	jun/13	jul/13	ago/13	set/13	out/13
Primeira avaliação das boas práticas de planejamento									
Coleta de dados na Engenharia									
Implementação do modelo: planejamento integrado Eng.									
Montagem apresentações de avanços E1 e E2									
Módulo 4 do programa de capacitação									
Seminário <i>Last Planner Day</i>									
Proposta modelo - Versão final									
Segunda avaliação das boas práticas de planejamento									
Módulo 5 do programa de capacitação									
Análise dos resultados e contribuições da pesquisa									

Figura 32: cronograma de realização da etapa 4 da pesquisa

4.4.4.1. Avaliação da Implementação das Práticas de Planejamento

A partir do trabalho de Bulhões e Formoso (2005), foram definidas quatorze boas práticas de planejamento e controle do processo de projeto da empresa, e os critérios de avaliação dessas práticas, visando a avaliar o grau de maturidade do sistema implementado na empresa.

O protocolo de avaliação proposto pode ser usado por um avaliador externo ou pelas próprias equipes de projeto como uma forma de autoavaliação, permitindo uma comparação entre as equipes e a identificação das práticas que necessitam ser aprimoradas. As práticas, por sua vez, foram propostas inicialmente pela pesquisadora e discutidas com representantes do setor de Engenharia durante o módulo 3 da capacitação. Essas práticas, no entanto, devem ser atualizadas na medida em que o sistema de planejamento e controle evoluir na empresa.

A Figura 33 apresenta o protocolo de avaliação, contendo as práticas e os critérios referidos.

Critérios de avaliação da implementação das práticas de planejamento		
Equipe:	Data: / /	
Boas Práticas de planejamento		Grau
Curto Prazo	1. Rotina das reuniões de curto prazo	
	1.1 Dia e horário fixos?	
	1.2 Registram o PPC da semana anterior?	
	1.3 Analisam causas raiz de não cumprimento dos pacotes da semana anterior?	
	1.4 O plano é padronizado?	
	1.5 Os demais membros da equipe recebem o plano de curto ou apenas os pacotes de sua responsabilidade?	
	2. Definição correta dos pacotes de trabalho	
	2.1 Ação bem definida () 2.2 Projeto/obra () 2.3 Etapa ()	
	2.4 Duração dos pacotes () 2.5 Responsáveis pela execução pacotes ()	
	3. Inclusão de pacotes de trabalho sem restrições no plano de curto prazo	
	() Sim; () Não. Explicar.	
	4. Programação de tarefas suplentes	
	4.1 São programadas tarefas reservas, caso a produção seja afetada por imprevistos?	
4.2 Percebem benefícios na prática?		
5. Tomada de decisão participativa nas reuniões de curto prazo		
5.1 Quem define os pacotes de trabalho?		
5.2 Quem participa da reunião?		
5.3 Há negociação, entre projetistas/CP, das etapas a serem executadas na semana?		
6. Realização de ações corretivas a partir das causas do não conclusão dos planos		
6.1 O que é feito a partir da identificação das causas? Com que frequência?		
6.2 Há ações corretivas no planejamento?		
6.3 Citar exemplos de melhoria de desempenho da equipe.		
6.4 Ocorre o feedback dessas melhorias à equipe? Com que frequência?		
Médio Prazo	7. Rotina do planejamento de médio prazo	
	7.1 Qual a frequência da reunião de médio prazo?	
	7.3 O plano é padronizado (horizonte/atualização)?	
	7.4 Quem participa do planejamento?	
	7.5 Ocorre a análise de restrições?	
	7.6 Ocorre a difusão do plano? Como?	
	8. Remoção sistemática das restrições	
	8.1 Quantas semanas são consideradas na análise das restrições?	
8.2 É utilizado indicador para controle de remoção - IRR?		
8.3 Ocorre a análise da natureza das restrições, gerando aprendizado?		
8.4 Quais as dificuldades encontradas na remoção das restrições?		
Longo Prazo	9. Elaboração de um plano de longo prazo transparente	
	9.1 Plano de longo prazo visível ()	
	9.2 Plano de longo prazo de fácil compreensão pelos membros da equipe ()	
	9.3 Software:	
	10. Utilização de indicadores para avaliar o cumprimento de prazos das entregas de projeto	
	10.1 Existe um indicador que indique se o projeto está atrasado ou adiantado? Qual?	
	10.2 O que é feito após a identificação de desvio de prazo?	
10.3 Há o controle de aderência de entrega de etapas de projeto?		
10.4 Há o controle de avanço físico?		
11. Atualização sistemática do plano de longo prazo para refletir o andamento dos projetos		
11.1 Ocorre a atualização periódica do cronograma: processo de retroalimentação com informações provenientes dos níveis inferiores de planejamento? Com que frequência?		
Geral	12. Formalização do processo de planejamento e controle de projeto	
	() Curto Prazo () Médio Prazo () Longo Prazo	
	13. Análise crítica do conjunto de dados	
	13.1 O que é feito com os dados coletados no planejamento?	
	13.2 Existe rotina de reuniões para análise crítica dos dados? Com que frequência?	
	13.3 Os dados são utilizados para tomada de ações corretivas?	
	13.4 A gerência controla os dados gerados nas equipes?	
14. Utilização de dispositivos visuais para disseminar as informações		
14.1 Existe quadro de informações na equipe?		
14.2 O que consta no quadro: () metas () planos () indicadores		
() outros _____		
14.3 Há padronização do quadro visual?		

Implementada (1) - Parcialmente implementada (0,75) - Fracamente implementada (0,25) - Não implementada (0)

Figura 33: protocolo de avaliação, contendo boas práticas de planejamento e critérios de avaliação

A Figura 34 apresenta as quatro diferentes notas consideradas, que devem ser atribuídas para cada prática. Assim, os resultados incluem a análise do grau de maturidade da implementação de cada prática por equipe e para o setor de projetos como um todo.

Grau de Implementação das Práticas	
Implementada	1
Parcialmente implantada	0,75
Fracamente implantada	0,25
Não implementada	0

Figura 34: indicador de eficácia da implementação das boas práticas de planejamento

A primeira avaliação das equipes foi realizada em março de 2013 e apresentada no módulo 4 da capacitação. A segunda, ocorreu em agosto de 2013, sendo seus resultados apresentados no módulo de fechamento da capacitação.

4.4.4.2. Avaliação do Modelo Desenvolvido

A avaliação do modelo de planejamento e controle de projetos desenvolvido foi realizada com base em critérios estabelecidos pela pesquisadora, considerando a sua definição e a sua inserção no setor de projetos da empresa. Para tanto, dois constructos foram definidos: (a) utilidade do modelo; e (b) facilidade de uso do modelo. Esses foram desdobrados em subconstructos e variáveis, determinando, assim, critérios para facilitar a mensuração do modelo.

Os subconstructos, por sua vez, foram conectados às múltiplas fontes de evidência, as quais apontaram as evidências que possibilitaram a avaliação do modelo proposto. Portanto, foram considerados os dados obtidos ao longo da implementação das práticas propostas, incluindo o número de equipes que implementaram o modelo, a análise da evolução de indicadores, o uso de dispositivos visuais, entre outras evidências. Além disso, foram considerados dados qualitativos, a partir da observação participante nas reuniões, discussões nos seminários e conversas informais com os envolvidos no estudo.

A Figura 35 apresenta os constructos, subconstructos e variáveis, assim como as respectivas fontes de evidência utilizadas para a avaliação de cada subconstructo, os quais são retomados no capítulo de resultados (ver seção 5.5).

Constructos	Subconstructos	Variáveis	Fontes de evidência
Utilidade	Eficácia do planejamento	<ul style="list-style-type: none"> • Descentralização do planejamento e controle • Colaboração entre os integrantes das equipes • Comprometimento com o planejamento • Implementação do SLP • Análise de indicadores (PPC e causas) 	<ul style="list-style-type: none"> • Análise de documentos • Observação participante • Avaliação da implementação das práticas de planejamento • Percepção da pesquisadora
	Mecanismo de proteção da produção de projeto	<ul style="list-style-type: none"> • Planejamento de médio prazo com análise das restrições • Formação de um estoque de atividades prontas para serem executadas no curto prazo • Implementação do SLP • Análise de indicadores (IRR) 	
	Aprendizagem através do uso dos indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclo de aprendizagem semanal, através do uso de indicadores locais • Ciclo de melhoria mensal, através da análise conjunta dos indicadores 	<ul style="list-style-type: none"> • Análise de documentos • Entrevistas com os envolvidos no estudo • Observação participante • Avaliação da implementação das práticas de planejamento • Percepção da pesquisadora
	Transparência e disponibilidade de informações	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de dispositivos visuais para divulgação do planejamento e de indicadores • Planejamento de médio prazo integrado entre as equipes 	
	Flexibilidade na tomada de decisão	<ul style="list-style-type: none"> • Previsibilidade das atividades futuras • Previsibilidade da capacidade das equipes 	
Facilidade de uso	Coleta, processamento e análise dos indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Definição dos responsáveis pela coleta, processamento e análise de dados • Facilidade da coleta e processamento • Compreensão dos indicadores 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas com os envolvidos no estudo • Observação participante • Seminários para discussão das práticas e indicadores
	Realização sistemática de reuniões	<ul style="list-style-type: none"> • Definição dos níveis e dos horizontes de planejamento • Duração das reuniões • Definição dos participantes das reuniões 	<ul style="list-style-type: none"> • Análise mapa de PDP da empresa • Observação participante • Seminários para discussão das práticas e indicadores
	Compreensão das práticas de planejamento e dos conceitos e princípios fundamentais	<ul style="list-style-type: none"> • Disseminação das práticas, conceitos e princípios • Número de equipes que implementaram o modelo • Inserção do sistema de planejamento e controle do processo de projeto no setor 	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de capacitação • Seminários para discussão das práticas e indicadores • Percepção da pesquisadora

Figura 35: constructos, subconstructos, variáveis e fontes de evidência utilizados na avaliação do modelo

5 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos ao longo do desenvolvimento da pesquisa nas etapas 1, 2, 3 e 4. O principal produto da etapa 1 é a descrição do processo de desenvolvimento do produto da empresa, como parte do diagnóstico inicial. Na etapa 2, foi realizada a primeira fase de implementação nas equipes de projeto, tendo como produto final a versão 1 do modelo. Uma versão revisada desse modelo foi produzida como resultado da etapa 3. Finalmente, ao final da etapa 4, foram analisados os resultados da implementação e a inserção do modelo proposto no setor de projeto da empresa, com base na análise cruzada dos resultados das etapas desenvolvidas. Ao final do capítulo, é realizada uma reflexão sobre as contribuições do modelo.

5.1 ETAPA 1: COMPREENSÃO

5.1.1 Processo de Desenvolvimento de Produto

Na etapa 1 de compreensão da presente pesquisa, foi desenvolvido um modelo do PDP da empresa. Esse modelo foi inicialmente proposto pela pesquisadora e depois validado através das entrevistas semiestruturadas com os representantes da empresa.

A Figura 36 apresenta uma visão geral do modelo do PDP proposto, o qual é baseado no modelo referencial de Rozenfeld *et al.* (2006). Nele, são representadas as macrofases de pré-desenvolvimento e desenvolvimento identificadas na empresa, sendo propostos os seguintes portais (*gates*): (a) consolidação da proposta comercial junto ao cliente; (b) entrega do projeto conceitual às equipes de detalhamento; (c) entrega de etapas de projeto de detalhamento para a produção; (d) entrega de peças para montagem em obra; e (e) entrega do produto (edificação) ao cliente. O processo de padronização de produtos, realizado pelo setor de Engenharia de Padronização, foi identificado como um processo de apoio ao PDP da empresa. O objetivo do referido processo é identificar oportunidades e propor melhorias nos produtos da empresa.

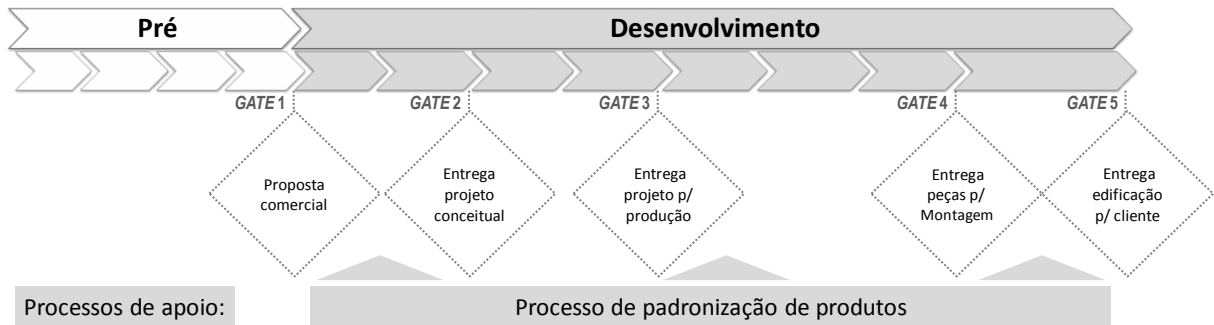


Figura 36: modelo do PDP da empresa

A macrofase de pré-desenvolvimento compreende, inicialmente, as fases de identificação e registro dos requisitos do cliente no DFN. Na sequência, o Planejamento realiza o cronograma, o qual inclui as datas de todos os processos da macrofase de desenvolvimento do PDP. O cronograma é um importante argumento de venda, pois muitos clientes optam pela estrutura metálica, apesar do custo alto, em função dos prazos mais curtos de execução em obra. Paralelamente, no setor de Orçamento, o orçamento e a proposta comercial são realizados. Depois, a proposta comercial é enviada ao cliente.

A Figura 37 apresenta as atividades desenvolvidas ao longo dessas fases, sendo relacionadas aos setores responsáveis pela execução das mesmas. O *gate 1* sinaliza a aprovação da proposta comercial pelo cliente, a assinatura do contrato de venda da obra e o início da macrofase de desenvolvimento do produto. Caso o cliente solicite uma revisão da proposta, as atividades podem vir a ser realizadas novamente, retornando às atividades de captura de requisitos (1) e/ou de cronograma (3a) e orçamento (3b).

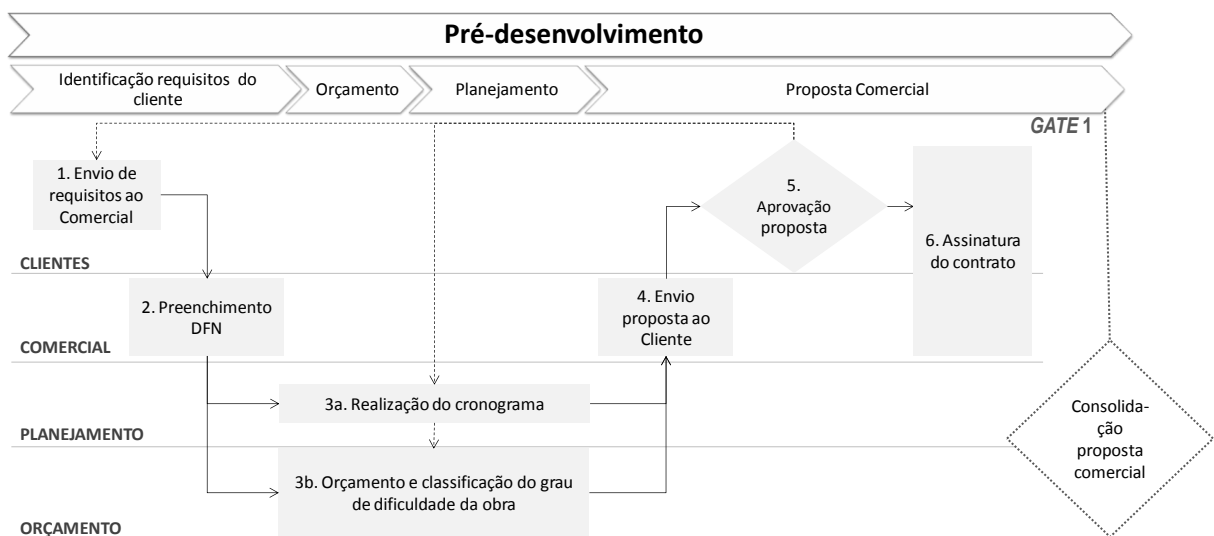


Figura 37: macrofase de pré-desenvolvimento do PDP da empresa

A macrofase de desenvolvimento está apresentada nas Figuras 38 a 40.

Entre os *gates* 1 e 2, na fase de pré-projeto, o cronograma da obra é cadastrado nos sistema pelo Planejamento, e ocorre a reunião de passagem de obra (RPO), na qual participam representantes dos seguintes setores: Comercial, Planejamento, Orçamento e Engenharia. O coordenador de contratos, também presente na RPO, acompanha o desenvolvimento do produto do início ao fim, sendo o principal contato do cliente na empresa. Na RPO todas as informações disponíveis, projetos existentes, documentos e requisitos do cliente são passados à equipe de projeto conceitual designada.

Na sequência, levando de 3 a 5 dias, o pré-projeto é desenvolvido, englobando plantas baixas, cortes, fachadas e detalhes de projeto. Depois, o pré-projeto é apresentado em reunião com o cliente, na qual uma primeira solução é apresentada. Assim, é possível revisar e esclarecer os requisitos, em busca de uma melhor definição das soluções e especificações de projeto. Geralmente, os clientes dessa fase são engenheiros e arquitetos de empresas contratadas pelo cliente final (o contratante da obra).

Na prática, foi identificado que essa reunião nem sempre ocorre, na maioria das vezes em função da distância física. Diante disso, os requisitos são revisados por *e-mail* ou por telefone, trazendo por vezes impactos negativos no processo de projeto, tais como perda de requisitos importantes para o cliente, retrabalhos, e revisões de projeto. Esses impactos foram evidenciados por meio da análise de documentos, como os planos realizados nas equipes, e da observação participante nas reuniões de planejamento de curto prazo.

Ainda, durante essa fase de desenvolvimento do projeto conceitual é comum a ocorrência de mudanças nos requisitos, podendo existir divergências em relação ao escopo vendido. Nesse caso, é necessária a inclusão de aditivos contratuais que devem ser renegociados com o contratante, o que, por vezes, resulta em atrasos no processo de projeto.

Após a aprovação do pré-projeto pelo cliente, é iniciada a fase de projeto de aprovação, na qual o projeto é mais bem definido e detalhado, e o cálculo estrutural é realizado. A seguir, o projeto é enviado por *e-mail* ao cliente e, se aprovado, é realizada a verificação final pela equipe de projeto conceitual. Por fim, ocorre a reunião de passagem do projeto à equipe de projeto de detalhamento, caracterizando assim o *gate* 2.

As fases e atividades entre os *gates* 1 e 2 são apresentadas na Figura 38.

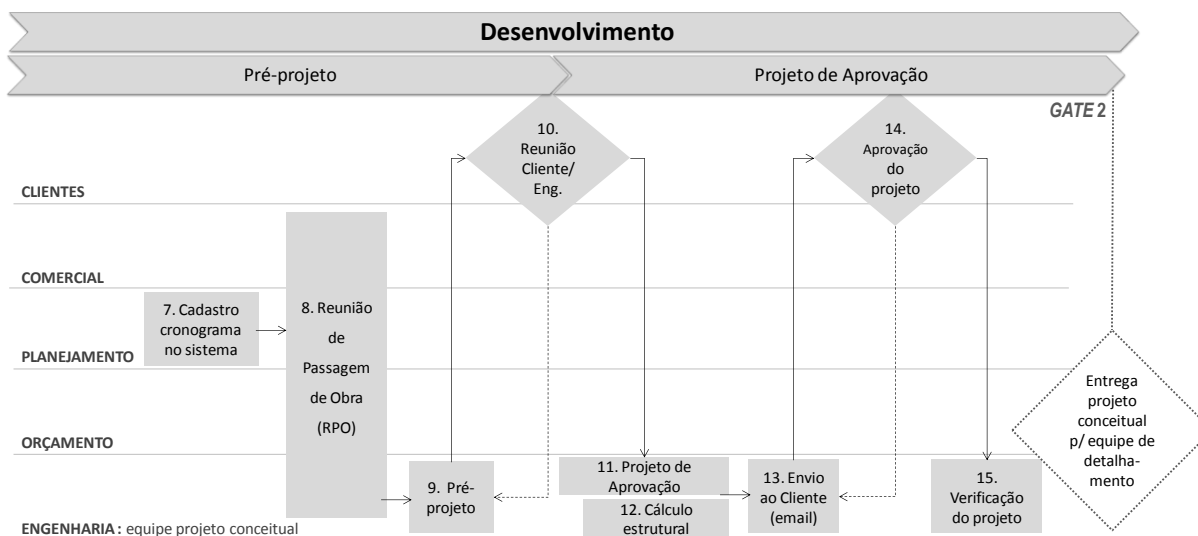


Figura 38: macrofase de desenvolvimento do PDP da empresa, entre os *gates* 1 e 2

Entre os *gates* 2 e 3, inicialmente, as equipes de projeto de detalhamento desenvolvem os projetos de detalhamento de estrutura, os quais incluem vista superior, cortes, desenhos de montagem, desenhos de fabricação, detalhes de projeto, entre outros. A produção de projetos de detalhamento é iniciada a partir da disponibilidade de projetos conceituais finalizados, caracterizando uma produção empurrada.

A seguir, são realizadas a verificação e a entrega das subetapas de projeto para a produção (Fábrica e Montagem). O processo de entrega para a produção, no entanto, é muito longo, podendo durar de um turno a um dia de trabalho. Isso ocorre principalmente devido ao cadastramento manual de dados de cada desenho no sistema, como número da prancha, descrição, responsável técnico, data, peso, tipo de produto, lista de materiais, impressão para Fábrica e para a Montagem, entre outros dados.

As frentes de detalhamento de telhas podem iniciar suas atividades em paralelo, a partir de determinadas informações e desenhos fornecidos pela frente de estrutura. Porém, as subetapas de telhas devem ser entregues somente após as subetapas de estrutura de cada etapa, respeitando a ordem de fabricação e montagem pré-estabelecida, caracterizando, assim, o *gate* 3.

As fases e atividades entre os *gates* 2 e 3 são apresentados na Figura 39.

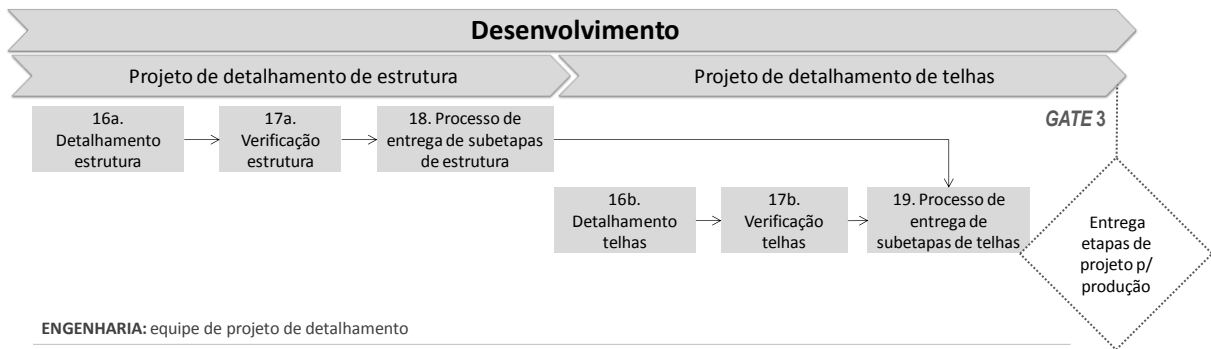


Figura 39: macrofase de desenvolvimento do PDP da empresa, entre os *gates* 2 e 3

Após a entrega das subetapas de projeto, é realizada a lista de peças (pacotes de produtos) para a produção no setor de Estrutura de Produto (EP). Depois, no setor de PCP de Fábrica, é realizado o planejamento de produção da Fábrica e, por fim, a produção das peças metálicas. O *gate* 4, portanto, representa a entrega de etapas e de projeto para a Montagem em obra. Finalizando a macrofase de desenvolvimento, após a montagem dos sistemas construtivos metálicos em obra, ocorre a entrega da edificação ao cliente, representada pelo *gate* 5.

As fases e atividades entre os *gates* 3 e 5 são apresentados na figura 40.

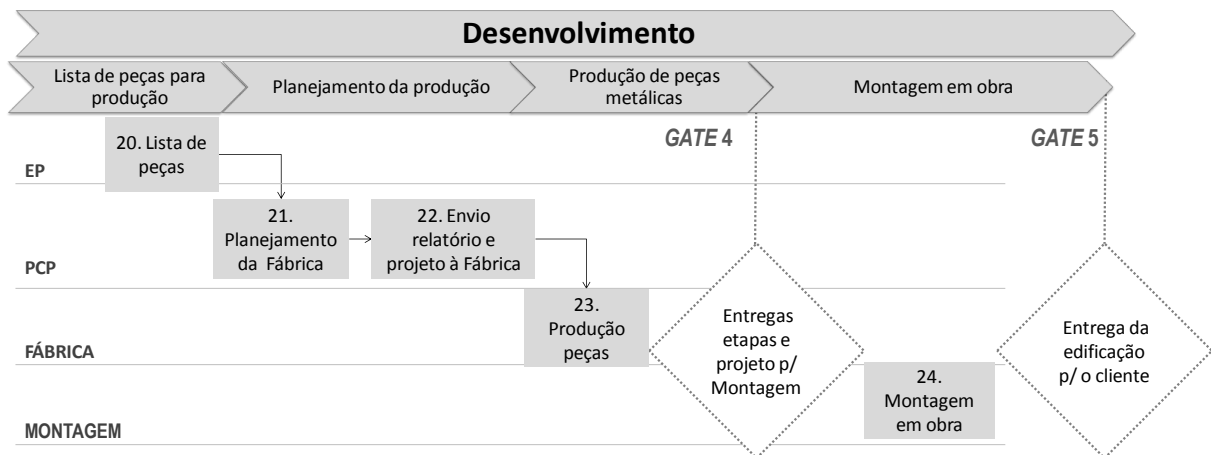


Figura 40: macrofase de desenvolvimento do PDP da empresa, entre os *gates* 3 e 5

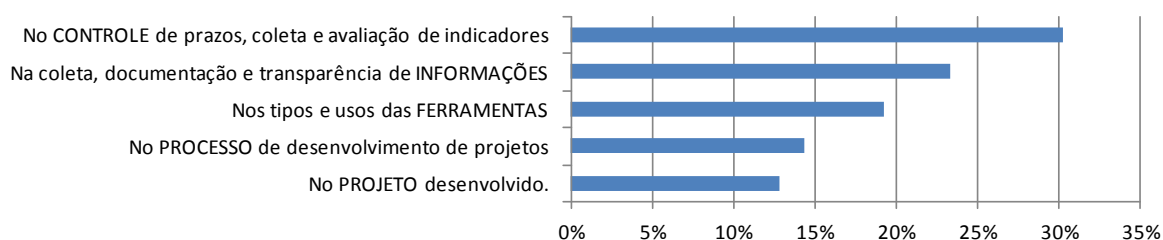
5.1.2 Oportunidades de melhorias identificadas

A partir das entrevistas semiestruturadas (seção 4.4.1.1), da análise do modelo do PDP e da análise dos resultados da *survey* (seção 4.4.1.2), foram identificadas algumas oportunidades de melhorias PDP da empresa, com foco em aprimorar seu processo de projeto.

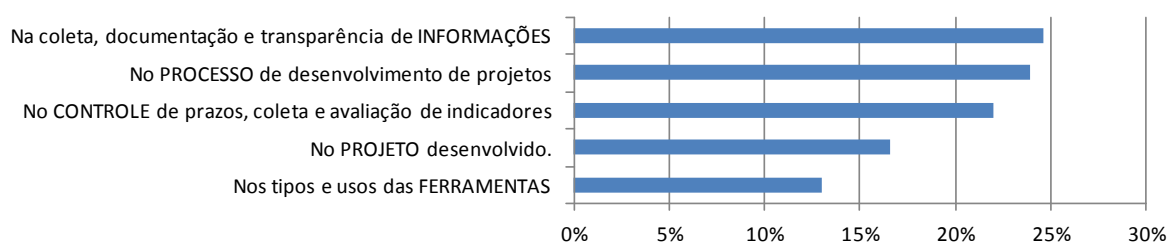
Visando a identificar prioridades de melhorias, na visão dos funcionários, uma das questões da *survey* compreendeu a ordenação de prioridades de intervenção.

A Figura 41 apresenta os resultados para os subgrupos Fornecedores, Engenharia e Clientes.

FORNECEDORES



ENGENHARIA



CLIENTES

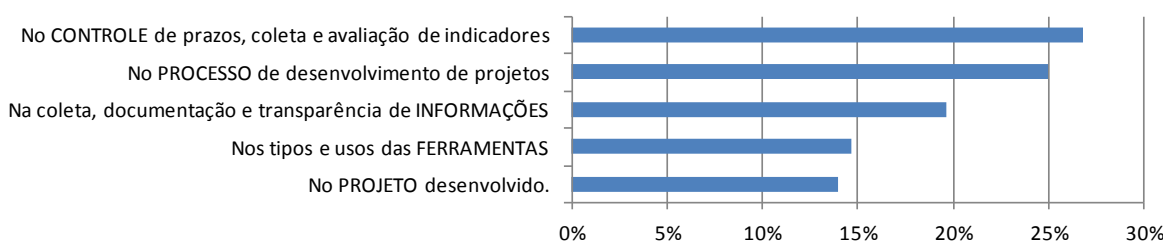


Figura 41: ordenação das prioridades de melhorias - subgrupos Fornecedores, Engenharia e Clientes

As seguintes categorias foram elencadas pelos funcionários como principais oportunidades de melhorias: controle de prazos e utilização de indicadores de planejamento; fluxo de informação; e processo de projeto. Dessa forma, foi confirmada a necessidade de aprimorar o planejamento e controle do processo de projetos da empresa. As oportunidades identificadas e as melhorias propostas a seguir, a partir da análise das múltiplas fontes de evidência, pertencem às categorias elencadas pelos funcionários.

De uma forma geral, com base nas entrevistas realizadas, foi identificada a oportunidade em desenvolver treinamentos com foco em atingir os objetivos e metas da empresa como um todo, apresentando a teoria para apoiar as implementações dos conceitos na prática, e aumentar a integração entre os setores. Visando essa integração, inicialmente é necessário estabilizar o processo em cada setor, para em um segundo momento, promover o planejamento integrado entre eles. Assim, é possível aumentar a transparência do fluxo de informações ao longo do processo, diminuindo retrabalhos e possibilitando a obtenção de produtos de acordo com as expectativas do cliente final.

Na macrofase de pré-desenvolvimento do PDP, há pouca participação da Engenharia, principalmente em função da distância física entre o setor de projetos e o setor comercial, que atende cada cliente específico em diferentes estados do Brasil. Porém, na maioria das vezes, o Planejamento precisa consultar as equipes de projeto informalmente a fim de confirmar a capacidade das equipes em atender aos prazos demandados, ainda em fase de negociação. No entanto, não há a disponibilização sistemática dessas informações na Engenharia.

