

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

**Proposta de Modelo para Controle Integrado da Produção e da
Qualidade Utilizando Tecnologia de Informação**

Cibeli Ferrando Leão

Porto Alegre
2014

CIBELI FERRANDO LEÃO

**PROPOSTA DE MODELO PARA CONTROLE INTEGRADO
DA PRODUÇÃO E DA QUALIDADE UTILIZANDO
TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO**

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

Porto Alegre
2014

CIBELI FERRANDO LEÃO

**PROPOSTA DE MODELO PARA CONTROLE INTEGRADO
DA PRODUÇÃO E DA QUALIDADE UTILIZANDO
TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO**

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

Porto Alegre, 20 de junho de 2014

Prof. Carlos Torres Formoso
PhD. pela Universidade de Salford, Grã-Bretanha
orientador

Prof. Armando Miguel Awruch
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Eduardo Luís Isatto (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Carlos Eduardo Pereira (UFRGS)
Dr. pela Universidade de Stuttgart, Alemanha

Prof. Luiz Fernando Heineck (UFC)
PhD. pela Universidade de Leeds, Grã-Bretanha

Dedico este trabalho aos meus pais, Celso e Rosi, por todo o esforço dedicado à minha formação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à CAPES e ao CNPQ pela bolsa de estudos que possibilitou a minha total dedicação a essa pesquisa.

Agradeço ao meu orientador Prof. Carlos Formoso por me proporcionar essa oportunidade de estudo e de crescimento profissional. Agradeço pela dedicação e paciência durante sua orientação e pelas críticas e questionamentos que contribuíram para a evolução do trabalho.

Agradeço ao Prof. Eduardo Isatto pela sua valiosa colaboração no desenvolvimento dessa pesquisa e pelo conhecimento compartilhado durante horas de discussão.

Agradeço à empresa construtora que abriu seus canteiros de obra, possibilitando a realização do estudo empírico, assim como aos engenheiros e estagiários que me receberam e auxiliaram no estudo.

Agradeço aos bolsistas de iniciação científica que auxiliaram no desenvolvimento da pesquisa, em especial à Luiza Gertz pela participação e empenho durante a coleta de dados no canteiro de obras.

Agradeço às colegas do GEC pelo convívio diário, pelo compartilhamento de experiências e pelos momentos de descontração. À super Dani Dietz que me mostrou a luz no fim do túnel, quando tudo parecia perdido. À Gabriela Rocha pela sua participação no estudo empírico.

Agradeço às amigas e colegas de turma, Cynthia Hentschke e Érica Dall'Asta, pela amizade sincera, pelas risadas e pelas angústias compartilhadas.

Agradeço à minha Família, meu porto seguro, pelo amor e apoio incondicionais.

Agradeço ao Cláudio por seu amor, incentivo e compreensão.

Agradeço a todos que, embora não citados, fizeram parte dessa história e torceram por mim.

E acima de tudo, agradeço a Deus por mais essa conquista.

No meio de qualquer dificuldade encontra-se a
oportunidade.

Albert Einstein

RESUMO

LEÃO, C. F. Proposta de Modelo para Controle Integrado da Produção e da Qualidade utilizando Tecnologia de Informação. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

A falta de terminalidade das tarefas é apontada na literatura como um importante problema que vem sendo negligenciado pelos sistemas de gestão, contribuindo para o aumento das perdas na construção, principalmente devido à necessidade de refazer trabalhos já executados. A falta de terminalidade ainda contribui para o aumento de pacotes de trabalho informais, uma vez que os pacotes de retrabalho e arremates, muitas vezes, não são planejados durante as reuniões de curto prazo. Há evidências de que a execução de pacotes informais também provoca o aumento das perdas por *making-do*, que ocorrem quando uma tarefa é iniciada sem que todos os itens necessários para sua realização estejam disponíveis. A integração entre os controles da produção e da qualidade é considerada um meio de reduzir a incidência de pacotes informais e as perdas por *making-do*. Ainda, o uso de dispositivos móveis no controle da produção tem sido apontado como uma solução para coletar e gerenciar informações no canteiro de obras de uma forma mais eficiente, fornecendo oportunidades para inovar os processos de gestão existentes. O objetivo principal desse estudo é desenvolver um modelo de controle integrado da produção e da qualidade, vinculado ao Sistema *Last Planner*, capaz de monitorar as perdas na construção civil causadas pela falta de terminalidade das tarefas e pela execução de pacotes informais. Ainda, é proposto um sistema de informações composto por um banco de dados e um módulo de campo, para dar suporte à implementação do modelo de controle integrado. Foi realizado um estudo empírico em uma empresa construtora envolvida na construção de empreendimentos habitacionais de baixa renda, no qual o modelo proposto foi testado e avaliado. A aplicação do modelo permitiu coletar dados relacionados à conclusão de pacotes de trabalho, execução de pacotes informais, falta de terminalidade das tarefas, perdas por *making-do* e verificação da qualidade.

Palavras-chave: controle integrado, gestão da produção, qualidade, perdas, tecnologia de informação.

ABSTRACT

LEÃO, C. F. Proposta de Modelo para Controle Integrado da Produção e da Qualidade Utilizando Tecnologia de Informação. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

Unfinished work has been pointed out in the literature as an important problem that has been neglected in management systems, contributing to increase waste in construction, especially due to the need to redo tasks already performed. This type of waste also contributes to increase informal packages, since rework and small finishing tasks, sometimes, are not formally planned in short-term planning meetings. There are also evidences that the execution of informal packages also increase making-do waste, which occurs when a task is started without all necessary inputs available. The integration between production and quality control is considered as a means of reducing the incidence of informal packages and making-do. Moreover, the use of mobile devices in production control has been pointed out as a solution to collect and manage information in a more efficient way, providing opportunities to innovate the existing managerial processes. The aim of this study is to devise a production and quality control model, linked to the Last Planner System, capable of monitoring construction waste caused by unfinished work and execution of informal packages. Also, this research work proposes an information system formed by a database and a data-collection module, to support the implementation of the integrated control model. An empirical study was conducted in a construction company involved in the development and construction of low-cost housing projects, in which the proposed model was tested and evaluated. The implementation of the model produced data related to the completion of work packages, execution of informal packages, incidence of unfinished work and making-do waste, and quality evaluation.

Key-words: integrated control, production management, quality, waste, information technology.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 CONTEXTO DA PESQUISA	16
1.2 PROBLEMA REAL	19
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA	21
1.4 QUESTÕES DE PESQUISA.....	22
1.5 PROPOSIÇÕES	23
1.6 OBJETIVOS	23
1.7 DELIMITAÇÃO.....	24
1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO	24
2 PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	25
2.1 CONCEITO DE PERDAS.....	25
2.2 PERDAS POR <i>MAKING-DO</i>	29
2.2.1 Improvisação	30
2.2.2 Método de identificação de perdas por improvisação	32
2.3 RETRABALHO.....	36
2.4 TRABALHO EM PROGRESSO.....	38
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
3 CONTROLE INTEGRADO DA PRODUÇÃO E DA QUALIDADE	43
3.1 SISTEMA DE CONTROLE DA PRODUÇÃO.....	43
3.1.1 Sistema <i>Last Planner</i>	44
3.1.2 Pacotes de Trabalho	47
3.1.3 Planejamento Baseado na Localização	49

3.2	SISTEMA DE CONTROLE DA QUALIDADE	52
3.3	DIRETRIZES PARA INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS	55
3.4	SISTEMA DE INFORMAÇÃO GERENCIAL	59
3.5	USO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS NO CANTEIRO DE OBRAS	62
3.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
4	MÉTODO DE PESQUISA	66
4.1	ESTRATÉGIA DE PESQUISA	66
4.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA	68
4.3	ESTUDO EMPÍRICO.....	70
4.3.1	Descrição da Empresa A	70
4.3.2	Descrição dos Empreendimentos	71
4.3.3	Fontes de evidências	74
4.3.4	Descrição das Principais Atividades	75
4.4	ANÁLISE DAS CONTRIBUIÇÕES DA SOLUÇÃO.....	83
5	RESULTADOS.....	86
5.1	ETAPA 1	86
5.1.1	Descrição do Sistema de PCP da Empresa	86
5.1.2	Descrição do Sistema de Gestão da Qualidade da Empresa.....	87
5.1.3	Primeira versão do modelo de controle integrado	89
5.1.4	Implementação do modelo de controle integrado no empreendimento A1	91
5.1.5	Melhorias implementadas no modelo	98
5.1.6	Avaliação da aplicação.....	98
5.1.7	Considerações finais	101

5.2	ETAPA 2.....	102
5.2.1	Segunda versão do modelo de controle integrado	102
5.2.2	Modelagem conceitual	103
5.2.3	Módulo de campo.....	108
5.3	ETAPA 3.....	111
5.3.1	Implementação do modelo de controle integrado no empreendimento A1	111
5.3.2	Melhorias implementadas no modelo	129
5.3.3	Avaliação da aplicação pela pesquisadora.....	130
5.3.4	Avaliação do modelo pelos gestores da empresa.....	133
5.3.5	Considerações finais	134
5.4	ETAPA 4.....	135
5.4.1	Adaptação do modelo de controle integrado para o empreendimento A2	135
5.4.2	Aplicação pelas pesquisadoras do NORIE/UFRGS	135
5.4.3	Considerações finais	140
5.5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO ESTUDO EMPÍRICO	140
5.6	AVALIAÇÃO FINAL DA SOLUÇÃO	142
5.6.1	Utilidade da solução.....	142
5.6.2	Aplicabilidade da solução	144
5.7	PROPOSTA FINAL DO MODELO DE CONTROLE INTEGRADO DA PRODUÇÃO E DA QUALIDADE	149
5.7.1	Processo de coleta de dados	149
5.7.2	Modelagem conceitual	151
5.7.3	Diretrizes para a definição de critérios e lotes para controle.....	152

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	154
6.1 PRINCIPAIS CONCLUSÕES.....	154
6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	157
REFERÊNCIAS	158
APÊNDICE A – ROTEIRO PARA ENTREVISTAS REALIZADAS NA ETAPA 1 DO ESTUDO EMPÍRICO	168
APÊNDICE B – ROTEIRO PARA ENTREVISTAS REALIZADAS NA ETAPA 4 DO ESTUDO EMPÍRICO	170
APÊNDICE C – BANCO DE DADOS CRIADO NO <i>SOFTWARE</i> <i>MS EXCEL</i>	172

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Método de identificação de perdas por improvisação.....	33
Figura 2: Matriz para avaliação de risco	35
Figura 3: Relação entre <i>making-do</i> , retrabalho e WIP	42
Figura 4: Sistema <i>Last Planner</i>	46
Figura 5: Exemplo de uma estrutura analítica de localização	51
Figura 6: Processo de controle integrado da produção e qualidade	58
Figura 7: Delineamento da pesquisa.....	69
Figura 8: Casas executadas em concreto armado	71
Figura 9: Materiais e técnicas construtivas utilizadas nos empreendimentos	71
Figura 10: Implantação do empreendimento A1	72
Figura 11: Planta baixa das casas do empreendimento A1	72
Figura 12: Implantação do empreendimento A2	73
Figura 13: Planta baixa das casas três dormitórios do empreendimento A2	73
Figura 14: Planta baixa das casas duas suítes do empreendimento A2	74
Figura 15: Observações realizadas na primeira etapa do estudo empírico.....	76
Figura 16: Aplicações do modelo de controle integrado na etapa 3.....	81
Figura 17: Desdobramento do constructo utilidade.....	83
Figura 18: Roteiro de discussão para avaliação do constructo utilidade.....	84
Figura 19: Desdobramento do constructo aplicabilidade	85
Figura 20: Dispositivos visuais no mural da engenharia.....	87
Figura 21: Exemplo de PVQ utilizada pela empresa.....	88
Figura 22: Planilha para controle integrado da produção e da qualidade.....	90
Figura 23: Planilha para registro de perdas por <i>making-do</i>	90
Figura 24: PPC semanal	91
Figura 25: Motivos de não conclusão dos pacotes de trabalho	92
Figura 26: Porcentagem de pacotes informais observados em dez ocasiões.....	92
Figura 27: Categorias de pacotes informais	93
Figura 28: Categorias de perda por <i>making-do</i> identificadas na etapa 1	94
Figura 29: Natureza das perdas por <i>making-do</i> identificadas na etapa 1	95
Figura 30: Impacto das perdas por <i>making-do</i> identificadas na etapa 1.....	95

Figura 31: Perdas por <i>making-do</i> – sarjeta quebrada (à esquerda) e desmontagem da tela (à direita).....	96
Figura 32: Perdas por <i>making-do</i> - operário apoiado na fôrma.....	96
Figura 33: Perdas por <i>making-do</i> - conduítes inadequados para as instalações no radier.....	97
Figura 34: Perdas por <i>making-do</i> - pedra utilizada para nivelar a estrutura do telhado (à esquerda) e impacto gerado pelo uso de escoras inadequadas (à direita).....	97
Figura 35: Uso do <i>tablet</i> para anotações	100
Figura 36: Locais para apoio do <i>tablet</i> no canteiro de obras.....	100
Figura 37: Sistema de informações do modelo de controle integrado	102
Figura 38: Fluxo do processo de coleta de dados.....	104
Figura 39: Diagrama ERD.....	105
Figura 40: Módulo de campo – planilha pacotes.....	109
Figura 41: Módulo de campo – planilha <i>making-do</i>	110
Figura 42: Módulo de campo – planilha qualidade	110
Figura 43: Indicadores PPC, PPFT e PPCR	111
Figura 44: Indicador PPCQ	112
Figura 45: Motivos de não conclusão dos pacotes de trabalho	113
Figura 46: Pacotes genéricos – relação entre quantidade de pacotes de trabalho com falta de terminalidade e pacotes de trabalho executados.....	113
Figura 47: Pacotes genéricos não concluídos com qualidade.....	115
Figura 48: Motivos de não conclusão com qualidade	115
Figura 49: Exemplos de não qualidade devido ao sequenciamento das atividades.....	116
Figura 50: Serviços de pintura executados sem que a tarefa precedente estivesse concluída com qualidade	116
Figura 51: Reparo hidráulico executado após a aplicação da primeira demão de tinta interna.....	116
Figura 52: Forro de gesso executado sem que a instalação elétrica estivesse concluída com qualidade.....	117
Figura 53: Propagação de defeito na tarefa precedente na execução da cerâmica	117
Figura 54: Falhas na execução do revestimento cerâmico	118
Figura 55: Falhas na regularização dos cantos das paredes.....	119
Figura 56: Falhas na execução no forro de gesso.....	120
Figura 57: Tipos de pacotes de trabalho executados na etapa 3.....	121

Figura 58: Pacotes genéricos – porcentagem de pacotes informais novos executados (PIN) e porcentagem de pacotes planejados concluídos (PPC).....	121
Figura 59: Pacotes genéricos – porcentagem de pacotes informais por falta de terminalidade executados (PIFT) e porcentagem de pacotes planejados concluídos (PPC)	122
Figura 60: Categorias de perda por <i>making-do</i> identificadas na etapa 3.....	123
Figura 61: Natureza das perdas por <i>making-do</i> identificadas na etapa 3	123
Figura 62: Impactos gerados pelas perdas por <i>making-do</i> na etapa 3	123
Figura 63: Pacotes genéricos – porcentagem de pacotes de trabalho com ocorrência de perdas por <i>making-do</i>	124
Figura 64: Matriz pacote genérico <i>versus</i> categorias de perda por <i>making-do</i>	125
Figura 65: Execução de forro de gesso (à esquerda) e aplicação de selador (à direita) antes da finalização de reparos elétricos e hidráulicos	126
Figura 66: Regularização da parede executada antes do fechamento dos furos de extração de corpo-de-prova (à esquerda) e de fixação da linha de vida (à direita).....	126
Figura 67: Ausência de uma bancada de trabalho para o serviço de revestimento cerâmico.	127
Figura 68: Armazenamento de placas de gesso (à esquerda) e sacos de cimento-cola (à direita) causando falta de terminalidade na aplicação do selador na parede.....	127
Figura 69: Improvisação de ferramenta para aplicar massa de regularização	128
Figura 70: Uso de balde para a execução dos serviços de pintura	128
Figura 71: Tempo despendido no uso do modelo de controle integrado	132
Figura 72: Tempo de sincronização dos dados coletados no <i>tablet</i> com o banco de dados...	132
Figura 73: Tempo médio despendido em cada passo da utilização do modelo.....	132
Figura 74: Indicadores PPC e PPFT – empreendimento A2	136
Figura 75: Tipos de pacotes de trabalho executados no empreendimento A2	137
Figura 76: Categoria de perdas por <i>making-do</i> identificadas no empreendimento A2	137
Figura 77: Natureza das perdas por <i>making-do</i> identificadas no empreendimento A2.....	138
Figura 78: Tipos de pacotes de trabalho com perdas por <i>making-do</i>	138
Figura 79: Impactos gerados pelas perdas por <i>making-do</i> no empreendimento A2.....	139
Figura 80: Retrabalho causado pela utilização de um kit de instalações hidráulicas incorreto	139
Figura 81: Resumo dos principais resultados do estudo empírico	141
Figura 82: Tempo despendido em 22 dias de aplicação do modelo na etapa 3.....	147
Figura 83: Fluxo do processo de coleta de dados – versão final	150
Figura 84: Diagrama ERD – versão final	152

LISTA DE ABREVIATURAS

BD: Banco de Dados

DSR: *Design Science Research*

EAP: Estrutura Analítica do Projeto

ERD: Diagrama Entidade-Relacionamento (*Entity-relationship diagram*)

LBP: Planejamento Baseado na Localização (*Location-Based Planning*)

LBS: Estrutura Analítica de Localização (*Location Breakdown Structure*)

LPS: Sistema *Last Planner*

NORIE: Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

PBQP-H: Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat

PCP: Planejamento e Controle da Produção

PIFT: Pacotes Informais por Falta de Terminalidade

PIN: Pacotes Informais Novos

PMCMV: Programa Minha Casa Minha Vida

PPC: Porcentagem de Pacotes Concluídos

PPCQ: Porcentagem de Pacotes Concluídos com Qualidade

PPCR: Porcentagem Real de Pacotes Concluídos

PPFT: Porcentagem de Pacotes com Falta de Terminalidade

PPI: Porcentagem de Pacotes Informais

PT: Pacote de Trabalho

PVQ: Planilha de Verificação da Qualidade

SiAC: Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil

STP: Sistema Toyota de Produção

TI: Tecnologia de Informação

TIC-HIS: Tecnologia da Informação e Comunicação aplicada a Habitações de Interesse Social

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

WIP: Trabalho em Progresso (*Work in Progress*)

1 INTRODUÇÃO

Esse primeiro capítulo apresenta o contexto da pesquisa, o problema real e o problema de pesquisa, as questões, as proposições, os objetivos e a delimitação da pesquisa. Também é apresentada a estrutura do trabalho no final do capítulo.

1.1 CONTEXTO DA PESQUISA

De acordo com um estudo realizado pelo Sindicato das Indústrias da Construção do Estado de São Paulo (SINDUSCON-SP) e pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), a melhoria da distribuição de renda e a oferta de créditos e subsídios vêm contribuindo para a elevação das condições de habitação (SINDUSCON-SP, 2013). Do volume total de contratações de crédito imobiliário realizados pela Caixa Econômica Federal, 67% são destinados à aquisição de imóveis novos, sendo o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) o principal responsável pelo crescimento da participação de imóveis novos nos financiamentos habitacionais (BRASIL, 2013).

A criação do PMCMV em 2009 foi uma das medidas tomadas pelo Governo Federal para estimular a indústria da construção civil, devido ao peso desse setor no Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro e por sua grande capacidade empregadora. Assim, a ampliação do acesso ao financiamento de moradias, além de diminuir o déficit habitacional brasileiro, proporciona maior número de empregos e de oportunidades para negócios (BRASIL, 2010). O PMCMV foi criado para atender diversas faixas de renda, sendo que os esforços são focados principalmente, ao atendimento das famílias de baixa renda, onde se concentra um déficit habitacional estimado em 5,8 milhões de moradias (BRASIL, 2009; BRASIL, 2010). O Programa tinha como meta inicial construir um milhão de moradias, e atualmente encontra-se em sua segunda fase com a meta de entregar mais de dois milhões de moradias até 2014 (BRASIL, 2013). Estima-se ainda, que até 2023, a demanda demográfica exigirá um aumento em torno de 30 milhões de moradias em relação a 2008, com crescimento médio de 2,26% ao ano (OLIVEIRA; GIVISIEZ; RIOS-NETO, 2009).

A qualidade das habitações de baixa renda é considerada como um dos desafios na redução do déficit por moradias (BRASIL, 2010). A melhoria da qualidade vem sendo implementada no

PMCMV com o apoio do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), por meio do Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil (SiAC). O PBQP-H foi instituído em 1998 pelo Governo Federal, a fim de contribuir para a evolução da qualidade no setor da construção civil e entre os objetivos específicos do Programa, destacam-se: o fomento ao desenvolvimento e à garantia de qualidade de projetos e obras, o apoio à introdução de inovações tecnológicas e o acesso universal à moradia, ampliando o estoque de moradias e melhorando as existentes (BRASIL, 1998). O SiAC, que teve seu Regimento Geral aprovado em 2005, tem o objetivo de avaliar a conformidade de sistemas de gestão da qualidade em níveis adequados às características específicas das empresas do setor de serviços e obras na construção civil, visando a contribuir para a evolução da qualidade no setor (BRASIL, 2005).

Diante desse cenário, a indústria da construção civil vem enfrentando, na última década, algumas mudanças influenciadas pela redução da margem de lucro para a realização dos empreendimentos, a exigência do governo à adoção de programas de qualidade e também o aumento do nível de exigência por parte dos consumidores (FORMOSO, 1999; NASCIMENTO; SANTOS, 2008). Com a ampliação da demanda habitacional, é necessário que as empresas construtoras tenham capacidade de produzir com qualidade e competitividade (BRASIL, 2009). O elevado grau de competição entre as empresas tem estimulado o interesse em inovar os sistemas de gestão, buscando melhorar a qualidade do produto e ao mesmo tempo reduzir o custo do mesmo.

Apesar da indústria da construção civil já apresentar mudanças, o setor ainda está distante dos níveis de eficiência e qualidade de outros setores da indústria (NASCIMENTO; SANTOS, 2008). Estudos realizados nos últimos anos (ALEXANDRE, 2008; FIESS *et al.*, 2004; RICHTER, 2007) apontam inúmeros problemas de qualidade identificados nas habitações de interesse social. Segundo Fiess *et al.* (2004), a construção em larga escala e a busca pela velocidade da construção estão entre os fatores que comprometem a qualidade dessas habitações, pois dificultam o controle dos serviços.