Diante disso, uma possível melhoria no PDP em questão é antecipar a participação de projetistas da Engenharia na fase de negociação e captura dos requisitos do cliente. Essa prática possibilita a melhor definição dos requisitos do cliente, assim como a identificação de soluções construtivas mais adequadas e de menor custo no início do processo.

Além disso, a gestão de requisitos e registro sistemático das mudanças realizadas, principalmente na fase de negociação comercial e de projeto conceitual, são práticas que permitem a geração de valor ao cliente final. Diante de um processo padronizado, os requisitos podem ser categorizados, visando explicitar os tipos de requisitos necessários nas diferentes fases de projeto. Assim, é possível tornar o processo mais transparente aos projetistas, facilitando também a comunicação com o cliente, que é o principal fornecedor de informações, e a melhor definição do fluxo de trabalho. Ainda, ao diminuir a incerteza no tempo de recebimento das informações, é possível melhorar o atendimento aos prazos.

Na fase de projeto conceitual, foi identificada a oportunidade em buscar uma maior proximidade com o cliente através da sistematização dos contatos e das reuniões. Ou seja, buscar a identificação dos principais clientes e padronizar o atendimento. Da mesma forma, é importante identificar e garantir que os principais tomadores de decisão estejam presentes na reunião, a fim de evitar iterações negativas, podendo incluir os projetistas da empresa, os diferentes clientes, os responsáveis pelo projeto arquitetônico e pelos projetos complementares, entre outros.

Além disso, é preciso aumentar a transparência das informações na Engenharia, a fim de explicitar o status da sua capacidade ao Planejamento. Dessa forma, é possível melhor gerenciar a capacidade na aceitação de novos projetos e assumir prazos exequíveis na fase de negociação com o cliente. Esse foi um dos principais pontos identificados a partir das múltiplas fontes de evidência utilizadas nessa etapa de compreensão.

Em suma, as seguintes oportunidades de melhorias relacionadas ao planejamento e controle de projeto foram identificadas:

- a) Aumentar o comprometimento dos projetistas com os prazos estabelecidos no cronograma, pois, apesar do alto nível de satisfação dos entrevistados em relação ao atendimento aos prazos de projeto, os mesmos consideraram aceitáveis atrasos de até três dias, alegando que os setores a jusante poderiam absorver esse atraso;
- b) Aproximar o setor de Planejamento e a Engenharia, visando aprimorar a eficácia do planejamento;
- c) Sistematizar as reuniões de planejamento nas equipes de projeto, com foco em atingir a meta global do setor e da empresa, em detrimento de metas isoladas em cada unidade de produção;
- d) Utilizar indicadores locais que possibilitem retroalimentação às equipes de projeto e melhorias diretas no setor, assim como indicadores de eficácia do planejamento; e
- e) Aumentar a transparência das informações.

Além disso, é necessário melhorar a compreensão dos indicadores existentes pelos funcionários. O indicador de aderência ao cronograma, ou seja, a relação do que é planejado e o que é efetivamente produzido, existe na empresa, porém com foco no peso estrutural (toneladas), em vez de etapas completas. Assim, muitas vezes, a fim de atingir a meta mensal de toneladas produzidas, as equipes de projeto antecipam etapas mais simples de projetar, ou mais pesadas, programadas para o mês seguinte, porém sem antes entregar as etapas planejadas para o mês vigente. Dessa forma, a meta expressa por meio de peso estrutural impacta diretamente no planejamento de projeto e da produção.

Em relação aos processos à jusante da Engenharia, foi identificado que os projetistas buscam a comunicação com a produção para adequar o projeto, porém as informações e mudanças de padrão não chegam sistematicamente e, por vezes, essa situação gera retrabalhos. Assim, o fluxo de informação entre os setores deve ser mais bem gerenciado, estruturando a coleta e a transmissão das informações, principalmente devido ao rápido crescimento da empresa. Ainda, diante do contexto de múltiplos projetos sendo desenvolvidos simultaneamente, foi identificada a necessidade em aprimorar o controle da matéria-prima, pois os recursos disponíveis no início do projeto, por vezes, são consumidos por outros projetos antes do início da produção das peças.

Os setores à jusante da Engenharia também apontaram a oportunidade em padronizar os projetos, identificando, assim, as informações necessárias para os projetos de produção e de montagem em obra a fim de evitar informações redundantes. Ainda, a padronização de desenhos e informações, principalmente na fase conceitual, facilita a colaboração entre as diferentes equipes de projeto e das mesmas com os escritórios de projetos terceirizados. Através dessa padronização, pode-se reduzir a necessidade de assessoramento aos setores à jusante, e facilitar o entendimento do projeto pelo cliente, possivelmente tornando mais rápido o retorno de comentários e revisões, e, conseqüentemente, reduzindo o tempo total de aprovação de projeto.

A produção de projeto em lotes, na fase de detalhamento, representa a oportunidade de utilização da produção puxada a partir dessa etapa do processo, com base no status da Fábrica. Dessa forma, é possível estabelecer um processo híbrido (HOPP; SPEARMAN, 2000), iniciado como um sistema de produção empurrada a partir do pedido do cliente, mas estabelecendo um sistema de produção puxada, a partir da fase de projeto de detalhamento. Nessa fase, o trabalho não depende diretamente das decisões do cliente, portanto, é possível estabelecer um sistema de planejamento no qual o plano de médio prazo da Fábrica autoriza a produção do projeto de detalhamento. A partir disso, evita-se a formação de estoque de projetos para a produção, um tipo de perda por antecipação.

A Figura 42 apresenta o sistema híbrido descrito.

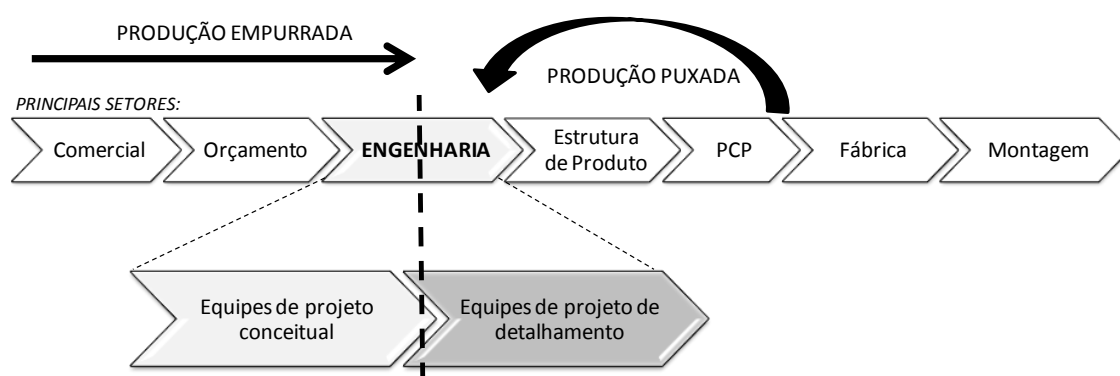


Figura 42: sistema híbrido de produção (produção empurrada e produção puxada)

Por outro lado, é importante simplificar e automatizar o processo de entrega de subetapas, ou seja, reduzir o tempo de *set up*, a fim de evitar que esse procedimento seja o motivo de atraso de projeto. Apesar disso, os entrevistados demonstraram-se satisfeitos com a entrega em lotes, principalmente por possibilitar a maior transparência de informações e facilitar a definição de

responsabilidades na equipe. Ainda, apontaram o aumento da flexibilidade do processo de projeto, pois um problema pontual, quando não afeta as demais subetapas, não para a produção.

De uma forma geral, constatou-se, a partir das entrevistas, que os resultados de uma fase anterior são pouco avaliados a cada *gate* do PDP. Com isso, os problemas são resolvidos na medida em que vão emergindo, mas em geral não são registrados formalmente. Assim, o nível de retroalimentação e aprendizado no processo é baixo, identificando-se, portanto, oportunidades de melhorias nesse quesito.

Nesse sentido, a macrofase de pós-desenvolvimento é essencial na retroalimentação do processo de PDP, pois, a partir do acompanhamento sistemático, manutenção, documentação de melhorias durante o ciclo de vida do produto e da sua avaliação em uso, são identificadas oportunidades de melhorias que devem ser inseridas no PDP (ROZENFELD *et al.*, 2006). No entanto, não foram identificadas atividades correspondentes à referida macrofase no PDP da empresa.

A Figura 43 apresenta três fases que poderiam ser consideradas no pós-desenvolvimento: (a) acompanhamento do processo e do produto; (b) realização de pesquisa de satisfação pós-ocupação; e (c) manutenção do produto.

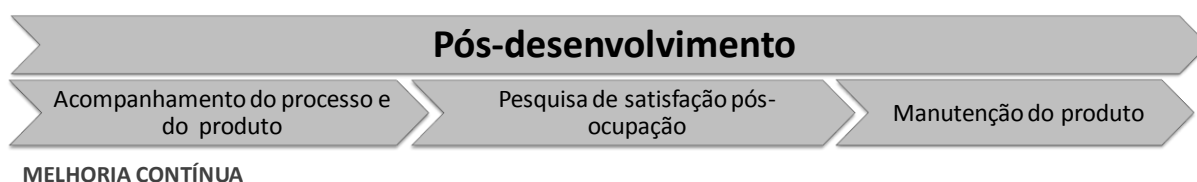


Figura 43: proposta de atividades para a macrofase de pós-desenvolvimento do PDP da empresa

A partir disso, é possível gerar o aprendizado na empresa e retroalimentar o PDP. As informações advindas dessa macrofase auxiliam no desenvolvimento de produtos futuros, evitando a repetição de erros e possibilitando o aumento do valor agregado ao produto, representando o melhor entendimento das necessidades dos clientes. Dessa forma, é possível aumentar a competitividade em um mercado altamente dinâmico, pois o processo de melhoria se torna constante e contínuo.

O setor de Melhoria Contínua, criado por iniciativa da empresa em julho de 2012, com o objetivo de identificar e apoiar melhorias ao longo do PDP, foi identificado como agente em

potencial para liderar e desenvolver as atividades das fases de pós-desenvolvimento. A Figura 44 apresenta uma visão geral do modelo de PDP da empresa, a partir das melhorias sugeridas.

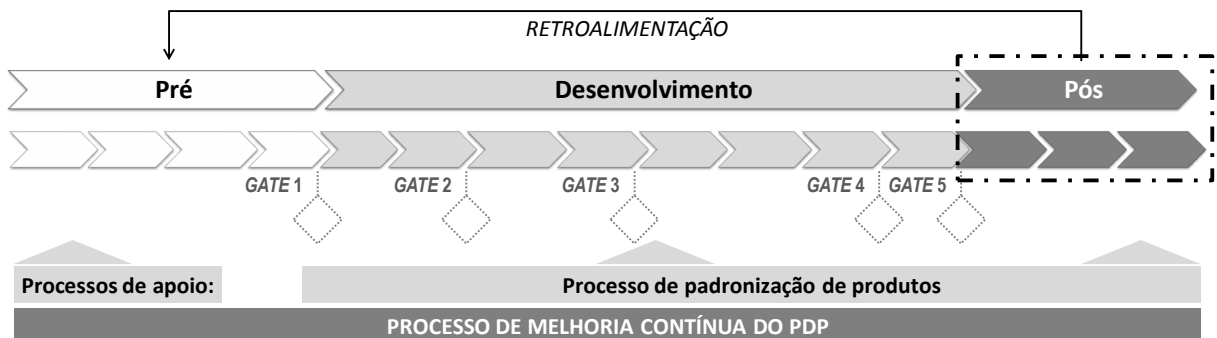


Figura 44: modelo sugerido para o PDP da empresa

5.2 ETAPA 2: PRIMEIRA FASE DE IMPLEMENTAÇÃO

5.2.1 Equipe 1

A etapa de compreensão na equipe 1 (E1) foi iniciada em maio de 2012. A partir de entrevistas não estruturadas com a CP e principais projetistas-líderes, foram identificadas as principais atividades desenvolvidas e a situação do planejamento e controle de projeto adotado pela equipe.

A maioria dos projetos realizados na E1 era da família do tipo CD. Ainda, a fase de detalhamento de estruturas foi apontada como mais complexa do que a de detalhamento de telhas, pois a estrutura é menos padronizada. Não havia rotinas definidas de planejamento, pois esse era realizado pela CP com pouca participação dos projetistas.

O controle era praticamente inexistente, com as entregas de projeto baseadas somente no cronograma realizado pelo setor de Planejamento, ilustrado na Figura 45. Porém sem análise de dados e busca de aprendizado sistemático sobre o executado.

		Projeto Aprovação Eng		Coordenadores Projetos					
		Início	Final						
PRÉ ETAPA									
Envio projeto		22/04/13	02/05/13	Projeto Aprovação:					
Aprovação cliente		02/05/13	07/05/13	Projeto detalhamento:					
		Engenharia		EP		Fabricação		Logística	
		Início	Final	Início	Final	Início	Final	Início	Final
ETAPA_01	PRINCIPAL - EIXOS 01 AO 03 / A AO G (5742m²)								
01A10	Chumbação	07/05/13	10/05/13	13/05/13	16/05/13	17/05/13	21/05/13	22/05/13	31/05/13
01A20	Medajoist	07/05/13	13/05/13	14/05/13	17/05/13	18/05/13	05/06/13	07/06/13	16/06/13
01A30	Estrutura	07/05/13	20/05/13	21/05/13	24/05/13	25/05/13	22/06/13	24/06/13	03/07/13
01A35	Escadas	07/05/13	20/05/13	21/05/13	24/05/13	25/05/13	22/06/13	24/06/13	03/07/13
01B10	Telha de Cobertura	14/05/13	27/05/13	28/05/13	31/05/13	01/06/13	29/06/13	01/07/13	10/07/13
01B20	Telha de Fechamento	14/05/13	27/05/13	28/05/13	31/05/13	01/06/13	29/06/13	01/07/13	10/07/13
01B30	Calhas Arremates	14/05/13	27/05/13	28/05/13	31/05/13	01/06/13	29/06/13	01/07/13	10/07/13
01B40	Lanternin	14/05/13	27/05/13	28/05/13	31/05/13	01/06/13	29/06/13	01/07/13	10/07/13
01B50	Zenital	14/05/13	27/05/13	28/05/13	31/05/13	01/06/13	29/06/13	01/07/13	10/07/13
ETAPA_02	PRINCIPAL - EIXOS 03 AO 04 / A AO G (2871m²)								
02A20	Medajoist	14/05/13	21/05/13	22/05/13	27/05/13	28/05/13	15/06/13	17/06/13	26/06/13

Figura 45: cronograma de projeto, realizado pelo setor de Planejamento

Os cronogramas por projeto recebidos do Planejamento eram unificados em uma planilha do *software* Excel, na qual a CP apontava os responsáveis e enviava por *e-mail* aos projetistas da equipe. No entanto, estas atividades eram, na realidade, etapas de projeto praticamente copiadas do cronograma. Assim, o status da equipe não era considerado no planejamento, gerando pouco comprometimento com prazos por parte dos projetistas e, conseqüentemente, o abandono do plano, cenário típico da abordagem de *management as planning* (gestão como planejamento).

Além disso, o planejamento era atualizado diariamente, tomando muito tempo da CP, que estava tendo dificuldades em participar de reuniões com o cliente e outras reuniões da Engenharia, nas quais os meios para atingir a meta do setor são discutidos, ou seja, recursos e limitações de cada equipe, em um nível tático de planejamento. Além disso, com base em relatos dos projetistas, era comum a comunicação das atividades a serem realizadas somente no momento da sua execução. Como resultado, com base nas entrevistas realizadas pela pesquisadora, os pré-requisitos muitas vezes não estavam disponíveis, gerando atrasos de projeto.

As reuniões na equipe eram realizadas esporadicamente, ou seja, sem uma rotina sistemática, não sendo despendida suficiente atenção para a solução de problemas existentes. Devido ao planejamento pouco efetivo, diariamente a CP sentia a necessidade de conferir individualmente o status do trabalho em progresso em cada frente de trabalho. Ainda, a equipe não tinha autonomia para a tomada de decisão, portanto frequentemente a CP era envolvida em atividades operacionais, como tirar dúvidas e eliminar restrições na medida em que surgiam.

Já nesta etapa inicial de compreensão, foi identificada a pouca integração entre as equipes de projeto. De fato, foi relatado que, por vezes, algumas equipes ficavam ociosas, devido a indefinições por parte do cliente em um determinado projeto. Nessa situação, havia uma tendência de antecipar etapas planejadas para o mês seguinte, embora outras equipes estivessem sobrecarregadas. Dessa forma, não há garantia de que o trabalho necessário está sendo realizado e a produção de uma equipe isoladamente não garante o atendimento à meta do setor.

Nesse contexto, em um primeiro encontro, os principais conceitos do SLP a serem implementados foram apresentados a toda equipe, sendo então combinado que as reuniões de planejamento semanal seriam realizadas nas segundas-feiras, com a participação dos projetistas-líderes de cada frente de trabalho.

5.2.2 Implementação e dificuldades enfrentadas na Equipe 1

Inicialmente, nas 8 primeiras semanas do estudo (junho e julho de 2012), anteriormente à reestruturação do setor da Engenharia, as principais dificuldades enfrentadas na implementação do SLP foram:

- a) Dificuldade em manter a rotina das reuniões de planejamento, pois outras demandas eram priorizadas, como telefonemas e conversas paralelas durante a reunião, o que, por vezes, resultava no seu cancelamento. Provavelmente, essa situação poderia ter sido evitada, se tivesse ocorrido uma fase inicial mais longa de treinamento e apresentação dos conceitos, aprofundando o entendimento e a importância das práticas do SLP. Além disso, nessa fase inicial, houve pouca participação de outras equipes e da alta gerência, o que é considerado como essencial para o sucesso da implementação de novos conceitos de planejamento em equipes de projeto;
- b) Dificuldade por parte dos envolvidos em entender a importância e o papel dos indicadores locais na equipe, como identificação de oportunidades de melhorias, gerando retroalimentação ao planejamento, aprendizado e possíveis ações locais. Portanto, houve dificuldade inicial no registro do PPC e na análise de causas, pois não percebiam vantagens em usar esses indicadores;
- c) Dificuldade em descentralizar o planejamento, dificultando a participação dos projetistas durante a reunião e, conseqüentemente, o comprometimento com o planejado por parte da equipe;

- d) Dificuldade em definir os pacotes de trabalho, pois havia uma tendência em copiar as etapas do cronograma. Ainda, essas atividades, por vezes, apresentavam duração que extrapolava a semana, dificultando a identificação da conclusão das mesmas e, portanto, o ciclo de controle semanal;
- e) Dificuldade em utilizar a planilha digital de curto prazo sugerida inicialmente, apresentada na Figura 46. Principalmente porque, nas primeiras reuniões observadas, a planilha não foi impressa e a visualização do plano estava limitada à tela do computador da CP. Assim, cada projetista anotava separadamente suas atividades, dificultando a compreensão e a troca de informação, ou seja, a planilha ainda não era entendida como a agenda comum da equipe; e

Recurso	Obra	Bloco/ Sub- etapa	Processo	PACOTE DE TRABALHO	P/E	Semana 26							OK	Problemas/Obsações
						26/06/2012 à 02/07/2012								
						02	26	27	28	29	30	01		
S	T	Q	Q	S	S.	D								
		Bl.500	PA	Aprovação	P								0	Troca de prioridade (Scania).
		Marquise Anexo	C II	Liberação	P								1	
			C I	Verificar Reações	P								1	
		Bl.100	C I	Medajoist e Travamento	P								0	Troca de prioridade (Scania).
		Bl.100	C I	VP e ligações	P								0	Adiado em cronograma.
			C I	Responder Vendramini	P								0	Tempo subestimado no planejamento.
		Bl.400	C I	Cálculo 1	P								1	
			C I	Depósito	P								0	Indefinição do cliente.
		Bl.100	C I	Fechamento e Travamento	P								0	Troca de prioridade (ajuda equipe André)
		02A20	DE	Liberação	P								1	

Figura 46: planilha de curto prazo utilizada em junho e julho na E1

- f) Reuniões muito longas, variando de 1 h a 1 h 30 min., principalmente devido à falta de preparação para a reunião. Ou seja, os projetistas ainda não estavam utilizando o médio prazo e, diante dos múltiplos projetos desenvolvidos simultaneamente, muitas vezes vinham para a reunião sem ter feito a análise de um novo projeto a ser desenvolvido. Assim, tinham muita dificuldade em estimar a duração das suas atividades, pois, em projeto, está diretamente relacionada à complexidade e às características peculiares de cada empreendimento.

Após a experiência na equipe 2, nos meses de agosto e setembro, a observação participante nas reuniões de curto prazo foi retomada na E1, em outubro de 2012. A Figura 47 ilustra a reunião de curto prazo da E1, em 17 de dezembro de 2012.



Figura 47: reunião de curto prazo da E1, em 17 de dezembro de 2012

A nova versão da planilha de planejamento e controle em nível de curto prazo, utilizada na etapa 2, foi desenvolvida juntamente com a E1 e com a E2, a partir da versão já utilizada pela E2 (Anexo 1). Nela, são registrados os seguintes indicadores: (a) PPC de projeto em suas diferentes fases; (b) causas de não conclusão dos pacotes de trabalho; e (c) IRR.

A referida planilha colabora para a transparência de informações na equipe, pois nela são registradas as atividades a serem desenvolvidas na semana vigente. Além disso, nesta fase, visando realizar a análise de restrições, foram utilizadas planilhas de médio prazo por frente de projeto, com um horizonte de planejamento fixo mensal.

A Figura 48 apresenta a planilha de curto prazo utilizada na E1 e na E2, a partir de novembro de 2012.

		PLANO DE CURTO PRAZO - SEMANAL				Equipe:
		SEMANA:				Data:
Participantes						
Nome		Ass.		Nome		Ass.
Detalhamento Estrutura	Item	Obra	Pacote de Trabalho	Resp.	OK	Causa de não cumprimento
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	11					
	12					
				PPC:		
Detalhamento Telhas	Item	Obra	Pacote de Trabalho	Resp.	OK	Causa de não cumprimento
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					
	7					
	8					
	9					
	10					
	11					
	12					
				PPC:		
				PPC Total:		
Item	RESTRIÇÃO		Resp.	Prazo	OK	Observações
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
				IRR:		

Figura 48: planilha de curto prazo utilizada na E1 e na E2, a partir de novembro de 2012

Durante as reuniões de planejamento de curto prazo, as equipes deveriam planejar os pacotes de trabalho a serem executados a cada semana, avaliando a situação atual de trabalho da equipe. Com isso, era possível planejar o que realmente poderia ser executado, com base no plano de médio prazo, e possivelmente aumentar o comprometimento com o planejado. O PPC e as causas de não conclusão dos pacotes de trabalho da semana anterior deveriam ser registrados.

Em relação à planilha proposta inicialmente, foram realizados os seguintes refinamentos para o contexto de projetos em um ambiente do tipo ETO:

- a) Simplificação da planilha de curto prazo e retirada dos dias da semana, aumentando a flexibilidade da execução das atividades, desde que realizadas no período de curto prazo. Porém, diante de uma entrega formal no decorrer da semana, era registrado o dia específico;
- b) Espaços separados para projeto de detalhamento de estrutura e de telhas, facilitando o preenchimento; e
- c) O controle de restrições passou a ser registrado na planilha de curto prazo, pois muitas delas só poderiam ser removidas no decorrer da semana devido a incertezas e prazos relativamente curtos para a realização de algumas atividades de projeto.

A Figura 49 apresenta os níveis de planejamento propostos à equipe pela pesquisadora: (a) cronograma por projeto, desenvolvido pelo setor de Planejamento; (b) plano de longo prazo realizado pelo CP, a partir dos cronogramas de cada projeto; (c) plano de médio prazo realizado em cada frente de trabalho; e (d) plano de curto prazo semanal, com a participação do CP e principais projetistas.

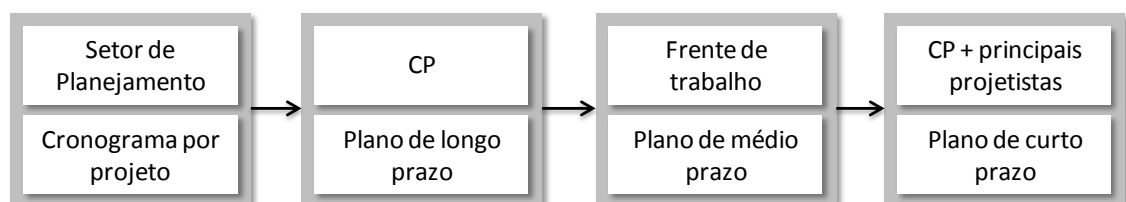


Figura 49: níveis de planejamento de projeto

Nesse contexto, a partir de novembro de 2012, as frentes de projeto da E1 passaram a elaborar um plano de médio prazo de forma participativa, com base no plano de longo prazo realizado pela CP. Com isso, as reuniões de planejamento de curto prazo passaram a ser mais rápidas, com a duração de aproximadamente 30 minutos, devido a maior organização do processo de planejamento na equipe. A reunião passou a ser mais sistemática e participativa, a partir da utilização da planilha impressa e preenchimento manual. Assim, era iniciada com a análise das atividades da semana anterior, sendo registrado o PPC e as causas de não conclusão dos pacotes de trabalho.

A fim de tornar a análise mais coerente por tipo de equipe, os dados da implementação apresentados e analisados a seguir são aqueles registrados a partir de novembro de 2012, quando a E1 passou a desenvolver exclusivamente projetos de detalhamento.

Com base nos dados coletados na E1 (Figura 50), de novembro de 2012 a março de 2013 (21 semanas), foi possível perceber que o PPC, com média de 77%, atingiu um nível de eficácia do planejamento que pode ser considerado satisfatório para o projeto, principalmente considerando o contexto de alta incerteza deste processo. Além disso, o PPC, em geral, foi mais baixo na primeira semana de cada mês, com exceção de janeiro, indicando a tendência de aumentar a eficácia do planejamento nas últimas semanas, provavelmente em busca de atingir a meta mensal.

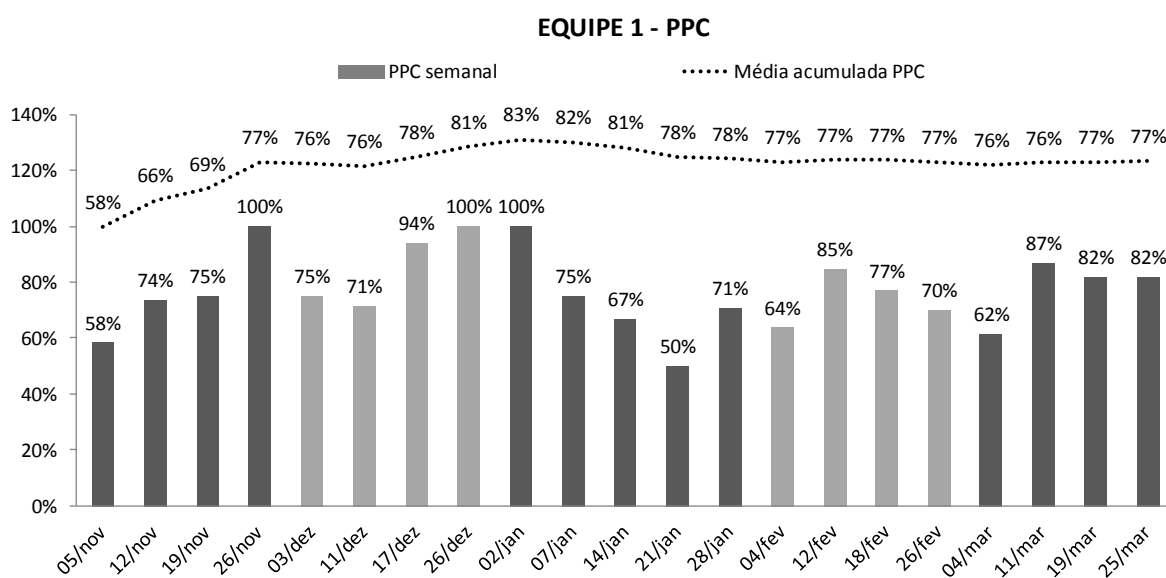


Figura 50: evolução do PPC da E1, dados de novembro de 2012 a março de 2013

As principais causas de não conclusão dos pacotes de trabalho na E1 foram “indefinição do cliente” e “atraso na aprovação de projeto pelo cliente”, apontando que a fase de projeto conceitual e a relação com o cliente necessitam ser aprimoradas. Na sequência, a causa “tempo subestimado para a atividade” indica a dificuldade por parte dos projetistas em estimar as durações das atividades. Porém, foi constatada a diminuição da sua ocorrência ao longo da implementação (efeito de aprendizagem). Além disso, constatou-se que, por vezes, a referida causa não era a causa raiz da não conclusão dos pacotes de trabalho, pois os projetistas realizavam atividades além das que estavam programadas na semana.

A causa “definições de projeto em desacordo com o escopo vendido”, na quarta posição, aponta a oportunidade em qualificar a fase de negociação com o cliente, de orçamento e de captura de requisitos do cliente, pois o peso estrutural é a base para determinar o custo da obra. Porém, na fase de orçamento, na qual é lançado rapidamente um projeto básico, não é possível prever todos os detalhes de projeto. Assim, ao exceder o peso em projeto, é necessário propor um aditivo de contrato ao cliente e renegociar o preço de venda, podendo

atrasar o processo como um todo. Em quinto lugar, aparece a causa “troca de prioridade”, em função da necessidade de ajustes de projeto, assessoramentos e prováveis retrabalhos, solicitados no decorrer da semana por setores a jusante.

A Figura 51 apresenta as causas de não conclusão dos pacotes de trabalho da E1, de novembro de 2012 a março de 2013.

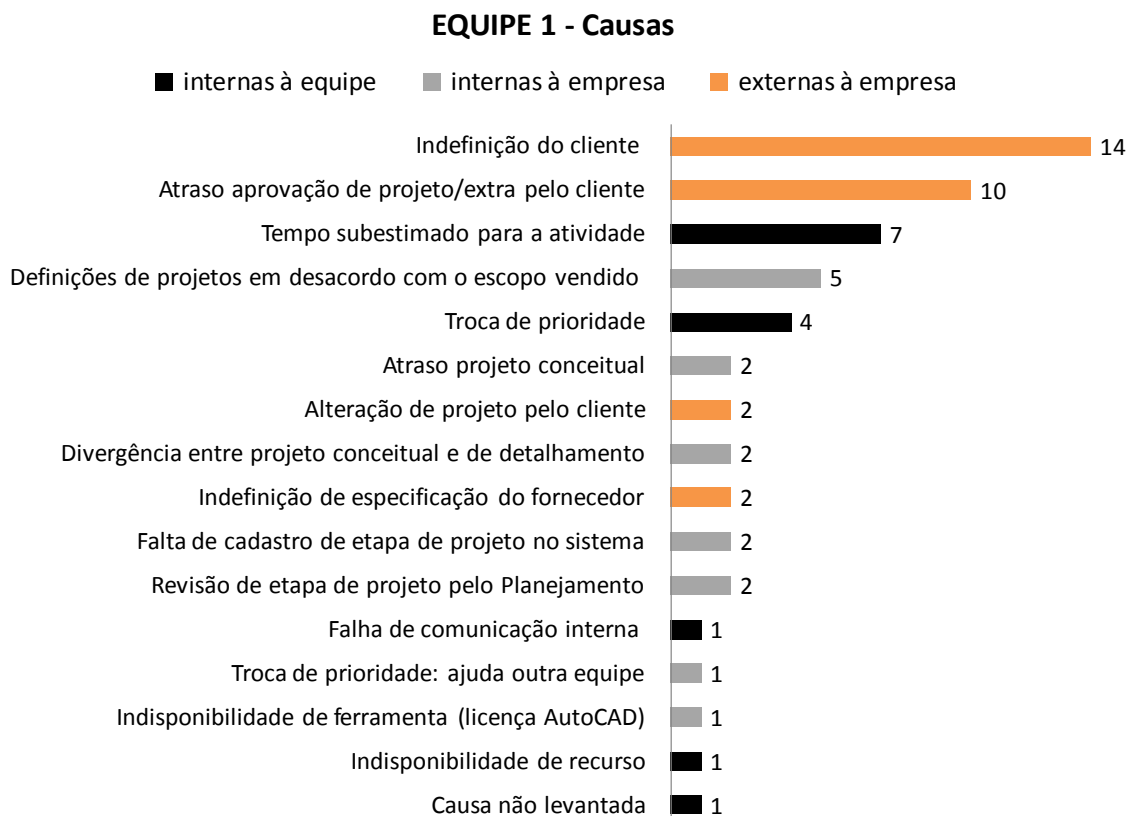


Figura 51: causas de não conclusão dos pacotes de trabalho da E1, dados de novembro de 2012 a março de 2013

A Figura 52 apresenta a natureza das causas de não conclusão dos pacotes de trabalho da E1, referente ao período de novembro de 2012 a março de 2013. Observa-se que 49% das causas foram predominantemente externas à empresa, tais como indefinições, alterações do cliente e atraso na aprovação de projeto; 26% das causas foram relacionadas a problemas envolvendo outras equipes de projeto ou outros setores da empresa; e 25% foram relacionadas problemas internos à equipe.

Dessa forma, pode-se considerar que 51% das causas estão relacionadas a fatores internos à empresa, indicando a existência de diversas oportunidades de melhorias que dependem de medidas locais. Essas medidas estão relacionadas principalmente ao fluxo de informação e de maior integração entre os setores, e que, possivelmente, tendem a gerar impactos positivos em

fatores relacionados com o cliente. A explicitação desses dados esclarece a origem dos problemas e permite a realização de ações de melhoria. Ainda, evita a tendência por parte dos envolvidos no processo de projeto em considerar que os problemas são gerados, em sua maioria, pelas indefinições do cliente.

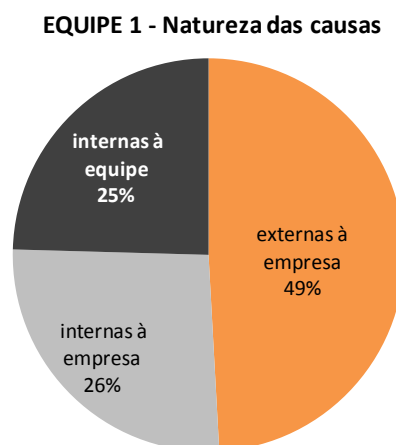


Figura 52: natureza das causas de não conclusão dos pacotes de trabalho da E1, dados de novembro de 2012 a março de 2013

A análise de restrições foi uma grande dificuldade da implementação do SLP nas equipes, principalmente devido ao contexto de projetos rápidos e em um ambiente de alta variabilidade. Porém, a partir da consolidação do planejamento de curto prazo e do início da utilização do plano de médio prazo na E1, foi possível elevar a previsibilidade das atividades.

A Figura 53 apresenta a evolução do índice de remoção das restrições (IRR) da E1, de novembro de 2012 a março de 2013, período no qual foram removidas no prazo 29 de 53 restrições identificadas. Assim, houve o aumento do número de restrições identificadas, partindo de 7, em novembro, e chegando a 15, no mês de fevereiro.

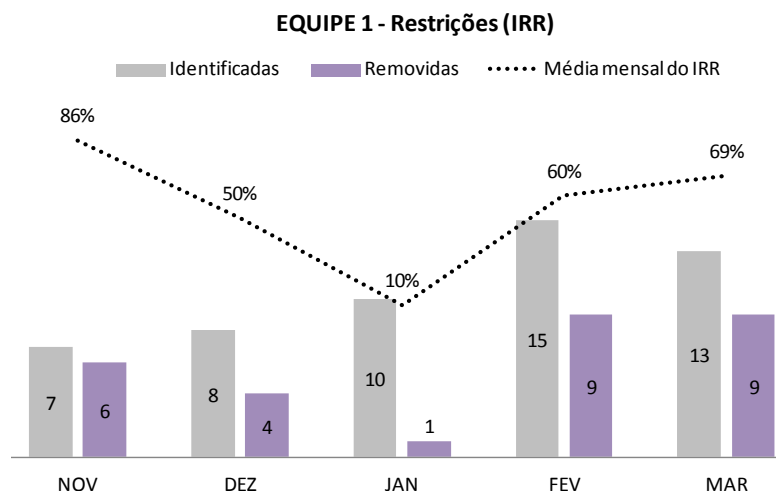


Figura 53: evolução do índice de remoção das restrições (IRR) da E1

Apesar da baixa do IRR em janeiro (10%), esse indicador apresentou aumento gradativo para 60% em fevereiro e 69% em março de 2013. A redução do IRR no mês de janeiro ocorreu devido à dificuldade em receber a aprovação do cliente em um dos principais projetos que estavam sendo desenvolvidos na equipe. Assim, a produção de projetos de detalhamento foi impactada, pois a mesma foi realizada em paralelo com as fases finais de projeto conceitual. Essa dificuldade pode ser reduzida na medida em que a relação com o cliente é aprimorada.

Devido à dificuldade por parte dos projetistas em identificar as restrições em projeto, foi proposta a análise da natureza das restrições, apresentadas na Figura 54, visando a compreender se havia lacunas nessa identificação. Pode-se observar que a maioria das restrições em projeto são requisitos do cliente, projeto conceitual e aprovação de projeto pelo cliente.



Figura 54: natureza das principais restrições da E1, dados de novembro de 2012 a março de 2013

Além disso, esses dados podem auxiliar na determinação de restrições padrão para projeto, facilitando a identificação das mesmas e auxiliando no treinamento de novos funcionários. Durante o processo de implementação, foi iniciada a padronização das restrições, conforme as restrições apresentadas na Figura 54. No entanto, foi apontada a importância em manter a análise crítica, pois as restrições podem variar entre os diferentes projetos.

Ainda, procurou-se esclarecer aos projetistas que as atividades de projeto antecedentes desenvolvidas pela equipe, ou seja, por aqueles que participavam diretamente das reuniões de comprometimento, não deveriam ser consideradas restrições, já que o processo de projeto apresenta inerentemente interdependências entre as atividades desenvolvidas na equipe, mesmo dentro do horizonte de planejamento de curto prazo. Por outro lado, eram consideradas restrições as atividades antecedentes desenvolvidas por equipes externas ao grupo que participava das reuniões de comprometimento, tais como outras equipes do setor de projetos, equipes terceirizadas, entre outras.

5.2.3 Equipe 2

A etapa de compreensão na equipe 2 (E2) foi iniciada em julho de 2012. A partir de entrevistas não estruturadas com o CP e principais projetistas-líderes. Assim, foram identificadas as principais atividades desenvolvidas e a situação do planejamento e controle de projeto adotado pela equipe.

A maioria dos projetos realizados na E2, assim como na E1, era da família do tipo CD e a equipe já adotava algumas práticas do SLP antes da realização deste estudo. Dessa forma, realizava as reuniões de curto prazo semanal, nas segundas-feiras. Como já referido, utilizavam uma versão de planilha de planejamento (Anexo 1) que serviu de base para a planilha de planejamento e controle em nível de curto prazo utilizada nesta etapa do estudo. Além disso, o PPC era semanalmente registrado e algumas causas de não conclusão dos pacotes de trabalho eram identificadas, embora de forma incipiente, portanto, sem a preocupação em identificar a causa raiz em busca de melhorias. Além disso, não realizavam a análise conjunta dos indicadores, portanto o registro representava uma prática sem retorno percebido pela equipe.

O CP realizava um plano de longo prazo, apresentado na Figura 55, baseado na meta de planejamento mensal construída em conjunto com o setor Planejamento. O planejamento na E2 não era centralizado no CP, pois os projetistas-líderes participavam diretamente do

planejamento das atividades. As responsabilidades, portanto, se comparado à equipe E1, eram mais bem distribuídas.

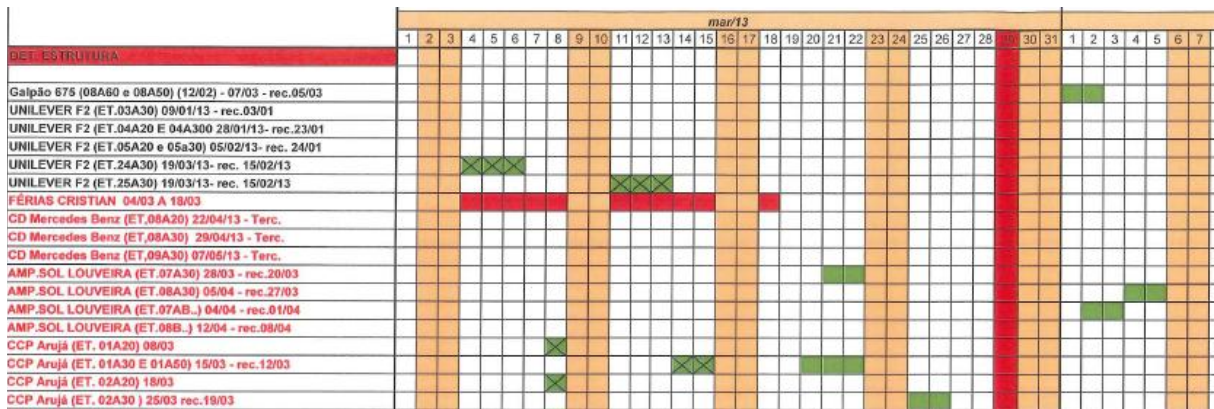


Figura 55: extrato do plano de longo prazo da E2

Assim, com base no referido plano de longo prazo, cada frente de trabalho realizava um planejamento de médio prazo, porém com o horizonte fixo de atualização mensal e sem a realização da análise sistemática de restrições. A Figura 56 apresenta o plano de médio prazo de umas das frentes de detalhamento de estrutura, no qual cada linha representa um dos recursos da frente, relacionando-o com as atividades a serem executadas e prazos.

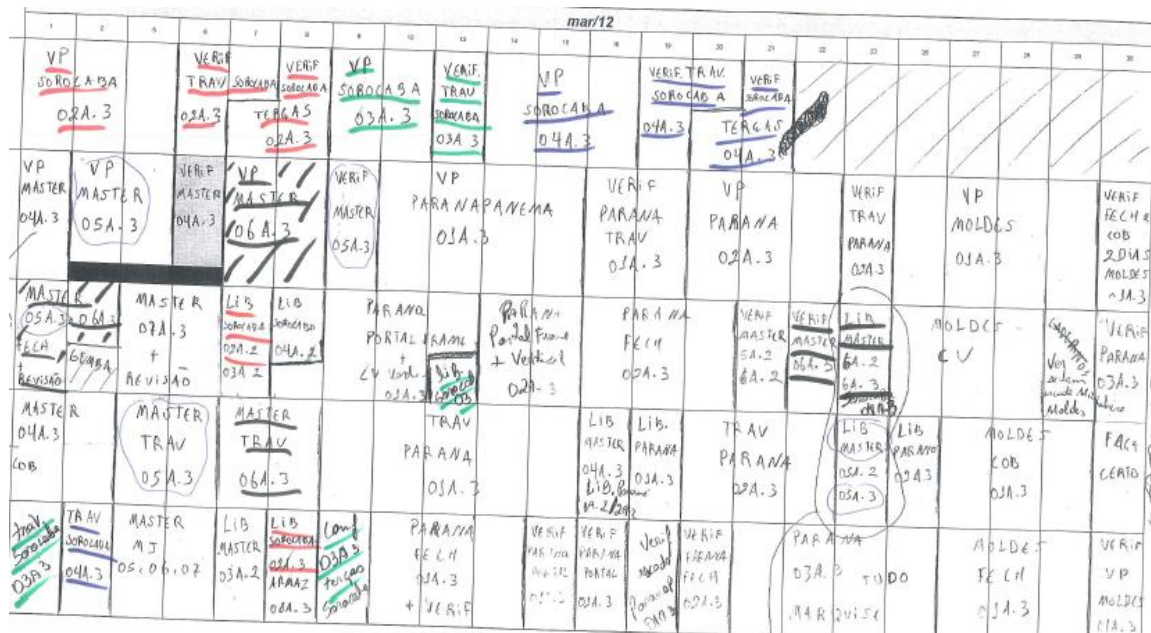


Figura 56: plano de médio prazo de umas das frentes de detalhamento de estrutura da E2

A E2 apresentou um nível de planejamento mais avançado do que a E1, colaborando na compreensão, por parte da pesquisadora, em como melhorar o processo de planejamento no contexto estudado. Porém, algumas práticas mais avançadas do SLP, relacionadas ao controle

e geração de aprendizado não haviam sido implementadas, tais como: análise dos indicadores, retroalimentação ao processo de planejamento de projetos e realização de ações de melhoria.

Assim, o foco principal do estudo na E2 foi aprofundar o entendimento dos conceitos e, na medida em que os avanços eram obtidos, implementá-los também na E1. Dessa forma, a experiência anterior da E2 com algumas práticas de planejamento facilitou o desenvolvimento do trabalho junto à equipe, principalmente a partir das rotinas já estabelecidas.

5.2.4 Implementação e dificuldades enfrentadas na Equipe 2

A implementação do SLP na E2 ocorreu entre agosto de 2012 e janeiro de 2013 (25 semanas). As reuniões de planejamento e controle de curto prazo eram realizadas nas segundas-feiras, com a participação do CP e dos projetistas-líderes de cada frente de trabalho. Como a E1, a E2 utilizou a nova versão da planilha de planejamento e controle em nível de curto prazo, já apresentada na Figura 48. Da mesma forma, os níveis de planejamento já apresentados na Figura 49 foram propostos na E2.

A Figura 57 ilustra a reunião de curto prazo da E2, em 17 de dezembro de 2012.



Figura 57: reunião de curto prazo da E1, em 17 de dezembro de 2012

O CP e os projetistas da E2 foram receptivos à implementação de melhorias, sendo que o sistema existente foi gradativamente refinado e algumas novas práticas introduzidas. As principais melhorias adotadas, identificadas a partir da análise dos documentos e da observação participante, foram as seguintes:

- a) Melhor definição dos pacotes de trabalho, a partir da utilização dos critérios apontados por Ballard e Howell (1998), ou seja, pacotes bem definidos, com restrições removidas, na sequência e tamanho corretos e adequados à unidade de

produção, tornando possível a clara identificação da conclusão dos mesmos na semana seguinte;

- b) Maior esforço na identificação das causas raiz da não conclusão dos pacotes de trabalho, e implementação de melhorias a partir do registro das mesmas;
- c) Maior esforço na identificação das restrições de projeto: eram identificadas as restrições, seus prazos e responsáveis por removê-las no decorrer da semana. No caso, foi inicialmente proposta a análise das restrições dos pacotes previstos para a semana vigente, como parte do planejamento de curto prazo, com o objetivo de passar gradativamente a análise para o nível de planejamento de médio prazo, na medida em que a prática ficasse mais sistemática na equipe. Isso ocorreu em fase mais avançada da implementação, a partir de dezembro de 2012, principalmente a partir da realização do programa de capacitação (seção 4.2.5); e
- d) Processamento dos dados de indicadores e apresentação dos resultados em reunião mensal da equipe, na qual também eram apresentados os dados de aderência à meta estabelecida pelo Planejamento.

A partir de novembro de 2013, com o objetivo de aumentar a confiabilidade do processo de planejamento de projeto, foi sugerida a atualização dos planos de médio prazo a cada duas semanas, mantendo o horizonte de quatro semanas. Assim, as frentes de projeto da E2 passaram a realizar duas reuniões de planejamento de médio prazo por mês, com base no plano longo prazo realizado pelo CP.

A Figura 58 apresenta um extrato do plano de médio realizado por frente de detalhamento na E2 durante a implementação do SLP na equipe.



Figura 58: extrato do plano de médio prazo da E2

A fim de tornar a análise mais coerente por tipo de equipe, os dados apresentados e analisados a seguir são aqueles registrados a partir de novembro de 2012, quando a E2 passou a desenvolver exclusivamente projetos de detalhamento.

O CP da E2 disponibilizou os relatórios de entrega de subetapas mensais da equipe, assim foi possível comparar os dados de subetapas entregues (realizado) com a meta mensal de subetapas a serem entregues pela equipe (previsto), elaborada com o auxílio do Planejamento.

A Figura 59 apresenta o número de subetapas previstas e realizadas da E2, de novembro de 2012 a maio de 2013, na qual é possível identificar a capacidade de produção da equipe, salientando que, historicamente, nos meses de janeiro e fevereiro há uma redução de demanda. Esses dados podem auxiliar o Planejamento a determinar, a partir do histórico das equipes, a capacidade de produção da Engenharia.

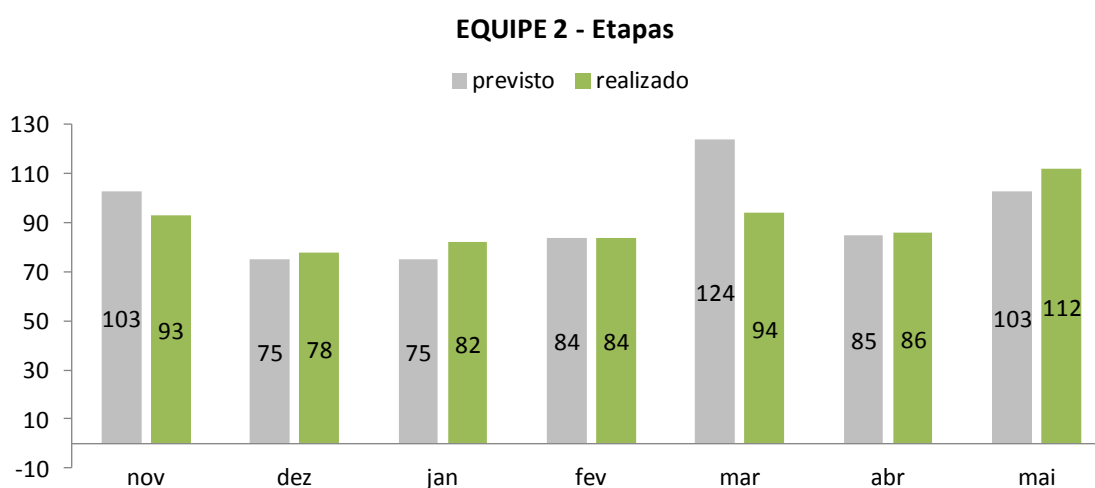


Figura 59: subetapas previstas e liberadas da E2, dados de novembro de 2012 a maio de 2013

Complementando a análise da capacidade de produção da equipe, a Figura 60 apresenta o número de subetapas previstas, realizadas previstas, realizadas não previstas, retrabalho e índice de aderência à meta mensal da E2, expresso em porcentagem. Esses dados também foram extraídos dos relatórios de entrega de subetapas mensais da equipe, disponibilizados pelo CP.

A análise desses dados possibilita o acompanhamento do histórico de produção e a identificação de possíveis ações de melhoria, a fim de aumentar a aderência à meta mensal e diminuir os retrabalhos. Para tanto, é importante identificar os setores que solicitaram as alterações, assim como as causas dos retrabalhos, a fim de verificar se é necessário prever folgas no planejamento para absorver essas demandas.

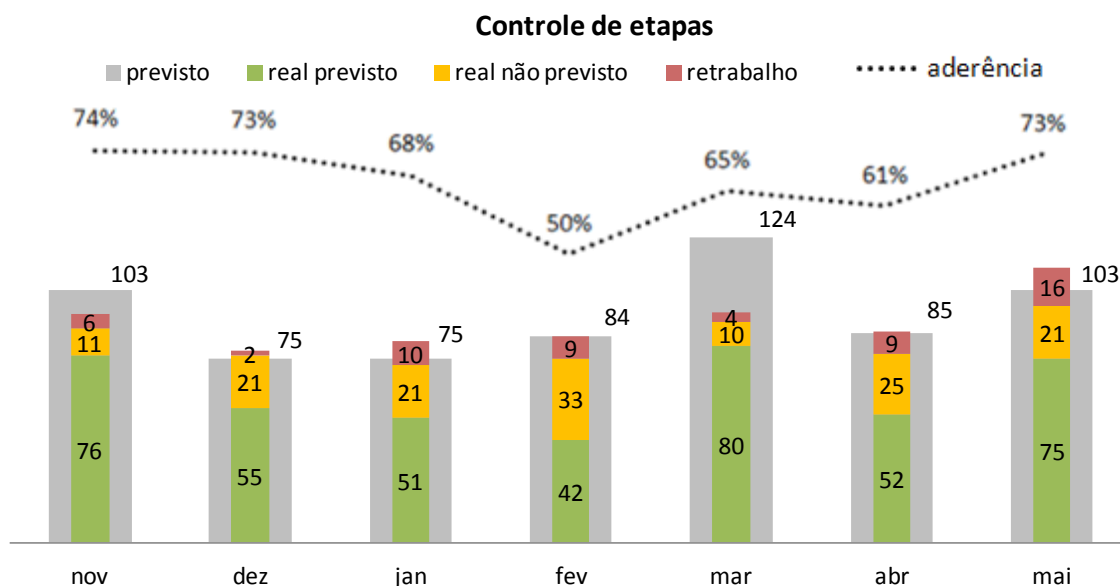


Figura 60: controle de subetapas e aderência à meta mensal, dados de novembro de 2012 a maio de 2013

As seguintes causas foram identificadas como principais razões de não aderência à meta mensal na E2: (a) subetapas canceladas, pois foram definidas inicialmente em cronograma pelo Planejamento, mas os requisitos mudaram durante o desenvolvimento do projeto; (b) projeto parou por decisão do cliente; (c) atraso da equipe de projeto conceitual por indefinição do cliente; (d) etapas já haviam sido antecipadas no mês anterior; (e) atraso da equipe; (f) atividade realocada em outra equipe; e (g) atraso pela necessidade de realização de retrabalhos. Esses dados são de origem qualitativa, coletados a partir de informações fornecidas pelo CP, portanto não foi quantificada a importância relativa de cada causa.

A Figura 61 apresenta o peso das peças, em tonelada, contido nas subetapas previstas e liberadas da E2, de novembro de 2012 a maio de 2013. Historicamente, esse é o principal indicador utilizado na empresa, pois com base nele são calculados os custos e negociados os valores de venda com o cliente. Porém, desde que a produção passou a ser baseada em lotes, ou seja, em subetapas, foi introduzido o indicador de aderência à entrega de subetapas nos diferentes setores. Diante disso, é importante que ambos sejam considerados em um nível estratégico da empresa, mas o foco no nível tático e operacional de planejamento deve ser a entrega de subetapas no prazo, garantindo assim os prazos da produção.

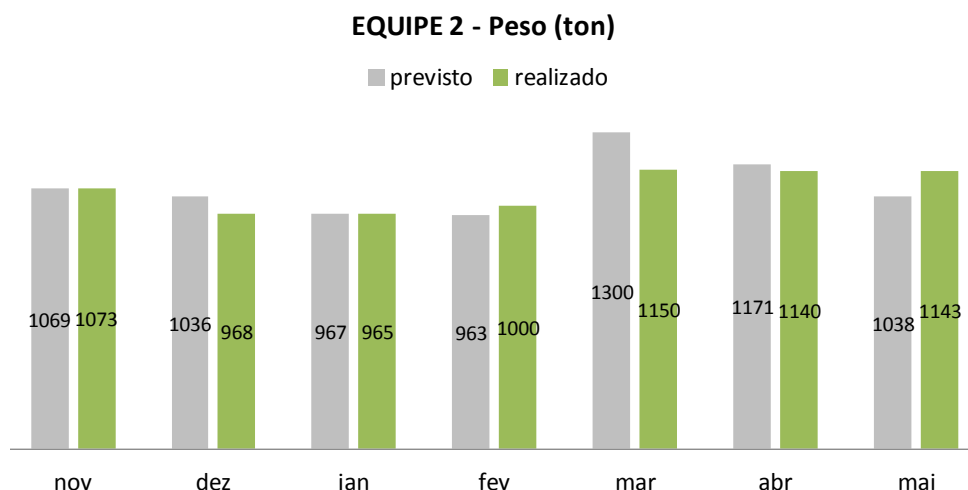


Figura 61: peso previsto e liberado da E2, dados de novembro de 2012 a maio de 2013

A Figura 62 apresenta os dados de PPC da E2, entre novembro de 2012 a maio de 2013 (30 semanas). Apesar de variações no valor semanal, a média alcançada foi de 81%. Dessa forma, assim como na E1, a E2 atingiu um nível satisfatório de eficácia do planejamento, principalmente considerando o contexto de alta incerteza.

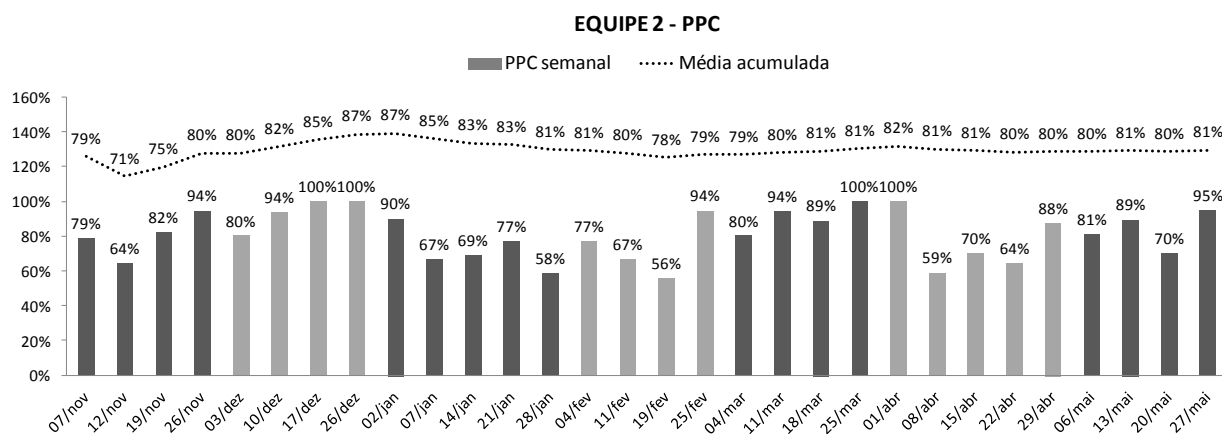


Figura 62: evolução do PPC da E2, dados de novembro de 2012 a maio de 2013

A Figura 63 apresenta dados adicionais do controle semanal dos pacotes planejados, concluídos e realizados não planejados, com dados de maio de 2013. Assim, é possível perceber o impacto dos pacotes não planejados, pois na primeira (06/05) e na terceira (20/05) semana de maio, os pacotes não planejados foram em maior número, resultando em PPC de 81% e 70%, ou seja, mais baixos do que nas demais semanas, quando os índices foram de 89% e 95%. Como na análise dos retrabalhos realizados, é importante identificar as causas da execução de pacotes não planejados, assim como os setores que os solicitaram, visando a propor possíveis ações de melhoria.

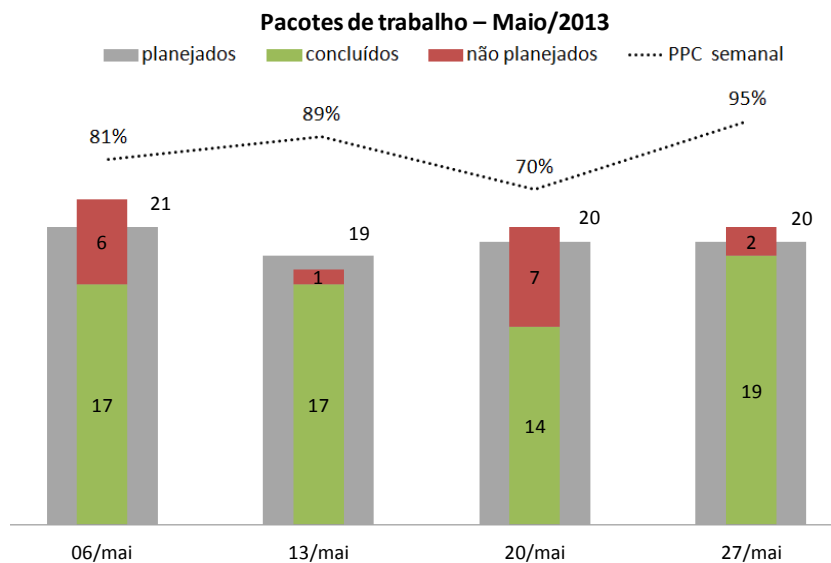


Figura 63: controle de pacotes do plano de curto prazo

A Figura 64 apresenta as principais causas da não conclusão dos pacotes de trabalho na E2, de novembro de 2012 a maio de 2013. As causas mais frequentes foram “alteração de projeto pelo cliente”, “atraso na aprovação de projeto pelo cliente” e “atraso de projeto conceitual”, evidenciando que a fase de projeto conceitual necessita ser aprimorada, tanto nas tratativas com clientes, quanto no planejamento das equipes de projeto conceitual.