A indústria da manufatura tem sido um ponto de referência para a construção civil, principalmente em relação à implementação de teorias e princípios da produção enxuta. De

acordo com Shinohara¹ (1988 *apud* KOSKELA, 1992), a filosofia básica da produção enxuta é buscar uma tecnologia de produção que utiliza uma quantidade mínima de recursos para uma produção livre de defeitos, no menor tempo possível, com a menor quantidade de produtos inacabados; além de considerar como perda qualquer elemento que não contribui para atender a qualidade, preço ou prazo de entrega exigido pelo cliente, se esforçando para eliminar todas as perdas existentes. Segundo Koskela (1992), os benefícios da produção enxuta, em termos de produtividade e qualidade têm despertado a atenção de outras indústrias, garantindo uma rápida difusão dos seus princípios.

No entanto, a indústria da construção civil apresenta algumas características peculiares que são apontadas como uma barreira para a implementação dos procedimentos utilizados na manufatura, tais como: o caráter único do produto, o local da produção, a multiorganização temporária e a intervenção dos órgãos de regulamentação (KOSKELA, 1992). Essas peculiaridades aumentam a complexidade, a variabilidade e a falta de transparência da produção, podendo levar a uma maior ocorrência de perdas (KOSKELA, 2000). Mas, apesar dessas características dificultarem o processo de controle da produção, Koskela (1992) salienta que, através da aplicação de soluções estruturais, os problemas podem ser evitados ou minimizados, levando a uma melhoria dos processos.

Nesse sentido, muitos trabalhos vêm sendo desenvolvidos com a finalidade de implementar mudanças nos sistemas de gestão da construção civil, baseados nos princípios da produção enxuta. Entre esses trabalhos, destaca-se o Sistema *Last Planner* (LPS), proposto por Ballard (2000), que é um modelo de controle da produção baseado em conceitos utilizados na indústria da manufatura, que busca melhorar a confiabilidade do fluxo de trabalho. A utilização adequada do LPS pode trazer grandes benefícios para a construção como a redução da variabilidade e a redução de vários tipos de perdas (SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010), podendo reduzir ainda o custo e o tempo da construção (BALLARD, 2000).

Quanto à gestão da qualidade, Koskela (1992) critica o fato da indústria da construção civil abordar um conjunto parcial de perdas, preocupando-se apenas com os defeitos, e considerar a qualidade como um sistema de gestão separado do processo de produção, estando relacionada muitas vezes com o marketing e a imagem da empresa e não com o desejo de uma melhoria interna. Assim, trabalhos como o de Marosszeczy *et al.* (2002) e de Misfeldt e Bonke (2004),

¹ Shinohara, Isao. *New Production System: JIT Crossing Industry Boundaries*. Productivity Press, 1988.

abordam a gestão da qualidade sob uma perspectiva da produção enxuta, apresentando novos conceitos de controle da qualidade.

No Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE) da UFRGS, vários trabalhos (BERNARDES, 2001; SOARES, 2003; SUKSTER, 2005; FIREMAN, 2012) têm sido realizados também com a proposta de melhorar os sistemas de gestão como um todo. A proposta do presente trabalho é dar continuidade aos estudos desenvolvidos no NORIE, buscando melhorar os controles da produção e da qualidade da construção civil e auxiliando na identificação de perdas recorrentes no canteiro de obras.

1.2 PROBLEMA REAL

Segundo Koskela (1992), a construção civil apresenta uma quantidade significativa de perdas, relacionadas principalmente com a realização de atividades que não agregam valor. Isso é devido ao fato da construção ser vista tradicionalmente como uma série de atividades de conversão, não sendo considerados os fluxos da produção (KOSKELA, 1992). Assim, as perdas relacionadas ao fluxo de materiais e ao fluxo de trabalho tornam-se invisíveis para a produção (KOSKELA, 1992). Segundo o mesmo autor, a construção civil poderia realizar melhorias significativas a partir da identificação e da eliminação de atividades que não agregam valor.

Koskela (2004) ainda aponta a existência de uma perda muito frequente na construção civil, a perda por *making-do*, que pode ser a causa raiz de outras perdas na produção como a redução da segurança, problemas de qualidade, retrabalho e trabalho em progresso (FIREMAN; FORMOSO; ISATTO, 2013; FORMOSO *et al.*, 2011). As perdas por *making-do* ocorrem quando uma tarefa é iniciada sem que todos os recursos necessários para sua realização estejam disponíveis ou quando a tarefa continua a ser executada diante da indisponibilidade de algum recurso (KOSKELA, 2004).

Ao investigar as perdas por *making-do* que ocorrem nos canteiros de obra, foi identificada por Fireman (2012) a relação dessas perdas com a falta de terminalidade das tarefas. A terminalidade refere-se à conclusão das tarefas no prazo e com a qualidade determinada, sem a necessidade de retorno posterior de alguma equipe para a realização de retrabalhos ou arremates (ALVES, 2000). Como as tarefas com falta de terminalidade, na maioria das vezes,

não são planejadas, elas são realizadas informalmente, sujeitando-se às incertezas e aumentando as perdas por *making-do* (FIREMAN; FORMOSO; ISATTO, 2013). A falta de terminalidade também contribui para o aumento de outras perdas na construção, devido à necessidade de refazer trabalhos já executados, aumentando a quantidade de retrabalho e de trabalho em progresso (ALVES, 2000).

Antes da definição de *making-do* por Koskela (2004), essa categoria de perda já havia sido discutida de forma implícita por Ronen (1992) ao propor o método do *kit* completo, que trata-se do conjunto de componentes, desenhos, documentos e informações necessários para realizar um processo. O autor sugere que as tarefas não sejam liberadas para execução sem que todo esse conjunto necessário para sua realização esteja disponível. No entanto, no estudo realizado por Fireman (2012) foi observado que a não execução das tarefas com qualidade estava relacionada principalmente com defeitos na execução da tarefa precedente, sendo que esses defeitos eram, em muitos casos, a causa raiz das perdas por *making-do*. Assim, a conclusão com qualidade da tarefa anterior deve ser analisada como uma restrição para a execução das próximas tarefas (RIGHI, 2009).

A integração entre os controles da produção e da qualidade é considerada como um meio de reduzir a incidência de pacotes informais por falta de terminalidade e as perdas por *making-do* (FIREMAN, 2012). Segundo Arentsen, Tiemersma e Kals (1996), quando o controle de qualidade é considerado como parte integrante do controle da produção, fica mais fácil garantir o cumprimento do prazo de conclusão e o uso eficiente dos recursos. Uma vez que o controle da produção deve lidar com a variabilidade e com as incertezas, torna-se evidente a relação entre o controle da produção e o controle da qualidade, pois é impossível obter uma alta confiança na previsão de prazos quando são fabricados produtos com não conformidade (ARENSEN; TIEMERSMA; KALS, 1996).

No entanto, segundo Righi e Isatto (2011), existem algumas dificuldades que prejudicam a realização do controle integrado da produção e da qualidade como a falta de sincronia entre os pacotes de trabalho e o conteúdo dos procedimentos de verificação da qualidade, e o tempo excessivo despendido na verificação da qualidade. Assim, para que a qualidade dos pacotes de trabalho possa ser verificada logo após sua conclusão, é necessário realizar melhorias no instrumento de coleta de dados utilizado para a avaliação da qualidade (RIGHI; ISATTO, 2011).

Ainda, segundo Kimoto *et al.* (2005), a utilização de folhas de papel ou cadernos de anotações para coletar dados no canteiro de obras, gera uma lacuna de tempo e espaço entre o canteiro de obras e o escritório. Assim, o uso de dispositivos móveis no canteiro de obras, como *tablets* e *smartphones*, tem sido apontado na literatura como uma solução para coletar e gerenciar informações referentes à construção de uma forma mais eficiente (KIM; LIM; KIM, 2011). Segundo Park *et al.* (2012), as tecnologias de informação e comunicação têm avançado muito na última década e poderiam ser aplicadas para melhorar as práticas de gestão na construção civil.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

O sistema *Last Planner* de controle da produção (LPS), proposto por Ballard (2000), foi desenvolvido com o objetivo de melhorar a confiabilidade dos fluxos de trabalho, protegendo a produção dos efeitos da incerteza e reduzindo a variabilidade. Segundo Koskela (2004), o LPS utiliza a eliminação das perdas por *making-do* como um condutor para reduzir a variabilidade e melhorar o sistema de produção como um todo. No entanto, Marosszeky *et al.* (2002) salientam que, embora a utilização do *Last Planner* resulte em uma maior transparência e confiabilidade, auxiliando na identificação de alguns obstáculos para atingir uma produção livre de defeitos, a qualidade do produto não é considerada explicitamente nesse sistema.

O indicador PPC (porcentagem de pacotes concluídos), utilizado para avaliar a confiabilidade dos planos no LPS, considera apenas a conclusão dos pacotes de trabalho, mas não sua qualidade (SUKSTER, 2005). Assim, foi proposto por Sukster (2005), novos indicadores para avaliar a qualidade dos pacotes de trabalho conforme os critérios especificados no sistema de gestão da qualidade: PPCQ (porcentagem de pacotes concluídos com qualidade) e PPCR (porcentagem real dos pacotes concluídos). O referido autor ainda sugere que sejam estudadas novas formas de controlar os serviços executados na produção.

Segundo Ohno (1997), a identificação e a eliminação das perdas são fundamentais para reduzir os custos e melhorar a produtividade. Segundo Love, Mandal e Li (1999) deveriam ser utilizados mecanismos de retroalimentação, que identificassem as atividades que precisam ser melhoradas para reduzir ou eliminar perdas. No entanto, apesar da construção civil apresentar uma quantidade considerável de perdas (HWANG *et al.*, 2009; KOSKELA, 2004; LOVE; LI, Proposta de modelo para controle integrado da produção e da qualidade utilizando tecnologia de informação

2000; SOMMER, 2010), os esforços na comunidade de gestão da construção para entender essas perdas e identificar sua causa raiz ainda são pequenos (VIANA; FORMOSO; KALSAAS, 2012).

Fireman (2012) propôs um método de controle integrado da produção e da qualidade, com ênfase na medição de perdas por *making-do* e retrabalho. Uma das contribuições desse trabalho foi a identificação da relação entre a execução de pacotes informais e as perdas por *making-do*, pois como os pacotes informais são negligenciados nas reuniões de planejamento do LPS, eles podem ser executados em condições subótimas. Esse estudo ainda contribuiu para a identificação de uma nova categoria de perda denominada falta de terminalidade (*unfinished work*), que inclui pacotes de retrabalho e pequenos arremates, que resultam em consequências para a produção como maior quantidade de pacotes informais e de trabalho em progresso (FIREMAN; FORMOSO; ISATTO, 2013).

A implementação deste método de controle indicou que a partir da integração entre os sistemas de controle da produção e da qualidade é possível reduzir as perdas por *making-do* (FIREMAN, 2012). No entanto, ao avaliar o método de controle quanto à sua aplicabilidade, verificou-se que era despendido um longo tempo para as atividades de coleta, entrada de dados para processamento e processamento dos dados em si (FIREMAN, 2012). Dessa forma, foi sugerido pelo mesmo autor, para trabalhos futuros, o emprego da tecnologia de informação (TI) para acelerar a coleta e o processamento de dados.

A literatura apresenta pesquisas (KIMOTO *et al.*, 2005; NAKAGAWA, 2006; KIM *et al.*, 2008; BERR, 2010; NOURBAKHSI *et al.*, 2012; KIM *et al.*, 2013) que implementam o uso de computação móvel na construção civil, apontando a utilidade desse tipo de tecnologia. Segundo Kim, Lim e Kim (2011), o uso de dispositivos móveis no canteiro de obras tem forte potencial para melhorar o nível de compartilhamento de dados e as práticas de comunicação na indústria da construção. Além disso, conforme apontado pelos autores, esse tipo de tecnologia fornece oportunidades para inovar os processos existentes de gestão da construção.

1.4 QUESTÕES DE PESQUISA

Com base no problema de pesquisa mencionado acima, foi definida a seguinte questão principal de pesquisa para esse trabalho:

“Como realizar um controle integrado da produção e da qualidade capaz de monitorar as perdas causadas pela falta de terminalidade das tarefas e pela execução de pacotes informais?”

Como desdobramento da questão principal, foram definidas as seguintes questões secundárias:

- a) Como a tecnologia de informação pode auxiliar no controle integrado da produção e da qualidade?
- b) Como retroalimentar o sistema de gestão da produção a partir do controle integrado da produção e da qualidade, no que diz respeito à redução de perdas?

1.5 PROPOSIÇÕES

As proposições estabelecidas para esse trabalho são:

- a) O uso da tecnologia de informação para coleta e processamento de dados pode contribuir no controle integrado da produção e da qualidade, reduzindo tempo e esforços;
- b) O controle integrado da produção e da qualidade pode contribuir para reduzir as perdas geradas pela execução de pacotes informais, que surgem para finalizar os serviços com falta de terminalidade.

1.6 OBJETIVOS

O objetivo principal desse trabalho é *“Desenvolver um modelo de controle integrado da produção e da qualidade, vinculado ao Sistema Last Planner, capaz de monitorar as perdas na construção civil causadas pela falta de terminalidade das tarefas e pela execução de pacotes informais”*.

Esse objetivo desdobra-se nos seguintes objetivos específicos:

- a) Propor uma modelagem de dados para dar suporte ao modelo de controle integrado;
- b) Implementar o modelo proposto a fim de avaliar sua aplicabilidade.

1.7 DELIMITAÇÃO

Essa pesquisa está delimitada a obras repetitivas de empreendimentos de habitação de interesse social. O estudo foi realizado em empreendimentos horizontais do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), que utilizam paredes de concreto moldadas *in loco* como solução construtiva.

1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO

Além desse capítulo de introdução, essa pesquisa é composta por mais cinco capítulos.

Os capítulos 2 e 3 apresentam a revisão de literatura, abordando os seguintes assuntos respectivamente: perdas na construção civil e controle integrado da produção e da qualidade.

O capítulo 4 descreve o método de pesquisa adotado, apresentando a estratégia de pesquisa e o delineamento do trabalho.

Na sequência, o capítulo 5 apresenta os resultados da pesquisa e a avaliação do modelo proposto.

Por final, o capítulo 6 apresenta as conclusões e as sugestões para trabalhos futuros.

2 PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Esse capítulo trata de um dos conceitos chave na filosofia da produção enxuta. Inicialmente, é discutido o conceito de perdas e, após, são enfatizados alguns tipos de perdas, que são relevantes para o presente trabalho: *making-do*, retrabalho e trabalho em progresso.

2.1 CONCEITO DE PERDAS

Apesar de ser utilizado na administração da produção desde o início do século 20, sendo fundamental para o Sistema Toyota de Produção (STP), o conceito de perdas não é um conceito predominante na literatura tradicional sobre gerenciamento, principalmente por não se tratar de um conceito bem compreendido (KOSKELA; SACKS; ROOKE, 2012). Para Ohno (1997), no STP o conceito de perdas refere-se ao aumento dos custos da produção, gerado por elementos que não agregam valor. As perdas que se busca eliminar no STP são aquelas que geralmente tornam-se aceitas como parte natural do trabalho, não sendo notadas durante a produção (SHINGO, 1996).

Para Shingo (1996), a produção é definida como uma rede funcional de processos e operações. Os processos estão relacionados à transformação da matéria-prima em produto acabado, sendo considerados como o fluxo de materiais no tempo e no espaço. Já as operações são as ações executadas para realizar a transformação da matéria-prima, ou seja, o trabalho realizado pelo trabalhador e pelas máquinas (SHINGO, 1996). A partir desses conceitos, o autor salienta que as perdas da produção podem estar relacionadas tanto com os processos quanto com as operações.

Os processos são compostos por quatro elementos: processamento, inspeção, transporte e espera. Desses elementos, apenas o processamento agrega valor, pois transforma matéria-prima em produtos, os outros são considerados perdas (SHINGO, 1996). Em relação às operações, apenas aquelas que constituem o processamento, ou seja, aquelas atividades que transformam a matéria-prima, agregam valor à produção. As outras operações, como manutenção de equipamentos, reparos e retrabalhos, não agregam valor e são consideradas perdas (SHINGO, 1996). O autor ainda salienta que, para melhorar a eficiência da produção, é necessário primeiro analisar e melhorar o processo, para depois melhorar as operações.

Segundo Ohno (1997), no STP, ganhos substanciais de eficiência podem ser obtidos pela eliminação de desperdícios, ou seja, de atividades que não agregam valor, reduzindo custos. Para facilitar a identificação dos desperdícios e entender sua natureza, Shingo (1996) e Ohno (1997) classificam as perdas em sete categorias:

- a) Perdas por superprodução: relacionadas à produção excessiva, quando se produz mais que a demanda, ou à produção antecipada, quando se produz antes do momento necessário (SHINGO, 1996).
- b) Perdas por espera: relacionadas com a falta de balanceamento entre as operações e também com o tempo de *setup* das máquinas, resultando na paralisação dos postos de trabalho (ANTUNES JR.; KLIPPEL, 2002);
- c) Perdas por transporte: são custos decorrentes da movimentação dos materiais, não agregando valor ao produto, podendo ser eliminados com o aprimoramento do *layout* dos processos (SHINGO, 1996);
- d) Perdas por processamento excessivo: causadas por diversas atividades que são realizadas ao longo do processo e não agregam valor ao produto final;
- e) Perdas por estoque: são custos associados à formação de estoques de matéria-prima, trabalho em progresso e produto acabado;
- f) Perdas por movimentação: relacionadas à movimentação desnecessária dos operários;
- g) Perdas por fabricação de produtos defeituosos: devido à fabricação de produtos que não atendem as especificações de qualidade projetadas (ANTUNES JR.; KLIPPEL, 2002).

Os benefícios do STP em termos de produtividade e qualidade resultaram na difusão dos seus princípios (KOSKELA, 1992), sendo a eliminação das perdas amplamente utilizada como um condutor de melhorias nas empresas que adotam a filosofia da produção enxuta (VIANA; FORMOSO; KALSAAS, 2012).

Em relação à construção civil, a partir de uma revisão sistemática de literatura realizada para mapear os estudos mais relevantes sobre perdas, foi identificada a existência de três diferentes grupos de conceitos (VIANA; FORMOSO; KALSAAS, 2012):

- a) perda de materiais;
- b) realização de atividades que não agregam valor;
- c) tipos específicos de perdas, como desvios de qualidade, *making-do* e retrabalho.

Em relação à perda de materiais, Skoyles² (1976 *apud* VIANA; FORMOSO; KALSAAS, 2012) define as perdas como sendo de dois tipos:

- a) perdas diretas: que ocorrem quando os materiais são danificados e não podem ser reparados e utilizados, ou quando os materiais são perdidos durante o processo de construção;
- b) perdas indiretas: quando os materiais não são perdidos fisicamente, sendo gerada apenas uma perda financeira, mensurada pela diferença entre o valor do custo planejado e o valor do custo real.

Apesar de muitos estudos sobre perdas na construção enfatizarem excessivamente as perdas de materiais (FORMOSO; ISATTO; HIROTA, 1999), existem vários outros tipos de perdas relevantes para este setor. Para Koskela (1992), considera-se como perda qualquer ineficiência que resulte do uso de equipamentos, materiais, trabalho ou capital em uma quantidade maior que aquela considerada como necessária, sendo que a ocorrência das perdas na construção está relacionada com a realização de atividades que não agregam valor, tais como espera, movimentação, inspeção, atividades duplicadas, acidentes e ainda, por retrabalhos causados por erros de projeto ou construção. No entanto, o mesmo autor salienta que nem todas as atividades que não agregam valor podem ser eliminadas. Algumas atividades relacionadas ao planejamento e à prevenção de acidentes, por exemplo, apesar de não agregarem valor ao produto final, produzem valor para os clientes internos, e sua eliminação pode resultar em outras atividades que não agregam valor (KOSKELA, 2000).

² Skoyles, E.R. "Materials wastage – a misuse of resources", *Batiment International, Building Research and Practice*, Vol. 4 No. 4, 1976.

Koskela (2000) afirma que a existência das atividades que não agregam valor está relacionada com três causas principais: a estrutura do sistema de produção, a forma como a produção é controlada e a natureza inerente da produção. Segundo o mesmo autor, é possível eliminar ou reduzir a quantidade de perdas atuando sobre essas causas. Geralmente, as perdas são resultantes de uma combinação de fatores e não de um incidente isolado, sendo que uma parte considerável das perdas que ocorrem no canteiro de obras é causada por problemas que ocorrem em fases anteriores à produção, sendo exemplo disso, as falhas de planejamento (FORMOSO; ISATTO; HIROTA, 1999). Os mesmos autores salientam que um dos motivos para a existência de perdas é a falta de seu conhecimento, ou seja, muitas empresas não conhecem a quantidade de perdas existente no canteiro de obras.

Viana, Formoso e Kalsaas (2012) ainda apontam sobre a existência de outros conceitos de perdas como a concepção de produtos que não atendem às necessidades dos usuários³, investimento de capital desnecessário⁴, roubo e vandalismo (BOSSINK; BROUWERS, 1996), e “não ouvir e não falar” (MACOMBER; HOWELL, 2004). Segundo Macomber e Howell (2004), a concepção de produtos que não atendem às necessidades dos usuários e “não ouvir e não falar” são conceitos de perdas relacionados ao potencial humano e deveriam ser acrescentadas às sete categorias de perdas propostas por Ohno (1997). No entanto, não há muitas evidências do uso desses conceitos como referência na medição de perdas na construção civil (VIANA; FORMOSO; KALSAAS, 2012).

Koskela (2004) também propôs uma oitava categoria de perda que deveria ser adicionada à lista de Shingo (1996) e Ohno (1997), chamada de *making-do*, que ocorre quando uma tarefa inicia ou continua sem que todos os recursos necessários para sua realização estejam disponíveis. Estudos realizados sobre a ocorrência dessa perda na construção civil (FIREMAN; FORMOSO; ISATTO, 2013; SOMMER, 2010) apontam que o *making-do* pode ser considerado como a causa raiz de outras perdas como problemas de qualidade, retrabalho e trabalho em progresso. Essas perdas ainda estão fortemente relacionadas com a falta de terminalidade das tarefas (FIREMAN; FORMOSO; ISATTO, 2013), objeto dessa pesquisa, e serão detalhadas na sequência desse capítulo.

³ Proposto por Womack, J.P. and Jones, D.T. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Free Press, 2004.

⁴ Proposto por Monden, Y. Toyota production system: Practical approach to production management, Industrial Engineering Management, 1983.

2.2 PERDAS POR MAKING-DO

Segundo Koskela (2004), *making-do* é considerado o oposto de *buffering*. Enquanto no *buffering*, os materiais ficam esperando para serem processados, no *making-do*, o processo é iniciado antes da chegada do material ou de algum outro recurso. Essa indisponibilidade de recursos pode causar a interrupção do trabalho ou resultar em improvisações (FORMOSO *et al.*, 2011).

Esse conceito de perda é sustentado por três evidências apresentadas na literatura (KOSKELA, 2004). A primeira sustentação está no sistema *Last Planner* (LPS) de controle da produção proposto por Ballard (2000), no qual uma tarefa só deve ser liberada para execução após a remoção de todas as restrições para sua realização. A segunda evidência é o método do kit completo, proposto por Ronen (1992), definido como o conjunto de componentes, desenhos, documentos e informações necessários para realizar um processo. Ronen (1992) sugere que as tarefas não sejam liberadas para execução sem que todo esse conjunto necessário para sua realização esteja disponível. E, a terceira evidência está na observação de que trabalhar em condições inadequadas é umas das principais perdas da construção (KOSKELA, 2000).