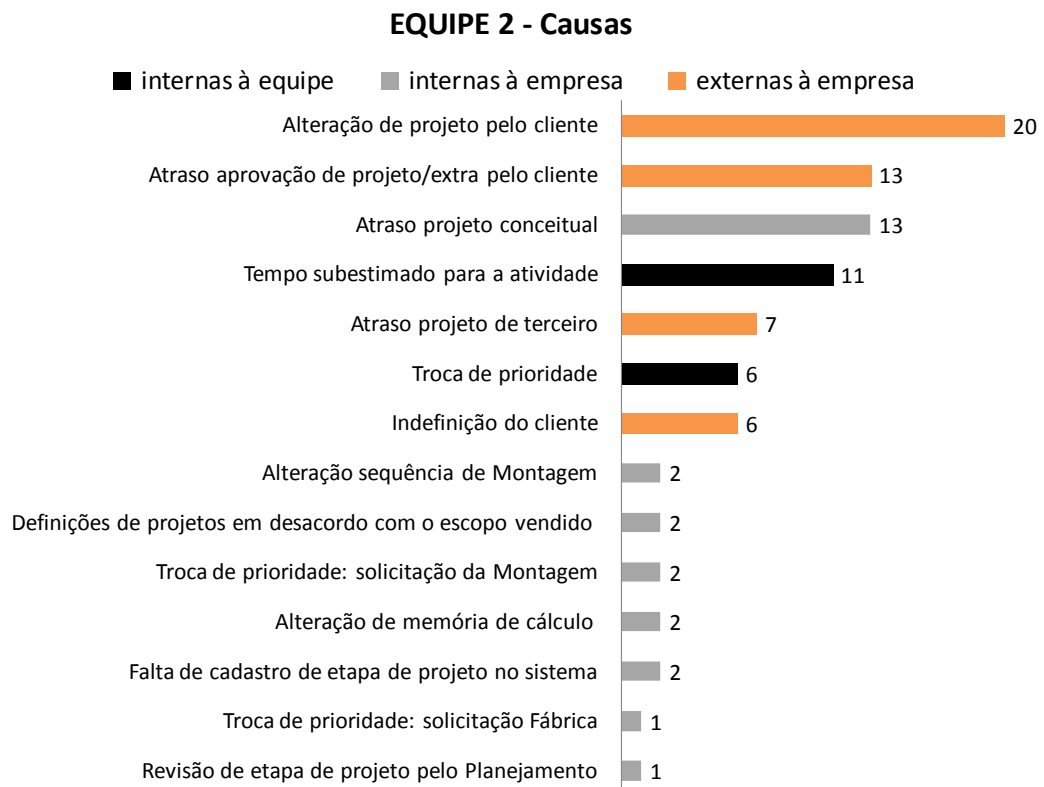


Figura 64: causas de não conclusão dos pacotes de trabalho da E2, dados de novembro de 2012 a maio de 2013

Na quarta posição, a causa “tempo subestimado para a atividade”, como na E1, demonstra a dificuldade por parte dos projetistas em estimar tempos de duração, assim como a falta de controle das atividades realizadas não planejadas na semana. Porém, a equipe demonstrou uma clara evolução nesse quesito durante os meses de acompanhamento. A causa “atraso de projeto de terceiro”, na quinta posição, é uma das restrições para as equipes de detalhamento, apontando a oportunidade em envolver os escritórios de projeto terceirizados no planejamento das equipes, aproximando-os da realidade e das metas da empresa.

A Figura 65 apresenta a natureza das causas de não conclusão dos pacotes de trabalho da E2, de novembro de 2012 a maio de 2013. Assim, 52% das causas foram influenciadas por fatores externos, como alterações do cliente atraso na aprovação de projeto pelo cliente e atraso do projeto realizado por terceiros. Entre as causas, 29% foram relacionadas a fatores internos à empresa, ou seja, envolvendo outras equipes de projeto e/ou outros setores da empresa, e 19% foram relacionadas a fatores exclusivos da equipe. Dessa forma, pode-se considerar que 48% das causas estão relacionadas a fatores internos à empresa.

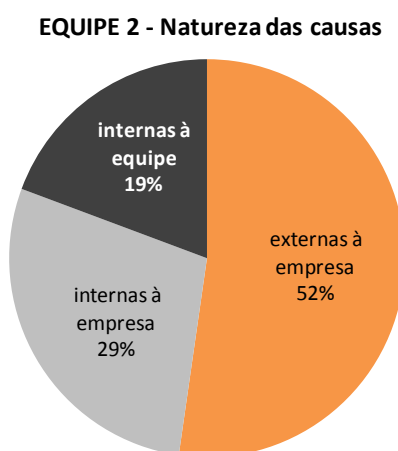


Figura 65: natureza das causas de não conclusão dos pacotes de trabalho da E2, dados de novembro de 2012 a maio de 2013

A Figura 66 apresenta a evolução mensal da natureza das causas da não conclusão dos pacotes de trabalho na E2, de novembro de 2012 a maio de 2013. A baixa recorrência de causas relacionadas a fatores exclusivos da equipe reflete o grande esforço dos projetistas em buscar melhorias locais em curtos ciclos semanais de aprendizagem, principalmente no que diz respeito à formação dos pacotes de trabalho e da estimativa da duração das atividades, problema que foi progressivamente diminuindo a cada mês acompanhado.

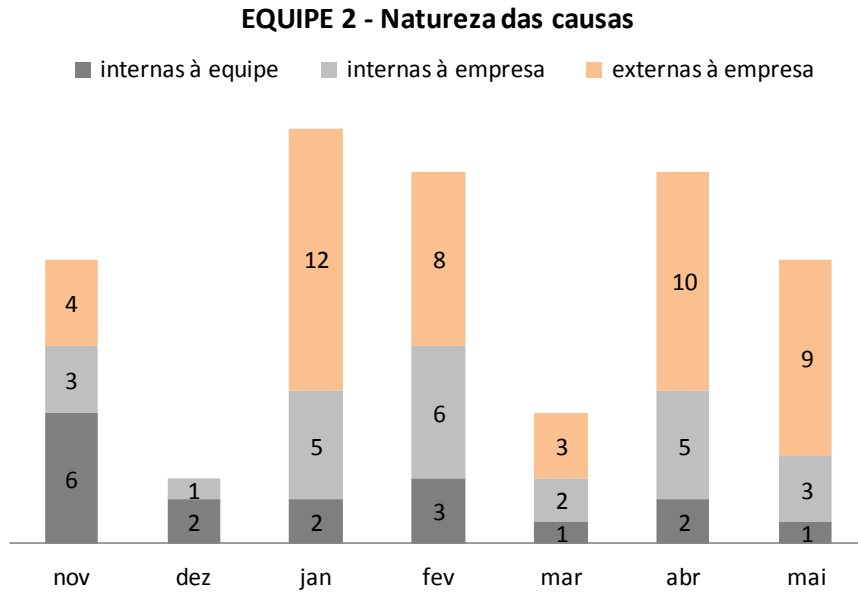


Figura 66: evolução mensal da natureza das causas da E2, dados de novembro de 2012 a maio de 2013. Apesar da dificuldade inicial em entender e identificar as restrições de projeto de detalhamento na E2, a rotina já implementada de planejamento de médio prazo facilitou a análise por parte dos projetistas, em comparação com a implementação na E1.

A Figura 67 apresenta a evolução do índice de remoção das restrições (IRR) da E2, de novembro de 2012 a maio de 2013, quando foram removidas no prazo 69 de 88 restrições identificadas. Pode-se observar o crescimento no número de restrições identificadas, de 9 restrições em novembro de 2012, para 24, em maio de 2013. A análise das restrições depende muito do comprometimento da equipe em realizá-la, assim, é possível perceber o esforço da E2 em identificar e remover as restrições.

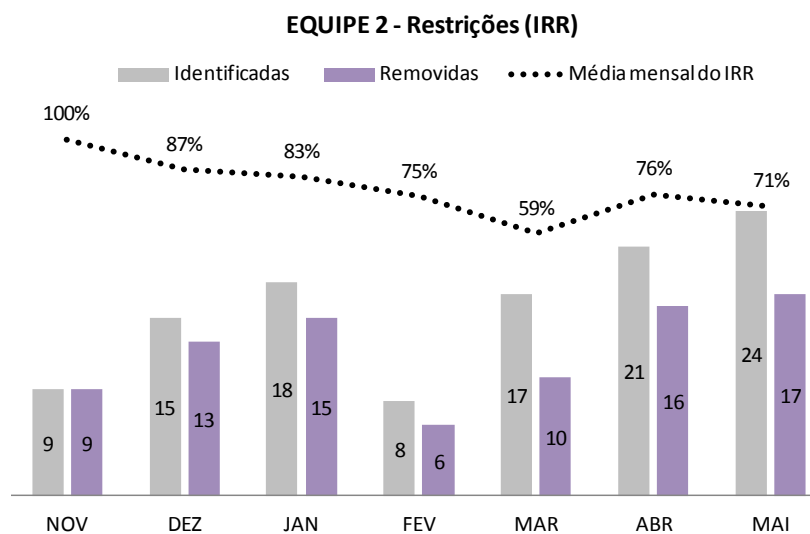


Figura 67: evolução do índice de remoção das restrições (IRR) da E2

No período entre novembro de 2012 e março de 2013 (IRR de 59%) houve uma queda no IRR. Este problema, em parte, se deveu à elevada variabilidade na realização de projetos conceituais resultante da menor demanda no mercado nacional existente nesse período. De fato, o IRR voltou a crescer em abril (76%) e maio (71%), apontando para uma melhoria no desempenho na remoção das restrições.

A Figura 68 apresenta a natureza das restrições identificadas na E2, de novembro de 2012 a maio de 2013, sendo que as principais foram “receber projeto conceitual” e “receber projeto de terceiro”.



Figura 68: natureza das principais restrições da E2, dados de novembro de 2012 a maio de 2013

5.2.5 Síntese dos Resultados da Etapa 2 e Proposta Inicial do Modelo

A Figura 69 apresenta a síntese dos dados das equipes E1 e E2, referentes ao planejamento de curto prazo, compreendendo o número de semanas consideradas, o PPC médio e as principais causas da não conclusão dos pacotes de trabalho.

Equipes	Projeto	Nº de semanas analisadas	PPC médio	Principais causas de não conclusão dos pacotes de trabalho	Percentual das causas	
ETAPA 2	E1	Detalhamento	21	77%	Indefinição do cliente (externa)	25% (14/57)
					Atraso aprovação de projeto pelo cliente (externa)	18% (10/57)
					Tempo subestimado para a atividade (interna)	12% (7/57)
	E2	Detalhamento	30	81%	Alteração de projeto pelo cliente (externa)	23% (20/88)
				Atraso aprovação de projeto pelo cliente (externa)	15% (13/88)	
				Atraso projeto conceitual (interna)	15% (13/88)	

Figura 69: dados de controle do processo de projeto da E1 e da E2

Com base no aumento e estabilização do índice de PPC das equipes, pode-se considerar que houve um aumento da eficácia do planejamento e controle de projetos a partir da implementação do SLP. Porém, observou-se a necessidade de buscar um desempenho mais uniforme ao longo de todo o mês, melhorando a distribuição das tarefas nas primeiras semanas. Nesse sentido, a adoção de um planejamento de médio prazo, com horizonte móvel de planejamento, poderia colaborar para aumentar a confiabilidade desse processo, reduzindo a ocorrência de variações no PPC.

A fase de detalhamento de telhas, em geral, é iniciada em paralelo com o detalhamento de estrutura por duas razões: (a) existe necessidade de reduzir o prazo do projeto, em função de atrasos; ou (b) há ociosidade da frente de detalhamento de telhas. Diante disso, é preciso a constante comunicação entre os projetistas, pois as mudanças de estrutura afetam diretamente a cobertura. Assim, as reuniões de planejamento de curto prazo contribuíram com a troca de informações entre as diferentes frentes de trabalho das equipes, evitando retrabalhos.

Por outro lado, diante de dificuldades ou de ociosidade da equipe, observou-se a tendência das equipes em antecipar etapas planejadas para o mês seguinte, embora outras equipes de projeto estivessem sobrecarregadas. Dessa forma, não há garantia de que o trabalho necessário está sendo realizado e a produção de uma equipe isoladamente não garante o atendimento à meta do setor. Portanto, foi identificada como uma grande oportunidade de melhoria a realização de um planejamento integrado entre as diferentes equipes do setor, buscando analisar de forma explícita a capacidade das equipes e alcançar um equilíbrio entre a carga de trabalho de cada equipe e sua capacidade.

Durante essa primeira etapa de implementação, foi incentivado o aumento gradativo da participação da equipe nas rotinas de planejamento, visando, a partir do esclarecimento das práticas propostas, melhorar a capacidade de análise crítica dos projetistas. Com isso, foi possível aumentar a participação pró-ativa dos mesmos no planejamento dos pacotes de trabalho, na análise de restrições e na tomada de decisão visando atingir aos prazos estabelecidos. Ainda, diante do aumento da previsibilidade e da transparência das informações foi possível aumentar a flexibilidade na tomada de decisão, pois as equipes tinham maior domínio sobre os projetos em andamento, portanto, maior visibilidade das opções de trabalho.

Por outro lado, apesar da realização do planejamento de médio prazo, muitas atividades ainda eram incluídas no plano de curto prazo sem ter suas restrições removidas, principalmente em

virtude da alta variabilidade da fase de projeto conceitual. Como há atrasos na conclusão de pacotes de trabalho críticos, os mesmos são priorizados mesmo que não tenham todas as informações disponíveis. Em alguns casos, a inclusão de pacotes com restrições no plano de curto prazo deve-se à existência de ociosidade da equipe. Diante disso, é comum que as fases avançadas de desenvolvimento do PDP da empresa tenham que absorver atrasos das fases iniciais, que envolvem maior variabilidade e incerteza.

A partir da análise de causas de não conclusão dos pacotes de trabalho, foi possível identificar as seguintes oportunidades de melhoria:

- a) As causas na fase de projeto de detalhamento ainda estavam muito relacionadas com as incertezas da fase de projeto conceitual. De fato, a reestruturação da Engenharia foi realizada na tentativa de melhor atender às demandas das diferentes fases de projeto. Porém, os dados evidenciam que problemas relacionados ao cliente continuam afetando a elaboração do projeto de detalhamento;
- b) A incidência relativamente alta da causa “tempo subestimado para a atividade” nas fases iniciais da implementação indicou a dificuldade por parte dos projetistas em estimar as durações das atividades. Porém, foi verificada a diminuição da sua ocorrência, na medida em que as equipes passaram a realizar o planejamento mais sistemático, diminuindo a variabilidade da duração das atividades. Como resultado, obteve-se um fluxo de informação mais previsível e estável;
- c) Além disso, observou-se que, por vezes, a causa identificada não correspondia efetivamente à causa raiz da não conclusão dos pacotes de trabalho, pois os projetistas realizavam atividades além das que estavam programadas na semana. Diante disso, o registro das atividades realizadas não programadas durante a semana foi uma das propostas de evolução da planilha de curto prazo no final dessa primeira etapa de implementação, visando ao controle dessas atividades e a possíveis ações de melhorias no planejamento das mesmas;
- d) Percebeu-se inicialmente a tendência por parte dos projetistas em considerar a causa “troca de prioridade” como uma das principais causas de não conclusão dos pacotes de trabalho. Porém, ao longo do trabalho, foi esclarecida pela pesquisadora a necessidade em aprofundar a análise, a fim de identificar o problema real que permitisse a realização de ações de melhorias; e

- e) Cerca de metade das causas identificadas estavam relacionadas a fatores internos à empresa, apontando oportunidades de melhorias que dependem de ações locais.

A Figura 70 apresenta a síntese dos dados referentes ao planejamento de médio prazo da E1 e da E2, compreendendo o número de semanas consideradas, IRR total e as principais restrições identificadas nas equipes.

Equipes	Projeto	Nº de semanas analisadas	IRR	Principais restrições	
ETAPA 2	E1	Detalhamento	21	55% (29/53)	Receber projeto conceitual Receber definição de projeto do cliente Receber peso estrutural do projeto
	E2	Detalhamento	30	78% (69/88)	Receber projeto conceitual Receber projeto de terceiro Receber definição de projeto do cliente

Figura 70: dados referentes à análise de restrições da E1 e da E2

Apesar da dificuldade inicial em identificar as restrições de projeto, pois era a primeira vez que estavam explicitando previamente as informações necessárias para a execução dos pacotes de trabalho, foi possível observar a evolução na análise restrições em ambas às equipes. Ainda, foi identificado que essas restrições, quando não removidas no prazo, apareciam como causas de não conclusão dos pacotes de trabalho no curto prazo.

Os principais impactos positivos da implementação do SLP nas equipes E1 e E2, a partir das múltiplas fontes de evidência utilizadas, foram:

- Plano de curto prazo consolidado: além da definição correta dos pacotes de trabalho e melhoria da planilha utilizada na reunião de curto prazo, foram identificados, a partir de relatos dos projetistas e coordenadores, o aumento do comprometimento dos projetistas com as atividades planejadas, da colaboração entre os integrantes da equipe, e da transparência e disponibilidade das informações;
- Plano de médio prazo parcialmente consolidado: análise de restrições, porém com utilização de horizonte fixo mensal de planejamento, sobrecarregando a última semana de cada mês e diminuindo a produção na primeira semana;
- Estabilização do índice de PPC; e
- Identificação e registro das causas da não conclusão dos pacotes de trabalho.

Com base nesses dois estudos, foi elaborada a versão 1 do modelo de planejamento e controle de projetos, apresentada na Figura 71. Essa primeira versão do modelo foi proposta no módulo 1 do programa de capacitação (seção 4.2.5).

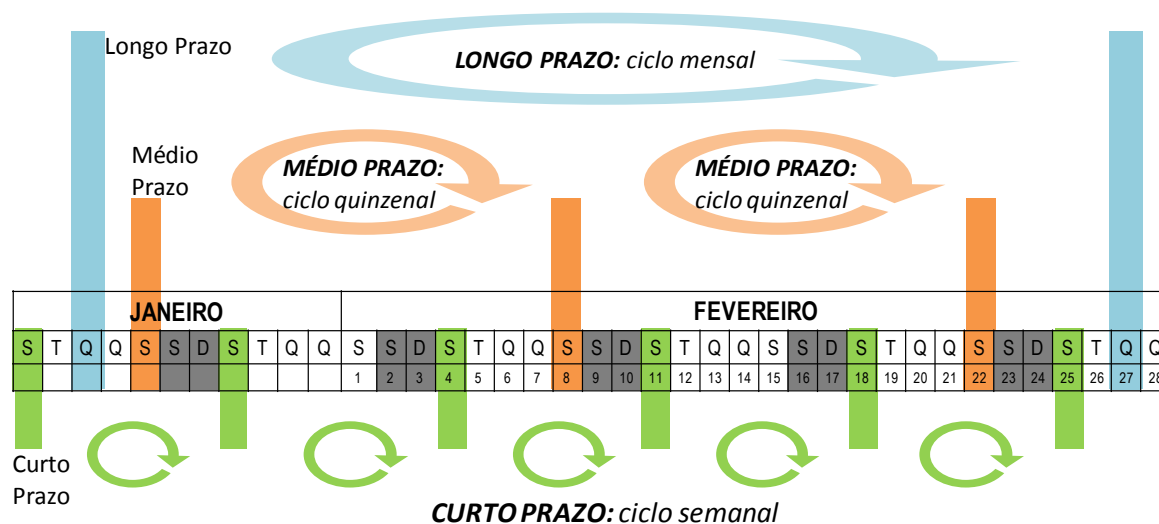


Figura 71: versão 1 do modelo de planejamento e controle de projetos

A versão 1 do modelo apresenta definições referentes aos diferentes níveis de planejamento e controle. Dessa forma, no planejamento de longo prazo (representado na cor azul), o CP realiza o planejamento com base nas metas definidas em conjunto com o Planejamento, em reunião já realizada na empresa, na última semana de cada mês. Nesse nível, o principal indicador é o índice de aderência à referida meta, com base na entrega das subetapas no prazo planejado.

No modelo proposto, o planejamento de médio prazo (representado na cor laranja) apresenta um horizonte de quatro semanas, com a proposta de um horizonte móvel de atualização quinzenal. Assim, esse nível de planejamento deve ser realizado pelos projetistas-líderes em reuniões quinzenais em cada frente de trabalho de cada equipe. O IRR é o principal indicador nesse nível. No nível operacional, o planejamento de curto prazo (representado na cor verde), com ciclo semanal, tem como principais indicadores o PPC e as causas de não conclusão dos pacotes de trabalho.

Diante da sistematização desses níveis de planejamento no setor de projetos, é possível melhorar a interação entre os setores, assim como promover o planejamento integrado entre eles, visando a atingir a meta global da empresa. Nesse contexto, as condições são estabelecidas para que o nível de planejamento de médio prazo da Fábrica determine a produção de projetos de detalhamento no curto prazo. Além disso, procurou-se estabelecer

mecanismos de retroalimentação ao planejamento, visando a criar oportunidades de melhoria a partir da clara identificação de problemas.

5.3 ETAPA 3: SEGUNDA FASE DE IMPLEMENTAÇÃO

Na segunda fase de implementação do SLP, desenvolvida de dezembro de 2012 a março de 2013, participaram do estudo as equipes de projeto conceitual E3 e E4, e as equipes de projeto de detalhamento E5 e E6.

Com base na primeira etapa de implementação, as principais práticas a serem aprimoradas nesta etapa foram: (a) utilizar um horizonte de planejamento móvel no planejamento de médio prazo, garantindo um fluxo ininterrupto de atividades na equipe; e (b) melhorar a análise das restrições, visando a proteger a produção no nível de curto prazo e formar um estoque de atividades reservas.

Além disso, nesta etapa, os seguintes refinamentos foram propostos para a implementação do SLP no contexto de projetos em ambientes de ETO: (a) registro de atividades reservas no plano de curto prazo semanal, formando um estoque de atividades com restrições removidas no horizonte de médio prazo; e (b) registro de atividades não planejadas, mas realizadas durante a semana.

A Figura 72 apresenta a planilha de planejamento de curto prazo proposta pela pesquisadora, preenchida pelos integrantes da E4, a qual foi adotada por todas as equipes da Engenharia. Nela, são registrados os participantes da reunião, visando a aumentar o engajamento por parte dos envolvidos, os pacotes de trabalho e as tarefas suplentes para a semana vigente.

PLANO DE CURTO PRAZO - SEMANAL											Equipe: Aprovação - PCM																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
SEMANA											02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
											Data: 04/04/13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Participantes</th> <th>Nome</th> <th>Ass.</th> </tr> <tr> <td>Márcio Bregalho</td> <td></td> <td>Márcio</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Luizano Feck</td> <td></td> <td>Luizano</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sidnei Silveira</td> <td></td> <td>Sidnei</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Rafael Ivanoff</td> <td></td> <td>Rafael</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">17A99 Lançamento Unifilar Pacote 2</td> <td>Sidnei</td> <td></td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <th>Nome</th> <th>Ass.</th> </tr> <tr> <td>Aline Bonato</td> <td>Aline</td> </tr> <tr> <td>Josana</td> <td>Josana</td> </tr> <tr> <td>Galvardo Zamboni</td> <td>Galvardo</td> </tr> </table>													Participantes		Nome	Ass.	Márcio Bregalho		Márcio		Luizano Feck		Luizano		Sidnei Silveira		Sidnei		Rafael Ivanoff		Rafael		17A99 Lançamento Unifilar Pacote 2		Sidnei		Nome	Ass.	Aline Bonato	Aline	Josana	Josana	Galvardo Zamboni	Galvardo																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Participantes		Nome	Ass.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Márcio Bregalho		Márcio																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Luizano Feck		Luizano																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Sidnei Silveira		Sidnei																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Rafael Ivanoff		Rafael																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
17A99 Lançamento Unifilar Pacote 2		Sidnei																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Nome	Ass.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Aline Bonato	Aline																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Josana	Josana																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Galvardo Zamboni	Galvardo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Obra</th> <th>Pacote de Trabalho</th> <th>Resp.</th> <th>TER</th> <th>QUA</th> <th>QUI</th> <th>SEX</th> <th>SAB</th> <th>DOM</th> <th>SEG</th> <th>OK</th> <th>Causa de não cumprimento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>12A68</td> <td>Projeto Chumbação Etapa 07</td> <td>Feck</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>OK</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>12A68</td> <td>Ajuste Projeto Est. Sec. 07</td> <td>Feck</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>OK</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>12A68</td> <td>Detalhamento Clorobávia 07</td> <td>Feck</td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>OK</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>12A68</td> <td>Formatação/Condição Est. 07</td> <td>Feck</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>Tempo Substituído</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>12A68</td> <td>Lançamento Etapa 10</td> <td>Feck</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>Mudança Prioridade (Sem Aprova)</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>12A99</td> <td>Lançamento Unifilar Env. 360</td> <td>Sidnei</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>OK</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>12A99</td> <td>Revisão Desenhos Estrutura</td> <td>Sidnei</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>OK</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>12A99</td> <td>Detalhamento Chumbação 11</td> <td>Sidnei</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>Falta Recurso Auto CAD</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>12A99</td> <td>Revisão Desenhos Telhas/Calha</td> <td>Aline</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>OK</td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>12A99</td> <td>Detalhamento Desenhos Sítio D</td> <td>Aline</td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>OK</td> <td></td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>12H27</td> <td>Lançamento Corte 11 Pacote</td> <td>Sidnei</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>Falta Recurso Auto CAD</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>12H27</td> <td>Lanç. Pilares/dutos A P</td> <td>Sidnei</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>Falta Recurso Auto CAD</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>12H27</td> <td>Lançamento Pacote A</td> <td>Aline</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>Falta Recurso Auto CAD</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>EMFG</td> <td>Lançamento Fachadas Vidro</td> <td>Sidnei</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>" " " "</td> </tr> <tr> <td colspan="4">12A99 Lançamento quant. Cota Constat (Finalizada)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>PPC:</td> <td>44%</td> </tr> <tr> <th>Item</th> <th>Obra</th> <th>Tarefa suplente</th> <th>Resp.</th> <th>TER</th> <th>QUA</th> <th>QUI</th> <th>SEX</th> <th>SAB</th> <th>DOM</th> <th>SEG</th> <th>OK</th> <th>Causa</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>64213A</td> <td>Envio Informação Terceira</td> <td>Feck</td> <td></td> <td></td> <td>OK</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Mudança Prioridade</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th>Item</th> <th>Obra</th> <th>Pacote de Trabalho Não Planejado</th> <th>Resp.</th> <th>TER</th> <th>QUA</th> <th>QUI</th> <th>SEX</th> <th>SAB</th> <th>DOM</th> <th>SEG</th> <th>OK</th> <th>Causa</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>12A68</td> <td>Alteração Cortinas Marquesas</td> <td>Aline</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>OK</td> <td>Mudança Prioridade (det.)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>12A99</td> <td>Provisão Matéria Prima</td> <td>Aline</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>OK</td> <td>Com recurso AutoCAD</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>12H27</td> <td>Provisão Matéria Prima</td> <td>Aline</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>OK</td> <td>" " " "</td> </tr> </tbody> </table>													Item	Obra	Pacote de Trabalho	Resp.	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	OK	Causa de não cumprimento	1	12A68	Projeto Chumbação Etapa 07	Feck	X							OK		2	12A68	Ajuste Projeto Est. Sec. 07	Feck	X							OK		3	12A68	Detalhamento Clorobávia 07	Feck		X						OK		4	12A68	Formatação/Condição Est. 07	Feck			X	X				X	Tempo Substituído	5	12A68	Lançamento Etapa 10	Feck							X	X	Mudança Prioridade (Sem Aprova)	6	12A99	Lançamento Unifilar Env. 360	Sidnei								OK		7	12A99	Revisão Desenhos Estrutura	Sidnei	X							OK		8	12A99	Detalhamento Chumbação 11	Sidnei		X	X	X				X	Falta Recurso Auto CAD	9	12A99	Revisão Desenhos Telhas/Calha	Aline	X							OK		10	12A99	Detalhamento Desenhos Sítio D	Aline		X						OK		11	12H27	Lançamento Corte 11 Pacote	Sidnei			X					X	Falta Recurso Auto CAD	12	12H27	Lanç. Pilares/dutos A P	Sidnei			X					X	Falta Recurso Auto CAD	13	12H27	Lançamento Pacote A	Aline				X			X	X	Falta Recurso Auto CAD	14	EMFG	Lançamento Fachadas Vidro	Sidnei		X	X	X			X	X	" " " "	12A99 Lançamento quant. Cota Constat (Finalizada)											PPC:	44%	Item	Obra	Tarefa suplente	Resp.	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	OK	Causa	1	64213A	Envio Informação Terceira	Feck			OK						Mudança Prioridade	2													3													Item	Obra	Pacote de Trabalho Não Planejado	Resp.	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	OK	Causa	1	12A68	Alteração Cortinas Marquesas	Aline								OK	Mudança Prioridade (det.)	2	12A99	Provisão Matéria Prima	Aline								OK	Com recurso AutoCAD	3	12H27	Provisão Matéria Prima	Aline								OK	" " " "
Item	Obra	Pacote de Trabalho	Resp.	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	OK	Causa de não cumprimento																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
1	12A68	Projeto Chumbação Etapa 07	Feck	X							OK																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
2	12A68	Ajuste Projeto Est. Sec. 07	Feck	X							OK																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
3	12A68	Detalhamento Clorobávia 07	Feck		X						OK																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
4	12A68	Formatação/Condição Est. 07	Feck			X	X				X	Tempo Substituído																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
5	12A68	Lançamento Etapa 10	Feck							X	X	Mudança Prioridade (Sem Aprova)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
6	12A99	Lançamento Unifilar Env. 360	Sidnei								OK																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
7	12A99	Revisão Desenhos Estrutura	Sidnei	X							OK																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
8	12A99	Detalhamento Chumbação 11	Sidnei		X	X	X				X	Falta Recurso Auto CAD																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
9	12A99	Revisão Desenhos Telhas/Calha	Aline	X							OK																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
10	12A99	Detalhamento Desenhos Sítio D	Aline		X						OK																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
11	12H27	Lançamento Corte 11 Pacote	Sidnei			X					X	Falta Recurso Auto CAD																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
12	12H27	Lanç. Pilares/dutos A P	Sidnei			X					X	Falta Recurso Auto CAD																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
13	12H27	Lançamento Pacote A	Aline				X			X	X	Falta Recurso Auto CAD																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
14	EMFG	Lançamento Fachadas Vidro	Sidnei		X	X	X			X	X	" " " "																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
12A99 Lançamento quant. Cota Constat (Finalizada)											PPC:	44%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Item	Obra	Tarefa suplente	Resp.	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	OK	Causa																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
1	64213A	Envio Informação Terceira	Feck			OK						Mudança Prioridade																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Item	Obra	Pacote de Trabalho Não Planejado	Resp.	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	OK	Causa																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
1	12A68	Alteração Cortinas Marquesas	Aline								OK	Mudança Prioridade (det.)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
2	12A99	Provisão Matéria Prima	Aline								OK	Com recurso AutoCAD																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
3	12H27	Provisão Matéria Prima	Aline								OK	" " " "																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Item</th> <th>Obra</th> <th>Pacote de Trabalho</th> <th>Resp.</th> <th>TER</th> <th>QUA</th> <th>QUI</th> <th>SEX</th> <th>SAB</th> <th>DOM</th> <th>SEG</th> <th>OK</th> <th>Causa de não cumprimento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>12A68</td> <td>Cálculo II Etapa 07</td> <td>Márcio</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>OK</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>12H27</td> <td>Revisão Pacote A (Alimentação)</td> <td>Márcio</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>OK</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>12A99</td> <td>Chumbação 4ª Etapa</td> <td>Rafael</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>OK</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>12A99</td> <td>Condição Revisão 1ª Pacote</td> <td>Rafael</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>OK</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>12A99</td> <td>Manobra Cálculo 10 Etapa</td> <td>Rafael</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>Mudança Prioridade (Formata)</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>12A99</td> <td>Revisão Pacote 2 (2000 01)</td> <td>Rafael</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>" " " "</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>11</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>13</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>14</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="11"></td> <td>PPC:</td> <td>67%</td> </tr> <tr> <th>Item</th> <th>Obra</th> <th>Tarefa suplente</th> <th>Resp.</th> <th>TER</th> <th>QUA</th> <th>QUI</th> <th>SEX</th> <th>SAB</th> <th>DOM</th> <th>SEG</th> <th>OK</th> <th>Causa</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th>Item</th> <th>Obra</th> <th>Pacote de Trabalho Não Planejado</th> <th>Resp.</th> <th>TER</th> <th>QUA</th> <th>QUI</th> <th>SEX</th> <th>SAB</th> <th>DOM</th> <th>SEG</th> <th>OK</th> <th>Causa</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>													Item	Obra	Pacote de Trabalho	Resp.	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	OK	Causa de não cumprimento	1	12A68	Cálculo II Etapa 07	Márcio								OK		2	12H27	Revisão Pacote A (Alimentação)	Márcio								OK		3	12A99	Chumbação 4ª Etapa	Rafael								OK		4	12A99	Condição Revisão 1ª Pacote	Rafael								OK		5	12A99	Manobra Cálculo 10 Etapa	Rafael								X	Mudança Prioridade (Formata)	6	12A99	Revisão Pacote 2 (2000 01)	Rafael				X			X	X	" " " "	7													8													9													10													11													12													13													14																								PPC:	67%	Item	Obra	Tarefa suplente	Resp.	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	OK	Causa	1													2													3													Item	Obra	Pacote de Trabalho Não Planejado	Resp.	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	OK	Causa	1													2													3												
Item	Obra	Pacote de Trabalho	Resp.	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	OK	Causa de não cumprimento																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
1	12A68	Cálculo II Etapa 07	Márcio								OK																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
2	12H27	Revisão Pacote A (Alimentação)	Márcio								OK																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
3	12A99	Chumbação 4ª Etapa	Rafael								OK																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
4	12A99	Condição Revisão 1ª Pacote	Rafael								OK																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
5	12A99	Manobra Cálculo 10 Etapa	Rafael								X	Mudança Prioridade (Formata)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
6	12A99	Revisão Pacote 2 (2000 01)	Rafael				X			X	X	" " " "																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
											PPC:	67%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Item	Obra	Tarefa suplente	Resp.	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	OK	Causa																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Item	Obra	Pacote de Trabalho Não Planejado	Resp.	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	OK	Causa																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
PPC Total: 50%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Item	RESTRIÇÃO			Resp.	Prazo	OK	Observações																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
1	Comentários Arquitetura Pulpaca			Zamboni	11/01/13	✓																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
2	Confirmação Geometria Média Matéria Prima			Sidnei	09/01/13	OK																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
3	Apresentação Equipe Trabalho			Zamboni	08/01/13	OK																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
IRR: 100%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				

Figura 72: planilha de curto prazo utilizada pelas equipes de projeto

Além disso, a planilha contempla um espaço para o registro e controle de restrições relacionadas aos pacotes de trabalho considerados prioritários (advindos de subetapas planejadas na meta mensal da equipe), cujas restrições não puderam ser eliminadas no médio prazo, devido ao alto grau de incerteza do processo de projeto da empresa. Assim, esses pacotes são programados e um grande esforço é realizado para eliminar as restrições no decorrer da semana.