Segundo Ronen (1992), o kit completo desempenha um papel importante no processo de planejamento e controle, pois força os gerentes a planejar melhor as tarefas e seus componentes e ainda faz com que haja um ponto de controle no estágio inicial do processo, quando ações corretivas ainda podem ser tomadas. No entanto, apesar dos benefícios do kit completo, o *making-do* ocorre devido às seguintes causas básicas (RONEN, 1992):

- a) síndrome da eficiência: a pressa em utilizar os recursos tanto quanto possível;
- b) pressão por resposta imediata: o cliente acredita que iniciando o trabalho imediatamente após o pedido, mesmo sem um kit completo, o tempo de entrega será menor;
- c) divisão inadequada dos níveis de montagem: quando o número de componentes de um kit cresce a um nível difícil de controlar e torna-se quase impossível reuni-los em um determinado tempo.

Quanto às consequências geradas pelo *making-do*, Ronen (1992) as classifica em dois tipos: técnicas e comportamentais. Como consequências técnicas, o *making-do* gera um aumento no tempo de processamento, maior variabilidade, maior quantidade de trabalho em progresso, reduz a produtividade, aumenta as despesas operacionais e ainda torna o controle dos processos mais complexos. Ainda, são apresentadas como consequências técnicas a redução da qualidade, o aumento de retrabalhos e a redução da segurança (RONEN, 1992; KOSKELA, 2004). Fireman (2012) ainda propôs a categoria falta de terminalidade aos possíveis impactos causados pelas perdas por *making-do*. Em relação às consequências comportamentais, Ronen (1992) aponta a falta de motivação dos trabalhadores e a redução de esforços para garantir que todos os itens estejam disponíveis para a realização da tarefa.

As perdas por *making-do* e seus impactos na obra podem ser reduzidos se houver uma análise prévia dos pré-requisitos necessários para a execução dos pacotes de trabalho. Essa análise deve ser realizada em conjunto, envolvendo tanto aqueles que planejam quanto aqueles que executam as tarefas (SOMMER, 2010). Isso significa que melhorar o planejamento pode levar a uma redução das perdas por *making-do*, aumentar a produtividade e reduzir os custos da produção (HAMZEH et al., 2012).

No entanto, uma vez que cada empreendimento é único, podem emergir problemas inesperados no decorrer da execução. E, ainda, pode ser difícil identificar quando um kit está realmente completo. Isso pode forçar as equipes a improvisar e encontrar outras soluções para terminar as tarefas mesmo sem os recursos adequados (HAMZEH *et al.*, 2012). Segundo Formoso *et al.* (2011), *making-do* está fortemente relacionado com o conceito de improvisação, pois diante de uma dificuldade ou incerteza, as pessoas costumam utilizar qualquer recurso que esteja ao seu alcance para conseguir atingir seus objetivos, ou ainda os objetivos podem ser redefinidos a partir dos recursos disponíveis.

2.2.1 Improvisação

Cunha, Cunha e Kamoche (1999) definem improvisação como a concepção da ação que se desenvolve conforme os recursos disponíveis. Os mesmos autores ainda ampliam o conceito para o que é denominado de improvisação organizacional, quando a improvisação é realizada por uma organização ou por seus membros.

Moorman e Miner (1998) sugerem que a identificação da ocorrência de uma improvisação depende não apenas daquilo que acontece, mas também da ordem temporal com que as coisas ocorrem, estando relacionada com o grau de simultaneidade entre a composição e a execução. Ciborra (1999) também adota esta definição, afirmando que a improvisação ocorre quando o pensamento e a ação emergem simultaneamente e no impulso do momento.

Alguns autores fazem uma diferenciação entre os conceitos de improvisação e bricolagem. Cunha (2005) define bricolagem como a invenção de recursos a partir dos materiais disponíveis para resolver problemas inesperados. No entanto, Cunha, Cunha e Kamoche (1999) salientam que não há um consenso na literatura sobre a diferença entre ambos os conceitos, sendo utilizados muitas vezes como sinônimos. Para entender melhor o conceito de bricolagem, Verjans (2005) traduz esse conceito para o inglês, associando-o à palavra *tinkering*, que significa ajustar ou consertar algo de forma amadora e desconexa. Em um contexto organizacional, o conceito de *tinkering* poderia estar relacionado com a situação a qual os gestores precisam resolver problemas causados por decisões tomadas anteriormente de maneira equivocada (VERJANS, 2005).

O conceito de improvisação também foi estudado por Webb *et al.* (1999) em situações de emergência, como desastres naturais e crises tecnológicas. A partir dessa pesquisa, os referidos autores classificaram as improvisações em dois tipos: improvisação material e não-material. As improvisações materiais referem-se a mudanças em equipamentos e ferramentas que são usados para desempenhar alguma função ou em locais físicos onde essas funções são realizadas. Já as improvisações não-materiais referem-se às coisas que são realizadas ou na forma como essas coisas são feitas, gerando não alterações físicas, mas sociais. Essas improvisações não-materiais podem estar relacionadas a alterações processuais, mudanças de status e alterações de ordem normativa (WEBB *et al.*, 1999).

Segundo Moorman e Miner (1998), a improvisação pode ocorrer em três níveis distintos. O primeiro nível refere-se a pequenos ajustes que são realizados em um processo pré-existente. O segundo nível envolve a realização de desvios maiores em relação ao procedimento padrão. E o terceiro nível é quando ocorrem as formas mais extremas de improvisação, ou seja, quando são compostos novos padrões, não existindo nenhuma ligação clara com o referencial original (MOORMAN; MINER, 1998).

De acordo com Cunha, Cunha e Kamoche (1999), a improvisação organizacional pode ter resultados positivos e negativos. Como resultados positivos, os autores apresentam as seguintes categorias: flexibilidade, aprendizado, motivação e resultados afetivos. Quanto aos resultados negativos, os autores destacam a aprendizagem tendenciosa, as armadilhas de oportunidade, a ampliação das ações emergentes, o excesso de confiança e a dependência da improvisação (CUNHA; CUNHA; KAMOCHE, 1999).

O aprendizado tem sido tratado na literatura (BARRETT, 1998; MINER; BASSOF; MOORMAN, 2001; MENDONCA; WALLACE, 2004; JAMBEKAR; PELC, 2007; FLACH; ANTONELLO, 2008) como um resultado potencial da improvisação nas organizações. No entanto, Vendelo (2009) salienta que, assim como a improvisação pode levar ao sucesso de uma organização, ela pode também ser motivo de fracasso. Sendo assim, capturar apenas os resultados positivos da improvisação pode levar a um conhecimento incompleto sobre como a improvisação interage com o aprendizado nas organizações (VENDELO, 2009).

A improvisação relacionada com o conceito de *making-do* proposto por Koskela (2004), objeto desse trabalho e de outras pesquisas já realizadas (SOMMER, 2010; FIREMAN, 2012), é vista como uma perda que pode gerar impactos negativos na construção civil, uma vez que esse tipo de improvisação pode ocorrer por falta de conhecimento de algo que forneça condições a não improvisar (SOMMER, 2010). Além disso, as equipes envolvidas na construção não são treinadas para avaliar as situações antes de tomar decisões, e assim, ao improvisarem, geram situações de risco e desperdício e ainda comprometem a qualidade do produto (SOMMER, 2010).

2.2.2 Método de identificação de perdas por improvisação

A fim de investigar a ocorrência das perdas por *making-do* na construção civil e melhorar o processo de planejamento e controle da produção, Sommer (2010) propôs um método de identificação e mensuração das perdas por improvisação. Esse método, apresentado na Figura 1, é composto por três grupos: (a) identificação dos pré-requisitos necessários para iniciar um processo, (b) identificação das improvisações que ocorrem durante a execução dos serviços e (c) avaliação do possível impacto gerado pelas improvisações.

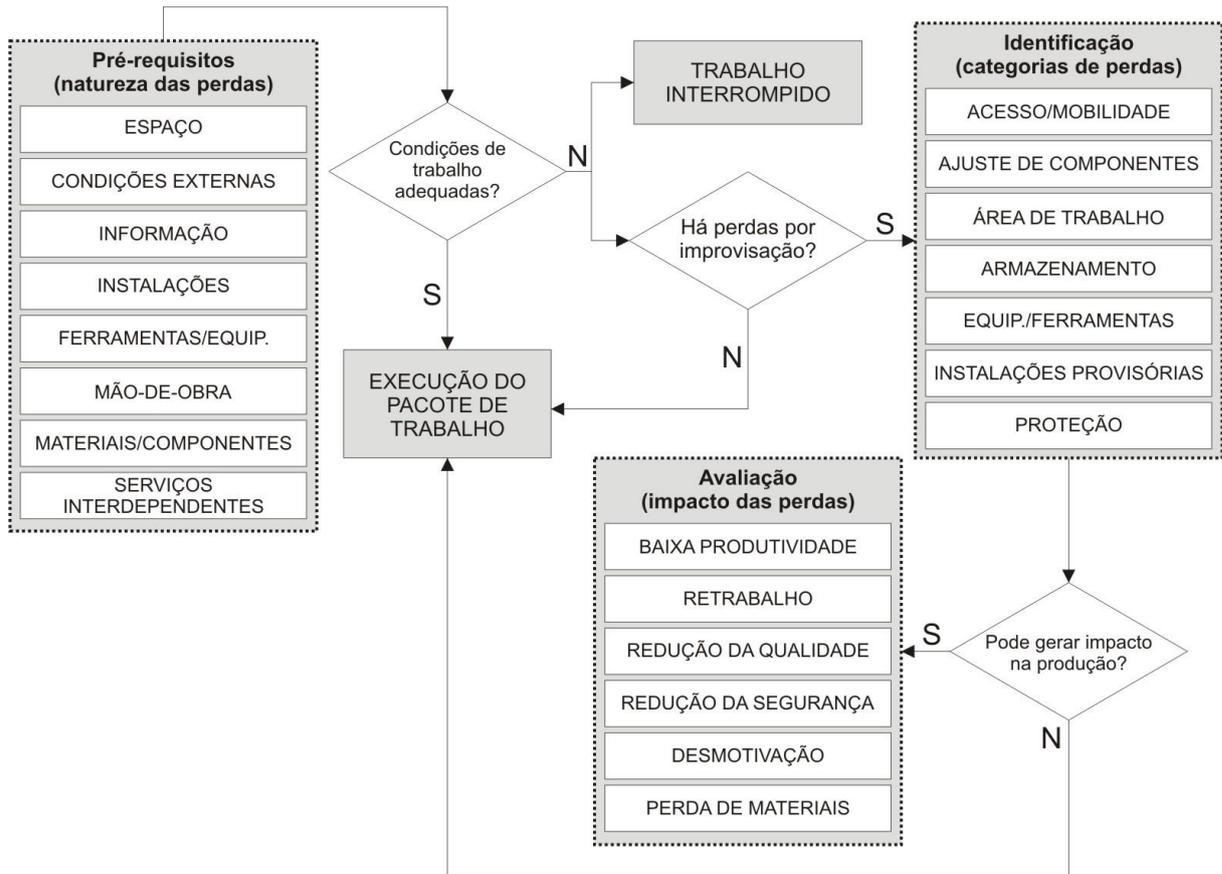


Figura 1: Método de identificação de perdas por improvisação (SOMMER, 2010)

A identificação dos pré-requisitos é baseada nos sete fluxos de entrada apresentados por Koskela (2000): projeto, materiais e componentes, mão-de-obra, equipamentos, espaço, serviços interdependentes e condições externas. No entanto, Sommer (2010) reorganizou esses pré-requisitos conforme as causas que deram origem às perdas por improvisação durante seu estudo, chamando-os de natureza das perdas por *making-do*. Assim, o fluxo denominado projeto foi substituído pelo pré-requisito informações, o qual considera não apenas os projetos, mas todas as informações necessárias para a execução dos pacotes de trabalho. Ao fluxo equipamentos foram incluídas também as ferramentas manuais. E ainda, foi incluído pela autora o fluxo denominado instalações, referente à disponibilização de instalações provisórias. Sommer (2010), assim como Koskela (2004), salienta a importância em verificar não apenas a disponibilidade dos pré-requisitos, mas também se os recursos estão adequados para o início e continuidade dos pacotes de trabalho.

A identificação das improvisações foi baseada nas observações realizadas pela autora no canteiro de obras, sendo propostas as seguintes categorias de perdas por improvisação (SOMMER, 2010):

- a) acesso/mobilidade: relativo ao espaço, meio ou forma de posicionamento dos trabalhadores durante a execução das tarefas;
- b) ajuste de componentes: artifícios para uso de componentes não adequados à realização das tarefas;
- c) área de trabalho: refere-se à bancada de trabalho ou área de apoio durante as atividades realizadas;
- d) armazenamento: organização de materiais ou componentes em locais não preparados para o seu recebimento;
- e) equipamentos/ferramentas: criados ou adaptados para uso durante as atividades;
- f) instalações provisórias: criados ou adaptados para uso de água e eletricidade durante as atividades;
- g) proteção: forma de uso dos sistemas de proteção.

Fireman (2012), após utilizar o método proposto por Sommer (2010), propôs a inclusão de uma nova categoria de perda por *making-do*, definida como sequenciamento, referindo-se à alteração na ordem de produção de determinado processo, ou quando ocorre o rearranjo da sequência de ataque. A partir da criação dessa nova categoria, as evidências da relação entre pacotes informais e perdas por *making-do* aumentaram, pois tais perdas podem ser a causa raiz da existência de alguns pacotes informais (FIREMAN, 2012).

Para a avaliação dos impactos gerados pelas improvisações, Sommer (2010) considerou as possíveis consequências apresentadas por Koskela (2004): redução da produtividade, retrabalho, redução da qualidade, redução da segurança, desmotivação e perda de material. A aplicação do método por Fireman (2012), também permitiu uma evolução em relação aos impactos gerados pelas improvisações, sendo identificada pelo autor uma nova consequência denominada falta de terminalidade. Fireman (2012) também propôs uma matriz para

avaliação de risco (Figura 2), que utiliza parâmetros subjetivos de severidade e probabilidade para definir quais as perdas por *making-do* são prioridades de ações corretivas. Cabe salientar que, além dos impactos negativos, a ocorrência de improvisações pode também fornecer uma inovação ao sistema produtivo, devendo nesse caso, ser divulgada para as equipes (FIREMAN, 2012).

PROBABILIDADE	SEVERIDADE				
	Muito Alta - I	Alta - II	Moderada - III	Baixa - IV	Muito Baixa - V
A - Improvável	intermediário	intermediário	menor	menor	menor
B - Extremamente Remota	intermediário	intermediário	intermediário	menor	menor
C - Remota	maior	intermediário	intermediário	intermediário	menor
D - Provável	maior	maior	intermediário	intermediário	intermediário
E - Frequente	maior	maior	maior	intermediário	intermediário

Figura 2: Matriz para avaliação de risco (FIREMAN, 2012)

Após a avaliação das improvisações, Sommer (2010) verificou que muitas dessas estavam relacionadas com a falta de planejamento ou antecipação. Assim, são sugeridas pela autora algumas estratégias que poderiam evitar a ocorrência das perdas por improvisação, como: o uso de protótipos, a integração entre os sistemas existentes e o uso de ferramentas visuais que facilitem a remoção das restrições (SOMMER, 2010).

Machado (2003) e Santos (2004) também sugerem um conjunto de atividades que poderiam ser incluídas nos procedimentos de execução da obra, auxiliando os gestores a anteciparem e planejarem os recursos necessários para a execução das tarefas, evitando a ocorrência das perdas por *making-do* (SANTOS *et al.*, 2012; GROSSKOPF; MENEZES; SANTOS, 2013).

As atividades propostas por Machado (2003) são denominadas antecipações gerenciais, constituídas por ações gerenciais referentes ao provimento dos recursos necessários para a execução dos serviços. Segundo o autor, essas antecipações são originadas do conhecimento adquirido em projetos anteriores e deveriam ser incluídas no processo hierarquizado de planejamento da produção.

Já as atividades propostas por Santos (2004) são denominadas pela autora de atividades facilitadoras, definidas como atividades que, ao serem colocadas no sistema de produção, são capazes de impedir ou minimizar possíveis interrupções ao longo do processo de produção, e podem apresentar-se através de antecipações ou de remoção de restrições. As atividades

facilitadoras podem apresentar-se como atividades incorporadas no processo, atividades de apoio à produção ou ainda, como informações, sendo classificadas em nove categorias: acesso, projeto, preparação do trabalho, conferência do trabalho, conflito espacial, sequenciamento, proteção dos operários, proteção dos processos e programação de obra (SANTOS, 2004).

É possível identificar semelhanças entre as categorias de atividades propostas por Machado (2003) e Santos (2004) e as categorias de perdas por improvisações apresentadas por Sommer (2010). A diferença está na finalidade para a qual as mesmas foram propostas (SOMMER, 2010). Enquanto Machado (2003) e Santos (2004) propõem uma lista de ações que buscam evitar interrupções na produção, Sommer (2010) apresenta as alternativas encontradas pelos operários para não deixar que essas interrupções ocorram.

2.3 RETRABALHO

Há duas definições de retrabalho muito citadas na literatura (LOVE; MANDAL; LI, 1999; LOVE, 2002; LOVE; SMITH, 2003), propostas por Ashford⁵ (1992) e pela Agência de Desenvolvimento da Indústria da Construção (CIDA) da Austrália. O primeiro autor define retrabalho como o processo realizado para concluir ou corrigir um item para que o mesmo entre em conformidade com os requisitos originais. Já a CIDA⁶ (1995) define retrabalho como o ato de fazer alguma coisa pelo menos mais uma vez devido à não-conformidade com os requisitos. Love *et al.* (2000) ainda definem retrabalho como o esforço desnecessário de refazer um processo ou atividade que foi realizado incorretamente na primeira vez.

Love e Smith (2003) também apresentam a relação existente entre o conceito de retrabalho e o termo reparo que, segundo Ashford (1992 *apud* LOVE; SMITH, 2003), é o processo de restauração de uma característica não-conforme para uma condição aceitável, mesmo que o item possa ainda não estar de acordo com a exigência original. Baseando-se nessa definição, Love e Smith (2003) afirmam que se o item continuar não apresentando conformidade aos requisitos após o reparo, esse não pode ser considerado um retrabalho.

⁵ Ashford, J. L. The management of quality in construction. E & F Spon, London, 1992.

⁶ Construction Industry Development Agency (CIDA). Measuring up or muddling through: Best practice in the Australian non-residential construction industry, Construction Industry Development Agency and Master Builders Australia, Sydney, Australia, 1995.

Love (2002) aponta a diversidade de interpretações para retrabalho observada na literatura, relacionando esse conceito a outros termos como desvios de qualidade, não-conformidades, defeitos e falhas de qualidade. A falta de consenso em relação a esse conceito também é apontada por Viana, Formoso e Kalsaas (2012), que argumentam não estar claro na literatura se essa perda é uma consequência de desvios da qualidade ou se também ocorre quando há mudanças nos pedidos do cliente ou tarefas incompletas.

Burati, Farrington e Ledbetter (1992) apresentam uma classificação para as origens de retrabalho composta por cinco categorias: projeto, construção, fabricação, transporte e operabilidade. Essas categorias ainda são subdivididas pelo tipo de desvio ocorrido: alterações, erros ou omissões. Baseando-se no trabalho de Burati, Farrington e Ledbetter (1992), é proposto por Love e Li (2000) um sistema de classificação para categorizar as causas de retrabalho. As categorias propostas pelos autores são (LOVE; LI, 2000):

- a) Mudanças de projeto: referem-se às revisões, modificações ou melhorias solicitadas por empreiteiros, clientes ou fornecedores;
- b) Erros de projeto: refere-se a equívocos feitos nos projetos;
- c) Omissão de projeto: quando um item ou componente é omitido do projeto;
- d) Mudanças na construção: podem estar relacionadas à mudança do método construtivo para melhorar a construtibilidade ou devido às condições do canteiro de obras, ou ainda pode ser consequência de alterações solicitadas por clientes ou projetistas após o trabalho já ter sido realizado;
- e) Erros na construção: podem resultar do uso inadequado dos procedimentos;
- f) Omissão na construção: quando o retrabalho ocorre devido à omissão de alguma atividade.
- g) Danos na construção: podem ser causados pelo subempreiteiro ou por intempéries.

Segundo Ballard e Howell (1997), o retrabalho está relacionado também à incompletude que ocorre quando as tarefas não são concluídas como deveriam, devido à falta de materiais ou outros pré-requisitos. Essa incompletude está relacionada com o conceito falta de

terminalidade abordado por Alves (2000), Sukster (2005) e Fireman (2012). Segundo esses autores, a falta de terminalidade ocorre quando um pacote de trabalho é considerado concluído, mas são deixadas para trás pequenas tarefas de acabamento, sendo necessário o retorno de alguma equipe para concluir o trabalho. Esse retorno para refazer a tarefa não realizada corretamente pela primeira vez configura-se em um retrabalho.

Já a falta de pré-requisitos que resulta na incompletude está relacionada ao conceito de *making-do*, proposto por Koskela (2004). Segundo esse autor, as perdas por *making-do* ocorrem quando uma tarefa é executada sem a disponibilidade de todos os recursos, e um dos impactos que pode resultar da ocorrência de *making-do* é o aumento da quantidade de retrabalho.

Nepal, Park e Son (2006) ainda relacionam a existência de retrabalho com as pressões por prazo. Segundo os autores, quando essas pressões ocorrem acima de um certo nível, fazem com que os trabalhadores realizem as atividades da forma mais rápida, alterando a sequência do trabalho, aumentando a quantidade de defeitos e diminuindo a motivação para trabalhar de forma produtiva. Mais uma vez, pode-se observar a relação entre *making-do* e retrabalho. Ronen (1992) aponta a pressão por prazo como uma das causas da ocorrência de *making-do*, e a alteração da sequência do trabalho é proposta por Fireman (2012) como uma das categorias de perdas por *making-do*, que tem como principais consequências a falta de terminalidade e o retrabalho.

Apesar das divergências em relação às causas de retrabalho, a importância desse tipo de perda é reconhecida na literatura, indicando a influência do retrabalho sobre o tempo e o custo da construção (BURATI; FARRINGTON; LEDBETTER, 1992; LOVE; MANDAL; LI, 1999; LOVE; LI, 2000; LOVE, 2002; LOVE; EDWARDS, 2004; FENG; TOMMELEIN; BOOTH, 2008; HWANG *et al.*, 2009). Segundo Love, Mandal e Li (1999), a quantidade de retrabalho existente no canteiro de obras não é percebida pelos gestores, sendo essa perda considerada pelos mesmos como uma parte aceita do processo de construção.

2.4 TRABALHO EM PROGRESSO

Trabalho em progresso (WIP) é o estoque existente entre o início e o fim do processamento de um produto (HOPP; SPEARMAN, 2000). Na indústria da manufatura, é considerado como

WIP todo o produto inacabado que ainda não entrou no estoque de produtos concluídos (HOPP; SPEARMAN, 2000). Em relação à construção civil, a quantidade de WIP é calculada pelo número de espaços (salas, apartamentos, etc.) que estão sendo trabalhados simultaneamente (SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010). Por exemplo, na pesquisa realizada por Yu *et al.* (2009) em um empreendimento habitacional, os autores consideraram como WIP todas as casas não concluídas, incluindo as casas em construção e aquelas que estavam esperando pela próxima atividade.

A redução de WIP é apontada por Koskela (1992) como uma das abordagens práticas para a redução do tempo de ciclo, que é um dos princípios da produção enxuta. O tempo de ciclo é o tempo necessário para produzir um determinado produto e é representado pela soma dos tempos de processamento, inspeção, espera e transporte (KOSKELA, 1992). A existência de WIP significa que o material ou a informação está à espera de uma operação para então continuar o seu fluxo (SANTOS; POWELL; SARSCHEAR, 2000). Sendo assim, quando se reduz WIP, se reduz o tempo de espera e, conseqüentemente, há redução do tempo de ciclo. A redução do tempo de ciclo, por sua vez, traz benefícios para a produção como a entrega mais rápida para o cliente, a redução da necessidade de fazer previsões para futuras demandas, a redução do número de interrupções no processo de produção devido às mudanças de demanda e a gestão dos processos torna-se mais fácil (KOSKELA, 1992).

A quantidade de WIP está diretamente relacionada com a variabilidade da produção (HOPP; SPEARMAN, 2000). E, na construção civil, a variabilidade é ainda maior, devido às peculiaridades do ambiente da construção como o caráter único do produto, o local da produção e a organização temporária (KOSKELA, 2000). Segundo Koskela (2004), as perdas por *making-do* são utilizadas para acomodar os impactos da variabilidade na produção, sendo utilizadas principalmente para manter uma taxa alta de utilização da capacidade e tentar evitar desvios de prazo (KOSKELA, 2004). No entanto, realizar uma tarefa em condições subótimas, ou seja, sem a devida remoção das restrições, aumenta ainda mais a variabilidade da produção, que por sua vez, aumenta a quantidade de WIP, pois são liberadas para execução tarefas que não estão aptas a serem realizadas (RONEN, 1992).

Uma forma de limitar a quantidade de WIP é utilizando o sistema de produção puxada, que é um sistema de produção que libera a execução de uma tarefa em função do *status* do sistema, ao contrário do sistema empurrado, no qual a realização de uma tarefa é baseada na projeção da demanda (HOPP; SPEARMAN, 2000). Hopp e Spearman (2004) ainda definem um Proposta de modelo para controle integrado da produção e da qualidade utilizando tecnologia de informação

sistema de produção puxada como aquele capaz de limitar explicitamente a quantidade de WIP que pode estar no sistema.

No entanto, as técnicas de produção puxada utilizadas com sucesso na indústria da manufatura, não são facilmente aplicadas na construção civil. E isso se deve à dificuldade de visualização do fluxo de WIP no canteiro de obras (SACKS; TRECKMANN; ROZENFELD, 2009). Enquanto na indústria da manufatura o estoque de WIP é constituído por pilhas de produtos acumulados entre as estações de trabalho, no canteiro de obras são as equipes que se movimentam e não os produtos, dificultando a visualização do fluxo de WIP entre as equipes (SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010).

O sistema *Last Planner* (LPS) de controle da produção, proposto por Ballard (2000), e que será detalhado no próximo capítulo, utiliza o conceito de produção puxada definido por Hopp e Spearman (2004). Entre as funções do LPS está a redução da variabilidade, a partir da remoção sistemática das restrições, e a redução da quantidade de WIP, pois os materiais e informações são liberados para um processo apenas se esse processo for capaz de fazer o trabalho (BALLARD, 2000).

A literatura (ALVES, 2000; SACKS; TRECKMANN; ROZENFELD, 2009; YU *et al.*, 2009) também apresenta diretrizes e ferramentas que facilitam a visualização dos fluxos de trabalho nos canteiros de obra, auxiliando na redução de WIP. O desafio é evitar o acúmulo de WIP, orientando as equipes a darem maior prioridade à conclusão das tarefas já iniciadas, ao invés de iniciar tarefas em novos locais (SACKS; TRECKMANN; ROZENFELD, 2009; SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010).

Essa relação entre WIP e a falta de terminalidade dos processos é discutida por Alves (2000). Segundo a autora, terminalidade refere-se à finalização das tarefas nos prazos estipulados e em conformidade com os critérios de qualidade pré-estabelecidos. Sendo assim, quando uma tarefa apresenta falta de terminalidade, ela contribui para o aumento de WIP, pois o tempo de sua conclusão aumenta, assim como o tempo de liberação das atividades posteriores. Entre os fatores que influenciam a terminalidade das tarefas, Alves (2000) destaca o grau de definição dos pacotes de trabalho e o adequado sequenciamento dos processos.

Yu *et al.* (2009) propõem melhorias a serem implementadas na construção para reduzir a quantidade de WIP, como a padronização dos pacotes de trabalho e o gerenciamento total da qualidade. Em relação aos pacotes de trabalho, os autores sugerem que o escopo e os padrões

de qualidade de cada tarefa sejam esclarecidos em documentos e distribuídos para os envolvidos nas tarefas. Quanto ao controle da qualidade, os pacotes de trabalho devem ser verificados na sua origem e todo reparo necessário deve ser realizado imediatamente, antes dos trabalhadores deixarem o local (YU *et al.*, 2009). Segundo Fernandes, Filho e Bonney (2009), o controle integrado da produção e da qualidade pode contribuir para a redução de WIP.

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da revisão de literatura sobre perdas na construção civil, pode-se observar a relação existente entre as perdas por *making-do*, retrabalho e WIP. Conforme apresentado na Figura 3, todas essas perdas têm em comum sua causa principal, que é a variabilidade da produção (HOPP; SPEARMAN, 2000; KOSKELA, 2000, 2004). As perdas por *making-do*, por exemplo, são utilizadas como uma tentativa de reduzir os impactos da variabilidade da produção, uma vez que sua ocorrência está relacionada à indisponibilidade de algum recurso durante a execução de uma tarefa (KOSKELA, 2004). Segundo Hopp e Spearman (2000), o nível de variabilidade também interfere diretamente na quantidade de WIP e de retrabalho. A variabilidade associada à incerteza também é apontada por Koskela (2000) como a principal causa de retrabalho. E o WIP e o retrabalho ainda são mencionados por Ronen (1992) como consequências das perdas por *making-do*.

Também é possível observar a relação das perdas por *making-do*, retrabalho e WIP com a falta de terminalidade dos processos. Algumas tarefas consideradas como concluídas pelo sistema de controle da produção precisam do retorno de alguma equipe para finalizar pequenas tarefas de acabamento ou corrigir problemas de qualidade (FIREMAN, 2012; SUKSTER, 2005), o que caracteriza um retrabalho. A conclusão dessas tarefas com falta de terminalidade geralmente não é planejada durante as reuniões de planejamento semanal, ficando sujeita à variabilidade e à incerteza, podendo resultar em perdas por *making-do* (FIREMAN, 2012). O mesmo autor ainda aponta a falta de terminalidade como um possível impacto da ocorrência de *making-do*. A falta de terminalidade das tarefas ainda implica em um aumento da quantidade de WIP, pois essas tarefas demoram mais tempo para serem concluídas (ALVES, 2000), além de que as equipes passam a abrir novas frentes de trabalhos, ao invés de priorizarem a conclusão das tarefas já iniciadas.

O controle integrado da produção e da qualidade é apontado na literatura como um meio de reduzir a falta de terminalidade (SUKSTER, 2005), assim como as perdas por *making-do* (FIREMAN, 2012) e a quantidade de retrabalho e de WIP (FERNANDES; FILHO; BONNEY, 2009; YU *et al.*, 2009), e será abordado no próximo capítulo desse trabalho.

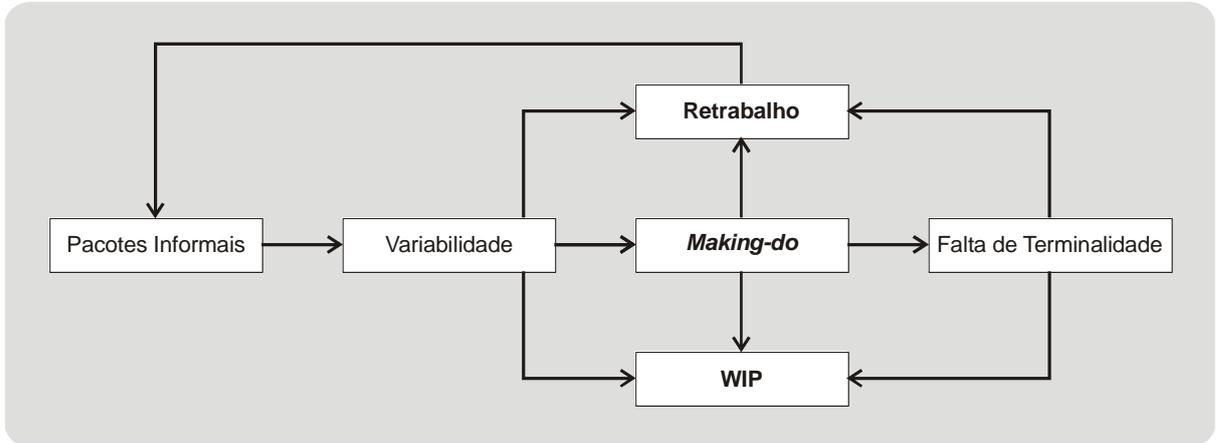


Figura 3: Relação entre *making-do*, retrabalho e WIP

3 CONTROLE INTEGRADO DA PRODUÇÃO E DA QUALIDADE

Nesse capítulo será apresentado o Sistema *Last Planner* de Controle da Produção e o Sistema de Controle da Qualidade, assim como as diretrizes para integração de ambos os sistemas. Também será abordado o papel da tecnologia de informação e dos dispositivos móveis na gestão da produção em canteiros de obra, particularmente na integração de sistemas de controle.

3.1 SISTEMA DE CONTROLE DA PRODUÇÃO

Planejamento e controle são dois processos intrinsecamente entrelaçados que formam um ciclo de planejamento e controle contínuo (Dermer⁷, 1977; Harrison⁸, 1981 *apud* LAUFER; TUCKER, 1987). Enquanto o planejamento é um processo de tomada de decisão realizado antes da ação e tem por objetivo estabelecer metas e o percurso para alcançá-las, o controle é um processo que garante que o curso da ação é mantido e que as metas desejadas são alcançadas (LAUFER; TUCKER, 1987). De acordo com Laufer e Tucker (1987), controlar é um processo que envolve medir e avaliar o desempenho, tomando ações corretivas quando o desempenho diverge do planejado.

Segundo Ballard e Howell (1998) e Formoso *et al.* (1999), para que o controle tenha um papel pró-ativo, auxiliando na identificação e na correção das causas dos problemas, o mesmo deve ser realizado em tempo real, agindo diretamente na realização dos processos de produção, expandindo-se para além do papel de inspeção ou verificação. Conforme Ballard e Howell (1998), o modelo de controle que apenas monitora se as especificações do planejamento estão sendo cumpridas, não se trata de um modelo de controle da produção, e sim de um controle do empreendimento. A falta de um controle pró-ativo no nível da unidade de produção aumenta a incerteza na construção e impede que o planejamento seja utilizado como uma ferramenta para moldar o futuro (BALLARD, 2000). Dessa forma, o referido autor aponta a necessidade de mudança de foco do controle para o fluxo de trabalho.

⁷ DERMER, J. Management Planning and Control Systems. Irwin-Dorsey, Georgetown, Ontario, 1977.

⁸ HARRISON, F. L. Advanced Project Management. John Wiley and Sons, New York, 1981.

Koskela (1999) aponta os cinco princípios básicos que um sistema efetivo de controle da produção deve atender:

- a) As tarefas devem ser liberadas de acordo com a remoção de suas restrições: esse princípio está relacionado com o conceito do kit completo apresentado por Ronen (1992), que sugere que as tarefas não sejam iniciadas até que todos os pré-requisitos necessários para sua execução estejam disponíveis;
- b) A realização das tarefas deve ser medida e monitorada, diminuindo o risco de propagação da variabilidade dos fluxos;
- c) As causas de não realização devem ser investigadas e removidas, a fim de melhorar o processo continuamente;
- d) Deve ser mantido um *buffer* de tarefas para cada equipe, de forma a evitar perdas na produção ou a redução da produtividade, quando alguma tarefa não puder ser realizada;
- e) Os pre-requisitos das tarefas futuras devem ser ativamente preparados, garantindo que todos os recursos estarão disponíveis para a realização das tarefas;

Segundo Koskela (1999), para que possa haver melhorias no sistema de produção, é preciso localizar a fonte de variabilidade, tomar uma ação corretiva e monitorar a realização dessa ação. O Sistema *Last Planner* de Controle da Produção (LPS), proposto por Ballard (2000), é um sistema que atende esses princípios básicos, combinando as funções controle e melhoria, de forma a reduzir a variabilidade e as perdas causadas por ela (KOSKELA, 1999). Ballard (2000) define o LPS como uma filosofia e um conjunto de ferramentas que facilitam a implementação de um controle mais efetivo.

3.1.1 Sistema *Last Planner*

O LPS apresenta duas funções principais: o controle da unidade de produção e o controle de fluxo do trabalho. A primeira função visa fazer melhores atribuições para os trabalhadores através da aprendizagem contínua e de ações corretivas. Já a segunda função está voltada em

fazer com que o fluxo de trabalho siga através da unidade de produção na melhor sequência possível (BALLARD, 2000).

A estrutura hierárquica do LPS é pautada em quatro níveis: Planejamento de Longo Prazo, Planejamento de Fases, Planejamento de Médio Prazo e o Planejamento de Curto Prazo (HAMZEH; BALLARD; TOMMELEIN, 2012). O planejamento de longo prazo, também chamado de plano mestre, é um cronograma desenvolvido antes de iniciar a construção, que descreve o trabalho a ser realizado durante toda a duração da obra (BALLARD, 1997). No entanto, esse plano apresenta um baixo grau de detalhamento, devido às incertezas relacionadas às durações reais e às entregas (BALLARD, 1997). Segundo Ballard e Howell (2003), esse plano deve especificar a duração das várias fases da construção (fundações, supraestrutura, acabamentos, etc).

O planejamento de fases (*phase scheduling*) é um plano detalhado para completar cada uma das fases específicas do empreendimento (BALLARD, 2000). Para isso, cada uma das fases é dividida em atividades e essas atividades são planejadas de trás para frente, a partir do marco (*milestone*) definido (HAMZEH; BALLARD; TOMMELEIN, 2012). Segundo Ballard e Howell (2003), esse plano é a ligação entre a estruturação do trabalho e o controle de produção, de forma a garantir que está sendo preparado e realizado o trabalho certo no momento certo para atingir os objetivos estabelecidos.

O planejamento de médio prazo, chamado por Ballard (1997) de *lookahead planning*, é um planejamento móvel que tem como horizonte algumas semanas à frente, dando atenção às tarefas que supostamente irão acontecer em um determinado período de tempo e identificando quais ações são necessárias para permitir a realização dessas tarefas no período desejado (BALLARD, 1997). Segundo Ballard (2000), o planejamento de médio prazo tem as seguintes funções:

- a) Modelar a melhor sequência do fluxo de trabalho;
- b) Relacionar fluxo de trabalho com capacidade;
- c) Quebrar as atividades do plano mestre em pacotes de trabalho e operações;
- d) Desenvolver métodos detalhados para a execução do trabalho;

- e) Manter um conjunto de tarefas prontas para serem realizadas;
- f) Atualizar e revisar os cronogramas quando necessário.

Conforme apresentado na Figura 4, o LPS pode ser entendido como um mecanismo para transformar o que deveria ser feito em algo que pode ser feito (BALLARD, 2000). Para isso, no plano de médio prazo é criado um estoque de atividades aptas a serem realizadas, a partir do qual é formado o plano de trabalho semanal, ou plano de curto prazo. O plano de curto prazo é um compromisso do último planejador com aquilo que realmente será feito (BALLARD, 2000). De acordo com o autor, o LPS é considerado como um sistema de produção puxada, onde os materiais e informações são liberados para um processo apenas se esse processo for capaz de fazer o trabalho.

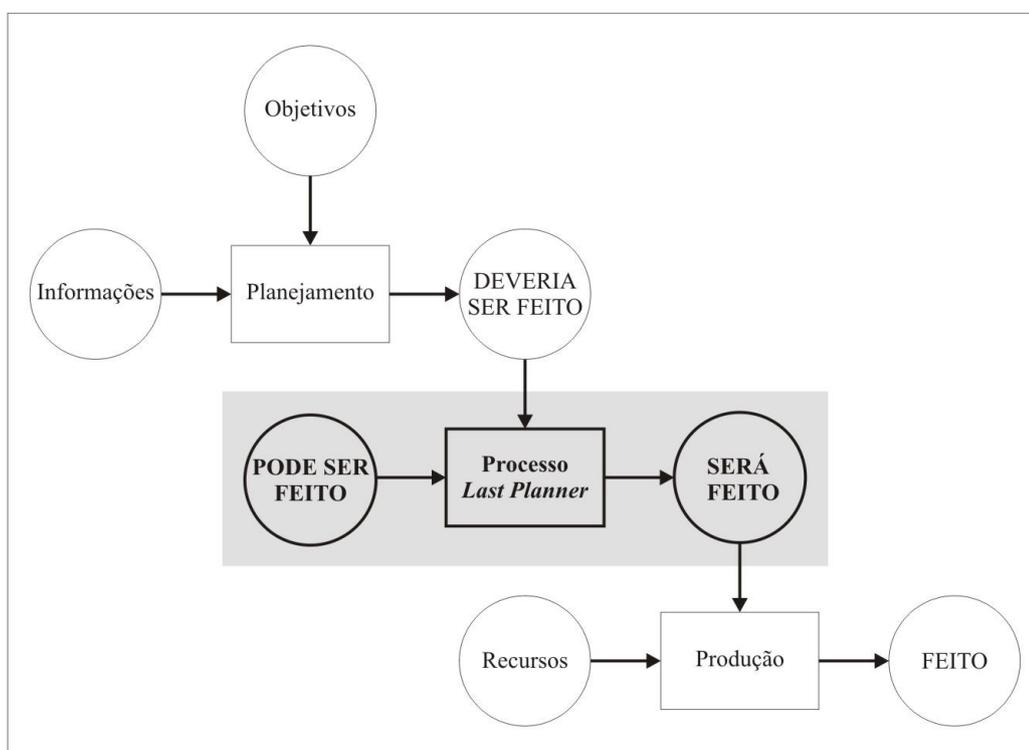


Figura 4: Sistema *Last Planner* (BALLARD, 2000)

Com o LPS, é possível avaliar a confiabilidade dos planos de trabalho, a partir do indicador denominado PPC (porcentagem de pacotes concluídos), que é calculado dividindo-se o número de pacotes de trabalho concluídos pelo número total de pacotes planejados (BALLARD, 2000). Segundo Ballard (2000), o valor do PPC está relacionado com um conjunto complexo de diretrizes como cronogramas, estratégias de execução e orçamentos. Assim, quando o valor do PPC é alto, significa que o trabalho está sendo executado

corretamente com os recursos disponíveis, gerando maior produtividade e progresso (BALLARD, 2000). Porém, segundo Hamzeh, Ballard e Tommelein (2012), quando o planejamento de médio prazo não é devidamente implementado, os planos semanais não são devidamente articulados com o plano mestre e o PPC não é um indicador confiável de progresso da construção. Os mesmos autores ainda ressaltam que o PPC não é uma medida direta do avanço físico da obra, mas uma medida do quanto as promessas são cumpridas e o quanto o trabalho futuro pode ser previsível (HAMZEH; BALLARD; TOMMELEIN, 2012).

A aplicação do LPS na construção civil tem por finalidade a redução da variabilidade, a melhoria do fluxo de trabalho e a redução de vários tipos de perdas (SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010). Segundo Koskela (2004), o LPS utiliza a eliminação das perdas por *making-do* como um condutor para a redução da variabilidade e para a melhoria do sistema de produção como um todo. No entanto, quando o planejamento de curto prazo não tem um papel proeminente, ou ainda quando a empresa é muito hierarquizada e apresenta problemas de comunicação, a utilidade do LPS fica limitada (HENRICH; TILLEY; KOSKELA, 2005).

A comunicação ineficiente, assim como a falta de transparência entre os envolvidos no processo de produção, é apresentada por Alarcón *et al.* (2005) como uma das barreiras de implementação do LPS. Por exemplo, como as informações devem ser trocadas e discutidas nas reuniões semanais, os envolvidos no processo que não participam dessas reuniões, não ficam cientes dos detalhes importantes (BRADY; TZORTOPOULOS; ROOKE, 2011). Além disso, para que a implementação do LPS tenha sucesso é necessário preparar e treinar os participantes adequadamente e as informações coletadas nas reuniões semanais devem ser usadas e administradas a fim de criar ciclos de aprendizagem (ALARCÓN *et al.*, 2005; BRADY; TZORTOPOULOS; ROOKE, 2011).

3.1.2 Pacotes de Trabalho

Tradicionalmente, os processos de produção são divididos em pequenos segmentos de forma estrutural, a partir da utilização da *Work Breakdown Structure* (WBS), também chamada de Estrutura Analítica do Projeto (EAP), na qual é chamado de pacote de trabalho o menor elemento dessa estrutura (GLOBERSON, 1994; BACHY; HAMERI, 1997; MEEKS, 2011). A EAP é considerada como um elemento importante no planejamento, sendo o ponto de

Proposta de modelo para controle integrado da produção e da qualidade utilizando tecnologia de informação

partida para a divisão da obra em atividades e, conseqüentemente, para a definição de itens de controle (MEEKS, 2011). No entanto, a forma tradicional de elaboração da EAP considera apenas as atividades de conversão, sendo que os pacotes de trabalho, muitas vezes, correspondem a serviços contratados, sendo utilizados como uma unidade de controle para pagar itens dentro de um contrato de trabalho (BALLARD, 2000).

Forbes⁹ (1977 *apud* FORMOSO, 1991) define pacote de trabalho como a unidade fundamental do processo de construção, que consiste em uma ação contínua feita por um operário ou um grupo de operários trabalhando em conjunto, sem a interrupção de outra equipe. Choo, Tommelein e Ballard (1999) ainda definem pacote de trabalho como uma determinada quantidade de trabalho similar, ou um conjunto de tarefas, que é realizado frequentemente em uma área bem definida, utilizando informações específicas de projeto, material, mão-de-obra e equipamento, e com todos os pré-requisitos completos.