Os pacotes de trabalho não planejados passaram a ser registrados, a fim de melhor controlar as suas ocorrências e avaliar o quanto afetam o trabalho das equipes. Além disso, o registro desses pacotes pode servir de ponto de partida para possíveis ações de melhoria no processo de planejamento. Ainda, na primeira etapa da reunião de planejamento de curto prazo, são registrados o PPC e o IRR, sendo também identificadas as causas da não conclusão dos pacotes da semana anterior.

Inicialmente, foram identificadas as seguintes dificuldades nas quatro equipes estudadas: reunião de curto prazo muito longa; falta de preparo para reunião e falta de conhecimento dos projetos por parte dos projetistas, resultando em dificuldade em estimar a duração das atividades; tendência em apenas copiar as atividades do plano de longo ou de médio prazo para o de curto prazo, ou seja, dificuldade em quebrar as atividades de projeto em pacotes de trabalho menores; dificuldade em definir prioridades, pois o plano de médio prazo ainda não estava consolidado; dificuldade em entender o conceito de restrições, confundindo com interdependências e atividades de projeto; e dificuldade em identificar as causas raiz da não conclusão dos pacotes de trabalho.

Apesar disso, as equipes que tiveram a participação ativa dos coordenadores de projeto nas reuniões tiveram uma evolução rápida na implementação das práticas do SLP, comprovando, assim, a importância do papel de liderança do CP a fim de alcançar os objetivos propostos.

Conforme já descrito, as fases de projeto conceitual e de detalhamento possuem características diferentes. Diante disso, a análise nesta etapa 3 do trabalho foi realizada separadamente. A Figura 73 apresenta os dados de PPC nas equipes E3, E4, E5 e E6, em janeiro de 2013.

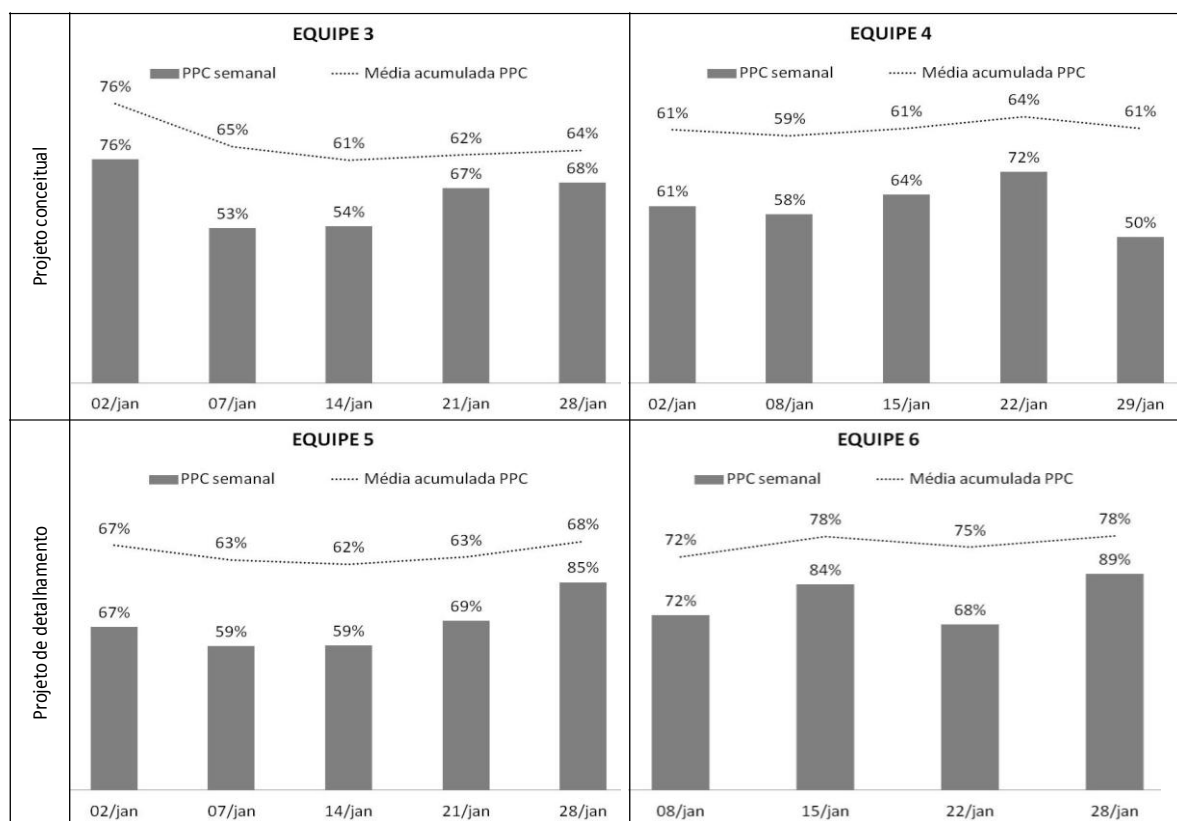


Figura 73: dados de PPC das equipes E3, E4, E5 e E6

As equipes de projeto conceitual, ou seja, a E3 e E4, nas 5 semanas analisadas, apresentaram o índice de PPC médio de 64% e 61%, respectivamente. A média do PPC das equipes de projeto de detalhamento (E5 e E6) foi de 73%. O PPC mais baixo na fase de projeto conceitual era esperado, pois é uma fase de grande incerteza, de muitas alterações e com alta interferência por parte do cliente.

A Figura 74 apresenta as principais causas da não conclusão dos pacotes de trabalho planejados no curto prazo nas equipes de projeto conceitual, dados compilados da E3 e da E4 nas 5 semanas acompanhadas, em janeiro de 2013. A causa “tempo subestimado para a atividade” aparece na primeira colocação, seguida pelas causas “alteração de projeto pelo cliente” e “indefinição do cliente”.

EQUIPES DE PROJETO CONCEITUAL - Causas

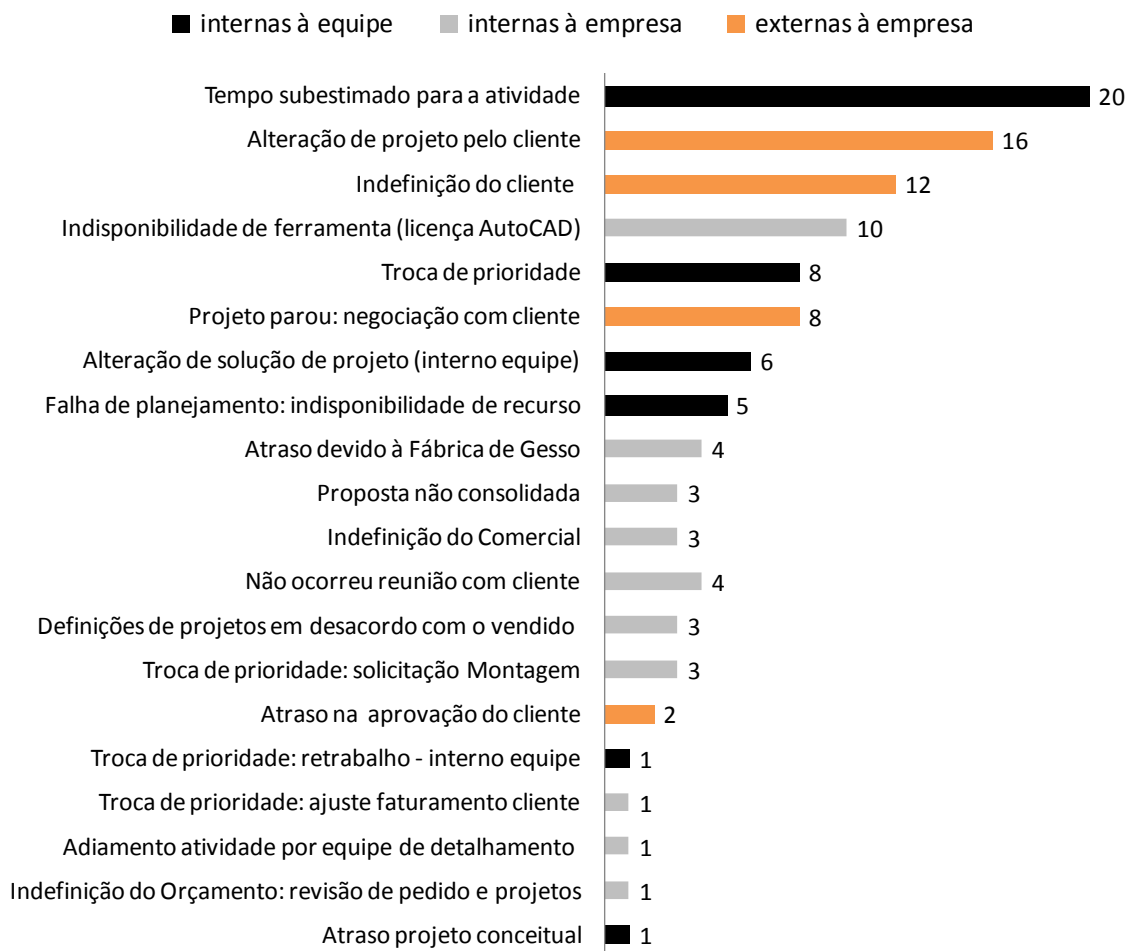


Figura 74: causas de não conclusão dos pacotes de trabalho das equipes de projeto conceitual, dados compilados da E3 e da E4

A Figura 75 apresenta as principais causas da não conclusão dos pacotes de trabalho planejados no curto prazo nas equipes de detalhamento E5 e E6. Assim, a causa “indisponibilidade de ferramenta”, devido ao vencimento das licenças de AutoCAD na empresa, aparece na primeira posição. Na segunda posição, está a causa “tempo subestimado para a atividade”. Na terceira, quarta e quinta posições aparecem causas envolvendo fatores externos à empresa, ou seja, relacionadas com o cliente.

EQUIPES DE PROJETO DE DETALHAMENTO - Causas

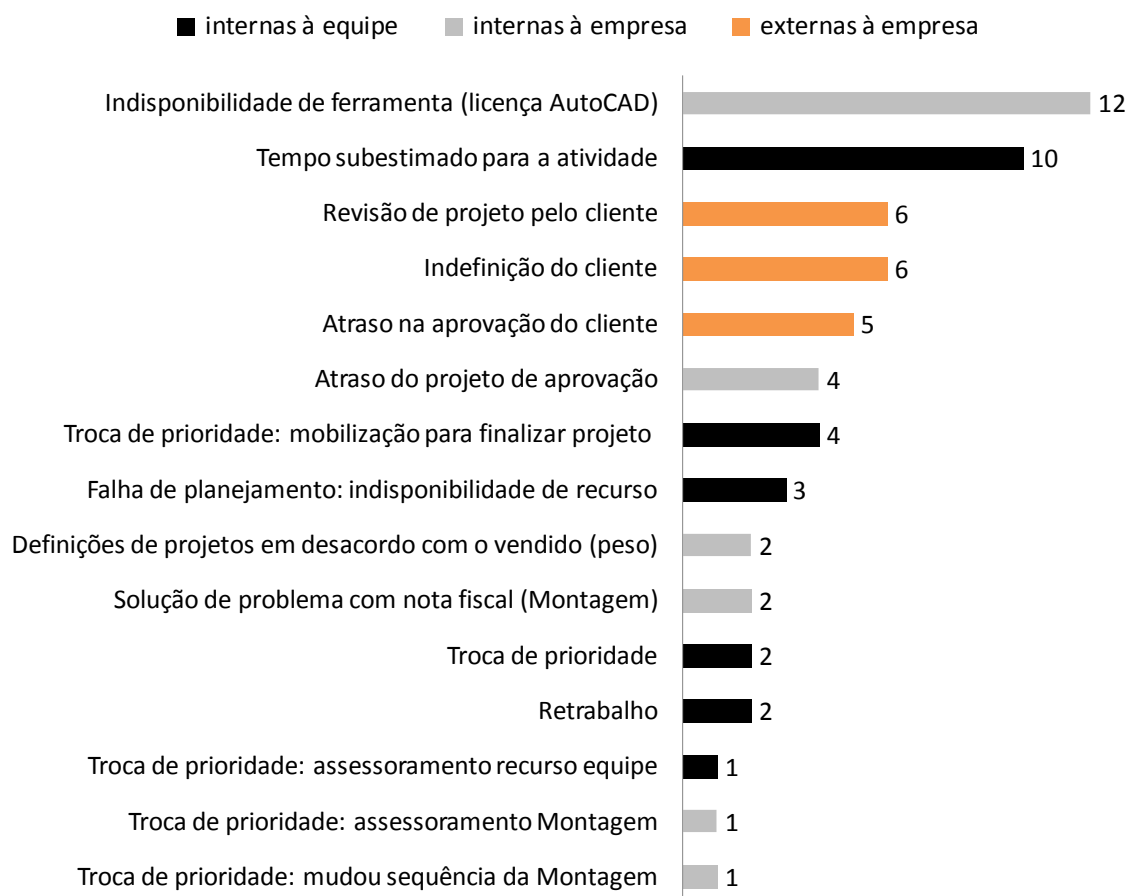


Figura 75: causas de não conclusão dos pacotes de trabalho das equipes de projeto de detalhamento, dados compilados da E5 e E6

5.3.1 Síntese dos Resultados da Etapa 3 e Proposta da Versão 2 do Modelo

A Figura 76 apresenta a síntese dos dados analisados nas equipes de projeto na etapa 3 do presente trabalho, compreendendo os tipos de projeto, número de semanas consideradas, PPC médio e as principais causas de não conclusão dos pacotes de trabalho. Esses resultados foram apresentados pelas equipes no módulo 2 do programa de capacitação da Engenharia (seção 4.2.5).

Equipes	Projeto	N° de semanas analisadas	PPC médio	Principais causas de não conclusão dos pacotes de trabalho	Percentual das causas	
ETAPA 3	E3	Conceitual	5	64%	Troca de prioridade (interna) Indefinição do cliente (externa) Tempo subestimado para a atividade (interna)	19% (6/32) 19% (6/32) 16% (5/32)
	E4	Conceitual	5	61%	Tempo subestimado para a atividade (interna) Alteração de projeto pelo cliente (externa) Indisponibilidade de ferramenta: AutoCAD (interna)	19% (15/80) 14% (11/80) 9% (7/80)
	E5	Detalhamento	5	68%	Tempo subestimado para a atividade (interna) Alteração de projeto pelo cliente (externa) Indefinição do cliente (externa)	24% (8/34) 18% (6/34) 18% (6/34)
	E6	Detalhamento	4	78%	Indisponibilidade de ferramenta: AutoCAD (interna) Atraso projeto conceitual (interna) Troca de prioridade: mobilização para finalizar projeto	30% (8/27) 15% (4/27) 15% (4/27)

Figura 76: dados de controle do processo de projeto das equipes E3, E4, E5 e E6

Os dados de PPC e a análise das causas confirmam a oportunidade de focar em melhorias na fase de projeto conceitual, principalmente em relação às atividades que envolvem grande interação com os clientes. Ao diminuir a variabilidade na referida fase, o fluxo de trabalho na fase de detalhamento também se torna mais estável, podendo contribuir para aumentar a confiabilidade de prazos de entrega de projetos para a fabricação e montagem em obra. De fato, a reestruturação do setor de Engenharia em dois tipos de equipes facilitou a identificação desses problemas, antes absorvidos dentro de cada equipe, colaborando para a busca de soluções.

A causa “tempo subestimado para a atividade” aparece nas primeiras colocações, assim como na primeira etapa de implementação, confirmando a dificuldade por parte dos projetistas em planejar suas atividades e estimar a duração das mesmas.

A Figura 77 apresenta os gráficos com a síntese da natureza das causas de não conclusão de pacotes de trabalho nas equipes de projeto conceitual (E3 e E4) e de detalhamento (E5 e E6), respectivamente. Assim, é possível observar que muitas causas são diretamente relacionadas aos processos internos da empresa, representando 67%, em projeto conceitual, e 72%, em projeto de detalhamento. Portanto, muitas melhorias locais podem ser realizadas.

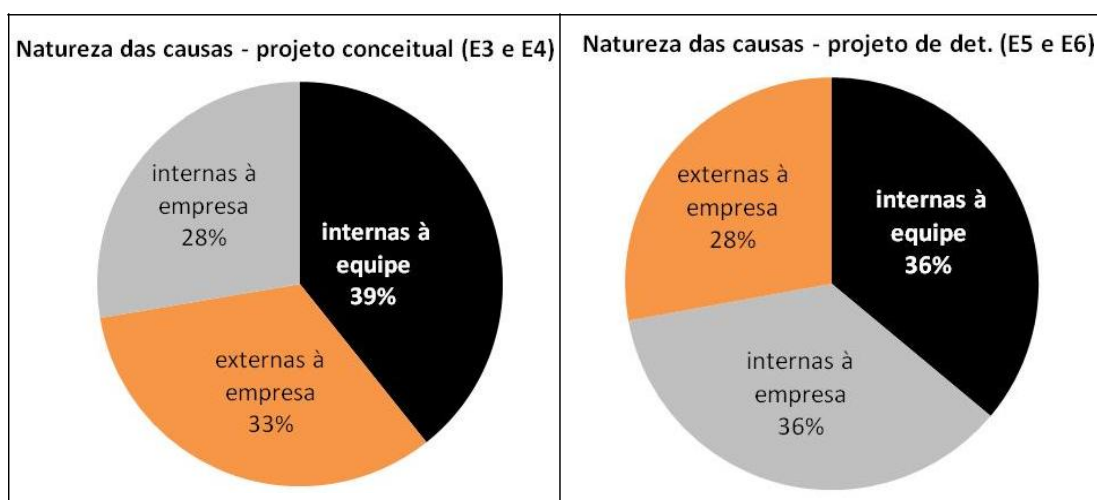


Figura 77: natureza das causas de não conclusão dos pacotes de trabalho das equipes de projeto conceitual e de detalhamento, respectivamente

A Figura 78 apresenta a síntese dos dados analisados nas equipes na etapa 3 do presente trabalho, compreendendo os tipos de projeto, número de semanas consideradas, IRR total e as principais restrições identificadas nas equipes E3, E4, E5 e E6.

Equipes	Projeto	Nº de semanas analisadas	IRR	Principais restrições	
ETAPA 3	E3	Conceitual	5	36% (12/33)	Receber aprovação de projeto do cliente Receber definição de projeto do cliente Receber projetos do cliente
	E4	Conceitual	5	59% (10/17)	Receber definição de projeto do cliente Receber aprovação de projeto do cliente Receber projeto do fornecedor
	E5	Detalhamento	5	33% (7/21)	Receber projeto conceitual Receber revisão de projeto do cliente Receber definição de projeto do cliente
	E6	Detalhamento	4	75% (6/8)	Receber projeto conceitual Receber projeto de terceiro Receber peso estrutural do projeto

Figura 78: dados referentes à análise de restrições das equipes de projeto

As principais restrições nas equipes de projeto conceitual foram relacionadas ao recebimento de informações do cliente. Nas equipes de detalhamento, a principal restrição foi “receber projeto conceitual”, porém, na E5 ficou evidente que os projetos de detalhamento sofrem impactos das mudanças do cliente, a partir da identificação da restrição “receber revisão de projeto do cliente”.

Ao final desta etapa, as seguintes práticas foram apontadas como consolidadas nas equipes de projeto:

- a) E3 (equipe de projeto conceitual): planejamento de curto prazo consolidado, com a realização de uma reunião com a participação dos principais projetistas de cada frente. Porém o médio prazo não foi implementado.
- b) E4 (equipe de projeto conceitual): plano de curto prazo consolidado, com a realização de uma reunião por frente de projeto, com a participação de todos os projetistas da frente e o calculista. Assim, eram realizadas paralelamente três reuniões de curto prazo na equipe. Essa foi uma abordagem inicial, proposta pelo CP diante da maior dificuldade de planejamento das atividades em fase de projeto conceitual. Porém, sempre que necessário, os projetistas de outras frentes eram convidados. O plano de médio prazo era realizado por frente, mas somente pelo CP. O horizonte era de quatro semanas, atualizado a cada duas semanas, sendo realizada uma primeira análise das restrições.
- c) E5 e E6 (equipes de projeto de detalhamento): plano de curto prazo consolidado, com a realização de uma reunião com a participação dos principais projetistas de cada frente. A partir das informações do cronograma do Planejamento (mensal), fornecidas pelo CP, os projetistas planejam o médio prazo por frente de detalhamento, porém ainda não analisavam as restrições no nível de médio prazo. A partir do plano de médio prazo, os líderes planejavam o curto prazo nas reuniões de comprometimento semanal. Durante a reunião de curto prazo, as restrições eram analisadas, sendo calculado o IRR.

Os principais impactos positivos apontados pelas equipes, através de entrevistas realizadas após o período de implementação, foram: previsibilidade do trabalho a ser desenvolvido, possibilitando nivelar o trabalho entre os membros da equipe; aumento da comunicação na equipe; aumento do comprometimento com o plano; maior nível de informações para possibilitar a tomada de decisão de projeto, facilitando a definição de prioridades; aumento do controle do trabalho em progresso; e melhoria na eficácia e diminuição do tempo de reunião, uma vez que os projetos passaram a ser analisados antes da reunião, possibilitando a melhor definição dos pacotes de trabalho e sequenciamento das atividades.

Assim, conforme confirmado no módulo 2 da capacitação (seção 4.2.5), as seguintes rotinas de planejamento já estavam entendidas e consolidadas nas equipes: (a) reuniões de curto prazo e utilização do plano como agenda comum; (b) identificação das causas da não

conclusão dos planos; e (c) entendimento das restrições de projeto. Porém, foram apontadas, ao final desse módulo, algumas oportunidades de melhoria no processo de projeto da empresa, sendo elas:

- a) Análise conjunta dos indicadores da equipe, gerando aprendizado e possibilitando a realização de ações de melhoria. Para tanto, foi sugerido um ciclo mensal de análise e retroalimentação.
- b) Melhoria na implementação do planejamento de médio prazo a partir da utilização do horizonte móvel quinzenal de planejamento e da análise mais profunda das restrições, visando a aumentar a proteção da produção no nível de curto prazo.
- c) Aumento do controle de entregas de etapas de projeto (aderência ao planejado), visando a atingir as metas da Engenharia como um todo e não das equipes isoladamente.
- d) Gestão visual a partir do desenvolvimento do painel de controle a ser utilizado pelas equipes, visando a aumentar a transparência das informações.
- e) Gestão de requisitos do cliente, a partir do mapeamento dos principais requisitos necessários para o desenvolvimento das diferentes fases de projeto, facilitando a identificação de restrições pelos projetistas.
- f) Padronização de etapas de projeto, incluindo a identificação das restrições e causas de não conclusão de pacotes de trabalho mais comuns, a fim de facilitar e sistematizar o planejamento e controle do processo de projeto.

Com isso, foi identificada a necessidade de buscar a maior integração entre as diferentes equipes de projeto da Engenharia, visando a aumentar o comprometimento de cada equipe com as metas do setor. Constatou-se também a necessidade de integrar melhor o planejamento e controle de projetos ao planejamento das outras unidades de produção, de forma a melhor contribuir para o atendimento das metas mensais da empresa como um todo.

Nesse contexto, a Reunião de Planejamento da Engenharia (RPE) foi identificada como uma oportunidade em desenvolver o planejamento integrado da Engenharia, além de realizar algumas análises de restrições de projeto que as equipes isoladamente não são capazes de eliminar. Porém, a RPE precisou ser reformulada, pois sua duração era excessivamente longa, podendo compreender de um a dois dias da semana. Assim, devido à falta da estruturação da

reunião, os participantes ficavam dispersos, respondendo isoladamente aos questionamentos do setor de Planejamento.

Com o intuito de tornar a RPE mais participativa e mais sistemática, em abril de 2013, o Planejamento propôs a utilização de quadros visuais com as datas de entrega das etapas previstas em cronograma. No entanto, por ser simplesmente a cópia do cronograma, no qual as etapas atrasadas não eram replanejadas, ou seja, apenas apareciam como atrasadas, esses quadros não apresentavam a consolidação de planos da Engenharia, sendo normalmente abandonados ao longo do mês.

A partir disso, foi elaborada a versão 2 do modelo de planejamento e controle de projetos, apresentada na Figura 79.

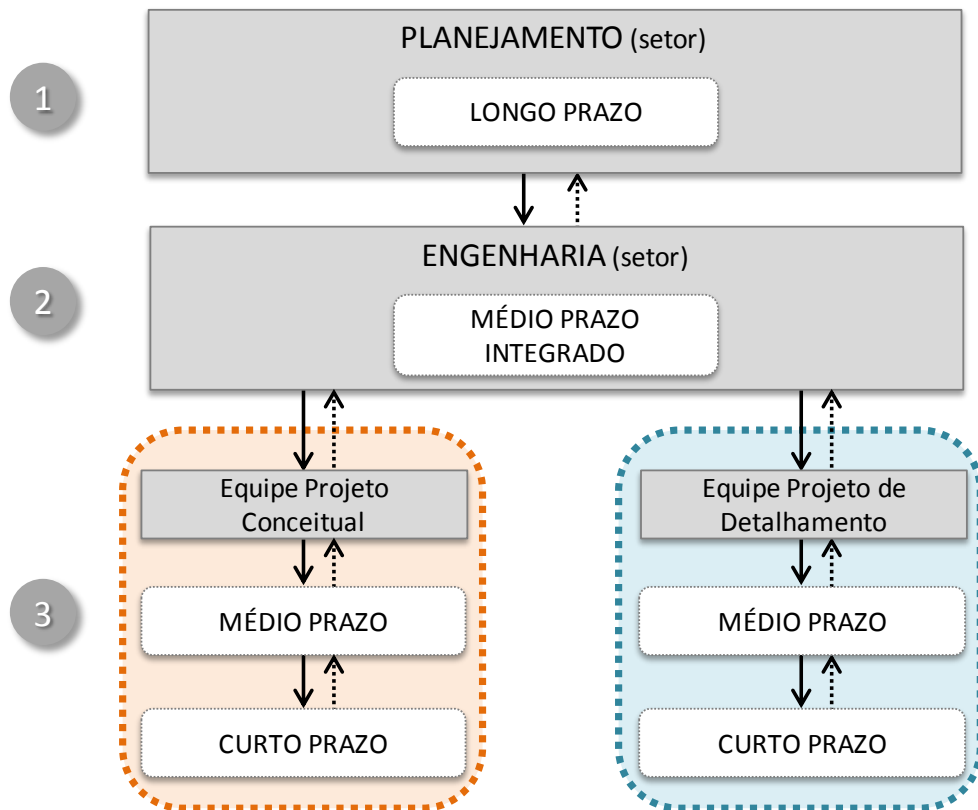


Figura 79: versão 2 do modelo de planejamento e controle de projetos

A segunda versão do modelo proposto no módulo 4 da capacitação (seção 4.2.5), compreende três diferentes níveis gerenciais:

- a) Nível 1: planejamento de longo prazo realizado pelo CP de cada equipe, com base no cronograma por projeto recebido do setor de Planejamento.

- b) Nível 2: durante a RPE, é realizado o planejamento de médio prazo integrado entre as equipes, com o auxílio de dispositivos visuais. Nesse momento, existe a oportunidade de analisar as restrições que as equipes não são capazes de eliminar.
- c) Nível 3: inclui o planejamento de médio prazo, por frente de trabalho de cada equipe, no qual as restrições da equipe podem ser analisadas, e o planejamento de curto prazo semanal por equipe.

Nessa versão, não foram ainda estabelecidos os horizontes de planejamento, a fim de defini-los juntamente com os coordenadores de projeto ao longo da etapa 4 desta pesquisa, apresentada a seguir.

5.4 ETAPA 4: AVALIAÇÃO E INSERÇÃO DO SISTEMA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE

5.4.1 Primeira Avaliação do Grau de Implementação do Modelo

A primeira avaliação do grau de implementação do modelo proposto foi realizada pela pesquisadora, a partir da observação participante e de entrevistas com os coordenadores de projeto e projetistas, no final de março de 2013, conforme descrito na seção 4.4.4.1 do método de pesquisa. Nessa avaliação, foi realizada uma análise de cada uma das práticas de planejamento consideradas, e de cada nível de planejamento, nas equipes E1, E2, E3, E4, E5 e E6. Ainda, foi possível avaliar o grau de implementação do modelo por equipe.

A Figura 80 apresenta a síntese dos resultados da avaliação das práticas, os quais foram apresentados e discutidos no módulo 4 do programa de capacitação (seção 4.2.5).

BOAS PRÁTICAS DE PLANEJAMENTO		Equipes						Eficácia implementação das práticas	
		DET.	DET.	CONC.	CONC.	DET.	DET.		
Curto Prazo		E1	E2	E3	E4	E5	E6		
1	Rotinas das reuniões de curto prazo	1	1	1	0,75	1	1	96%	77%
2	Definição correta dos pacotes de trabalho	1	1	1	1	1	1	100%	
3	Inclusão de pacotes de trabalho sem restrições no plano de curto prazo	0,75	0,75	0,75	0,25	0,75	0,75	67%	
4	Programação de tarefas suplentes	0	1	1	1	1	1	83%	
5	Tomada de decisão participativa nas reuniões de curto prazo	1	1	1	1	1	1	100%	
6	Realização de ações corretivas a partir das causas de não conclusão dos pacotes de trabalho	0	1	0	0	0	0	17%	
Médio Prazo									
7	Rotina de planejamento de médio prazo	0,75	1	0,25	0,25	0,75	0,75	63%	58%
8	Remoção sistemática das restrições	0,75	0,75	0	0,25	0,75	0,75	54%	
Longo Prazo									
9	Elaboração de um plano de longo prazo transparente	0,25	0,75	0,25	0,25	0,25	0,25	33%	61%
10	Utilização de indicadores para avaliar o cumprimento de prazos das entregas de projeto	0,75	0,75	0	0	0,75	0,75	50%	
11	Atualização sistemática do plano de longo prazo para refletir o andamento dos projetos	1	1	1	1	1	1	100%	
Geral									
12	Formalização do processo de planejamento e controle de projeto	0,25	0,25	0,75	0,25	0,25	0,25	33%	17%
13	Análise crítica do conjunto de dados	0	0,75	0	0	0	0	13%	
14	Utilização de dispositivos visuais para disseminar as informações	0	0	0	0	0	0,25	4%	
Grau de implementação do modelo por equipe e geral		54%	79%	50%	43%	61%	63%	58%	GERAL

Implementada (1) - Parcialmente implementada (0,75) - Fracamente implementada (0,25) - Não implementada (0)

Figura 80: avaliação das práticas de planejamento em março de 2013

O grau de eficácia da implementação das práticas no curto prazo foi de 77%, o maior entre os diferentes níveis de planejamento, confirmando a maior consolidação do plano de curto prazo nas equipes a partir da implementação das seguintes práticas:

- “Rotinas das reuniões de curto prazo”: apresentou um grau de implementação de 96%, confirmando a consolidação das rotinas de reuniões de planejamento semanal nas equipes. Nessas reuniões, os dias e horários eram fixos, os planos passaram a ser padronizados e eram adequadamente disseminados aos demais integrantes das equipes, e havia registro dos indicadores de desempenho;
- “Definição correta dos pacotes de trabalho”: atingiu um grau de implementação de 100%, indicando que as dificuldades iniciais foram superadas. Isso contribuiu para melhorar a compreensão dos planos e aumentar a previsibilidade das atividades de projeto pelos projetistas, atingindo um bom nível de eficácia de planejamento, com base nos índices do PPC nas equipes E1 e E2;
- “Inclusão de pacotes de trabalho sem restrições no plano de curto prazo”: grau de implementação de 67%, sugerindo a falta de um médio prazo bem estruturado;
- “Programação de tarefas suplentes”: teve um grau de implementação de 83%. Entretanto, essa prática pode ser aprimorada a partir da consolidação do planejamento de médio prazo;

- e) “Tomada de decisão participativa nas reuniões de curto prazo”: atingiu o grau de implementação de 100%, confirmando a melhoria da comunicação e da troca de informações entre os projetistas das equipes, colaborando com o melhor alinhamento das atividades de projeto desenvolvidas, facilitando a identificação de prioridades, a tomada de decisão e o comprometimento com o planejado. Esses benefícios foram observados pela pesquisadora e apontado pelos coordenadores e projetistas durante as entrevistas; e
- f) “Realização de ações corretivas a partir das causas da não conclusão dos pacotes”: teve um grau de implementação de apenas 17%. É importante salientar a importância desse ciclo de aprendizado, uma vez que podem ser realizadas ações de melhorias no planejamento e controle a partir da análise das causas.

O grau de eficácia da implementação das práticas no médio prazo foi de 58%, confirmando maior dificuldade dos projetistas na “remoção sistemática das restrições” (54%), apesar de haver a tentativa da “rotina de planejamento de médio prazo” (63%). No entanto, diante da complexidade e da alta variabilidade do processo de projeto no contexto estudado, identificou-se a necessidade de adaptar o SLP, portanto, mesmo com a identificação das restrições no médio prazo, o controle passou a ser realizado no curto prazo, pois algumas restrições identificadas somente podem ser removidas no decorrer da semana.

O grau de eficácia da implementação das práticas no longo prazo foi de 61%, a partir da implementação das seguintes práticas:

- a) “Elaboração de um plano de longo prazo transparente”: teve um grau de implementação de 33%, uma vez que foi mantida apenas a versão digital do plano, enviada por *e-mail* à equipe. Nessa prática, identificou-se a oportunidade de utilização de dispositivos visuais.
- b) “Utilização de indicadores para avaliar o cumprimento de prazos das entregas de projeto”: houve um grau de implementação de 50%, sendo que as equipes de projeto conceitual tiveram maior dificuldade – nas mesmas o controle de entregas não foi implementado.
- c) “Atualização sistemática do plano de longo prazo para refletir o andamento dos projetos”: teve grau de implementação de 100%, pois a atualização é realizada, quando

necessário, na RPE, quando são revisados os planos de longo prazo dos projetos e das obras em andamento na empresa.

O grau de eficácia da implementação das práticas gerais, relacionadas ao processo de planejamento, foi de apenas 17%, o menor entre os diferentes níveis de planejamento, evidenciando a necessidade em aprimorar as seguintes práticas:

- a) “Formalização do processo de planejamento e controle”: o grau de implementação foi de 33%, pois somente o planejamento de curto prazo estava padronizado, apontando a necessidade de consolidação do sistema de planejamento e controle no setor de projetos.
- b) “Análise crítica do conjunto de dados”: grau de implementação de 13%, apontando a dificuldade por parte das equipes em entender a importância dessa prática a fim de realizar o ciclo de aprendizagem, essencial para a melhoria do planejamento e controle.
- c) “Utilização de dispositivos visuais para disseminar as informações”: teve um grau de implementação de apenas 4%. A utilização dos dispositivos possivelmente contribuiria para aumentar a eficácia de implementação das demais práticas de planejamento, pois colaboraria com o aumento da disponibilidade das informações.

De uma forma geral, o grau de implementação do modelo nas equipes envolvidas no estudo foi de 58%. A E2 destacou-se pelo grau de implementação mais elevado (79%). O envolvimento constante do coordenador de projeto nas rotinas de planejamento, liderando e orientando a equipe, teve um papel fundamental no processo de implementação. Diferentemente das demais equipes, a E2 buscou a “realização de ações corretivas a partir das causas de não conclusão dos planos”, através de um ciclo mensal de discussão e aprendizado a partir da “realização da análise crítica do conjunto de dados”.

As demais equipes (E1, E3, E4, E5 e E6) apresentaram, em geral, dificuldades na análise conjunta de dados, possivelmente por não serem incentivadas pelo coordenador e por não terem definido os responsáveis por realizar essa análise, alcançando índices entre 50% e 62,5%. Além disso, as equipes de projeto conceitual (E3 e E4) obtiveram índices de implementação do modelo de 50% e 43%, respectivamente, confirmando a maior dificuldade de implementação do planejamento e controle na fase de concepção do projeto, na qual as incertezas são maiores.

5.4.2 Dispositivos Visuais

A partir da primeira avaliação do grau de implementação do modelo, identificou-se a necessidade em utilizar os dispositivos visuais para apoiar a implementação do modelo proposto, conforme destacado na seção 5.4.1.

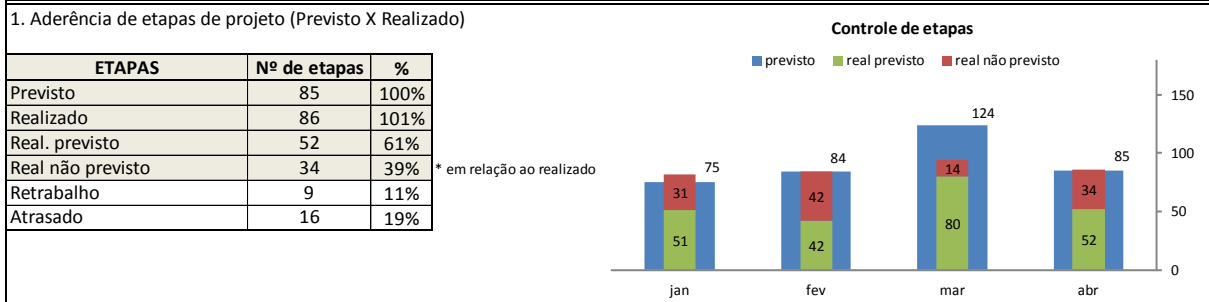
Assim, no seminário *Last Planner Day*, foi apresentada pela pesquisadora uma proposta de painel de controle operacional para ser utilizada em cada equipe, a fim de colaborar com a padronização do sistema de planejamento e controle do setor. Essa versão inicial foi baseada no painel de controle já utilizado no setor de Montagem.

A Figura 81 apresenta o painel proposto, o qual compreende três principais seções, descritas a seguir:

- a) Aderência de entrega de etapas de projeto ao cronograma do Planejamento, na qual são controladas as etapas planejadas e realizadas, assim como os retrabalho e etapas antecipadas na equipe.
- b) Eficácia do sistema de planejamento e controle, na qual são registrados os índices de PPC e as causas da não conclusão dos pacotes de trabalho planejados.
- c) Análise de restrições, na qual são registrados o IRR e a natureza das restrições.

PAINEL DE CONTROLE OPERACIONAL - Engenharia		Equipe: _____
		Data: _____

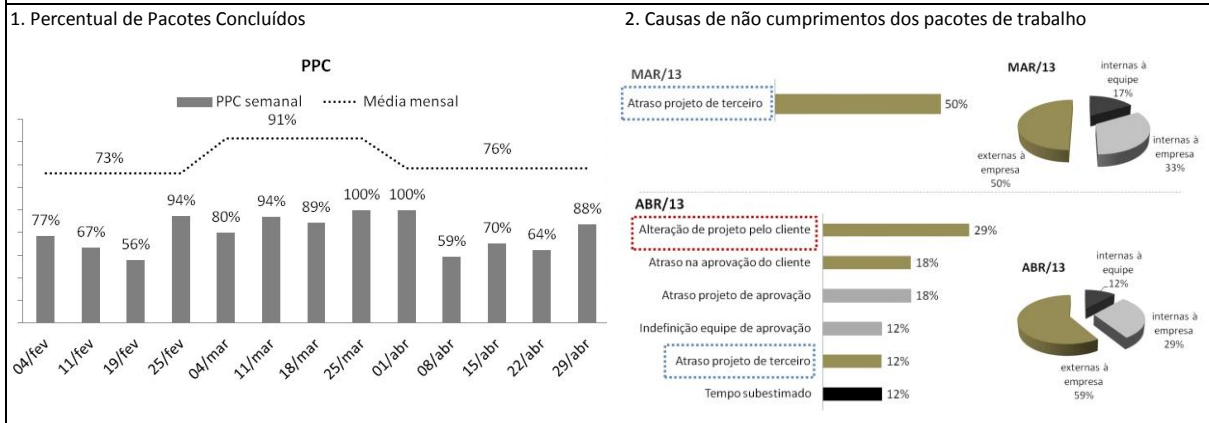
ADERÊNCIA



COMPROMETIMENTO

Índices	%	Fórmula	META	SITUAÇÃO	Objetivo do indicador
PPC mês	76%	PPC = (pacotes realizados/pacotes planejados) x 100	> OU = 90%		Avaliar o comprometimento com o planejamento de curto prazo na equipe
PPC mês anterior	91%				

LEGENDA SITUAÇÃO: > ou = a 90% entre 70 e 90% < ou = 70%



3. Plano de Ação (contramedidas sobre as causas)

Causa	Ação	Prazo	Responsável	Status

ANÁLISE DE RESTRIÇÕES

Índices	%	Fórmula	META	SITUAÇÃO	Objetivo do indicador
IRR mês	68%	IRR = (restrições removidas/restrições identificadas) x 100	> OU = 90%		Garantir que os pacotes de trabalho tenham suas restrições removidas no prazo
IRR mês anterior	62%				

LEGENDA SITUAÇÃO: > ou = a 80% entre 60 e 80% < ou = 60%

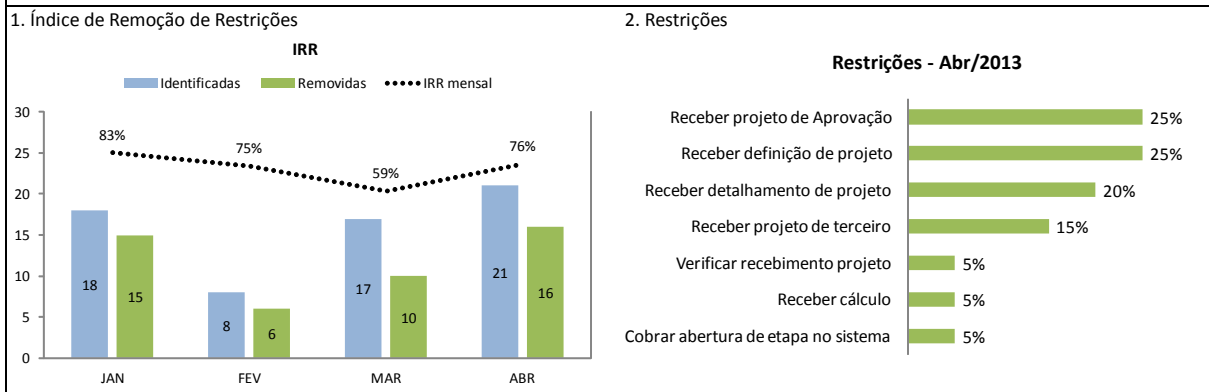


Figura 81: painel de controle operacional proposto pela pesquisadora

Durante o seminário, os coordenadores de projeto, com o apoio do gerente da Engenharia, decidiram realizar duas reuniões para discutir e avaliar o painel proposto, a fim de propor melhorias no mesmo.

A Figura 82 apresenta a versão final do painel de controle, após as contribuições dos coordenadores de projeto. Esse inclui o plano de médio prazo e lista de restrições, local para fixar o plano de curto prazo, além de local para registrar os seguintes indicadores: PPC, causas de não conclusão, IRR e RNC. O RNC, ou seja, o relatório de não conformidade, por sua vez, é um indicador de qualidade já utilizado na empresa, representando o registro de falhas decorrentes dos projetos. Assim, esse painel visual é utilizado no nível 3 do modelo proposto.

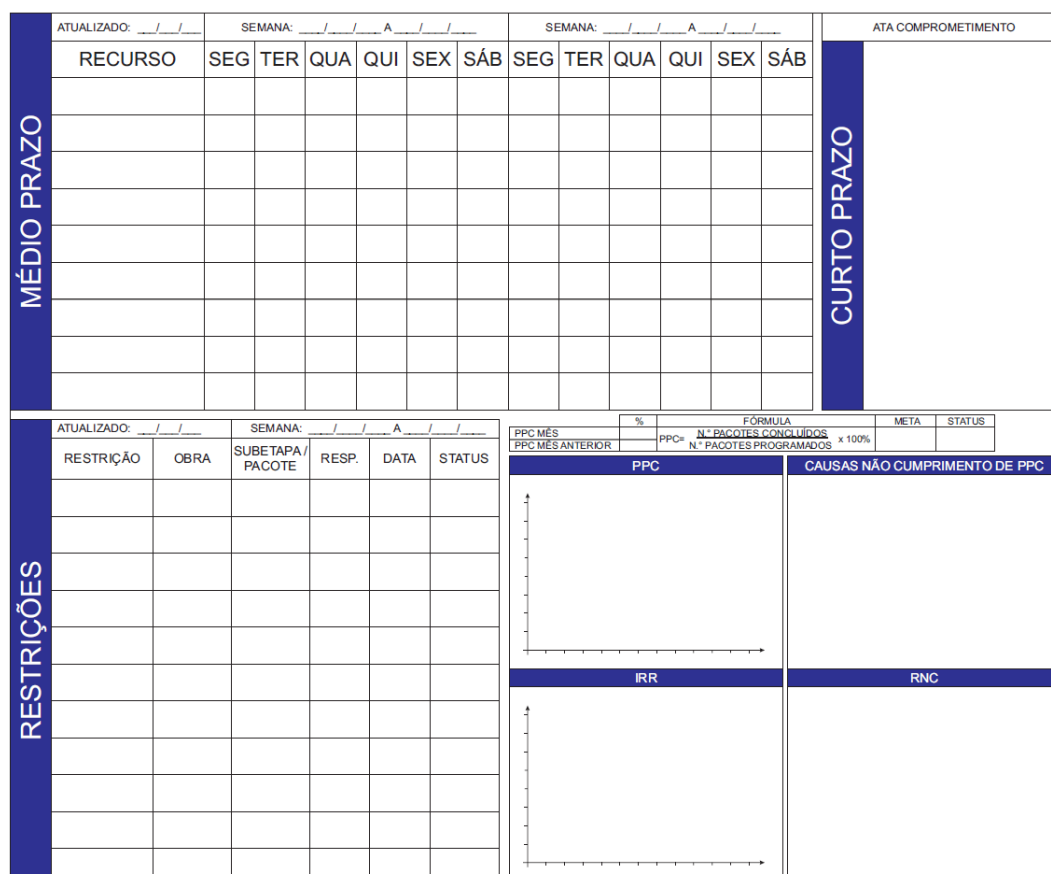


Figura 82: painel de controle adaptado pelos coordenadores de projeto

Além disso, os coordenadores de projeto, juntamente com o Planejamento, definiram o dispositivo visual de gestão de restrições do médio prazo (Figura 83), desenvolvido para apoiar o planejamento integrado do setor de projetos realizado na RPE.

ASSUNTOS DEBATIDOS					FALTA DE PAGAMENTO		APROV. EXTRA CONTRATUAL	
ANÁLISE DAS ETAPAS EM ATRASO NA ENGENHARIA					LICENÇA AMBIENTAL		AGUARDANDO APROVAÇÃO PARA FABRICAÇÃO	
ITEM	OBSERVAÇÕES / PENDÊNCIAS:	RESPONSÁVEL	PRAZO					
<small>Todas as obras em andamento foram analisadas e avaliadas entre as áreas de engenharia e planejamento. Acima estão descritas as obras que possuem pendências e/ou riscos que devem ser tratados.</small>								

Figura 83: dispositivo visual de restrições do médio prazo integrado do setor de projetos

Esse painel inclui a lista de restrições identificadas semanalmente na RPE, assim como o prazo e o responsável por removê-las, que podem ser integrantes de outros setores, tais como Jurídico, Comercial e Orçamento.

Além disso, o painel inclui espaços para trabalhos paralisados, ou seja, trabalhos atrasados por longos períodos em função de motivos considerados externos à empresa, tais como: falta de pagamento, falta de aprovação de extracontratual, espera para licença ambiental, entre outros. Esse painel visual é utilizado no nível 2 do modelo proposto.

5.4.3 Segunda Avaliação do Grau de Implementação do Modelo

Em meados de agosto de 2013, a segunda avaliação do grau de implementação das práticas de planejamento foi realizada nas equipes E1, E2, E4, e E5, possibilitando a avaliação da evolução do grau de maturidade da implementação das práticas nas equipes envolvidas no estudo e do modelo proposto.

A equipe de projeto conceitual E3 encontrou maiores dificuldades na implementação das práticas, possivelmente, em parte, devido a pouca participação do CP nas reuniões de curto prazo, desde o início da implementação. Assim, após o término da observação participante por parte da pesquisadora, a equipe não havia conseguido seguir as rotinas de planejamento propostas. A equipe de detalhamento E6, por sua vez, foi dissolvida nas demais equipes, devido a uma mudança na organização do setor de Engenharia.

A Figura 84 apresenta a síntese dos resultados da segunda avaliação das práticas, em agosto de 2013. Assim, foi possível avaliar a evolução da implementação do modelo em relação à primeira avaliação, realizada em março de 2013.

BOAS PRÁTICAS DE PLANEJAMENTO		Equipes				Eficácia implementação das práticas		
		DET.	DET.	CONC.	DET.			
Curto Prazo		E1	E2	E4	E5	ago/13	mar/13	
1	Rotinas das reuniões de curto prazo	0,75	1	1	0,75	88%	82%	77%
2	Definição correta dos pacotes de trabalho	0,75	1	1	0,75	88%		
3	Inclusão de pacotes de trabalho sem restrições no plano de curto prazo	1	1	0	0,75	69%		
4	Programação de tarefas suplentes	1	1	1	0,75	94%		
5	Tomada de decisão participativa nas reuniões de curto prazo	1	1	1	0,75	94%		
6	Realização de ações corretivas a partir das causas de não conclusão dos pacotes de trabalho	0	0,75	1	0,75	63%		
Médio Prazo								
7	Rotina de planejamento de médio prazo	0,75	1	1	0,25	75%	56%	58%
8	Remoção sistemática das restrições	0,25	1	0	0,25	38%		
Longo Prazo								
9	Elaboração de um plano de longo prazo transparente	0,25	1	1	0,25	63%		
10	Utilização de indicadores para avaliar o cumprimento de prazos das entregas de projeto	0,25	1	0,25	0,25	44%	60%	61%
11	Atualização sistemática do plano de longo prazo para refletir o andamento dos projetos	0,75	1	1	0,25	75%		
Geral								
12	Formalização do processo de planejamento e controle de projeto	0,25	0,75	0,75	0,25	50%		
13	Análise crítica do conjunto de dados	0,25	0,75	0	0,75	44%	48%	17%
14	Utilização de dispositivos visuais para disseminar as informações	1	1	0	0	50%		
Grau de implementação do modelo por equipe e geral		E1	E2	E4	E5	geral		
ago/13		59%	95%	64%	48%	67%		
mar/13		54%	79%	43%	61%	58%		

Implementada (1) - Parcialmente implementada (0,75) - Fracamente implementada (0,25) - Não implementada (0)

Figura 84: avaliação das práticas de planejamento em agosto de 2013

No curto prazo, o grau de eficácia da implementação das práticas aumentou de 77% em março para 82% em agosto, mantendo a primeira posição entre os diferentes níveis de planejamento e confirmando a maior consolidação do plano de curto prazo nas equipes. Apesar de pequena queda do grau de implementação das práticas “rotinas das reuniões de curto prazo”, “definição correta dos pacotes de trabalho” e “tomada de decisão participativa nas reuniões de curto prazo”, o que pode ser considerado comum após o término da observação participante, os índices mantiveram-se altos.

Por outro lado, as práticas “inclusão de pacotes de trabalho sem restrições no plano de curto prazo” e “programação de tarefas suplentes” obtiveram melhoria, sugerindo também uma possível evolução nas rotinas de médio prazo. O destaque no curto prazo foi no avanço da “realização de ações corretivas a partir das causas de não conclusão dos pacotes de trabalho”, passando de 17% em março para 63% em agosto, indicando haver um maior esforço das equipes em buscar melhorias a partir das oportunidades identificadas. A importância dessa prática foi constantemente reforçada nos módulos da capacitação (seção 4.2.5).

No médio prazo, o grau de eficácia de implementação das práticas apresentou pequena queda, de 58% para 56%, devido à maior dificuldade dos projetistas na “remoção sistemática das restrições”, passando de 54% para 38%. Apesar disso, a prática “rotina de planejamento de médio prazo”, aumentou de 63% para 75%, sugerindo maior foco das equipes em consolidar o planejamento de médio prazo.

No longo prazo, o grau de eficácia da implementação das práticas se manteve estável, com grau de 61% em março e 60% em agosto. A prática “elaboração de um plano de longo prazo transparente” obteve um aumento considerável, passando de 33% para 63%. Nos módulos da capacitação (seção 4.2.5), foi reforçada a importância em imprimir o plano, permitindo a melhor compreensão pelos projetistas.

Por outro lado, houve uma queda nas práticas “utilização de indicadores para avaliar o cumprimento de prazos das entregas de projeto” e “atualização sistemática do plano de longo prazo para refletir o andamento dos projetos”, evidenciando a necessidade em melhorar o controle das entregas de projeto e do trabalho em progresso nas equipes. Essa dificuldade pode ser decorrente da forte ênfase na empresa em basear seu controle no indicador de peso estrutural, em vez de aumentar o controle sobre a entrega de etapas de projeto, com base na programação das obras.

Em relação às práticas gerais do processo de planejamento, o grau de eficácia da implementação foi o que apresentou o maior avanço, passando de 17% para 48%, refletindo o esforço despendido da Engenharia desde a primeira avaliação em formalizar o sistema de planejamento e desenvolver os dispositivos visuais. Assim, a prática “formalização do processo de planejamento e controle de projeto” aumentou de 33% para 50%, pois houve um avanço na padronização do médio prazo integrado e nas equipes. A prática “análise crítica do conjunto de dados”, aumentou de 13% para 44%, apontando o maior esforço na análise de

dados, provavelmente devido ao aumento da compreensão do papel dos mesmos, visando a ações de melhoria de desempenho. Além disso, a maior participação do gerente da Engenharia nas rotinas de planejamento do setor, entre as duas avaliações realizadas, resultou no aumento da colaboração e da motivação das equipes.

A prática de maior destaque na segunda avaliação foi a “utilização de dispositivos visuais para disseminar as informações”, passando de 4% para 50%, aumentando consequentemente a transparência e a disponibilidade de informações no setor. Essa evolução é resultado do desenvolvimento dos seguintes itens:

- a) Programa de capacitação (seção 4.2.5), no qual foi possível demonstrar e refletir sobre os benefícios da utilização dos dispositivos visuais;
- b) Implementação e evolução do modelo de planejamento e controle, a partir da reflexão sobre o mesmo em conjunto com os coordenadores de projeto, evidenciando a necessidade da realização da gestão visual; e
- c) Dedicção das equipes em desenvolver os dispositivos visuais, pois sentiram na prática a necessidade e as vantagens em realizar a gestão visual.

De uma forma geral, o grau de implementação do modelo nas equipes passou de 58% para 67%, representando o empenho das equipes mesmo após o término do período de observação participante nas reuniões de curto prazo por parte da pesquisadora. A equipe E2 destacou-se com a obtenção do maior índice, passando de 79% para 95%, demonstrando o comprometimento da equipe e o envolvimento na evolução das práticas de planejamento. A E2 foi a primeira equipe a utilizar o painel visual desenvolvido pelos coordenadores para o nível 3 de planejamento, a partir de agosto de 2013.

Com exceção da equipe E5, que baixou seu índice de 61% para 48%, provavelmente por ainda não ter formalizado o seu planejamento de médio prazo e não ter iniciado a utilização dos dispositivos visuais, as demais equipes evoluíram na implementação das práticas. Assim, a equipe E1 aumentou seu índice de 54% para 59%, evidenciando a oportunidade em melhorar a “realização de ações a partir das causas de não conclusão dos pacotes de trabalho”. A equipe de projeto conceitual E4 aumentou seu índice de 43% para 64%, indicando a oportunidade em melhorar a “remoção sistemática das restrições” no médio prazo, a “análise crítica do conjunto de dados” e a “utilização de dispositivos visuais”.

Os resultados da segunda avaliação foram apresentados e discutidos no módulo 5 do programa de capacitação (seção 4.2.5), ou seja, o módulo de fechamento realizado em 28 de agosto de 2013 (Figura 85).



Figura 85: módulo de fechamento do programa de capacitação, em 28 de agosto de 2013

5.4.4 Versão Final do Modelo

No módulo de fechamento da capacitação (seção 4.2.5), além da avaliação das práticas de planejamento, uma versão evoluída de modelo foi apresentada e discutida com os participantes. A partir disso, foi elaborada a versão final do modelo de planejamento e controle de projetos, para o contexto do tipo ETO, apresentada na Figura 86.