No LPS, o pacote de trabalho (*assignment*) é considerado como um trabalho específico que uma determinada equipe compromete-se a realizar (BALLARD, 2000). Assim, o pacote de trabalho deve ser suficientemente detalhado, a fim de permitir que o mesmo seja preparado e que sua conclusão possa ser identificada claramente (BALLARD; HOWELL, 1998; BALLARD, 2000). Oberlender¹⁰ (2000 *apud* MEEKS, 2011) corrobora esse argumento, afirmando que um pacote de trabalho deve ser definido em detalhe suficiente para que o trabalho possa ser medido, orçado, planejado e controlado. No entanto, Choo e Tommelein (2001) mencionam que um pacote de trabalho não pode ser excessivamente detalhado, a fim de permitir certa flexibilidade aos trabalhadores durante a execução do trabalho. Além disso, o tamanho do pacote de trabalho deve corresponder à capacidade produtiva da equipe envolvida (BALLARD; HOWELL, 1998). Marchesan (2001) sugere que o pacote de trabalho seja definido por uma ação, um elemento e um local.

Choo, Tommelein e Ballard (1999) destacam que para evitar repetidas mobilizações e desmobilizações, uma operação não deve ser iniciada se não puder ser finalizada sem interrupções. Segundo os mesmos autores, esse critério também pode ser utilizado para auxiliar na delimitação da quantidade de trabalho em um pacote. Entretanto, cabe salientar

⁹ FORBES, W. S. The rationalization of house building. Building Research Establishment, 1977.

¹⁰ OBERLENDER, G. Development of Work Plan. In: R. Levitt (Eds.), Project Management for Engineering and Construction. New York: McGraw-Hill, 2000. p. 99-117.

que o gerenciamento a partir da utilização de pacotes de trabalho só é eficaz se as restrições são consideradas de forma adequada (CHOO; TOMMELEIN; BALLARD, 1999). Sendo assim, é apresentado o termo *work packaging* (CHOO; TOMMELEIN; BALLARD, 1999; MEEKS, 2011), que é o processo de definição do pacote de trabalho, a partir do entendimento detalhado do escopo do trabalho e das suas restrições.

Conforme abordado pelo *Construction Industry Institute* (2011), *work packaging* é um processo orientado pela construção que adota a filosofia de "começar com o fim em mente", e sua implementação garante que todas as restrições de um determinado pacote de trabalho foram identificadas e removidas. Ainda, quando o *work packaging* é implementado corretamente, sendo incluídos em cada pacote de trabalho as devidas especificações e procedimentos necessários, podem ser alcançadas melhorias na qualidade e as perdas por retrabalho podem ser reduzidas (CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE, 2011).

Nesse trabalho, pacote de trabalho é considerado como um trabalho específico, com uma quantidade bem definida de serviço, a ser realizado por uma determinada equipe, e que seguindo a definição de Marchesan (2001), é representado por uma ação (por exemplo, realizar a concretagem) em um determinado elemento (por exemplo, paredes) e um determinado local (por exemplo, casas 101 e 102).

3.1.3 Planejamento Baseado na Localização

O planejamento baseado na localização (LBP) tem origem na técnica de planejamento denominada linha de balanço, sendo também designado de linha de fluxo (*flowline*) por Seppanen e Kenley (2005), Técnica de Planejamento da Construção, Método de Produção Vertical, Matriz Tempo-Localização, Cronograma Tempo e Espaço, Cronograma Perturbação ou Cronograma Lógico Horizontal e Vertical para empreendimentos de vários andares (HARRIS; IOANNOU, 1998). Embora cada um desses métodos tenha sido desenvolvido para atender objetivos particulares, eles são bastante semelhantes, utilizando a representação gráfica do progresso de atividades repetitivas em função do tempo (HARRIS; IOANNOU, 1998).

Apesar da linha de balanço e da linha de fluxo serem, ambas, métodos de planejamento baseado na localização, Kenley e Seppanen (2009) apontam diferenças em relação ao foco

principal de cada um desses métodos (KENLEY; SEPPANEN, 2009). Segundo os autores, enquanto na linha de balanço o foco está na conclusão contínua de unidades repetitivas, o foco da linha de fluxo é a conclusão de locais físicos. Os referidos autores argumentam que esses locais são importantes na construção porque um edifício raramente pode ser visto como um processo de construção repetitivo contínuo, mas sim como uma série de locais físicos em que um tipo e uma quantidade considerável de trabalho devem ser concluídos.

Kala, Mouflard e Seppanen (2012) definem o LBP como um método para analisar dados e encontrar soluções para os desvios de produção semanalmente, oferecendo um ambiente pró-ativo de resolução de problemas. Na LBP, os dados da construção são armazenados tanto nas tarefas, consideradas como o método de controle, quanto na localização, considerada como uma unidade de análise (KENLEY; SEPPANEN, 2009).

As tarefas são consideradas como o método de controle, pois nelas são armazenados dados relacionados à produção, como recursos de mão-de-obra, tempo e custo, pré-requisitos e histórico de desempenho (KENLEY; SEPPANEN, 2009). Conforme destacado pelos autores, apesar das tarefas requerem os mesmos recursos, a quantidade, a equipe e a produtividade podem variar dependendo da localização. A tarefa ainda pode ter mais de uma quantidade, e isso depende da decisão de como o trabalho será realizado (KENLEY; SEPPANEN, 2009). Segundo os autores, as quantidades definem o escopo e o local da tarefa, sendo que algumas tarefas podem pertencer a um único local.

A localização, considerada a unidade de análise, fornece o contendor para os dados relacionados aos componentes da construção, como quantidades e método construtivo, sendo usada como a divisão do trabalho principal por meio de uma estrutura analítica de localização (LBS), ao invés da EAP (KENLEY; SEPPANEN, 2009). Assim como a EAP, a LBS também é uma estrutura hierárquica (Figura 5), na qual um local de nível mais alto contém todos os dados dos locais de nível mais baixo, sendo que cada uma das hierarquias tem uma finalidade diferente. O nível mais alto é utilizado para definir a sequência da construção, o nível intermediário é usado para planejar o fluxo de produção, podendo refletir restrições físicas, e os níveis mais baixos são para detalhar o planejamento (KENLEY; SEPPANEN, 2009). Cada tarefa é definida para um nível de hierarquia da LBS. Por exemplo, enquanto a tarefa “estrutura” deve ser relacionada com o nível de hierarquia “pavimento”, a tarefa “acabamentos” pode relacionar-se com o nível de hierarquia “apartamento” (KENLEY; SEPPANEN, 2009).

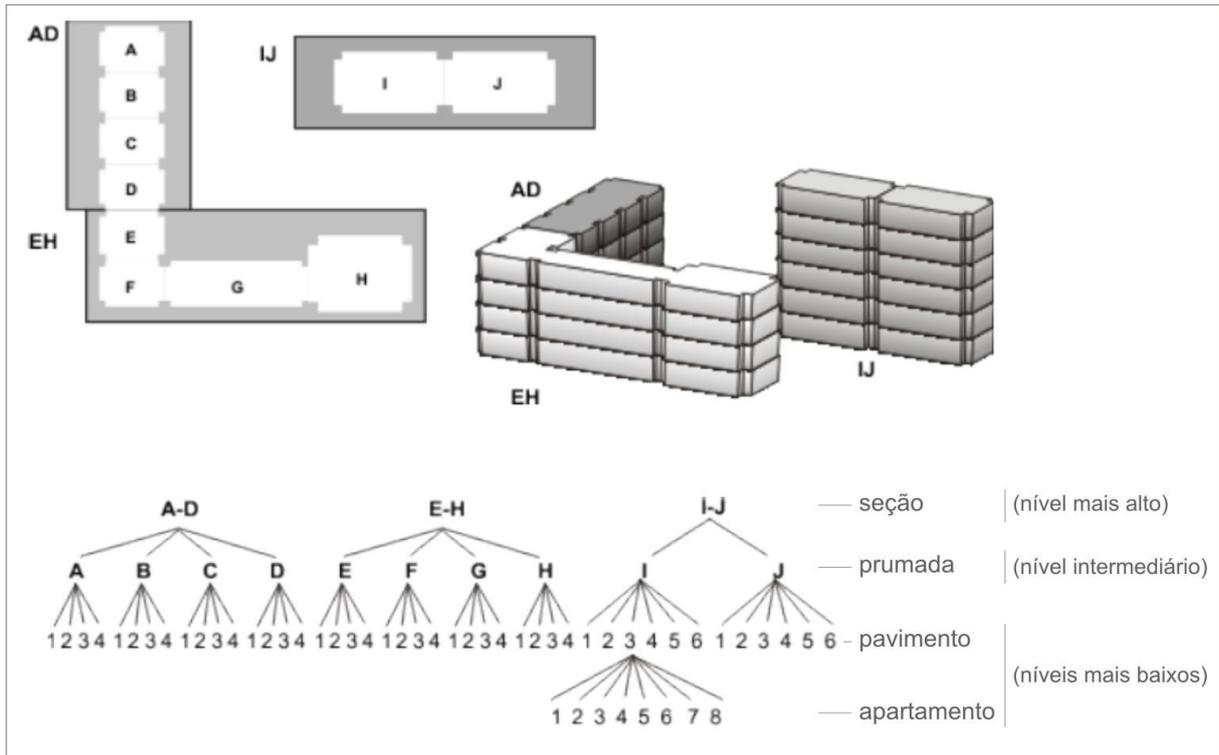


Figura 5: Exemplo de uma estrutura analítica de localização (KENLEY; SEPPANEN, 2009)

Para Seppanen, Ballard e Pesonen (2010), o LBP e o LPS poderiam ser utilizados de forma complementar. Enquanto o LPS concentra-se sobre o processo social de planejamento e compromisso, medindo a conclusão dos pacotes de trabalho (PPC), o LBP é um método que utiliza informações estruturadas para melhorar a qualidade dos planos, calcular taxas de produtividade, fazer previsões e emitir alertas durante a fase de controle (SEPPANEN; KENLEY, 2005; SEPPANEN; BALLARD; PESONEN, 2010).

O LBP poderia ser utilizado em todos os níveis hierárquicos do LPS (SEPPANEN; BALLARD; PESONEN, 2010). Durante o planejamento de longo prazo, os autores propõem que seja definida a LBS e sejam utilizadas as taxas de produtividade disponíveis para avaliar as taxas de produção necessárias. No plano de médio prazo, o LBP poderia ser utilizado de maneira a fornecer um alerta quando as tarefas não puderem ser implementadas conforme o cronograma proposto, devido à falta de recursos ou conflitos entre equipes. O LBP também poderia auxiliar no plano de curto prazo, fornecendo informações gráficas e numéricas sobre as causas e os efeitos das falhas, e prevendo problemas futuros (SEPPANEN; BALLARD; PESONEN, 2010).

No entanto, Seppanen, Evinger e Mouflard (2013) salientam que as previsões do LBP podem ser utilizadas como uma ferramenta nos planos de médio e curto prazo se o fluxo de trabalho for previsível e contínuo. Caso contrário, quando o fluxo de trabalho é caótico e imprevisível, os dados obtidos a partir do LBP poderiam ser utilizados para descrever os motivos que levaram à desordem do fluxo de trabalho (SEPPANEN; EVINGER; MOUFLARD, 2013).

Lucko, Alves e Angelim (2013) apresentam algumas implicações obtidas da implementação do LBP em relação à mensuração e à melhoria da produtividade. Por exemplo, o LBP pode fornecer informações importantes sobre variáveis e fatores de interesse que muitas vezes são ignorados nos estudos sobre produtividade da construção, como tempo de ciclo, *lead time*, *takt time* e tamanho de lote (LUCKO; ALVES; ANGELIM, 2013).

O LBP também pode dar suporte à tomada de decisão em diferentes níveis de planejamento (LUCKO; ALVES; ANGELIM, 2013). No nível estratégico, o LBP oferece uma visão panorâmica de informações como a localização das atividades, fluxo de trabalho e interferências. Já no nível operacional, o sistema permite rastrear as taxas diárias ou semanais dos pacotes de trabalho baseadas na localização. Ainda, a definição dos pacotes de trabalho baseada na localização permite o rastreamento de quando e onde o trabalho foi realizado, e se as atividades atendem aos requisitos exigidos (LUCKO; ALVES; ANGELIM, 2013).

3.2 SISTEMA DE CONTROLE DA QUALIDADE

Arditi e Gunaydin (1997) definem qualidade como o atendimento aos requisitos do projetista, do construtor, dos órgãos reguladores e do cliente (ARDITI; GUNAYDIN, 1997). Segundo Ferguson e Clayton¹¹ (1988 *apud* ARDITI; GUNAYDIN, 1997), para produzir qualidade é necessário o estabelecimento de políticas, procedimentos, padrões, treinamento e diretrizes relacionadas ao projeto. Esse conjunto de ações planejadas sistematicamente para garantir a conformidade com os requisitos é chamado Garantia da Qualidade (ARDITI; GUNAYDIN, 1997).

Para Arditi e Gunaydin (1997), o conjunto de procedimentos específicos envolvidos no processo de Garantia da Qualidade chama-se controle da qualidade. Nesses procedimentos

¹¹ FERGUSON, H.; CLAYTON, L. Quality in the constructed project: a guideline for owners, designers and constructors. ASCE, New York, 1988.

estão incluídos o planejamento, a coordenação, o desenvolvimento, a verificação, a revisão e a programação do trabalho (ARDITI; GUNAYDIN, 1997). Segundo Burati, Farrington e Ledbetter (BURATI; FARRINGTON; LEDBETTER, 1992), controle da qualidade refere-se à inspeção, teste, avaliação ou outras medidas necessárias para verificar se um produto, processo ou serviço está em conformidade com os requisitos estabelecidos. A função de controle da qualidade utiliza técnicas e atividades para monitorar o processo de produção, buscando eliminar as fontes que levam a um desempenho insatisfatório da qualidade (WICK; VEILLEUX¹², 1993 *apud* ARDITI; GUNAYDIN, 1997).

De acordo com Picchi e Agopyan (1993), os serviços da obra devem ser controlados de forma sistemática, baseados em listas de verificação que estabelecem os itens a serem avaliados e suas respectivas tolerâncias. Para isso, antes da realização de cada serviço deve ser feita uma verificação dos recursos necessários para o bom andamento do serviço e também deve ser redigido um procedimento de execução que descreve detalhadamente como o mesmo deverá ser realizado (PICCHI; AGOPYAN, 1993).

Picchi e Agopyan (1993) destacam a informalidade dos controles realizados na construção civil, os quais são realizados geralmente por mestres e encarregados que utilizam critérios pessoais para avaliar o serviço. Os mesmos autores então apresentam as diretrizes que um controle formal deve seguir:

- a) O controle deve ser sistematizado, utilizando listas de verificação, procedimentos e planos de controle da qualidade;
- b) Devem ser definidas nos procedimentos as pessoas envolvidas na avaliação;
- c) Os procedimentos de avaliação devem ser padronizados e formalizados;
- d) Os critérios de avaliação devem ser claros e objetivos, avaliando características prioritárias e indicando as tolerâncias admitidas;
- e) Devem ser definidos os serviços abrangidos e os momentos de realização das verificações, estabelecendo uma rotina de controle;

¹² WICK, C.; VEILLEUX, R. F. Tool and manufacturing engineers handbook. SME, Dearborn, MI, 1993.

- f) A gerência deve adotar controles que garantam a homogeneidade e previsibilidade dos resultados, dentro de metas e parâmetros estabelecidos pela empresa, reduzindo riscos e perdas, e servindo como instrumento de crescimento dos profissionais envolvidos.

Porém, Picchi e Agopyan (1993) destacam que a reação inicial do pessoal da obra diante de um controle formalizado é de rejeição: muitas pessoas aceitam o controle informal como parte do processo, mas acreditam que não há necessidade de burocracia e papelada para a obtenção da qualidade. Marosszeky *et al.* (2002) corroboram esse fato, afirmando que muitas empresas possuem sistemas de controle de qualidade abrangentes e bem documentados, mas o pessoal da obra é relutante em utilizá-lo, pois acreditam que seu uso dificilmente leva a uma melhoria da qualidade do produto. Assim, os mecanismos de controle da qualidade são concebidos para satisfazer os requisitos administrativos do sistema de gestão ao invés de melhorar a qualidade do produto para o cliente (MAROSSZEKY *et al.*, 2002).

Segundo Marosszeky *et al.* (2002), mesmo quando os sistemas de controle da qualidade são implementados no canteiro de obras, as verificações costumam ser realizadas muito tempo depois da execução da tarefa. Assim, quando os serviços são verificados, os trabalhadores envolvidos na execução já foram para outras áreas do canteiro ou já deixaram a obra por completo (MAROSSZEKY *et al.*, 2002). Isso faz com que o tempo entre a detecção do problema e sua correção seja muito longo (MAROSSZEKY *et al.*, 2002).

De acordo com Marosszeky *et al.* (2002), o controle da qualidade deveria ser realizado no tempo mais próximo possível ao da execução do trabalho, identificando os problemas de qualidade e agindo de forma a limitar sua recorrência. O controle da qualidade deveria envolver a análise, a inovação, a resolução de problemas e a aprendizagem (MAROSSZEKY *et al.*, 2002). Para os mesmos autores, o foco do controle da qualidade deveria ser identificar os defeitos em um dia e evitar sua ocorrência no outro. Ainda, quando o controle da qualidade é realizado na origem, a tomada de decisão é mais rápida e ágil, as organizações tornam-se menos burocráticas e mais dinâmicas e a melhoria da qualidade torna-se uma consequência (MAROSSZEKY *et al.*, 2002).

De acordo com Misfeldt e Bonke (2004), o controle da qualidade deve ser realizado pelos próprios operários da obra, em paralelo ou imediatamente após a conclusão da tarefa. Então, dependendo do resultado da inspeção, as falhas de qualidade são reparadas ou a próxima tarefa é liberada para execução (MISFELDT; BONKE, 2004). Ainda, segundo os mesmos

autores, as informações relevantes relacionadas às falhas de qualidade devem ser registradas em um banco de dados, a fim de melhorar o planejamento do controle da qualidade.

Para Misfeldt e Bonke (2004), a qualidade deve ser controlada e aprovada antes de uma atividade ser dada como concluída, a fim de garantir que as tarefas subsequentes não serão executadas sobre partes da construção que apresentam defeitos.

3.3 DIRETRIZES PARA INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS

A literatura (BIJ; EKERT, 1999; SUKSTER, 2005) aponta que os controles da produção e da qualidade interagem de forma que o bom desempenho de um frequentemente influencia ou inibe o desempenho do outro. Para Bij e Ekert, os controles da produção e da qualidade são dois sistemas separados, mas com influência mútua. Sukster (2005) ressalta que a utilização de procedimentos e planilhas que integrem os sistemas de controle da produção e da qualidade podem beneficiar ambos os sistemas, principalmente em relação ao comprometimento das equipes e à redução das não conformidades.

Segundo Arentsen, Tiemersma e Kals (1996), a integração dos controles da produção e da qualidade é considerada como uma solução para garantir o cumprimento do prazo de conclusão e o uso eficiente dos recursos. De acordo com Yi *et al.* (2002), um sistema de controle da produção orientado para a qualidade deve analisar, diagnosticar e ajustar os processos de produção para atender a qualidade exigida dos produtos, ao mesmo tempo que planeja e programa a produção para atender aos prazos de entrega.

Soares (2003) aponta que o sistema de PCP pode ser utilizado como um meio para a implementação de algumas características importantes para o sistema de gestão da qualidade, entre elas o envolvimento dos funcionários, a análise contínua dos processos, a busca pela melhoria contínua, a utilização de indicadores, a padronização de processos e o foco na satisfação dos clientes internos e externos.

A fim de melhorar os sistemas de gestão como um todo e reduzir as não conformidades, foram propostas por Sukster (2005) as seguintes diretrizes para a integração dos sistemas de PCP e gestão da qualidade: (a) a realização de reuniões periódicas de integração dos dois sistemas, (b) a utilização conjunta de procedimentos do sistema de gestão da qualidade nas

planilhas dos planos de médio e curto prazo, (c) a inclusão do planejamento e controle da produção dentro do sistema de gestão da qualidade, (d) a utilização de indicadores para avaliar aspectos de ambos os sistemas, e (e) a criação de mecanismos para aumentar a participação da equipe no planejamento e controle dos serviços (SUKSTER, 2005).

Righi (2009) também propôs diretrizes para a integração entre o sistema de gestão da qualidade e o planejamento e controle da produção de curto prazo em empreendimentos da construção civil. Ao comparar os pacotes planejados no curto prazo e os pacotes avaliados pela gestão da qualidade, foi observado pela autora que a forma de aplicação das ferramentas não possibilitava a utilização conjunta dos dois sistemas, pois a quantidade de pacotes avaliados era menor que o número de pacotes planejados. Outro fator identificado no estudo foi que a aplicação das planilhas de verificação da qualidade, por ser demorada e exigir concentração, era postergada para a liberação de outro serviço, funcionando como uma verificação de pré-serviço (RIGHI, 2009). As diretrizes propostas por Righi (2009) para a integração das ferramentas de controle da qualidade e planejamento de curto prazo são:

- a) Padronizar o método para elaboração do plano de curto prazo, utilizando de base principalmente o cronograma de médio prazo;
- b) Facilitar o entendimento dos pacotes programados;
- c) Rigor na avaliação da conclusão do serviço em relação à terminalidade do mesmo;
- d) A avaliação da qualidade deve seguir as tarefas do plano de curto prazo e deve ocorrer no momento da execução do serviço;
- e) Tornar as planilhas de verificação da qualidade mais simples e objetivas;
- f) Verificar a necessidade de criação de novas planilhas de verificação para serviços que não são avaliados pelo sistema da qualidade;
- g) Aumentar a participação dos empreiteiros e encarregados nas reuniões da qualidade e da produção.

Sukster (2005) ainda propôs dois novos indicadores que avaliam não somente a terminalidade das tarefas, mas também a qualidade das mesmas conforme os requisitos especificados nas planilhas de verificação. Esses indicadores são:

- a) PPCQ (porcentagem de pacotes concluídos com qualidade), que consiste na relação entre o número de pacotes concluídos com qualidade e o número de pacotes concluídos total;
- b) PPCR (porcentagem de pacotes concluídos real), calculado pela relação entre o número de pacotes concluídos com qualidade, e o número total de pacotes planejados.

No método de controle integrado da produção e da qualidade proposto por Fireman (2012), são utilizados esses dois indicadores propostos por Sukster (2005) e também a análise da causa da não execução com qualidade. Foi verificada a necessidade de identificação da causa raiz, pois muitas vezes a falta de qualidade está relacionada à propagação de problemas da tarefa precedente (FIREMAN, 2012). Segundo Sukster (2005), é possível reduzir o número de retrabalhos e perdas atuando nas causas dos problemas, sejam eles de planejamento ou de qualidade.

Foram identificadas por Fireman (2012), as seguintes causas da não conclusão dos pacotes com qualidade: tarefa precedente concluída sem qualidade, material inapropriado, negligência da força de trabalho, baixa instrução da força de trabalho e pré-requisito não disponível. Uma vez que foram rastreados os problemas causados pela indisponibilidade de pré-requisito, a integração dos sistemas de controle da produção e da qualidade auxiliou no controle das perdas por *making-do* (FIREMAN, 2012).

A Figura 6 apresenta o processo de controle integrado proposto por Fireman (2012). O processo inicia no planejamento de curto prazo, com a definição dos pacotes de trabalho e a qual lote de inspeção seus elementos construtivos pertencem. Assim que a execução do pacote é concluída, o líder de equipe solicita a inspeção da qualidade ao responsável. Se o pacote for concluído com qualidade, deve-se identificar se a conferência da qualidade foi parcial ou total. Caso o pacote não seja aprovado pelo sistema da qualidade, há duas formas de corrigi-lo: (a) se ainda houver tempo na semana, o retrabalho pode ser realizado como um pacote

informal, ou (b) se não houver tempo, o pacote de retrabalho deve entrar formalmente no planejamento semanal da próxima semana (FIREMAN, 2012).

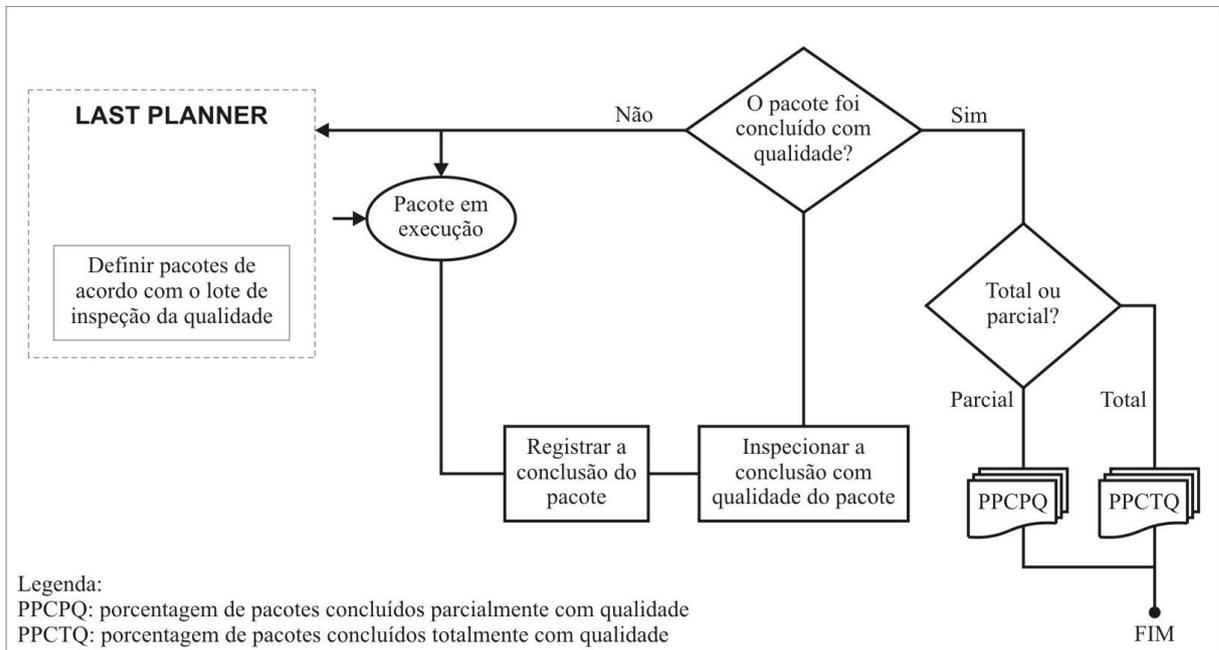


Figura 6: Processo de controle integrado da produção e qualidade (FIREMAN, 2012)

Sukster (2005) destaca a importância dos planos de médio e curto prazo oferecerem condições para o controle integrado dos serviços. E também, sobre a importância em aumentar a transparência dos processos, a partir de dispositivos visuais que evidenciem as instruções de controle, indicadores e os procedimentos dos sistemas de gestão da qualidade.

Fireman (2012) ainda sugere o uso de TI como apoio ao controle integrado da produção e da qualidade, de forma a acelerar a coleta e o processamento de dados. Segundo Barbosa *et al.* (2013), os sistemas de informação podem auxiliar na integração dos sistemas de gestão, pois permitem a geração, o armazenamento e a análise de dados mais rapidamente, além de facilitar o compartilhamento desses dados com todos os envolvidos. Assim, na sequência desse capítulo é discutido o papel da TI no gerenciamento da construção, assim como a possibilidade de uso de dispositivos móveis nos canteiros de obras.

3.4 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GERENCIAL

Segundo Reynolds¹³ (1988 *apud* HEGAZY; ERSAHIN, 2001), um sistema de informação gerencial é um sistema de computador capaz de integrar dados de várias fontes, fornecendo dados e informações úteis que auxiliem as operações e a tomada de decisão por parte daqueles que são responsáveis pela gestão dos recursos. De acordo com Nascimento e Santos (2008), os sistemas de informação têm por finalidade transformar dados em informações. No entanto, toda informação é relativa e depende da capacidade de interpretação de quem a está recebendo (NASCIMENTO; SANTOS, 2008).

Soibelman e Kim (2000) apontam que entre os principais fatores que causam problemas de qualidade na construção estão o uso de informações inadequadas e as deficiências na comunicação. Segundo Bowden e Thorpe (2002), uma das principais causas do retrabalho é o uso de informações inadequadas, insuficientes ou em conflito. Para Hegazy e Ersahin (2001), a implementação de um sistema de informação adequado para gerenciar a construção pode reduzir redundâncias, economizar tempo e custos, e aumentar a produtividade. Nascimento e Santos (2008) também afirmam que alguns problemas comuns na construção civil como o não cumprimento de prazos, a baixa produtividade, a falta de qualidade, o aumento dos custos e até mesmo a ocorrência de patologias na construção podem ser causados pela falta de tratamento dos fluxos de informação. Assim, o tratamento do fluxo de informações na indústria da construção civil é uma questão importante para o bom desempenho das empresas (NASCIMENTO; SANTOS, 2008).

Hwang, Trupp e Liu (2003) e Navon (2005) salientam sobre a importância em trabalhar com dados precisos, não apenas para controlar os projetos em andamento, mas também para manter um banco de dados atualizado que auxilie no planejamento dos projetos futuros. De acordo com Navon e Sacks (2007), os gerentes de obra gastam muito tempo solucionando problemas causados por informações imprecisas e desatualizadas. Nascimento e Santos (2008) apontam que o uso de TI pode solucionar o problema do acesso à informação, mas também pode levar a uma sobrecarga de informações (NASCIMENTO; SANTOS, 2008),

¹³ REYNOLDS, G. C. Information system for managers, West Publishing Co., St. Paul, Minn, 1988.

causando efeitos negativos na qualidade das decisões (FARHOOMAND; DRURY, 2002¹⁴ *apud* NASCIMENTO; SANTOS, 2008).

Para Navon e Sacks (2007), uma pesquisa de TI focada nas necessidades da indústria, deve estabelecer as informações que são necessárias a partir do ponto de vista dos gerentes da construção e deve registrar quais os níveis de informação são fornecidos pelos sistemas de gestão atuais. Nascimento e Santos (2008) salientam sobre a importância em investir em tecnologias capazes de capturar, armazenar, formatar, resumir e filtrar dados. Segundo Hegazy e Ersahin (2001), os relatórios desempenham um papel fundamental na eficiência de qualquer sistema de informação gerencial. Diferentes níveis de relatórios resumindo os dados armazenados no sistema tornam-se essenciais para a tomada de decisão e para a identificação de tendências importantes que podem ser usadas como base para as ações corretivas (HEGAZY; ERSAHIN, 2001).

Choo e Tommelein (2000) salientam que o uso de TI não tem por objetivo eliminar as reuniões presenciais, mas sim torná-las mais eficazes, através do compartilhamento de informações importantes que os participantes necessitam para tomar decisões. Assim, os problemas podem ser identificados antes das reuniões, sendo estudados com antecedência e as reuniões passam a ser utilizadas para solucionar os problemas e não para detectá-los (CHOO; TOMMELEIN, 2000). Ainda, Koskela e Dave (2008) afirmam que o papel da TI é apoiar os fluxos de informação dos processos físicos da construção, com a expectativa de melhorar o processo como um todo. Porém, se o processo de produção for caótico, a implementação de TI não trará os resultados desejados (HWANG; TRUPP; LIU, 2003; KOSKELA; DAVE, 2008). Assim, a TI é apenas uma meio para projetar, controlar e melhorar os processos, e não a condutora principal das melhorias (KOSKELA; DAVE, 2008).

Nascimento e Santos (2008) sugerem algumas medidas que devem ser adotadas para um uso eficaz da TI, entre elas: padronizar atividades e processos, evitar informações redundantes e utilizar informações que agregam valor ao produto, privilegiar tecnologias interoperáveis, colaborativas e baseadas na internet, utilizar ferramentas que acelerem o fluxo de informações, e adotar um sistema que possa adaptar-se às mudanças constantes. Ao propor uma ferramenta computacional para a aplicação do LPS, Choo e Tommelein (2001),

¹⁴ FARHOOMAND, A.; DRURY, D. Managerial information overload. *Communications of the ACM*, New York, v. 45, n. 10, p. 127-131, out. 2002.

identificaram alguns requisitos que as ferramentas computacionais voltadas para o LPS devem atender:

- a) Devem ser projetadas para auxiliar as reuniões de coordenação;
- b) Devem permitir uma distribuição efetiva da informação para todos os envolvidos;
- c) A estrutura dos dados e a interface do usuário devem ser simples e de fácil entendimento;
- d) Devem permitir a interação com outros sistemas;
- e) Devem ser confiáveis, não sendo suscetíveis a falhas;
- f) Devem permitir a coleta de informações uma vez, e depois, permitir sua reutilização em qualquer lugar necessário;
- g) Devem sincronizar e atualizar as informações, apresentando apenas as informações mais recentes;
- h) Devem ser capazes de arquivar e recuperar informações passadas.

Nascimento e Santos (2008) também apontam a existência de barreiras para a implementação de TI na indústria da construção. Essas barreiras estão relacionadas aos profissionais que atuam nessa área, aos processos já estabelecidos, às características e culturas inerentes à construção e também às deficiências da tecnologia, que, segundo Bowden *et al.* (2006), não são desenvolvidas de maneira adequada às necessidades da indústria. Para Koskela e Dave (2008), as empresas falham ao tentar adequar-se aos sistemas de TI, pois esses são projetados e implementados por profissionais que nem sempre conhecem os processos da empresa. Além disso, para que a implementação de TI na construção civil tenha sucesso é preciso que as pessoas entendam os benefícios da tecnologia e estejam motivadas para sua adoção (NASCIMENTO; SANTOS, 2008).

3.5 USO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS NO CANTEIRO DE OBRAS

Os dispositivos móveis, como *smartphones* e *tablets*, têm grande potencial para melhorar várias atividades relacionadas à gestão da construção (KIM et al., 2013). Segundo Kim *et al.* (2013), esse potencial está atribuído à mobilidade desses dispositivos que permite aos usuários acessarem e compartilharem informações importantes da construção, de qualquer lugar, de uma forma eficiente.

Para Barbosa *et al.* (2013), obras de larga extensão e com grande número de atividades podem ser beneficiadas pelo uso de dispositivos móveis de forma a acelerar a coleta e a análise de dados relacionados à conclusão de pacotes e sua qualidade. As informações coletadas no canteiro de obras através desses dispositivos podem ser transmitidas para um sistema de banco de dados via *wi-fi*, garantindo maior agilidade e segurança na troca de informações (BARBOSA *et al.*, 2013).

Com o apoio de dispositivos móveis nos canteiros de obra e com uma rede sem fio, as informações da construção podem ser recuperadas, processadas, coletadas e transferidas digitalmente pelos membros da equipe nos locais de trabalho, possibilitando o gerenciamento automático das informações (CHEN; KAMARA, 2011). Quando os dados são coletados diretamente na fonte utilizando um dispositivo móvel, o processo de digitação das informações para uso posterior é eliminado e atividades como a produção de relatórios é automatizada, reduzindo assim, a quantidade de atividades que não agregam valor (BOWDEN *et al.*, 2005).

O desenvolvimento de aplicativos móveis possibilita não apenas a interação remota entre gerentes e trabalhadores, mas também a troca pró-ativa de informações certas no tempo certo durante os procedimentos de trabalho (PARK *et al.*, 2013). O uso de dispositivos móveis estende os limites de uso dos sistemas de informação dos escritórios para os canteiros de obra, garantindo um fluxo de dados em tempo real (CHEN; KAMARA, 2011), fornecendo informações de controle de grande valor (NAVON; SACKS, 2007). Bowden *et al.* (2006) apresentam as áreas que têm potencial para melhorias com o uso da tecnologia de informação móvel:

- a) Redução do tempo e do custo da construção: com a tecnologia de informação as atividades de reescrever e redigitar são eliminadas e pode-se reduzir o tempo de recuperação das informações;
- b) Redução dos custos de operação e manutenção: a tecnologia de informação fornece a oportunidade de criar e armazenar informações de como o projeto foi construído e assim fornecer e armazenar informações para as atividades de manutenção contínua;
- c) Redução de defeitos: a tecnologia de informação pode ser aplicada no processo de identificação de defeitos, utilizando dispositivos móveis para coletar dados na fonte em um formato uniforme e armazenando-os em uma base de dados central;
- d) Redução de acidentes: a tecnologia de informação poderia fornecer um mecanismo que permita aos trabalhadores relatar os “quase acidentes” mais facilmente, assim esses poderiam ser automaticamente analisados, ressaltando as áreas que necessitam de melhorias;
- e) Aumento da produtividade: a tecnologia de informação pode melhorar o LPS, diminuindo a quantidade de papéis necessários para manter o sistema;
- f) Aumento da previsibilidade: a tecnologia de informação pode fornecer mais precisamente o progresso dos processos em tempo real e as informações de custo conforme o andamento dos projetos.

Nakagawa (2006) ainda destaca a possibilidade em eliminar as perdas na construção mais facilmente e melhorar os fluxos de trabalho, utilizando tecnologia de informação para acessar em tempo real as informações de desempenho do trabalho. O mesmo autor menciona que geralmente os dados coletados nos canteiros de obra são verbais e imprecisos, e que a obtenção de melhorias nos processos da construção depende do compartilhamento rápido e preciso de informações. A literatura (NAKAGAWA, 2006; KIM *et al.*, 2008) também aponta que os dados compartilhados através de dispositivo móvel auxiliam não apenas na identificação de problemas no canteiro de obras, mas também na obtenção de melhorias em empreendimentos futuros, a partir da utilização de dados históricos armazenados em um banco de dados central.

Bowden *et al.* (2006) salientam que, para qualquer aplicação de tecnologia dentro da indústria da construção, a tecnologia em si é apenas parte da solução, devendo ser considerados também os efeitos nas pessoas e processos envolvidos. O *design* da interface dos aplicativos para dispositivos móveis, por exemplo, deve considerar algumas questões como o ambiente do canteiro de obras, a mobilidade dos usuários e as tarefas que deverão ser desenvolvidas pelo dispositivo (CHEN; KAMARA, 2011).

Segundo Chen e Kamara (2011), a implementação de computação móvel nos canteiros de obra deve considerar seis elementos-chave - três dependentes e três independentes - e a interação entre eles. Os elementos dependentes são os componentes fundamentais do conceito de computação móvel, sendo eles: computador móvel, rede sem fio e aplicação móvel. Já os elementos independentes são aqueles que determinam o uso da computação móvel em um contexto particular, ou seja, o usuário, a informação e o local da construção (CHEN; KAMARA, 2011). Bowden e Thorpe (2002) ainda apontam os requisitos desejáveis para os dispositivos móveis serem utilizados nos canteiros de obra:

- a) Resistir a quedas em torno de um metro de altura;
- b) Ser adequado para utilização na chuva;
- c) Possuir tela visível tanto sob luz solar intensa quanto em ambientes escuros;
- d) Ter tamanho adequado para uso em uma das mãos;
- e) Ter bateria com duração de pelo menos oito horas.

Apesar de existir um preconceito de que o pessoal do canteiro de obras não está preparado para o uso de TI, o estudo de caso apresentado por Bowden e Thorpe (2002) indica que não há dificuldades intransponíveis para a aplicação de dispositivos móveis na construção civil. As razões pelas quais as empresas hesitam em implementar o uso de dispositivos móveis nos canteiros de obra são a falta de percepção do retorno sobre o investimento e a ausência de exemplos específicos de adoção bem sucedida no setor (BOWDEN *et al.*, 2005).

Segundo Bowden *et al.* (2005), para que a implementação de dispositivos móveis seja bem sucedida e o retorno de investimento seja mais rápido, é importante ter o envolvimento contínuo da alta gerência para defender o uso da tecnologia, ter a participação dos usuários a fim de compreender as suas necessidades, realizar uma análise do processo para entender as

necessidades de coleta de dados, escolher uma interface adequada e fornecer treinamento suficiente aos usuários. Son *et al.* (2012) corroboram essa afirmação, apontando como um dos fatores determinantes na implementação de dispositivos móveis a satisfação do usuário, sendo que essa está relacionada principalmente com a utilidade percebida pelo usuário. A utilidade percebida, por sua vez, é determinada por fatores como a relevância do uso do dispositivo para o trabalho e o envolvimento da alta gerência (SON *et al.*, 2012).

3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O LPS, apresentando nesse capítulo, é um sistema de controle que busca reduzir a variabilidade da produção, e as perdas causadas por essa (BALLARD, 2000; KOSKELA, 1999). Para isso, são realizados os planos de médio e curto prazo, sendo que no primeiro são identificadas e removidas as restrições para a execução das atividades, e no último, é formado o plano de trabalho semanal, no qual são planejados pacotes de trabalho aptos a serem realizados (BALLARD, 2000). Cada pacote de trabalho é uma atribuição dada a uma equipe, que se compromete na sua realização (BALLARD, 2000).

A utilização do LBP em conjunto com o LPS, é apontada como uma maneira de auxiliar no planejamento dos pacotes de trabalho e na análise dos problemas encontrados durante a execução dos mesmos, evitando sua recorrência (SEPPANEN; BALLARD; PESONEN, 2010).

No entanto, alguns pacotes de trabalho apresentam problemas de qualidade que são detectados muito tempo depois da sua conclusão, e acabam gerando perdas na construção civil (ALVES, 2000; MAROSSZEKY *et al.*, 2002; SUKSTER, 2005). Segundo os autores, isso ocorre devido à falta de integração entre os controles da produção e da qualidade. Assim, são propostas na literatura algumas diretrizes para integração de ambos os sistemas.

Ainda, o uso de dispositivos móveis no canteiro de obras, integrado a um sistema de informação, é apontado na literatura como uma solução para viabilizar a integração dos sistemas de gestão, auxiliando na coleta e no gerenciamento de dados (BARBOSA *et al.*, 2013; BOWDEN *et al.*, 2006; CHEN; KAMARA, 2011; KIM *et al.*, 2013; PARK *et al.*, 2013).

4 MÉTODO DE PESQUISA

Esse capítulo descreve o método de pesquisa utilizado para o desenvolvimento do trabalho. O capítulo inicia com a apresentação da estratégia de pesquisa adotada e, na sequência, é apresentado o delineamento da pesquisa, com a descrição de cada uma das etapas realizadas e das fontes de evidência utilizadas. Por fim, são apresentados os constructos utilizados para avaliar o artefato desenvolvido.

4.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa adotada para esse trabalho é a pesquisa construtiva, ou *design science research (DSR)*, que é uma forma de produção de conhecimento, que, segundo Lukka (2003), é usada para produzir construções inovadoras com o objetivo de solucionar problemas do mundo real e fazer uma contribuição para a teoria da disciplina na qual está sendo aplicada. Uma parte essencial da pesquisa construtiva é conectar o problema e sua solução com o conhecimento teórico acumulado (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993).

Segundo Van Aken (2004), a DSR é uma pesquisa do tipo prescritiva, cujo objetivo é desenvolver conhecimento para projetar artefatos que solucionem classes de problemas ou resultem em melhorias em uma determinada situação. De acordo com March e Smith (1995), o objetivo da DSR é tentar criar coisas que sirvam aos propósitos humanos, a partir da realização de duas atividades básicas: construir e avaliar. Enquanto a primeira atividade é o processo de construção de um artefato para desempenhar uma tarefa específica, a segunda avalia o desempenho desse artefato a partir do desenvolvimento de critérios (MARCH; SMITH, 1995). De acordo com os autores, os produtos da DSR podem ser de quatro tipos:

- a) Constructos: são conceitos que formam o vocabulário utilizado para descrever problemas dentro de um domínio e especificar suas soluções;
- b) Modelo: é um conjunto de proposições ou afirmações que expressam as relações entre os constructos, e representam situações como problemas ou soluções;
- c) Método: é um conjunto de passos utilizados para realizar uma tarefa, sendo baseados em um conjunto de constructos e em um modelo de solução. Os

métodos ainda podem estar vinculados a um modelo específico, no qual os passos tornam-se *inputs* do modelo;

- d) Implementação: é a realização de um artefato no seu ambiente, a fim de demonstrar a viabilidade e a eficácia dos modelos e métodos que o constituem.

Para Van Aken (2004), o resultado da DSR é um *design*, que pode ser definido como uma representação de sistema ou um processo a ser realizado. O autor aponta os três tipos de *design* que podem ser desenvolvidos:

- a) *design* do objeto: é o projeto da intervenção ou do artefato;
- b) *design* da realização: é o plano da implementação da intervenção ou da construção real do artefato;
- c) *design* do processo: é o método a ser utilizado para projetar a solução do problema.

Kasanen, Lukka e Siitonen (1993) e Lukka (2003) sugerem a divisão da pesquisa construtiva nas seguintes etapas:

- a) Encontrar um problema de relevância prática com potencial para pesquisa (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993; LUKKA, 2003);
- b) Examinar o potencial para cooperação de pesquisa a longo prazo com a organização alvo (LUKKA, 2003);
- c) Obter um entendimento geral e detalhado do tópico de pesquisa (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993), sob uma perspectiva prática e teórica (LUKKA, 2003);
- d) Propor uma ideia de inovação e desenvolver uma construção de solução do problema que tenha potencial para uma contribuição teórica (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993; LUKKA, 2003);
- e) Implementar a solução e testar seu funcionamento (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993; LUKKA, 2003);

f) Examinar o escopo de aplicabilidade da solução (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993; LUKKA, 2003);

g) Mostrar as conexões teóricas e a contribuição da pesquisa (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993; LUKKA, 2003);

Para Kasanen, Lukka e Siitonen (1993), os elementos fundamentais de uma pesquisa construtiva de sucesso é produzir uma solução inovadora para um problema do mundo real, demonstrar sua utilidade específica e suas conexões teóricas, além de examinar seu potencial para uma adequação mais geral. Assim, a pesquisa estará cumprindo com as características mais importantes da ciência que são a objetividade, a criticidade, a autonomia e a progressividade (KASANEN; LUKKA; SIITONEN, 1993). Segundo Van Aken (2004), apesar do problema ser único e específico, o conhecimento gerado pela DSR deve ser geral, ou seja, deve ser válido para uma categoria de problemas.