A versão final do modelo, na qual foi possível definir os horizontes de planejamento de projetos, em conjunto com os envolvidos no processo de desenvolvimento de projeto da empresa, compreende três diferentes níveis de planejamento:

- a) Nível 1: planejamento de longo prazo realizado pelo CP de cada equipe, com base no cronograma por projeto recebido do setor de Planejamento. A prática já existe na empresa, porém foi identificada a oportunidade em aprimorar os critérios de priorização de projetos, principalmente através da melhor comunicação com o cliente. Além disso, existe a oportunidade em facilitar a definição dos prazos dos projetos pelo Planejamento, o que possivelmente pode vir a ocorrer a partir do momento em que as informações contidas nos níveis mais baixos de planejamento passem a retroalimentar os níveis mais altos;

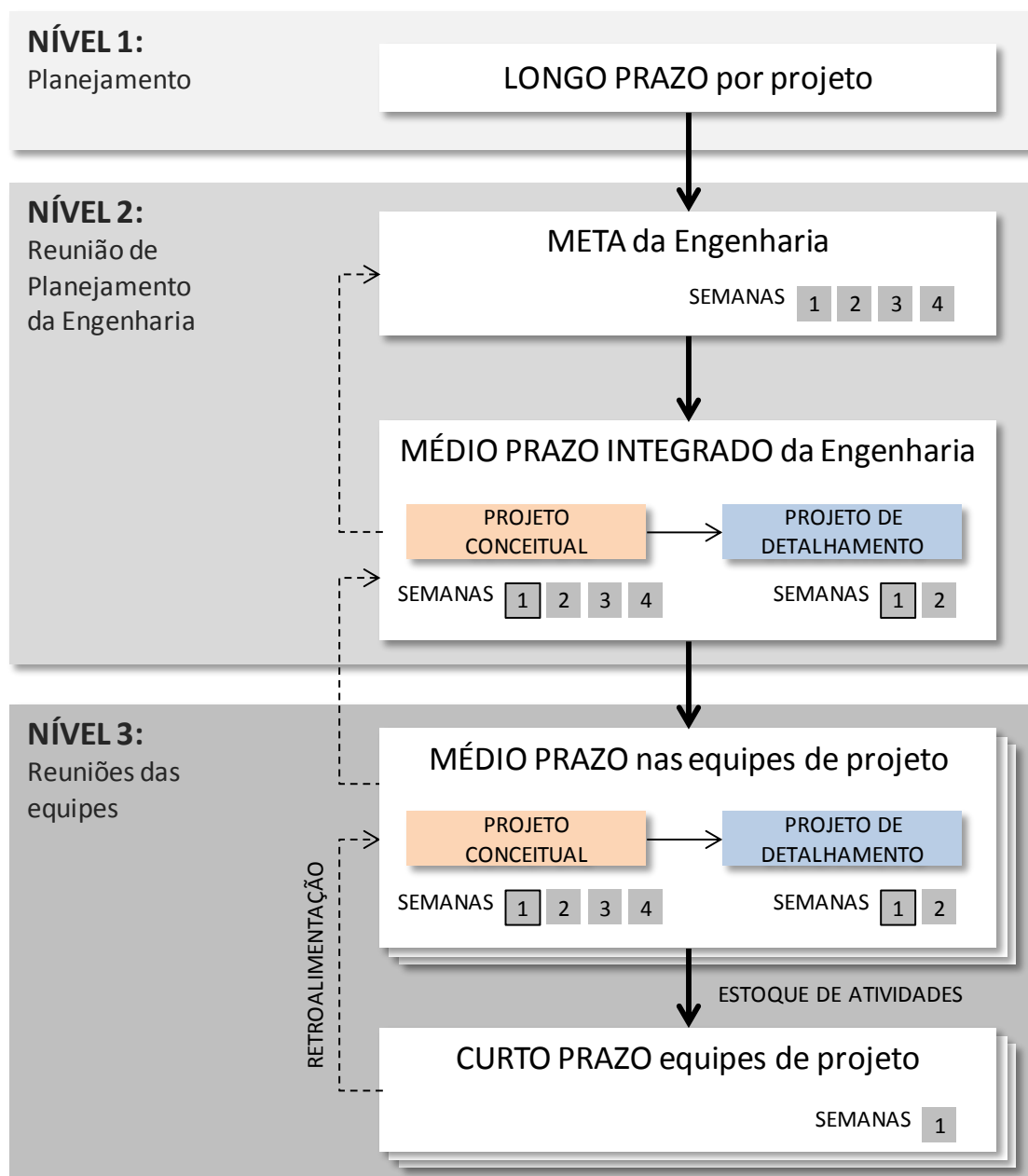


Figura 86: versão final do modelo de planejamento e controle de projetos

- b) Nível 2: planejamento de médio prazo integrado realizado na RPE. Nesse nível, as restrições externas às equipes podem ser analisadas. Ainda, o horizonte de planejamento definido compreende quatro semanas para as equipes de projeto conceitual e duas semanas para equipes de projeto de detalhamento, ambos com atualização semanal. Para o projeto de detalhamento, foram consideradas suficientes duas semanas de horizonte de planejamento, pois o objetivo é que as atividades desta fase sejam puxadas pelo médio prazo da produção. Na RPE também é definida a meta mensal da Engenharia, com horizonte e atualização mensal; e

- c) Nível 3: planejamento de médio prazo por equipe, compreendendo os mesmos horizontes do médio prazo integrado, no qual as restrições internas à equipe podem ser analisadas, produzindo um estoque de atividades a serem executadas no plano de curto prazo semanal.

Para a realização do planejamento de médio prazo integrado, no nível 2 de planejamento, foi proposta a adaptação do painel visual já utilizado na RPE pelo Planejamento. Assim, o referido dispositivo passou a representar o planejamento consolidado real da Engenharia, no qual as subetapas atrasadas recebem um carimbo indicando que estão atrasadas, mas também são replanejadas na atualização semanal do plano médio prazo.

A Figura 87 apresenta o painel visual com o plano de médio prazo integrado das equipes de projeto conceitual, com horizonte de quatro semanas.

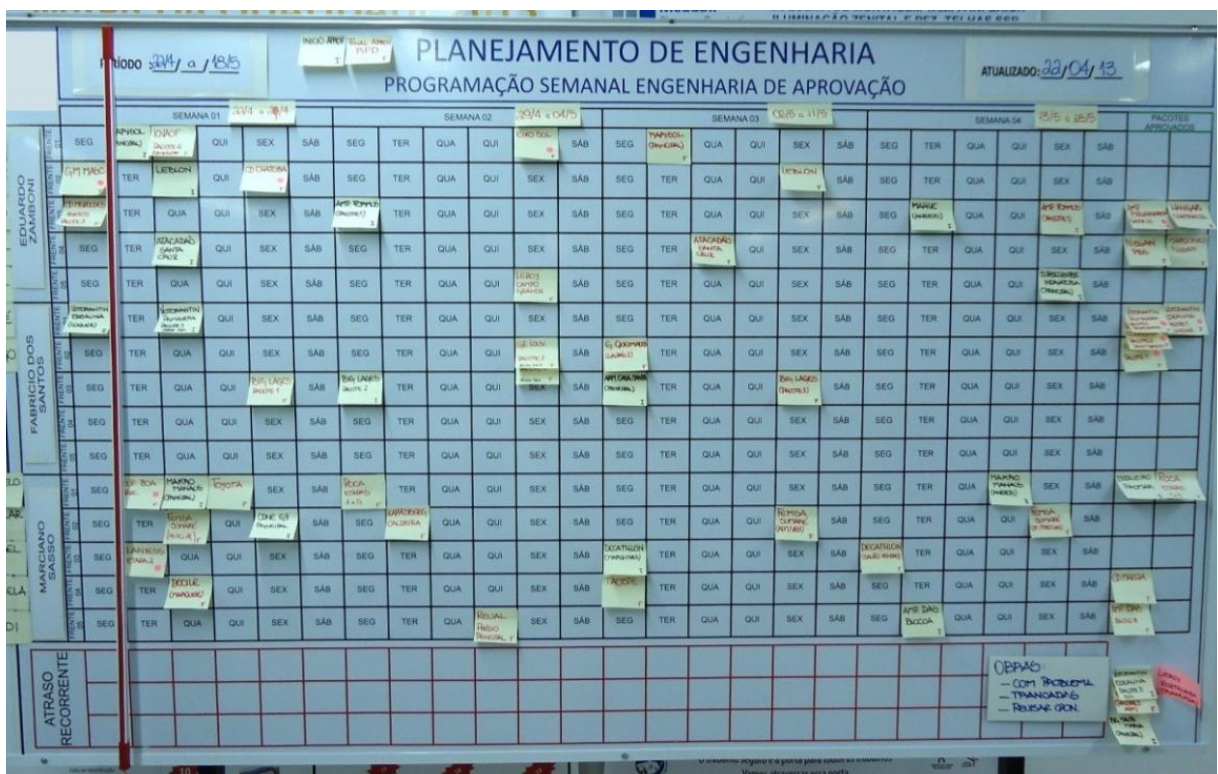


Figura 87: plano de médio prazo integrado das equipes de projeto conceitual

A partir da utilização dos dispositivos visuais atualizados, a reunião passou a ser mais sistemática e produtiva, resultando na redução do seu tempo de duração para, no máximo, um turno nas segundas-feiras.

A Figura 88 apresenta o painel visual com plano de médio prazo integrado das equipes de projeto de detalhamento, com horizonte de duas semanas.

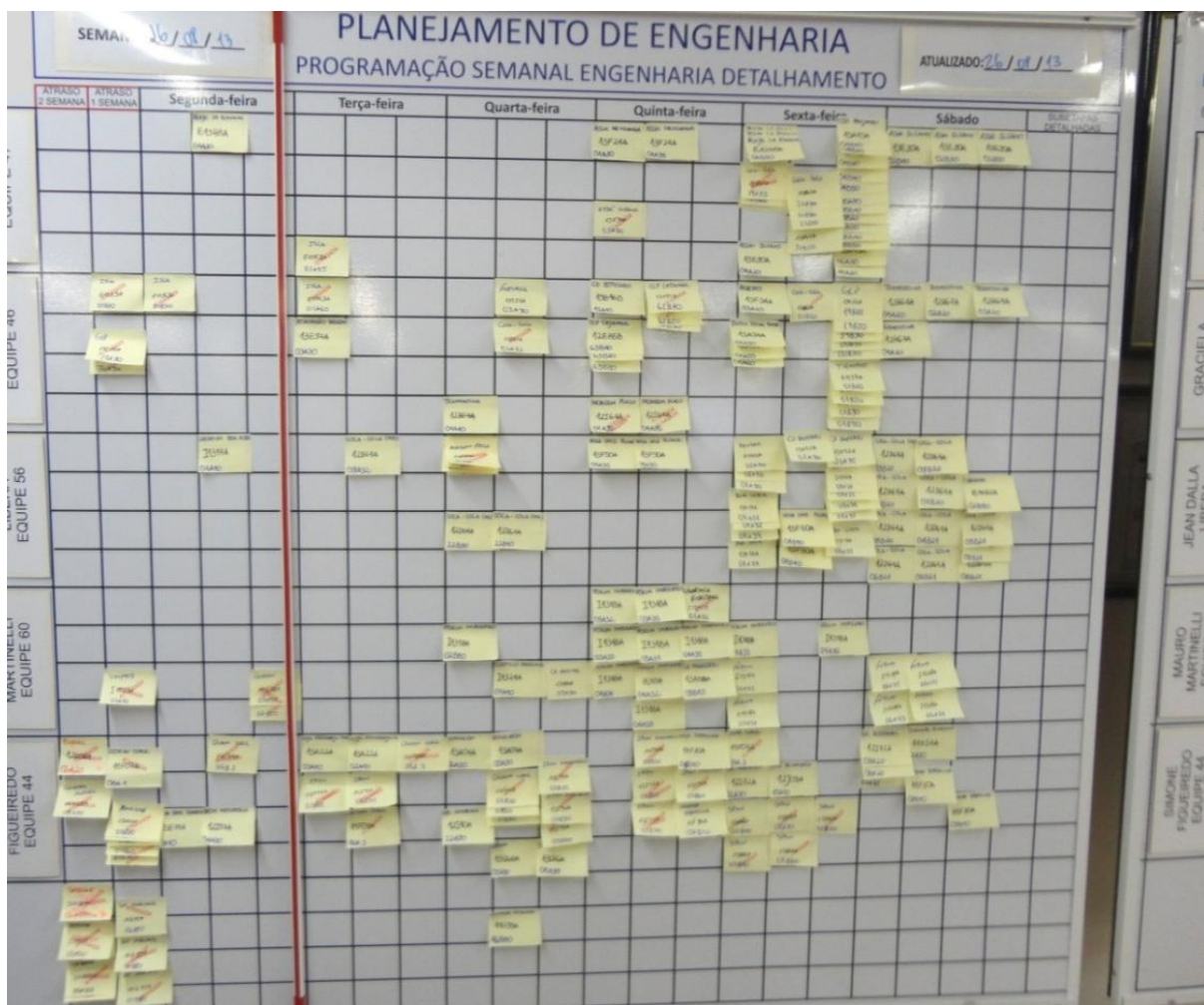


Figura 88: plano de médio prazo integrado das equipes de projeto de detalhamento

Além disso, a utilização do painel visual de restrições do médio prazo integrado e de status de trabalho paralisado, apresentado na Figura 89, auxiliou na sistematização e aumento da colaboração dos participantes durante a reunião, apontando as restrições externas às equipes. Assim, após cada reunião, a imagem é enviada por correio eletrônico aos responsáveis pela remoção das restrições e controlada pelo Planejamento no decorrer da semana. Foi relatado pelos funcionários do Planejamento o aumento da colaboração e rapidez de retorno por parte dos envolvidos no processo de projeto.

ASSUNTOS DEBATIDOS									
ANÁLISE DAS ETAPAS EM ATRASO NA ENGENHARIA									
ITEM	OBSERVAÇÕES / PENDÊNCIAS:	RESPONSÁVEL	PRAZO	ITEM	OBSERVAÇÕES / PENDÊNCIAS:	RESPONSÁVEL	PRAZO		
01	COCA-COLA (12E04A) APROVAR EXTRA - DGA/ANEXO/VT XAROPHA	ANDRÉ L / ANDRÉ M	20/08	17	EIXO SUL (12E02A) APODIAR EXTRAS DIFERENTE A ESCOPO	MATHEUS C / ANTONIO V	20/08		
02	CD CASA CAPDÃO (12A12A) CORRAR DENTRO DO SISTEMA VERIFICAR DESEMPENHO EM OBRA (L.AND)	SANDER / CLAUDIO W	21/08	18	DONQUIXOTE (12A09A) DEFINIR VOTOANDO TUDO OBRA	PHILIPPE	20/08		
03	NOVO PAULISTA KAPPEBERG (11D31D) REVISÃO CRONOGRAMA	GRACIELA / HOMERO	23/08	19	ALICERÇOS SANTA CRUZ (11C058A) Desenho de RFD para planejamento de obra Acelerar extras (tratamento e demais)	Philippe / Mária	21/08		
04	TIEMPOST (E1214A) REVISÃO CRONOGRAMA +7d.	GRACIELA / HOMERO	20/08	20	AGROBIO (13F37A): Alinhar escopo e extras	Felipe J / Vitor Aires	21/08		
05	GLP (12C11A) CRIAR CRONOGRAMA C/ETAPAS 19 e 20 NO REDETOPO	MARILENE	21/08	21	ASSOZ SUGANO (13E30A) Encaminhar proposta de revisão de cronograma	Homero	21/08		
06	ISLA DOMINICA (E12K3A) REVISAR CRONOGRAMA +5d.	GRACIELA / HOMERO	20/08	22	LEROY FORKALTEZ (13A93A) Colocar liberação de cliente	Philippe / Fashan	21/08		
07	ATACADÃO BELEN (13E99A) CRIAR ETAPA "R" PARA TELHA COB.	MARILENE	20/08	23	LEROY CAMPO GRANDE (13A63A) Colocar liberação de cliente	Philippe / Fashan	21/08		
08	BOA VISTA (11317A) REVISAR QUANT. E DATAS ESCODAS LANCE	MARCIANO	21/08	24	EXPANSÃO GRANADIN GLASS (11K57A) Colocar liberação pr. fabricação	Marciano / Leandro V.	21/08		
09	BOA VISTA (11317A) VERIFICAR ONDE SERÃO FABRICADAS REÇAS	EDEVALDO	20/08	25					
10	HANGAR (E11H2A) VERIFICAR ONDE SERÃO FABRICADAS REÇAS	EDEVALDO	20/08	26					
11	BOA VISTA (11317A) DEFINIR E AMBIV. ETAPA 3	MARCIANO	02/09	27					
12	MOAGEM PLACO (12167A) REVISÃO CRONOGRAMA	JEAN / HOMERO	30/08	28					
13	COCA-COLA (12E04A) REVISÃO CRONOGRAMA	ENG. / PAPA/GO	23/08	29					
14	CD ZAFFARI (12E52E) REVISÃO CRONOGRAMA	JEAN / HOMERO	21/08	30					
15	LEBLON (11T28A) MANUTENÇÃO DE PESO	EDUARDO ZAMBONI	23/08	31					
16	FÓRUM IMPERATRIZ (11318A) VERIFICAR DATAS DE REVISÃO CRONOGRAMA	EDUARDO ZAMBONI / MARCO GONCALVES / HOMERO	21/08						

DIVERGÊNCIA VENDIDA X REAL		APROV. EXTRA CONTRATUAL	
LEBLON (15)	Agrobio (10)	COCA-COLA (9)	ATACADÃO BELEN (7)
		EXOSUL (17)	

DEFINIÇÃO PROJETO		AGUARDANDO APROVAÇÃO PARA FABRICAÇÃO	
BOA VISTA (8)	BOA VISTA (11)	BOA VISTA (9)	HANGAR (10)
DONQUIXOTE (18)		LEROY (21) (23)	Expansão Granadin Glass (24)

REVISÃO CRONOGRAMA		LICENÇA AMBIENTAL / SINAL / CONTRATO	
CD CASA CAPDÃO (2)	NOVO PAV. KAPPEBERG	CD CASA CAPDÃO (2)	
TIEMPOST (4)	MOAGEM PLACO (12)		
COCA-COLA (13)	CD ZAFFARI (14)		
FÓRUM IMPERATRIZ (16)	ALICERÇOS SANTA CRUZ (19)		
ASSOZ SUGANO (21)			

Todas as obras em andamento foram analisadas e avaliadas entre as áreas de engenharia e planejamento. Acima estão descritas as obras que possuem pendências e/ou riscos que devem ser tratados.

Figura 89: painel visual de restrições do médio prazo integrado do setor de projetos

A Figura 90 apresenta o painel visual de planejamento da equipe de projeto de detalhamento E2, padrão que está sendo implementado nas demais equipes de projeto, utilizado no nível 3 de planejamento.



Figura 90: painel visual de planejamento utilizado nas equipes de projeto

O referido painel inclui o plano de médio prazo, as restrições da equipe e local para fixar o plano de curto prazo, colaborando para o aumento da transparência e disponibilidade das informações. Esse dispositivo pode também ser utilizado como ferramenta de apoio às reuniões de planejamento na equipe, para análise das causas e do conjunto de medidores de desempenho da equipe, buscando identificar oportunidades e desenvolver ações de melhorias. Além disso, o painel inclui local para registrar os seguintes indicadores: PPC, causas de não conclusão, IRR e RNC.

A Figura 91 apresenta os indicadores considerados, com destaque para o registro manual do PPC e do IRR, realizado durante a reunião semanal de curto prazo, potencializando a absorção das informações pelos integrantes das equipes.

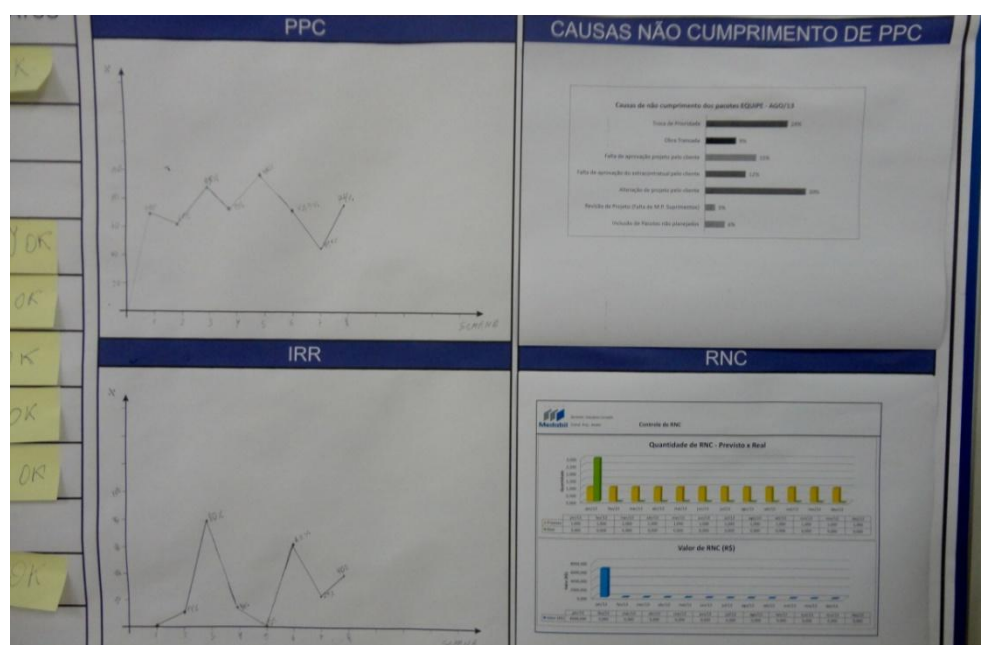


Figura 91: indicadores do quadro de planejamento visual utilizado nas equipes de projeto

5.5 ANÁLISE DO MODELO DESENVOLVIDO

A seguir é realizada uma análise do modelo desenvolvido com base nos critérios dos subconstructos estabelecidos (ver seção 4.4.4.2). Assim, a partir das múltiplas fontes de evidência utilizadas são apresentados os principais impactos positivos do modelo, assim como as oportunidades de melhorias identificadas, considerando a sua definição e a sua inserção no setor de projetos da empresa.

5.5.1 Eficácia do planejamento

O aumento da eficácia do planejamento está relacionado à contribuição do modelo desenvolvido em descentralizar o planejamento e controle de projeto, ação alcançada por meio dos mecanismos de colaboração do SLP, tais como: reuniões de comprometimento, participação ativa dos projetistas no planejamento, utilização do plano de curto prazo como agenda comum da equipe, e maior previsibilidade dos trabalhos futuros. Além disso, foi possível aumentar a colaboração entre os projetistas, pois todos tinham conhecimento sobre o trabalho desenvolvido pelos demais integrantes da equipe. Essas melhorias foram evidentes nos índices de PPC, atingindo um bom nível de eficácia de planejamento nas equipes.

Como oportunidade de melhoria, é apontada a importância em melhor distribuir as atividades ao longo do mês, evitando, assim, a sobrecarga na última semana. Ainda, aprofundar a análise dos pacotes de trabalho não programados realizados na semana, a fim de identificar as causas de retrabalhos e as oportunidades de melhorias a partir dessa análise.

5.5.2 Mecanismo de proteção da produção de projeto

A análise das restrições de projeto possibilitou a melhor compreensão, por parte dos projetistas, do processo de projeto e dos pré-requisitos necessários para a realização de suas atividades. Porém, muitas vezes, devido ao alto grau de incerteza do processo, as restrições não eram eliminadas a tempo.

Como oportunidades de melhoria, sugere-se aprofundar essa análise no planejamento de médio prazo, potencializando os benefícios do mecanismo de proteção da produção, além de possibilitar o planejamento integrado com os processos à jusante, como produção de peças e montagem em obra. Dessa forma, o planejamento de médio prazo da produção pode direcionar as atividades do curto prazo de projeto.

5.5.3 Aprendizagem através do uso dos indicadores

A equipe E2 avançou bastante na análise de indicadores. Os indicadores eram analisados semanalmente e as causas apontadas eram corrigidas, sempre que possível, durante a semana seguinte, estabelecendo, assim, o ciclo de aprendizagem e de melhorias semanal. Além disso, mensalmente, realizavam uma reunião para analisar os indicadores de planejamento em conjunto com indicadores de produção da empresa.

Como oportunidades de melhoria, sugere-se esse avanço nas demais equipes. Para tanto, a motivação advinda do coordenador de projeto e da alta gerência tendem a colaborar. Em geral, todas as equipes devem aprofundar a análise das causas, visando à identificação da causa-raiz e facilitando a compreensão dos problemas, visando, assim, a ações de melhoria. Ainda, pode-se melhorar a categorização dessas causas, porém sem perder a análise crítica sobre as mesmas.

5.5.4 Transparência e disponibilidade de informações

O modelo desenvolvido colaborou diretamente para o aumento da transparência das informações nas equipes e no setor como um todo, principalmente através da utilização de dispositivos visuais para divulgação do planejamento e de indicadores. Além disso, através do planejamento de médio prazo integrado, foi possível aumentar a disponibilidade de informações e do status do trabalho em progresso nas equipes, principalmente para o setor de Planejamento e para a alta gerência da empresa. Ainda, a definição de níveis hierárquicos de planejamento contribuiu com a melhor definição de responsabilidades nas diferentes etapas do processo de projeto. Dessa forma, foi possível estabilizar o processo e configurar um ambiente propício a possibilitar uma abordagem integrada para a gestão dos demais processos do PDP.

Como oportunidade de melhoria, é apontada a importância em melhor definir a interface entre o planejamento de médio prazo integrado e o de médio prazo nas equipes, evitando gerar a necessidade de muito esforço envolvido e abandono da prática por parte das equipes. Neste estudo não foi possível aprofundar essa análise.

5.5.5 Flexibilidade na tomada de decisão

O modelo possibilitou o planejamento e a previsibilidade das atividades de projeto futuras, aumentando a compreensão das possibilidades de trabalho a ser desenvolvido e, com isso, a flexibilidade na tomada de decisão. Essa melhoria é muito importante, principalmente em ambientes com alto grau de incerteza como os de ETO.

Ainda, através do planejamento integrado no setor, foi possível melhorar a previsibilidade da capacidade das equipes. Assim, foi estabelecido um ambiente em que se pode buscar melhorar a interface entre setor de vendas e o Planejamento, pois esse é responsável por realizar a previsão da capacidade de recursos da empresa e os prazos de entrega dos produtos.

5.5.6 Coleta, processamento e análise dos indicadores

Nas equipes, a coleta dos indicadores é realizada pelo CP ou, na sua ausência, pelos projetistas que participam da reunião de curto prazo. O processamento de dados é de responsabilidade de um dos integrantes da equipe, definido pelo CP. A análise dos dados é realizada, inicialmente, pelo CP, e posteriormente, discutida com os demais integrantes da equipe. Para coleta e processamento dos dados, as planilhas e os dispositivos visuais colaboram diretamente. Além disso, um arquivo do *software* Excel foi configurado pela pesquisadora e disponibilizado às equipes, a fim de possibilitar o processamento dos dados e a geração de gráficos.

A implementação do modelo nas equipes, assim como o programa de capacitação realizado, colaborou para a compreensão dos indicadores por parte dos envolvidos no estudo. A partir disso, apesar da dificuldade em identificar a causa-raiz, não foi observada a resistência por parte dos envolvidos em registrar os dados de PPC e as causas. No entanto, como oportunidade de melhoria, sugere-se a realização de um treinamento padrão na empresa que garanta a compreensão por novos funcionários. Além disso, sugere-se a constante melhoria das planilhas e dos dispositivos visuais a fim de atender às necessidades da empresa, principalmente diante da complexidade inerentes aos ambientes de ETO.

5.5.7 Realização sistemática de reuniões

O modelo englobou a definição dos níveis e horizontes de planejamento, assim como a definição dos participantes nas reuniões. As reuniões são rotinas das equipes e ocorrem mesmo diante da impossibilidade de participação do CP. Foi constatado nas equipes E1 e E2, através da observação participante, que as reuniões de curto prazo apresentam uma duração de cerca de 30 minutos. Porém, a RPE, apesar de já reduzida para um turno, apresenta potencial para ser reduzida ainda mais, na medida em que as práticas de planejamento forem aprimoradas e a reunião se torne mais sistemática.

5.5.8 Compreensão das práticas de planejamento e dos conceitos e princípios fundamentais

A disseminação das práticas de planejamento foi possível, inicialmente, através da implementação do modelo em seis equipes de projeto da empresa. O programa de capacitação e os seminários realizados possibilitaram a disseminação das práticas, conceitos e princípios,

além da apresentação dos resultados do estudo e da reflexão sobre as melhorias propostas. A partir disso, duas outras equipes de projeto iniciaram a implementação do modelo. Portanto, apenas uma equipe, entre nove, apresentou dificuldade em implementar o modelo proposto. Acredita-se que essa venha a ser incentivada pelas demais equipes e pela realização do planejamento integrado, no qual são necessárias informações do planejamento do terceiro nível do modelo, ou seja, do planejamento de médio e de curto prazo realizados nas equipes.

Por fim, outra evidência de contribuição do modelo foi que, através da disseminação dos conceitos na empresa, o SLP e outras práticas abordadas no programa de capacitação foram implementadas com sucesso no setor de Orçamento. Diante disso, é possível concluir que a inserção do sistema de planejamento e controle do processo de projeto no setor em um ambiente de ETO foi bem sucedida.

6 CONCLUSÕES

6.1 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

O presente estudo teve como principal objetivo propor um modelo para o planejamento e controle do processo de projeto para sistemas de produção do tipo ETO, através da adaptação do Sistema *Last Planner*. Foi estudado o contexto de uma empresa que possui diversas equipes de projeto que desenvolvem, simultaneamente, múltiplos projetos de sistemas construtivos pré-fabricados. A presente pesquisa buscou inovar ao contribuir para o referido contexto, pois os trabalhos anteriores estavam limitados ao processo de um único empreendimento. A partir da revisão de literatura realizada sobre trabalhos anteriores desenvolvidos na área, e da aplicação do modelo de planejamento e controle proposto em seis diferentes equipes de projeto, foi possível avaliá-lo, refiná-lo e apontar seus principais benefícios, assim como identificar oportunidades de melhoria na sua implementação.

Como nos estudos de Miles (1998), Hamzeh, Ballard e Tommelein (2009) e Kerosuo et al. (2012), os mecanismos de colaboração do SLP foram determinantes no aumento da comunicação entre os envolvidos, assim como do comprometimento dos projetistas com o planejado, sendo este um dos primeiros benefícios atingidos. Da mesma forma, assim como nos estudos de Koskela, Ballard e Tanhuanpää (1998), Miles (1998), Tzortzopoulos, Formoso e Betts (2001) e Codinhoto (2003), o modelo desenvolvido colaborou diretamente para o aumento da transparência e disponibilidade das informações no processo de projeto. Porém, diferentemente dos estudos anteriores, esse benefício foi potencializado devido à utilização de dispositivos visuais para divulgação das informações de planejamento e através do planejamento de médio prazo integrado realizado entre as equipes, sendo esta uma das principais contribuições deste trabalho.

Ballard (2002) aponta a importância em publicar gráficos de indicadores e de causas para que fique visível a todos, porém há poucas sugestões sobre como fazer isto na literatura. A utilização de dispositivos visuais tende a colaborar diretamente para a padronização e utilização efetiva e sistemática do sistema de planejamento e controle, principalmente no nível de planejamento de médio prazo, além de possibilitar a maior integração entre as diferentes unidades de produção. Os dispositivos visuais também fazem o papel de comunicação do status dos projetos desenvolvidos entre as equipes e entre os diferentes níveis de gerência.

Diferentemente dos estudos anteriores, como em Miles (1998), Tzortzopoulos, Formoso e Betts (2001) e Codinhoto (2003), que apresentaram dificuldades na implementação do planejamento de médio prazo, o modelo proposto foi bem sucedido nesse quesito, da mesma forma que no estudo de Ballard, Hammond e Nickerson (2009). Foram tomados alguns cuidados na implementação do modelo proposto, incluindo o desenvolvimento de um programa extenso de capacitação, realizado ao longo da implementação, visando nivelar os conceitos e práticas propostas, apontado como uma dificuldade em Tzortzopoulos, Formoso e Betts (2001), Ballard (2002), Moura (2005) e Kerosuo et al. (2012).