Essa pesquisa enquadra-se como uma pesquisa construtiva, pois tem por objetivo criar um artefato para solucionar um problema do mundo real, ou seja, propor um modelo de controle integrado da produção e da qualidade, além de implementar esse artefato na prática, para avaliar sua utilidade.

4.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O delineamento da pesquisa é apresentado na Figura 7. A pesquisa é dividida em três fases, baseadas nas etapas sugeridas por Kasanen, Lukka e Siitonen (1993) e Lukka (2003), além da revisão bibliográfica realizada ao longo de todo o trabalho. A primeira fase é de compreensão, estando relacionada com as primeiras etapas da pesquisa construtiva: encontrar um problema com relevância prática e obter um entendimento profundo sobre o tópico.

Essa fase teve início em novembro de 2012, com a realização de uma revisão bibliográfica inicial, a fim de buscar um maior entendimento sobre as perdas na construção civil e os sistemas de controle da produção e de gestão da qualidade e assim, encontrar um problema de relevância prática junto à indústria. A etapa 1 do estudo empírico, realizada no período de abril a agosto de 2013, também auxiliou no entendimento do problema real.

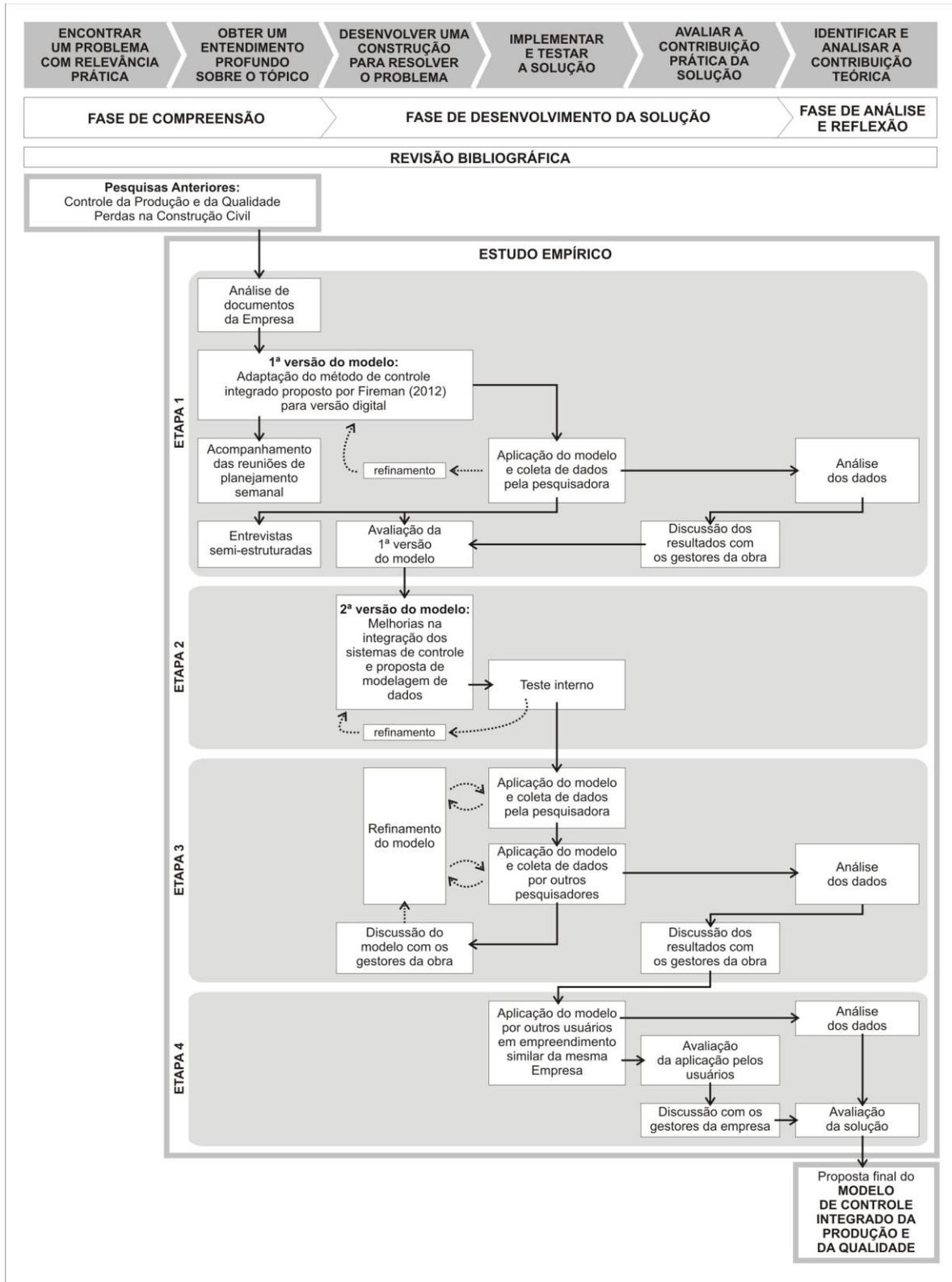


Figura 7: Delineamento da pesquisa

Na fase de desenvolvimento da solução estão contempladas as seguintes etapas da pesquisa construtiva: desenvolver uma construção para resolver o problema, implementar e testar a solução, e examinar o escopo de aplicabilidade. O desenvolvimento do modelo teve início na primeira etapa do estudo empírico, tendo como ponto de partida o método de controle integrado proposto por Fireman (2012), sendo o referido modelo refinado ao longo das outras três etapas do estudo. Para esse refinamento, a solução foi implementada no canteiro de obras pela pesquisadora e por outros usuários, a fim de coletar dados e avaliar sua aplicabilidade. Nas etapas 1 e 3 do estudo empírico, o modelo foi aplicado no Empreendimento A1, na segunda etapa foram realizados apenas testes internos pela pesquisadora, e na última etapa, o modelo foi implementado no Empreendimento A2, sendo aplicado por outros pesquisadores do NORIE/UFRGS e por usuários da empresa.

A última etapa da pesquisa construtiva refere-se à fase de análise e reflexão, na qual foi identificada e analisada a contribuição teórica da pesquisa. Para isso, foi realizada a análise dos dados obtidos no estudo empírico, além da avaliação da utilidade e da aplicabilidade da solução. Por fim, foi proposta a versão final do modelo de controle integrado da produção e da qualidade.

4.3 ESTUDO EMPÍRICO

O estudo empírico foi realizado em uma empresa construtora, denominada nesse trabalho de Empresa A, sendo dividido em quatro etapas, nas quais a solução proposta foi sendo refinada e aplicada por diferentes pesquisadores e usuários. Esse item apresenta a descrição da empresa e dos empreendimentos, e descreve as principais atividades desenvolvidas em cada uma das etapas do estudo empírico, assim como as fontes de evidências utilizadas.

4.3.1 Descrição da Empresa A

A Empresa A é uma empresa construtora, situada na cidade de Porto Alegre/RS, formada através da fusão de um grupo de empresas que atuam no mercado da construção civil há aproximadamente 30 anos. A empresa possui uma diversificada gama de produtos, desde condomínios horizontais do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) a segmentos de alto padrão. Incluindo todos os segmentos a empresa entrega, por ano, em torno de seis a sete

mil unidades. A empresa possui obras em Porto Alegre, em cidades da Região Metropolitana e também no interior do Rio Grande do Sul.

A escolha dessa empresa para o estudo empírico se justifica pelo fato da mesma ter uma parceria com o NORIE/UFRGS, sendo resultado dessa parceria alguns trabalhos acadêmicos relacionados ao planejamento da produção, com foco na implementação de conceitos da produção enxuta e na utilização de modelos 4D gerados a partir da tecnologia BIM (*Building Information Modeling*).

4.3.2 Descrição dos Empreendimentos

Foram selecionados para o estudo dois empreendimentos da empresa, financiados pelo PMCMV, localizados na cidade de Alvorada/RS. Os empreendimentos são condomínios horizontais com casas térreas executadas em concreto armado moldado in loco (Figura 8). A Figura 9 apresenta os principais materiais e técnicas construtivas utilizadas na execução das casas.



Figura 8: Casas executadas em concreto armado

Elemento construtivo	Materiais/Técnicas construtivas
Fundações	Radier
Paredes	Concreto armado
Cobertura	Estrutura metálica e telha cerâmica
Forro	Forro de gesso acartonado
Esquadrias	Janelas de alumínio e portas de madeira

Figura 9: Materiais e técnicas construtivas utilizadas nos empreendimentos

Empreendimento A1

O Empreendimento A1 possui um total de 298 casas em um terreno de aproximadamente 62.000m² (Figura 10). As casas têm área aproximada de 43m² com dois dormitórios, banheiro, sala e cozinha (Figura 11). Além das unidades habitacionais, o empreendimento possui portaria central, salão de festas, minicampo de futebol gramado, playground, quiosques com churrasqueiras e vagas de estacionamento. A construção do condomínio foi dividida em duas fases, com início em novembro de 2012 e conclusão prevista para fevereiro de 2014. Esse empreendimento foi escolhido devido ao fato de já ter sido realizado um estudo anterior também em parceria com o NORIE/UFRGS relacionado ao planejamento do sistema de produção.



Figura 10: Implantação do empreendimento A1



Figura 11: Planta baixa das casas do empreendimento A1 (Fonte: Empresa A)

Empreendimento A2

O Empreendimento A2 possui um total de 796 casas em um terreno de aproximadamente 156.000m² (Figura 12). São 398 casas de três dormitórios (Figura 13) e 398 casas com duas suítes (Figura 14), sendo que ambos os modelos possuem área aproximada de 51m². O condomínio ainda possui portaria central, piscinas adulto e infantil, salão de festas, minicampo de futebol gramado, playground, quiosques com churrasqueiras e vagas de estacionamento. A construção do condomínio foi dividida em três fases, com início em fevereiro de 2013 e conclusão prevista para março de 2015. Devido à dimensão do empreendimento, o estudo foi desenvolvido na quadra I da fase 2 e nas quadras G e H da fase 3. Nesse empreendimento também foi realizado um estudo anterior em parceria com o NORIE/UFRGS relacionado ao planejamento do sistema de produção.

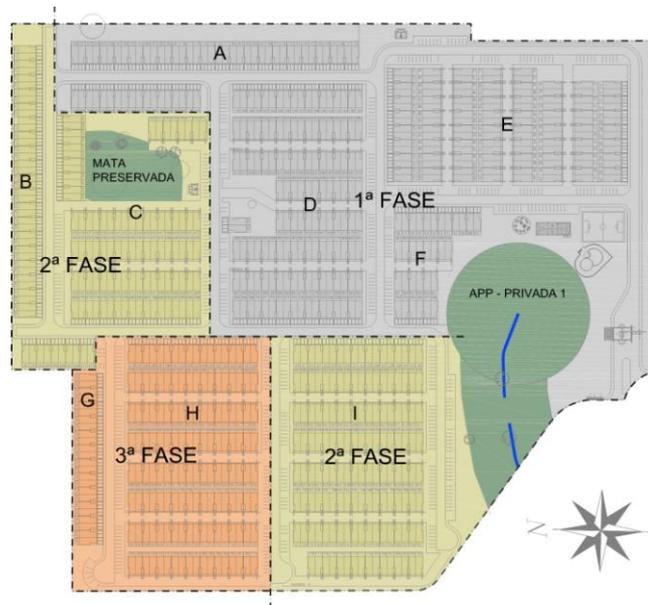


Figura 12: Implantação do empreendimento A2



Figura 13: Planta baixa das casas três dormitórios do empreendimento A2 (Fonte: Empresa A)

- d) Registros fotográficos: ajudam a transmitir as características importantes do caso (YIN, 2001).
- e) Entrevistas: é uma das fontes de informações mais importantes; no entanto, os dados obtidos dessa fonte de evidência devem ser corroborados por informações obtidas de outras fontes, uma vez que as entrevistas estão sujeitas a problemas como memória fraca, articulação imprecisa e influências interpessoais (YIN, 2001). Para essa pesquisa, foram realizadas entrevistas abertas e semi-estruturadas. As entrevistas abertas permitem obter a opinião dos respondentes sobre determinados eventos, onde os mesmos apresentam suas próprias interpretações sobre certos acontecimentos (YIN, 2001). Já as entrevistas semi-estruturadas seguem um conjunto de perguntas originadas do protocolo do estudo (YIN, 2001).

4.3.4 Descrição das Principais Atividades

O estudo empírico foi dividido em quatro etapas, nas quais foram realizadas diversas atividades com o objetivo de compreender o problema real, desenvolver e testar o modelo de controle integrado, e identificar a contribuição prática e teórica da solução proposta. A seguir, são apresentadas as principais atividades realizadas durante cada uma das etapas do estudo empírico.

Etapa 1

A primeira etapa do estudo teve duração de cinco meses, iniciando em abril de 2013 com a análise do procedimento gerencial da empresa, relacionado ao planejamento e controle da produção, e dos documentos relacionados ao sistema de gestão da qualidade. O passo seguinte foi realizar uma reunião preliminar com os gestores da empresa, para apresentar os objetivos do estudo e definir a obra na qual o mesmo seria realizado. Inicialmente, foi definido que o estudo seria realizado no Empreendimento A2, porém, devido à obra estar em um estágio muito inicial, sendo executados apenas serviços de infra-estrutura, o estudo passou a ser realizado no Empreendimento A1, que estava mais avançado, com execução de radiers, paredes e cobertura. Dessa forma, foram acompanhadas quatro reuniões de planejamento semanal no Empreendimento A2 e três reuniões do Empreendimento A1, em paralelo à coleta

de dados no canteiro de obras desse mesmo empreendimento. A Figura 15 apresenta o resumo com as datas das reuniões de planejamento semanal observadas em cada empreendimento e das coletas de dados realizadas no Empreendimento A1.

Data	Duração	Empreendimento	Objetivo
24/05/2013	0,5 h	A2	Observação participante da reunião de planejamento semanal.
07/06/2013	0,5 h	A2	Observação participante da reunião de planejamento semanal.
10/06/2013	1 h	A1	Identificação de perdas por <i>making-do</i> .
12/06/2013	1 h	A1	Identificação de perdas por <i>making-do</i> e de pacotes informais.
14/06/2013	0,5 h	A2	Observação participante da reunião de planejamento semanal.
17/06/2013	1,5 h	A1	Identificação de perdas por <i>making-do</i> e de pacotes informais.
24/06/2013	1,5 h	A1	Identificação de perdas por <i>making-do</i> e pacotes informais. Observação participante da atividade de verificação da qualidade.
27/06/2013	1,5 h	A1	Identificação de pacotes informais e de pacotes concluídos na semana.
28/06/2013	2,5 h	A1	Observação participante da reunião de planejamento semanal.
02/07/2013	1 h	A1	Observação participante da atividade de verificação da qualidade.
04/07/2013	1 h	A1	Identificação de pacotes informais e de pacotes concluídos na semana.
05/07/2013	2,5 h	A1	Observação participante da reunião de planejamento semanal.
09/07/2013	1 h	A1	Identificação de pacotes informais. Observação participante da atividade de verificação da qualidade.
16/07/2013	1 h	A1	Identificação de perdas por <i>making-do</i> e de pacotes informais.
19/07/2013	1 h	A2	Observação participante da reunião de planejamento semanal.
26/07/2013	1 h	A1	Identificação de perdas por <i>making-do</i> e de pacotes informais.
30/07/2013	1 h	A1	Identificação de perdas por <i>making-do</i> e de pacotes informais.
01/08/2013	1 h	A1	Identificação de perdas por <i>making-do</i> e de pacotes informais.
02/08/2013	1 h	A1	Observação participante da atividade de verificação da qualidade.
09/08/2013	1,5 h	A1	Observação participante da reunião de planejamento semanal.

Figura 15: Observações realizadas na primeira etapa do estudo empírico

Durante as reuniões de curto prazo, foram observadas a maneira como as mesmas eram conduzidas pelo engenheiro da obra e a forma de participação dos empreiteiros e outros

envolvidos. Como foram acompanhadas as reuniões nos dois empreendimentos, foi possível observar as semelhanças e diferenças na condução das reuniões.

Para dar início à proposta do modelo de controle integrado da produção e da qualidade, foi desenvolvida uma ferramenta para coleta de dados baseada no método de controle integrado proposto por Fireman (2012). Foram utilizadas planilhas digitais, acessadas através de *tablets*, possibilitando a coleta de dados relacionados à ocorrência de perdas por *making-do*, execução de pacotes informais e conclusão de pacotes planejados. O *tablet* utilizado nessa primeira etapa tinha sistema Android 4.0, processador 1.0GHz Dual Core, tela de 10,1” e câmera de 3MP. Para coletar dados no canteiro de obras, foi utilizado um aplicativo já instalado no *tablet*, com capacidade de visualização e edição de planilhas *Excel*.

Para a verificação da conclusão dos pacotes e a identificação de pacotes informais, o estagiário da obra enviava para a pesquisadora, por *e-mail*, a planilha com os pacotes de trabalho planejados para a semana, e esses pacotes eram inseridos na planilha de controle integrado utilizada no *tablet*. Durante as visitas ao canteiro de obras, eram verificados os pacotes que estavam sendo executados, e se esses não constassem na planilha de pacotes de trabalho planejados, eram registrados na planilha como pacotes informais. Quanto aos pacotes planejados, era verificada a conclusão ou não dos mesmos no prazo estipulado e essa informação era registrada na coluna PPC (Porcentagem de Pacotes Concluídos). Ainda foram observadas as atividades de verificação da qualidade dos serviços, realizadas pelos estagiários da obra. Para coletar dados referentes às perdas por *making-do*, foi utilizado o método de identificação de perdas por improvisação proposto por Sommer (2010) e refinado por Fireman (2012).

Durante as visitas ao canteiro de obras, sempre havia o acompanhamento de um estagiário da obra, o qual era indagado pela pesquisadora sobre fatos que ocorriam no canteiro e sobre as atividades de controle que eram da responsabilidade do mesmo. Outras vezes, quando surgiam dúvidas relacionadas a algum procedimento da obra, a pesquisadora fazia entrevistas não estruturadas ao engenheiro responsável pela obra.

Nessa etapa do estudo, a ferramenta de controle integrado foi aplicada no canteiro de obras pela própria pesquisadora, a fim de compreender melhor as perdas existentes no canteiro de obras e identificar as possibilidades de melhorias. No entanto, o *tablet* também foi disponibilizado para uso dos estagiários da obra, para que os mesmos pudessem testar sua

utilização no canteiro de obras e fazer uma avaliação preliminar dos benefícios e dos problemas oriundos da aplicação dessa tecnologia no ambiente em questão.

Com o objetivo de corroborar fatos relacionados ao controle da produção e da qualidade observados durante as visitas ao canteiro de obras, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com o engenheiro e três estagiários de engenharia do empreendimento A1. Para essas entrevistas, foi utilizado o roteiro apresentado no Apêndice A. As entrevistas duravam em torno de 15 minutos e foram gravadas com o propósito de não haver perda de dados importantes ditos pelos respondentes. Assim, foi possível ouvir novamente as entrevistas e fazer uma transcrição sistemática do conteúdo.

No final dessa etapa, os dados coletados no canteiro de obras foram analisados pela pesquisadora e apresentados para os gestores da obra, para que os mesmos tomassem conhecimento das perdas existentes no canteiro de obras e das possibilidades de melhorias. Participaram da reunião, além da pesquisadora, dois diretores da empresa, dois engenheiros, a equipe de planejamento e a equipe da qualidade. Além dos resultados da coleta de dados, foi apresentada na reunião uma proposta inicial do modelo de controle integrado da produção e da qualidade, que estava em desenvolvimento.

Etapa 2

A segunda etapa do estudo empírico foi focada no desenvolvimento da segunda versão do modelo de controle integrado da produção e da qualidade, sendo propostas melhorias para a versão inicial elaborada na primeira etapa. Para isso, foram consideradas as dificuldades encontradas na aplicação da primeira versão do modelo e as possibilidades de melhorias identificadas. Essa etapa iniciou assim que foram identificadas as primeiras dificuldades na aplicação da primeira versão do modelo, sendo desenvolvida no período de julho a novembro de 2013.

O principal desafio era integrar efetivamente o controle da produção e da qualidade, com o auxílio de um sistema de informação, possibilitando assim o fácil acesso aos critérios de qualidade que devem ser verificados na conclusão dos pacotes de trabalho, e o armazenamento dos dados coletados no canteiro de obras. Assim, o primeiro passo foi analisar as planilhas de verificação da qualidade (PVQ) utilizadas pela empresa, e cruzar os critérios de qualidade existentes nessas planilhas com os pacotes de trabalho registrados nos

arquivos de planejamento de curto prazo do empreendimento A1 e de outros empreendimentos semelhantes já executados pela empresa. O objetivo era verificar a relação entre os pacotes de trabalho e os critérios de qualidade das PVQ's e assim, promover uma maior integração do controle da produção e da qualidade.

A partir disso, deu-se início a proposta de modelagem de dados para descrever os dados a serem armazenados no sistema de informação e suas relações. Para isso, foi utilizada a técnica ERD (*Entity Relationship Diagram*), ou Diagrama Entidade-Relacionamento. Para o desenvolvimento dessa modelagem foram realizados os seguintes passos, conforme apresentado por Davis e Yen (1999):

- a) Identificação das entidades e suas relações;
- b) Desenho do diagrama ERD;
- c) Preenchimento da cardinalidade;
- d) Identificação dos atributos.

Para a identificação das entidades, foram consideradas todas as tabelas necessárias para o controle integrado referente a pacotes de trabalho, perdas por *making-do* e verificação da qualidade, bem como a relação entre essas entidades. A partir disso, foi criada a primeira versão do diagrama ERD, analisando a cardinalidade das relações entre as entidades. A cardinalidade pode ser um-para-um, um-para-muitos ou muitos-para-muitos. Depois, foram identificados os atributos de cada entidade, ou seja, os dados a serem armazenados em cada tabela. Após definida a primeira versão do diagrama ERD, o mesmo foi testado inúmeras vezes pela pesquisadora, sendo refinado a cada teste realizado. Para a elaboração do diagrama ERD foi utilizado o *software MySQL WorkBench*.

Para testar a segunda versão do modelo de controle integrado, utilizando a modelagem de dados desenvolvida, foi criado um banco de dados no *software MS Excel*. Também foram identificadas quais entidades do banco de dados precisavam constar na interface de coleta de dados, e assim foi criado um módulo de campo. No início, pretendia-se desenvolver um aplicativo para a interface do módulo de campo, para facilitar a coleta de dados no *tablet* e a sincronização com o banco de dados. Esse aplicativo seria desenvolvido por outros pesquisadores do projeto TIC-HIS, no qual está incluída essa pesquisa. No entanto, devido ao

atraso de algumas atividades do projeto, o módulo de campo foi criado no *software MS Excel*. Dessa forma, para utilizar o módulo de campo no *tablet*, era necessário um aplicativo de visualização e edição de planilhas que possibilitasse o uso da função PROCV (procura vertical) e do recurso validação de dados, disponíveis no *MS Excel*. Assim, foi importante fazer uma busca dos aplicativos disponíveis no mercado, sendo avaliados seis aplicativos, dos quais foi selecionado o *Kingsoft Office*, pois além de possibilitar o uso das funções e recursos necessários, o aplicativo era gratuito. Dessa vez, foi utilizado um *tablet* menor para a coleta de dados, com tela de 7" e sistema operacional Android.