O programa de capacitação possibilitou avaliar de forma mais ampla o sistema proposto e disseminar os avanços das equipes para os demais envolvidos. Ainda, permitiu a análise de resultados parciais, promovendo avaliações do processo de implementação e a realização de ciclos de melhorias com os envolvidos diretamente no processo. A participação desses na construção do modelo colaborou para que a sua implementação fosse mais rápida e efetiva.

Da mesma forma, por meio do programa de capacitação pôde-se avaliar a utilidade dos indicadores de planejamento. Apesar da dificuldade inicial em identificar a causa-raiz das falhas de planejamento, diferentemente de Codinhoto (2003) e Trescastro (2005), não foi observada a resistência no registro do PPC e das causas. Porém, assim como apontado por Koskela, Ballard e Tanhuanpää (1998), Ballard (2002) e Hamzeh, Ballard e Tommelein (2009), os métodos para a realização dos ciclos de aprendizado a partir das falhas devem ser mais bem desenvolvidos, pois houve dificuldades na implementação efetiva dessa prática. Ainda, como apontado por Ballard, Hammond e Nickerson (2009), foi realizado o registro e análise das atividades realizadas não planejadas, a fim de controlar o quanto essas afetam o planejamento, melhorando a previsibilidade de folgas para as atividades planejadas no curto prazo.

A participação da pesquisadora como multiplicadora, através da observação participante, e o esclarecimento da importância da participação e apoio dos coordenadores na implementação, apontada no estudo de Hamzeh, Ballard e Tommelein (2009), auxiliaram na implementação do modelo. Os coordenadores de projeto, além de possuírem o papel de negociadores e de ajudarem na definição de prioridades, possuem papel de liderança e motivacional na equipe, tendo estes um papel muito importante no sentido de destacar a importância do planejamento. Essa motivação também foi influenciada pelo apoio da alta gerência no processo de implementação.

As avaliações do grau de implementação das práticas propostas, por sua vez, além de auxiliarem na avaliação do modelo, explicitam os critérios das práticas de planejamento, facilitando o entendimento pelos envolvidos na implementação. Ballard (2002) aponta a importância da realização da avaliação periódica do sistema de planejamento, tópico pouco abordado em estudos anteriores. Assim, as avaliações auxiliam as equipes a compreender em quais quesitos devem melhorar.

Little *et al.* (2000) apontam a importância do planejamento integrado em ambientes de ETO. Dessa forma, o modelo possibilitou a integração entre as diferentes equipes de projeto, através das reuniões de planejamento de médio prazo integrado, favorecendo o atendimento da meta do setor e explicitando a sua capacidade de produção. Esse avanço vai ao encontro de um dos problemas iniciais identificados na fase de compreensão do presente trabalho: a falta de transparência de informações no setor de projeto, gerando dificuldades por parte do setor de Planejamento da empresa em determinar a capacidade do setor de projetos.

A utilização do planejamento de médio prazo em dois diferentes níveis de planejamento, ou seja, em cada equipe e de forma integrada entre todas as equipes do setor de projetos, tornou possível a disponibilização do status do trabalho em progresso nas equipes, para o setor de Planejamento e para a alta gerência da empresa. Da mesma forma, assim como apontado por Ballard (2002) e Kerosuo *et al.* (2012), foi verificado o aumento da compreensão das interdependências de projeto por parte dos projetistas, a partir do planejamento sistemático estabelecido e da análise de restrições. Os envolvidos no estudo relataram a importância em aumentar a previsibilidade das atividades, possibilitando a remoção das restrições no prazo previsto.

Ainda, foi configurado por meio do planejamento de médio prazo integrado, com base em sugestões de Reinertsen (1997), um sistema no qual uma fila única de projetos é atendida por múltiplas equipes (servidores), protegendo o sistema de atrasos diante de um problema pontual em uma determinada equipe.

A definição de níveis hierárquicos de planejamento, por sua vez, contribuiu com a melhor definição de responsabilidades nas diferentes etapas do processo de projeto, possibilitando a delegação de responsabilidades de controle das atividades para os responsáveis por executá-la. Bertrand e Muntslag (1993) apontam essa delegação como fator de extrema importância em ambientes de ETO, em que cada decisão está associada a uma unidade de produção

específica, com as responsabilidades e autorizações associadas. No entanto, apesar da importância em definir os limites de cada nível de planejamento, a interface entre o planejamento de médio prazo integrado e o de médio prazo nas equipes não foi suficientemente investigada nesta pesquisa.

Segundo Ballard e Howell (1994), um dos principais benefícios do SLP é estabilizar o fluxo de trabalho, ou seja, a sequência de execução das atividades, através da proteção da produção da incerteza dos setores a montante, reduzindo a variabilidade e melhorando o desempenho nos setores a jusante (BALLARD; HOWELL, 1994), fazendo com que se produzam resultados sistemáticos e coerentes ao longo do tempo (LIKER; MEIER, 2007). Assim como nos estudos de Miles (1998) e Codinhoto (2003), foi possível observar a redução da variabilidade nas equipes acompanhadas. Ainda, foi possível melhorar a previsibilidade das atividades de projeto futuras devido à formalização do plano, aumentando a compreensão das possibilidades de trabalho a ser desenvolvido e, com isso, a flexibilidade na tomada de decisão, como nos estudos de Tzortzopoulos, Formoso e Betts (2001) e Hamzeh, Ballard e Tommelein (2009).

Assim, a partir dessa estabilidade básica alcançada no processo de projeto, configura-se um cenário no qual é possível melhorar a etapa de negociação com o cliente, assim como a priorização de projetos na empresa. Além disso, o ambiente passa a ser mais propício a uma maior integração do planejamento de projetos ao da produção e da montagem em obra, um dos objetivos da empresa.

Ainda, é possível obter um processo híbrido de produção (HOPP; SPEARMAN, 2000), iniciado como um sistema empurrado a partir do pedido do cliente, mas estabelecendo um sistema puxado, a partir da fase de projeto de detalhamento. Nessa fase, o trabalho não depende diretamente das decisões do cliente, portanto, o detalhamento de projeto pode ser iniciado com base no status dos setores a jusante, ou seja, da produção e montagem em obra. Embora não abordado nesta pesquisa, é interessante estabelecer um limite de trabalho em progresso no processo, através do controle de projetos no sistema, possivelmente realizado pelo setor de Planejamento, evitando que o sistema fique sobrecarregado (HOPP; SPEARMAN, 2000).

As equipes de projeto conceitual, por sua vez, enfrentaram maiores dificuldades na implementação do sistema de planejamento, principalmente devido ao maior nível de

incerteza inerente as fases iniciais de projeto, assim como devido à participação ativa do cliente. Ballard *et al.* (2008) aponta a importância em concentrar os esforços de planejamento e controle de projeto na fase de projeto conceitual, pois é quando a diferença entre projeto e produção é maior.

Por fim, pode-se concluir que as contribuições da presente pesquisa podem ser consideradas para ambientes de ETO, não somente no contexto de sistemas construtivos metálicos, mas para aqueles que desenvolvem múltiplos projetos, compreendem múltiplas equipes e visam à produção de sistemas pré-fabricados. Ainda, podem ser aplicadas para ambientes dinâmicos, com alto grau de incerteza e de complexidade, nos quais o processo de projeto faz parte do *lead time* do produto, devendo ser controlado e aprimorado (BERTRAND; MUNTSLAG, 1993), com o objetivo de atender aos prazos e gerar valor ao cliente.

6.2 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Com base no conhecimento adquirido a partir da realização da presente pesquisa, são sugeridas algumas oportunidades para a realização de estudos futuros relacionados ao planejamento e controle de projetos em ambientes de ETO:

- a) Explorar o planejamento e controle integrado de projeto com os demais processos do PDP, em ambientes de ETO;
- b) Explorar a utilização de um PDP híbrido (produção empurrada x produção puxada) em ambientes de ETO;
- c) Investigar, a partir de uma abordagem mais aprofundada, a interface entre o planejamento de médio prazo integrado e o de médio prazo nas equipes, em ambientes de múltiplos projetos e de múltiplas equipes;
- d) Investigar a interface cliente e equipe de projeto conceitual, concomitantemente a implementação do sistema de planejamento e controle de projeto; e
- e) Investigar os impactos na qualidade do projeto a partir da utilização do sistema de planejamento e controle de projeto desenvolvido.

REFERÊNCIAS

- AKEN, J. E. V. Management Research Based on the Paradigm of the Design Sciences: the Quest for Field-tested and Grounded Technological Rules. **Journal of Management Studies**, v. 41, n. 2, p. 219-246, 2004.
- BACCARINI, D. The Concept of Project Complexity - a review. In: **International Journal of Project Management**, v. 14, n. 4, p. 201-204, 1996.
- BALLARD, G. The Last Planner. **Spring Conference of the Northern California Construction**, Monterey, CA, 22-24 abr. 1994.
- BALLARD, G. Lookahead Planning: The Missing Link in Production Control. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 5., 1997, Gold Coast, Australia. **Proceedings...** Gold Coast, 1997.
- BALLARD, G. **The Last Planner System of Production Control**. 2000. Thesis (Doctor of Philosophy) - School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, The University of Birmingham, Birmingham, 2000
- BALLARD, G. **Managing work flow on design projects: a case study**. Engineering Construction and Architectural Management. v. 9, n. 3, p. 284-291, 2002.
- BALLARD, G. Improving Work Flow Reliability. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7., 1999, California, USA. **Proceedings...** Berkeley, 1999.
- BALLARD, G. Positive vs Negative Iteration in Design. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 8., 2000, Brighton, UK. **Proceedings...** Brighton, SPRU, University of Sussex, 2000.
- BALLARD, G. Managing Work Flow on Design Projects : a case study. **Engineering Construction and Architectural Management**, v. 9, n. 3, p. 284-291, 2002.
- BALLARD, G.; HAMMOND, J.; NICKERSON, R. Production Control Principles. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 17., 2009, Taipei, Taiwan. **Proceedings...** Taipei, 2009.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Implementing Lean Construction : Stabilizing Work Flow In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 2., 1994, Santiago, Chile. **Proceedings...** Santiago, 1994.
- BALLARD, G; HOWELL, G. Shielding production: an essential step in production control. **Journal of Construction Engineering and Management**, New York, v. 124, n. 1, p. 18-24. Jan. 1998.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Lean Project Management. **Building Research & Information**, v. 31, n. 2, p. 119-133, 2003.
- BALLARD, G; HOWELL, G. An Update on Last Planner. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 11., 2003b, Blacksburg. **Proceedings...** Blacksburg, VA. 2003b.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Competing construction management paradigms. **Lean Construction Journal**, v. 1, n. 1, p. 38-45, 2004.

- BALLARD, G.; KOSKELA, L. On the Agenda of Design Management Research. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6., 1998, Guarujá, SP. **Proceedings...** Porto Alegre, UFRGS, 2002.
- BERTRAND, J. W. M.; MUNTSLAG, D. R. Production Control in Engineer-to-order Firms. **International Journal of Production Economics**, v. 30, p. 3-22, 1993.
- BULHÕES, I., FORMOSO, C.T. O Papel do Planejamento e Controle da Produção em Obras de Tipologias Diferentes. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção Inovação e Sustentabilidade, 4., 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SIBRAGEC, 2005.
- CODINHOTO, R. **Diretrizes para o Planejamento e Controle Integrado dos Processos de Projeto e Produção na Construção Civil**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- CODINHOTO, R.; FORMOSO, C. T. Contributions for the Integration of Design and Production Management. CIBW96, 2005.
- CROSS, N. **Engineering Design Methods: Strategies for Product Design**. 2 ed. London, Wiley, 1994.
- DEN OTTER, A.; EMMITT, S. Design Team Communication and Design Task Complexity: The Preference for Dialogues. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 4, n. 2, p. 121-129, 2008.
- FABRO, F.; FORMOSO, C. T.; SAURIN, T. A.; BULHÕES, I. R. **Contribuições ao sistema Last Planner para a estabilização de sistemas de produção**. In: Encontro Latino Americano De Gestão e Economia da Construção, 4., 2011, Santiago. **Anais...** Santiago: ELAGEC, 2011.
- FORMOSO, C. T.; BERNARDES, M. M. S.; OLIVEIRA, L. F.; OLIVEIRA, K. A. **Termo de Referência para o Processo de Planejamento e Controle da Produção em Empresas Construtoras**. Porto Alegre: NORIE/UFRGS, 2001.
- FORMOSO, C.T.; TRESCASTRO, M.; CODINHOTO, R. Planejamento e controle integrado do projeto e da produção em ambientes simultâneos na construção civil. In: (NUTAU) Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2006.
- FORMOSO, C. T.; TZORTZOPOULOS, P.; JOBIM, M. S. S.; LIEDTKE, R. Developing a Protocol for Managing the Design Process in the Building Industry, 1998. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6., 1998, Guarujá, SP. **Proceedings...** Porto Alegre, UFRGS, 2002.
- HAMZEH, F. R.; BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. D. Is the Last Planner System Applicable to Design? A Case Study. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 17., 2009, Taipei, Taiwan. **Proceedings...** Taipei, 2009.
- HOLMSTROM, J.; KETOKIVI, M.; HAMERI, A., Bridging Practice and Theory: A Design Science Approach, **Decision Sciences**, v.40, n.1, 2009.
- HOPP, W.; SPEARMAN, M. **Factory Physics: foundations of manufacturing management**. Boston: Irwing- McGraw-Hill, 2008. 720 p.
- HUOVILA, P.; KOSKELA, L.; LAUTANALA, M.; TANHUANPAA, V. P. Use of the Design Structure Matrix in Construction. **Lean Construction**, p. 417-425, 1997.

- IPD, **Integrated Project Delivery: A Guide**. The American Institute of Architects. Version 1, 2007.
- KASANEN, E., LUKKA, K.; SIITONEN, A. The constructive approach in management accounting. **Journal of Management Accounting Research**. v.5, pp. 243-264, 1993.
- KEROSUO, H.; MAKI, T.; CODINHOTO, R.; KOSKELA, L.; MIETTINEN, R. In Time at Last - Adaption of Last Planner Tools for the Design Phase of a Building Project. In.: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 20., 2012, San Diego, USA. **Proceedings...** San Diego, 2012.
- KIVINIEMI, A.; FISCHER, M. **Requirements Management Interface to Building Product Models**. Stanford University, 2005.
- KOSKELA, L. **Application of the New Philosophy to Construction**. Stanford: Stanford University, Centre for Integrated Facility Engineering, 1992. Technical Report, 72.
- KOSKELA, L. **An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction**. 2000, 296 f. These (Doutorado em Tecnologia) - Technical Research Centre of Finland – VTT, Helsinki, 2000.
- KOSKELA, L. Is Structural Change the Primary Solution to the Problems of Construction? **Building Research & Information**, v. 31, n. 2, p. 85-96, 2003.
- KOSKELA, L.; BALLARD, G.; TANHUANPÄÄ, V.P. Towards Lean Design Management. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6., 1998, Guarujá, SP. **Proceedings...** Porto Alegre, UFRGS, 2002.
- KOSKELA, L.; HOWELL, G. The Theory of Project Management: Explanation to Novel Methods. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 10., Gramado, Brasil, 2002. **Proceedings...** Gramado, 2002.
- KOSKELA, L.; HUOVILA, P. On Foundations of Concurrent Engineering. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCURRENT ENGINEERING IN CONSTRUCTION, CEC'97, 1997, London. **Proceedings...** London: The Institution of Structural Engineers, 1997. p. 32-22.
- KOSKELA, L.; HUOVILA, P.; LEINONEN, J. Design Management in Building Construction : from Theory to Practice. **Journal of Construction Research**, v. 3, n. 01, p. 1-16, 2002.
- KOSKELA, L.; STRATTON, R.; KOSKENVESA, A. **Last Planner and Critical Chain in Construction Management**. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 18., Technion-Israel Institute of Technology, 2010. **Proceedings...** Haifa, Israel, 2010.
- LAUFER, A. **Simultaneous Management: Managing Projects in a Dynamic Environment**. USA, American Management Association. 1996.
- LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is Construction Project Planning Really Doing its Job? A Critical Examination of Focus, Role and Process. **Construction Management And Economics**, London, n. 5, p. 243-266, 1987.
- LAWSON, B. **How Designers Think: the Design Process Demystified**. 3 ed. - Oxford ; Boston: Architectural Press, 1997.
- LIKER, J.K., MEIER, D. **O modelo Toyota: manual de aplicação**. Porto Alegre, Bookman, 2007.

LITTLE, D.; ROLLINS, R., PECK, M.; PORTER, J. K. Integrated planning and scheduling in the engineer-to-order sector. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 13, n. 6, p. 545-554, 2000.

LIU, M.; BALLARD, G. Factors Affecting Work Flow Reliability - a Case Study.. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION,17., 2009, Taipei, Taiwan. **Proceedings...** Taipei, 2009.

LUKKA, K. The Constructive Research Approach. In: **Case Study Research in Logistics** (editado por Ojala, L.; Hilmola, O-P.). Series B1. P. 83-101. Turku: Turku School of Economics and Business Administration, 2003.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research on information technology. **Decision Support Systems**, v. 15, n. 4, p. 251-266, 1995.

MILES, R. S. Alliance Lean Design / Construct on a Small High Tech Project. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 6, 1998, Guarujá, SP. **Proceedings...** Porto Alegre, UFRGS, 2002.

MOURA, P. M. **Um Estudo sobre a Coordenação do Processo de Projeto em Empreendimentos Complexos**. 2005. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PORTIOLI-STAUDACHER, A.; LANDEGHEM, H. V.; MAPPELLI, M.; REDAELLI, C. E. Implementation of Concurrent Engineering: a Survey in Italy and Belgium. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 19, n. 3, p. 225-238, 2003.

REINERTSEN, D. G. **Managing the Design Factory: a Product Developer's Toolkit**. New York: The Free Press, 1997.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma Referência para a Melhoria do Processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

TRESCASTRO, M. G. **Diretrizes para a Segmentação e Sequenciamento das Atividades no Processo de Projeto em Ambientes Simultâneos na Construção Civil**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

TRIBELSKY, E.; SACKS, R. The Relationship Between Information Flow and Project Success In Multi- Disciplinary Civil Engineering Design. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 18., Technion-Israel Institute of Technology, 2010. **Proceedings...** Haifa, Israel, 2010.

TURNER, J. R. **The handbook of project-based management**. London: McGraw-Hill, London, 1999.

TZORTZOPOULOS, P.; FORMOSO, C. T. Considerations on Application of Lean Construction Principles to Design Management. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION,7., 1999, California, USA. **Proceedings...** Berkeley, 1999.

TZORTZOPOULOS, P.; FORMOSO, C.T.; BETTS, M. Planning the Product Development Process in Construction: an Exploratory Case Study. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 9., 2001, Singapore. **Proceedings...** Singapore: IGLC, 2001.

ULRICH, K.T.; EPPINGER, S.D. **Product Design and Development**. International edition, Boston: McGraw-Hill, 2000.

WILLIAMS, T. M. **The need for new paradigms for complex projects**. International Journal of Project Management, International Project Management Association, Stockholm, v. 17, n. 5, p. 269-273, 1999.

WISE, D. **Informing Design Decisions**. In: POWELL, P.; BRANDON, P. Building Design, Quality, Cost and Profit. 1984.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Campus: Rio de Janeiro, 1992.

YIN, R. K. **Case Study Reasearch: Design and Methods**. 3 ed. USA: Sage Publications, 2003.

APÊNDICE 1

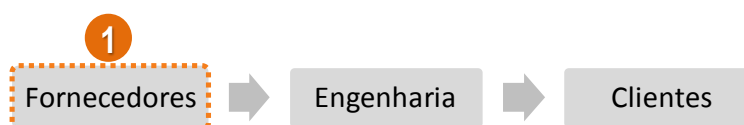
Roteiro da entrevista semiestruturada aplicada aos funcionários da empresa

Roteiro entrevista semiestruturada

1. Você poderia descrever as atividades que você realiza atualmente na empresa?
2. A partir da análise do **Modelo Referencial de Desenvolvimento de Produto**, responda:
 - a) Quais as fases que você está envolvido?
 - b) Que melhorias você propõe na fase de:
 - i. Requisitos do cliente;
 - ii. Projeto Pré Executivo (Pré Projeto, Projeto de Aprovação e Cálculo I);
 - iii. Projeto Executivo (Cálculo II, Detalhamento de Estrutura e de Telhas);
 - iv. Fabricação;
 - v. Logística;
 - vi. Montagem.
3. O que você tem a dizer sobre os **indicadores** (de qualidade, de erro - RNC, de fluxo) utilizados pela empresa? Suas atividades são avaliadas por algum deles? Qual?
4. O que você tem a dizer sobre as atividades realizadas pelo setor de Engenharia de Aplicação. Justifique sua resposta, se possível.
5. Quanto a sua relação com o setor de Engenharia de Aplicação:
 - a) Você poderia descrever as atividades que você realiza que estão relacionadas ao setor?
 - b) Quais as **necessidades** que você tem hoje para poder executar essas atividades?
 - c) Quais as **dificuldades** atuais que você apontaria na execução dessas atividades?
 - d) Por fim, quais as **soluções** você daria para as dificuldades apontadas?
6. O que você tem a dizer a respeito do setor de Engenharia quanto (justifique sua resposta):
 - a) às informações fornecidas ao mesmo (ou seja, os requisitos para projeto);
 - b) às informações contidas no projeto (representação gráfica, qualidade e precisão de informações e desenhos);
 - c) às soluções de projeto apresentadas;
 - d) ao atendimento aos prazos e entrega por sub-etapa;
 - e) às técnicas e ferramentas utilizadas na elaboração dos projetos;
 - f) à gestão de fluxo de projetos dentro do setor;
 - g) ao assessoramento após entrega dos projetos.
7. Para concluir, se você tivesse autoridade, que ideias você iria propor visando à melhoria do processo de projetos da empresa?

APÊNDICE 2

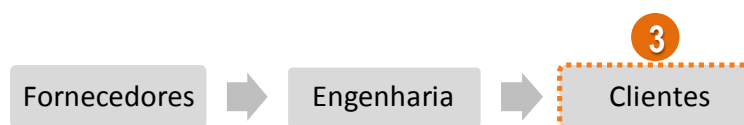
Questões e resultados da *survey* aplicada aos funcionários da empresa



Constructo	QUESTÕES - FORNECEDORES	Escala do Questionário				
		FI	IS	ID	S	FS
CONTROLE	ao controle de matéria-prima na empresa M?	9%	27%	32%	27%	5%
CONTROLE	aos prazos estabelecidos no Aprazamento de obra?	5%	36%	23%	32%	5%
FERRAMENTAS	aos treinamentos realizados pela empresa M?	5%	32%	14%	45%	5%
INFORMAÇÃO	à coleta de informações do Cliente?	0%	36%	9%	50%	5%
PROCESSO	à interação entre setores na empresa M?	5%	27%	5%	64%	0%
INFORMAÇÃO	à troca de informações entre a Engenharia de Orçamento ao setor de Engenharia de Aplicação quando o projeto exige soluções mais complexas?	5%	18%	14%	55%	9%
INFORMAÇÃO	às informações contidas no DFN?	0%	18%	18%	59%	5%
INFORMAÇÃO	às informações transmitidas pelo Comercial à Engenharia de Orçamento?	0%	23%	5%	64%	9%
PROCESSO	à assinatura do Protocolo de Entendimento ser anterior à etapa de Pré Projeto?	0%	18%	9%	64%	9%
FERRAMENTAS	aos ciclos de melhoria <i>kaizen</i> realizados pela empresa M?	0%	9%	18%	64%	9%
INFORMAÇÃO	às informações transmitidas na Reunião de Passagem de Obra?	9%	0%	5%	73%	14%
INFORMAÇÃO	às informações transmitidas pela Engenharia de Orçamento ao setor de Engenharia de Aplicação após a RPO?	0%	5%	9%	77%	9%

FI = Fortemente Insatisfeito; IS = Insatisfeito; ID = Indiferente; S = Satisfeito; FS = Fortemente Satisfeito

Distribuição percentual da satisfação dos Fornecedores quanto aos quesitos avaliados



Constructo	QUESTÕES - CLIENTES	Escala do Questionário				
		FI	IS	ID	S	FS
CONTROLE	ao controle de matéria-prima na empresa M?	10%	44%	13%	29%	4%
PROJETO	à precisão de desenhos e informações contidos nos projetos realizados pela Engenharia de Aplicação?	4%	25%	17%	52%	2%
PROCESSO	à interação entre setores na empresa M?	6%	19%	8%	63%	4%
FERRAMENTAS	aos treinamentos realizados pela empresa M?	8%	13%	8%	63%	8%
CONTROLE	ao Projeto A3?	0%	13%	23%	60%	4%
PROCESSO	ao assessoramento fornecido à Fábrica pela Engenharia de Aplicação?	6%	10%	12%	71%	2%
CONTROLE	ao Projeto Caminhada ao Gemba?	0%	10%	31%	56%	4%
CONTROLE	ao Plantão Diário realizado pela Engenharia de Aplicação?	2%	4%	31%	62%	2%
FERRAMENTAS	aos ciclos de melhoria <i>kaizen</i> realizados pela empresa M?	0%	15%	12%	67%	6%
CONTROLE	ao Projeto Andon?	0%	10%	17%	71%	2%
PROJETO	à padronização dos projetos realizados pela Engenharia de Padronização?	4%	2%	15%	71%	8%

FI = Fortemente Insatisfeito; IS = Insatisfeito; ID = Indiferente; S = Satisfeito; FS = Fortemente Satisfeito

Distribuição percentual da satisfação dos Clientes quanto aos quesitos avaliados



Constructo	QUESTÕES - ENGENHARIA	Escala do Questionário				
		FI	IS	ID	S	FS
CONTROLE	ao controle de matéria-prima na empresa M?	9%	32%	16%	39%	5%
INFORMAÇÃO	à coleta de informações do Cliente?	7%	26%	23%	42%	2%
CONTROLE	a um cronograma de obra onde o mesmo prazo de entrega é disponibilizado para etapas diferentes entre si?	11%	18%	28%	40%	4%
INFORMAÇÃO	às informações transmitidas pela Engenharia de Orçamento ao setor de Engenharia de Aplicação após a RPO?	4%	23%	33%	40%	0%
PROCESSO	à interação entre setores na empresa M?	5%	35%	9%	44%	7%
FERRAMENTAS	à utilização do <i>software</i> StruCad na Engenharia de Aplicação?	7%	12%	53%	16%	12%
CONTROLE	ao Projeto Caminhada Gemba?	9%	21%	16%	47%	7%
CONTROLE	aos prazos estabelecidos no Cronograma?	4%	25%	19%	47%	5%
INFORMAÇÃO	às informações transmitidas na Reunião de Passagem de Obra?	2%	23%	26%	44%	5%
CONTROLE	ao Plantão Diário realizado pela Engenharia de Aplicação?	9%	14%	23%	47%	7%
PROCESSO	à distribuição de obras entre equipes de projeto na Engenharia de Aplicação?	7%	18%	16%	56%	4%
PROCESSO	à assinatura do Protocolo de Entendimento ser anterior à etapa de Pré Projeto?	4%	14%	33%	46%	4%
CONTROLE	ao indicador de liberação de peso por equipe?	11%	11%	23%	47%	9%
CONTROLE	ao retorno dos resultados (<i>feedback</i>) dos indicadores utilizados pelos Coordenadores na Engenharia de Aplicação?	11%	12%	16%	47%	14%
CONTROLE	ao indicador de Etapa Completa?	4%	11%	28%	49%	9%
FERRAMENTAS	aos ciclos de melhoria <i>kaizen</i> realizados pela Empresa M?	4%	14%	19%	53%	11%
CONTROLE	ao Projeto Andon?	4%	12%	16%	61%	7%
FERRAMENTAS	à utilização do <i>software</i> TecnoMETAL na Engenharia de Aplicação?	4%	19%	9%	54%	14%
PROCESSO	à infra-estrutura disponível para a realização de seu trabalho?	5%	14%	5%	63%	12%
FERRAMENTAS	aos treinamentos realizados pela Empresa M?	7%	9%	5%	67%	12%
CONTROLE	ao Projeto A3?	4%	7%	16%	63%	11%
PROCESSO	à estrutura das equipes em fluxo na Engenharia de Aplicação?	4%	16%	7%	53%	21%
FERRAMENTAS	ao sistema <i>kanban</i> implantado na Engenharia de Aplicação?	5%	4%	19%	58%	14%
INFORMAÇÃO	à transmissão de informação durante as etapas de projeto (Pré projeto; Projeto de	5%	5%	12%	65%	12%
PROJETO	à compatibilidade de projetos empresa M com os demais projetos envolvidos na obra?	2%	11%	5%	75%	7%
PROJETO	à precisão de desenhos e informações contidos nos projetos realizados pela Engenharia	2%	12%	7%	61%	18%
PROCESSO	ao assessoramento fornecido à Montagem pela Engenharia de Aplicação?	2%	7%	12%	65%	14%
FERRAMENTAS	à utilização do <i>software</i> AutoCAD na Engenharia de Aplicação?	4%	5%	14%	58%	19%
PROJETO	às soluções de projeto adotadas, na perspectiva do processo de fabricação?	2%	4%	11%	74%	11%
PROJETO	à padronização dos projetos realizados pela Engenharia de Padronização?	4%	9%	5%	60%	23%
PROJETO	às soluções de projeto adotadas, na perspectiva do processo de montagem?	2%	4%	7%	77%	11%
FERRAMENTAS	à utilização do <i>software</i> VP na Engenharia de Aplicação?	4%	4%	18%	47%	28%
PROCESSO	ao assessoramento fornecido à Fábrica pela Engenharia de Aplicação?	2%	4%	9%	68%	18%
PROCESSO	às entregas por etapas realizadas pela Engenharia de Aplicação?	2%	2%	11%	67%	19%

FI = Fortemente Insatisfeito; IS = Insatisfeito; ID = Indiferente; S = Satisfeito; FS = Fortemente Satisfeito

Distribuição percentual da satisfação da Engenharia aos quesitos avaliados

ANEXO 1

Planilha de curto prazo utilizada na E2 antes do início do presente estudo

	ATA DE REUNIÃO DE COMPROMETIMENTO	Data:			
		Folha:			
		Data:			
Participantes					
	Nome	Ass.			
PRÉ-EXECUTIVO					
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
PPC					
ESTRUTURAL					
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
PPC					
EXECUTIVO ESTRUTURA					
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
PPC					
EXECUTIVO TELHAS					
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
PPC					
Observações/Pendências:					
			Motivo Ñ compri.	Resp.	Prazo
IRR semana anterior :					
PPC DA SEMANA ANTERIOR:					
Pré-Executivo:					
Estrutural:					
Executivo Estrutura:					
Executivo Telha:					
Média PPC Mês:					
RESTRICÇÕES					
Média IRR Mês:					