Etapa 3

Essa etapa do estudo empírico consistiu na aplicação da versão do modelo de controle integrado desenvolvida na etapa anterior. A aplicação foi realizada na fase 2 do Empreendimento A1, quando estavam sendo executados serviços de enfição elétrica, forro de gesso, revestimento cerâmico e pintura. O início dessa etapa foi marcado por uma reunião, na qual a nova versão do modelo de controle integrado foi apresentada para a engenheira da obra e dois estagiários. A aplicação foi realizada nos meses de novembro e dezembro de 2013, com um total de 22 dias de coletas de dados, conforme apresentado na Figura 16.

Segundo Van Aken (2004), os artefatos projetados na DSR devem passar por duas fases de testes. Na primeira fase, o teste é realizado pelo seu próprio autor para que o artefato possa ser aperfeiçoado e, na sequência, o artefato deve ser testado por terceiros, a fim de avaliar sua eficácia e fazer melhorias finais. Assim, nessa etapa do estudo, o modelo foi aplicado inicialmente pela própria pesquisadora e depois, por outras pesquisadoras¹⁵ do NORIE/UFRGS, sempre com o acompanhamento de um estagiário da obra.

Durante a aplicação do modelo de controle integrado foram coletados dados relacionados à ocorrência de perdas por *making-do*, execução de pacotes informais, conclusão de pacotes planejados e verificação da qualidade dos serviços. Durante a aplicação, o modelo continuou a passar por refinamentos, sempre que alguma possibilidade de melhoria era identificada.

Depois de algumas melhorias, foi realizada uma reunião com os gestores da obra para apresentar o modelo proposto. Participaram da reunião, além da pesquisadora, as outras duas

¹⁵ O modelo foi aplicado pela mestranda Gabriela Rocha e pela bolsista de iniciação científica Luiza Gertz.

pesquisadoras envolvidas na aplicação do modelo, os gerentes de planejamento e de qualidade da empresa, e a engenheira da obra. O objetivo da reunião era que os gestores, além de conhecerem o modelo de controle integrado, pudessem sugerir melhorias, a fim de facilitar uma futura aplicação pelos estagiários da obra. Após a reunião, a gerente de qualidade e a engenheira da obra acompanharam uma aplicação do modelo no canteiro de obras, para avaliar a aplicabilidade do artefato.

Data	Duração	Objetivo
18/11/2013	40 min	Aplicação do modelo de controle integrado pela pesquisadora.
20/11/2013	60 min	Aplicação do modelo de controle integrado pela pesquisadora.
21/11/2013	60 min	Aplicação do modelo de controle integrado pela pesquisadora.
22/11/2013	60 min	Aplicação do modelo de controle integrado pela pesquisadora.
25/11/2013	90 min	Aplicação do modelo de controle integrado pela pesquisadora.
26/11/2013	45 min	Aplicação do modelo de controle integrado pela pesquisadora.
27/11/2013	40 min	Aplicação do modelo de controle integrado pela pesquisadora.
28/11/2013	120 min	Aplicação do modelo de controle integrado pela pesquisadora.
29/11/2013	105 min	Aplicação do modelo de controle integrado por outro pesquisador.
02/12/2013	40 min	Aplicação do modelo de controle integrado pela pesquisadora.
03/12/2013	100 min	Aplicação do modelo de controle integrado por outro pesquisador.
04/12/2013	85 min	Aplicação do modelo de controle integrado por outro pesquisador.
05/12/2013	110 min	Aplicação do modelo de controle integrado por outro pesquisador.
06/12/2013	80 min	Aplicação do modelo de controle integrado por outro pesquisador.
09/12/2013	90 min	Aplicação do modelo de controle integrado por outro pesquisador.
10/12/2013	50 min	Aplicação do modelo de controle integrado por outro pesquisador.
11/12/2013	60 min	Aplicação do modelo de controle integrado por outro pesquisador.
12/12/2013	30 min	Aplicação do modelo de controle integrado por outro pesquisador.
13/12/2013	25 min	Aplicação do modelo de controle integrado por outro pesquisador.
16/12/2013	60 min	Aplicação do modelo de controle integrado pelo estagiário da obra.
17/12/2013	25 min	Aplicação do modelo de controle integrado pelo estagiário da obra.
20/12/2013	45 min	Aplicação do modelo de controle integrado por outro pesquisador.

Figura 16: Aplicações do modelo de controle integrado na etapa 3

Como havia interesse da empresa em continuar utilizando o artefato após o término da pesquisa, no final dessa etapa, o modelo foi aplicado pelos dois estagiários da obra que acompanhavam a coleta de dados, a fim de dar início a um treinamento para aplicação pelos usuários da empresa. Por questões internas da empresa, os estagiários deixaram de trabalhar na obra, e a aplicação foi encerrada.

Por fim, os dados coletados a partir da aplicação do modelo de controle integrado foram analisados pela pesquisadora e apresentados para os gestores da obra, a fim de avaliar a

contribuição do artefato e definir os próximos passos do estudo empírico. Além dos gerentes que haviam participado da última reunião, houve também a presença de uma analista de planejamento da empresa. Devido ao interesse em continuar utilizando o artefato, foi definido que o próximo passo seria o treinamento de alguns usuários da empresa para aplicação do modelo e a implementação do mesmo no Empreendimento A2.

Etapa 4

Essa etapa foi realizada no período de fevereiro a abril de 2014, com o objetivo de avaliar a aplicabilidade do artefato por terceiros, com o mínimo de intervenção da pesquisadora. Assim, a aplicação do modelo foi realizada pelas duas pesquisadoras do NORIE/UFRGS que haviam participado da etapa anterior do estudo empírico. Além dessas pesquisadoras, duas pessoas do setor de qualidade da empresa testaram o modelo proposto. Também houve a possibilidade de avaliar a implementação do modelo em outro empreendimento, uma vez que a aplicação foi realizada no Empreendimento A2.

As pesquisadoras do NORIE/UFRGS testaram o modelo de controle integrado durante cinco semanas, totalizando 17 aplicações no canteiro de obras. As aplicações tiveram duração de 30 a 90 minutos, dependendo da quantidade de pacotes de trabalho em execução. Durante esse período de testes, as pesquisadoras recebiam o planejamento de curto prazo da engenharia e inseriam os pacotes de trabalho específicos no banco de dados. Depois utilizavam o módulo de campo para coletar informações conforme o processo de coleta de dados proposto e por fim, enviavam os dados coletados para o banco de dados. Quando surgiam dúvidas ou dificuldades, essas eram compartilhadas com a pesquisadora.

Para a aplicação do modelo pelos usuários da empresa, foi realizado um treinamento com a participação de duas pessoas do setor de qualidade. Nessa ocasião, foi realizada uma apresentação detalhada do modelo e foi entregue um manual com todos os passos para sua utilização. Após o treinamento, cada um dos usuários realizou uma aplicação do modelo no canteiro de obras, para avaliar as facilidades e dificuldades encontradas.

Após a aplicação do modelo, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com as pesquisadoras do NORIE/UFRGS e com os usuários da empresa, conforme roteiro apresentado no Apêndice B, a fim de que os mesmos relatassem as dificuldades em relação ao uso do modelo e também sugerissem melhorias. Essa avaliação foi apresentada aos gestores

da obra em uma reunião, para que esses pudessem fazer uma avaliação geral do modelo proposto. Os dados coletados no canteiro de obras a partir da aplicação do modelo também foram analisados pela pesquisadora, contribuindo na avaliação do artefato.

4.4 ANÁLISE DAS CONTRIBUIÇÕES DA SOLUÇÃO

Segundo March e Smith (1995), os produtos da DSR devem ser avaliados a partir de critérios de valor ou utilidade. Segundo os referidos autores, os modelos devem ser avaliados em relação à sua fidelidade com o fenômeno no mundo real, completude, nível de detalhe, robustez e consistência interna. Já a avaliação das implementações deve considerar a eficiência e a eficácia do artefato, seus impactos no ambiente e seus usuários (MARCH; SMITH, 1995). Para Kasanen, Lukka e Siitonen (1993), uma pesquisa construtiva bem sucedida deve satisfazer os requisitos básicos das ciências aplicadas, que são relevância, simplicidade e facilidade de uso e para isso, deve-se avaliar se a solução realmente funciona.

Baseando-se nos autores acima e em outras pesquisas construtivas já realizadas (SCHRAMM, 2009; BERR, 2010; BRIDI, 2012; FIREMAN, 2012), foram propostos os seguintes constructos para avaliação do modelo de controle integrado: **utilidade** e **aplicabilidade**. O constructo utilidade está relacionado com a contribuição do modelo proposto para a gestão da obra, sendo desdobrado em três subconstructos, conforme apresentado na Figura 17.

Constructo	Subconstructos	Fontes de evidências
UTILIDADE	Contribuição do modelo proposto para a percepção da necessidade em realizar o controle integrado da produção e da qualidade	Observação participante, Análise dos dados, Reunião
	Contribuição do modelo proposto para a percepção da necessidade em monitorar pacotes informais e perdas por making-do	
	Contribuição dos resultados para a definição de ações corretivas e preventivas	

Figura 17: Desdobramento do constructo utilidade

Esses subconstructos referem-se à percepção da necessidade em realizar o controle integrado da produção e da qualidade e em monitorar a execução de pacotes informais e as perdas por *making-do*, após os resultados obtidos com a aplicação do modelo. Ainda, foi avaliado como os dados coletados no canteiro de obras poderiam auxiliar na definição de ações corretivas e preventivas a fim de evitar a ocorrência de perdas por *making-do*, retrabalho e trabalho em progresso. Para avaliar a utilidade do modelo foi realizada uma reunião para apresentação dos resultados do estudo para os gestores da obra, sendo elaboradas algumas questões para discussão após a apresentação, conforme apresentado na Figura 18. A observação participante da pesquisadora durante a análise dos dados também contribuiu para a avaliação desses subconstructos.

Subconstructos	Questões
Contribuição do modelo para a percepção da necessidade em realizar o controle integrado da produção e da qualidade	Qual a importância dos resultados obtidos a partir da realização do controle integrado da produção e da qualidade?
Contribuição do modelo para a percepção da necessidade em monitorar pacotes informais e perdas por making-do	Qual a importância dos resultados obtidos a partir da identificação de pacotes informais e das perdas por <i>making-do</i> ?
Contribuição dos resultados para a definição de ações corretivas e preventivas	A ferramenta poderia auxiliar no planejamento semanal da obra? Como?
	Os resultados podem auxiliar na definição de ações corretivas e preventivas, a fim de evitar a ocorrência de perdas por <i>making-do</i> , retrabalho e trabalho em progresso? Como?

Figura 18: Roteiro de discussão para avaliação do constructo utilidade

Já o constructo aplicabilidade está relacionado com o uso do modelo proposto, sendo desdobrado em quatro subconstructos (Figura 19): facilidade de uso, eficiência, adequação ao processo existente e possibilidade de continuação. A facilidade de uso foi avaliada sob três aspectos: facilidade de aplicação no canteiro de obras, facilidade de uso do banco de dados e facilidade de aprendizado. Para avaliar esse subconstructo foi utilizado o roteiro de entrevista apresentado no Apêndice B, que foi aplicado àqueles que utilizaram o modelo de controle integrado. Foram entrevistados as duas pesquisadoras do NORIE/UFRGS, além dos usuários da empresa envolvidos na aplicação do modelo na última etapa do estudo empírico. Além da

entrevista com os usuários, foi considerada para a avaliação deste subconstructo, a observação participante da pesquisadora, pois a mesma acompanhou algumas aplicações do modelo realizadas pelos outros usuários.

Constructo	Subconstructos	Fontes de evidências
APLICABILIDADE	Facilidade de uso	Observação participante, entrevistas
	Eficiência	Observação participante, reunião
	Adequação ao processo existente	
	Possibilidade de continuação	

Figura 19: Desdobramento do constructo aplicabilidade

O subconstructo eficiência refere-se ao tempo despendido na aplicação do modelo de controle integrado. Para avaliar esse subconstructo, foi monitorado o tempo despendido na coleta e no processamento dos dados, tanto pela pesquisadora quanto pelos outros usuários. Ao final do estudo, foi apresentado aos gestores da obra o tempo utilizado para cada aplicação, assim como a quantidade de pacotes de trabalho que foram monitorados, para que os mesmos pudessem avaliar se o tempo despendido no uso do modelo atendia as expectativas da empresa.

A adequação ao processo existente foi avaliada sob duas perspectivas. Primeiro, foi avaliada a possibilidade de implementação do modelo em outras obras. No entanto, essa avaliação foi limitada, pois os dois empreendimentos (A1 e A2), nos quais o modelo foi implementado, eram muito semelhantes. Esse subconstructo também foi avaliado em relação à possibilidade de inserção do modelo aos procedimentos da empresa. Para isso, na apresentação dos resultados do estudo para os gestores da obra, os mesmos foram indagados sobre essa questão.

O último subconstructo relacionado à aplicabilidade refere-se à possibilidade de continuação do uso do modelo. Para avaliar esse subconstructo, foi observada a ocorrência de uso do modelo sem a interferência da pesquisadora e também, na reunião de apresentação dos resultados, os gestores foram questionados sobre seu interesse em utilizar o modelo proposto em outras obras da empresa.

5 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os principais resultados obtidos em cada uma das etapas do estudo empírico, além da avaliação final da solução. Por último, é apresentada a proposta final do modelo de controle integrado da produção e da qualidade.

5.1 ETAPA 1

5.1.1 Descrição do Sistema de PCP da Empresa

A empresa possui um procedimento gerencial que estabelece diretrizes para o planejamento e o controle da produção das atividades realizadas na obra. Conforme descrito no procedimento, o processo de PCP inicia com o cronograma mestre, desenvolvido pelo setor de planejamento da empresa, e depois deve seguir as etapas de planejamento de médio prazo, identificação e remoção de restrições, definição do plano semanal e ao término de cada semana, a verificação dos serviços executados e o cálculo do PPC.

A partir das observações realizadas no canteiro de obras durante o estudo, constatou-se a utilização e atualização do cronograma mestre e a realização semanal das reuniões de curto prazo. Porém, não existe uma rotina de reuniões de médio prazo, nas quais deveria ocorrer a identificação, análise e remoção de restrições. As reuniões de curto prazo costumam ocorrer nas sextas-feiras pela manhã, porém não são realizadas em forma conjunta com todos os empreiteiros da obra.

Ao longo da semana, os estagiários acompanham a execução das tarefas no canteiro de obras, sendo que a conclusão das mesmas é preenchida na planilha de controle no término da semana, durante a reunião de curto prazo. As tarefas não concluídas são programadas novamente para a semana seguinte, junto com novos pacotes de trabalho. Para a atribuição dos pacotes, é discutida com cada empreiteiro sua capacidade produtiva, e é utilizada a implantação do empreendimento para acompanhar o andamento dos serviços. Essa implantação é uma representação em planta baixa de todas as unidades habitacionais do empreendimento devidamente numeradas e localizadas em relação à quadra na qual se

encontram. Devido à dimensão do empreendimento, é essencial o uso dessa implantação para facilitar a localização das unidades.

Ao final da reunião de planejamento e controle de curto prazo, são anotados os motivos de não conclusão das atividades planejadas e é calculado o PPC semanal. O cronograma mestre, assim como o resumo das informações coletadas no canteiro, incluindo o PPC e principais motivos de não conclusão dos pacotes, são utilizados como dispositivos visuais no mural do escritório dos engenheiros de obra (Figura 20).



Figura 20: Dispositivos visuais no mural da engenharia

5.1.2 Descrição do Sistema de Gestão da Qualidade da Empresa

O sistema de gestão da qualidade da empresa é descrito no Manual da Qualidade, sendo baseado nas normas ISO 9001/2008 e no SiAC do PBQP-H nível A. O manual faz referências aos procedimentos, delinea a estrutura da documentação utilizada no sistema de gestão da qualidade, além de determinar os processos controlados desse sistema e suas interações. Esse manual busca abranger todos os processos que devem ser controlados, tanto aqueles realizados pela empresa, quanto aqueles realizados por terceiros.

Para a etapa da produção, são utilizados dois tipos de planilhas de verificação da qualidade: as PVQ's (Figura 21), utilizadas para verificar a qualidade na execução dos serviços, e a Planilha de Avaliação Mensal, que avalia a qualidade geral da obra. Nas PVQ's, itens específicos dos serviços que estão sendo realizados são avaliados, sendo considerados aprovados ou reprovados. Caso um item seja reprovado três ou mais vezes, deve-se avisar o setor da

qualidade e abrir uma ação corretiva. Assim que todos os itens são aprovados, é efetuado o fechamento da planilha, sendo elaborado um resumo que apresenta o número de lotes conferidos, o percentual de verificações, a nota do lote e o detalhamento dos itens que foram rejeitados.

EMPRESA A	Nome:	PAREDES DE CONCRETO – CASAS FORMA DE ALUMINIO		Referência / Arquivo: ENG-071-PVQ																																																																																										
				Data de emissão: 27/09/2011																																																																																										
Tipo de documento: PROCEDIMENTO DE EXECUÇÃO DE SERVIÇOS			Data da última revisão: 27/09/2011																																																																																											
Setores envolvidos: ENGENHARIA			Versão: 00	Página: 1/2																																																																																										
<table border="1"> <tr> <td>Obra:</td> <td>Mestre:</td> </tr> <tr> <td>Etapa: Paredes</td> <td>Técnico:</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Engenheiro:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Lote:</td> </tr> </table>					Obra:	Mestre:	Etapa: Paredes	Técnico:		Engenheiro:	Lote:																																																																																			
Obra:	Mestre:																																																																																													
Etapa: Paredes	Técnico:																																																																																													
	Engenheiro:																																																																																													
Lote:																																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Verificação 1</th> <th>Verificação 2</th> <th>Verificação 3</th> <th>Verificação 4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="5">1 Condições para o início dos serviços:</td> </tr> <tr> <td>1.1 Radier executado e devidamente limpo</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.2 Disponibilidade dos projetos envolvidos</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.3 Verificar posicionamento das instalações</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.4 ERLs</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">2 Marcação</td> </tr> <tr> <td>2.1 Esquadro das cantoneiras</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.2 Alinhamento das cantoneiras</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.3 Posicionamento e dimensão das peças</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">3 Armadura</td> </tr> <tr> <td>3.1 Transpasse mínimo entre telas</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.2 Colocação dos espaçadores na tela</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.3 Dimensão e bitola dos reforços aberturas e topo das paredes</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">4 Instalação Elétrica</td> </tr> <tr> <td>4.1 Posicionamento dos pontos</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4.2 Nivelamento das caixas embutidas</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4.3 Espaçadores das mangueiras e caixas</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Verificação 1	Verificação 2	Verificação 3	Verificação 4	1 Condições para o início dos serviços:					1.1 Radier executado e devidamente limpo					1.2 Disponibilidade dos projetos envolvidos					1.3 Verificar posicionamento das instalações					1.4 ERLs					2 Marcação					2.1 Esquadro das cantoneiras					2.2 Alinhamento das cantoneiras					2.3 Posicionamento e dimensão das peças					3 Armadura					3.1 Transpasse mínimo entre telas					3.2 Colocação dos espaçadores na tela					3.3 Dimensão e bitola dos reforços aberturas e topo das paredes					4 Instalação Elétrica					4.1 Posicionamento dos pontos					4.2 Nivelamento das caixas embutidas					4.3 Espaçadores das mangueiras e caixas				
	Verificação 1	Verificação 2	Verificação 3	Verificação 4																																																																																										
1 Condições para o início dos serviços:																																																																																														
1.1 Radier executado e devidamente limpo																																																																																														
1.2 Disponibilidade dos projetos envolvidos																																																																																														
1.3 Verificar posicionamento das instalações																																																																																														
1.4 ERLs																																																																																														
2 Marcação																																																																																														
2.1 Esquadro das cantoneiras																																																																																														
2.2 Alinhamento das cantoneiras																																																																																														
2.3 Posicionamento e dimensão das peças																																																																																														
3 Armadura																																																																																														
3.1 Transpasse mínimo entre telas																																																																																														
3.2 Colocação dos espaçadores na tela																																																																																														
3.3 Dimensão e bitola dos reforços aberturas e topo das paredes																																																																																														
4 Instalação Elétrica																																																																																														
4.1 Posicionamento dos pontos																																																																																														
4.2 Nivelamento das caixas embutidas																																																																																														
4.3 Espaçadores das mangueiras e caixas																																																																																														

Figura 21: Exemplo de PVQ utilizada pela empresa (Fonte: Empresa A)

Mensalmente, é realizado o levantamento de todas as planilhas fechadas no mês e é encaminhado para o setor da qualidade o resumo das planilhas de verificação. Os resumos das planilhas são inseridos em um banco de dados, e a partir desse é gerado um detalhamento de não conformidades e os seguintes gráficos de índices de conformidade: cinco serviços com maior índice de conformidade, cinco serviços com menor índice de conformidade, índice de conformidade por serviço no mês e evolução do índice de conformidade. Esses gráficos são utilizados como dispositivos visuais que devem ser expostos no mural da obra.

Para a avaliação geral da obra, o setor de qualidade da empresa realiza auditorias mensais, considerando itens relacionados à documentação, planejamento, qualidade, meio ambiente, segurança, execução e percepção geral. Para cada um desses itens, há uma lista de critérios pré-definidos que são avaliados pelos profissionais do setor da qualidade como conformes,

não conformes ou não se aplica, gerando uma nota para a obra. Com essas notas, são gerados gráficos de evolução mensal da obra, que são utilizados como dispositivos visuais expostos no mural da obra. Caso a nota da obra seja muito baixa ou o avaliador identifique algum item crítico, o responsável deve ser contatado para que sejam tomadas as devidas providências. Ainda, se o avaliador considerar necessário, podem ser abertas ações corretivas das não conformidades encontradas.

5.1.3 Primeira versão do modelo de controle integrado

A partir do método de controle integrado proposto por Fireman (2012), foi desenvolvida a primeira versão do modelo, para a qual foram criadas planilhas digitais para a coleta de dados. Para essa primeira versão, foram propostas duas planilhas digitais, uma para o controle integrado da produção e da qualidade (Figura 22) e outra para o registro de perdas por *making-do* (Figura 23).

Na planilha de controle integrado da produção e da qualidade são inseridos todos os pacotes planejados para a semana para que a conclusão dos mesmos possa ser monitorada. Também são inseridos os pacotes suplentes, que são pacotes de trabalho alternativos, os quais, apesar de não serem prioritários, tiveram suas restrições removidas e estão aptos a serem realizados, no caso de haver algum imprevisto na execução dos pacotes planejados para a semana. Ainda, se no decorrer da semana, são identificados pacotes informais sendo executados no canteiro de obras, esses também são inseridos nessa planilha. A função dessa planilha de controle integrado é registrar os pacotes de trabalho informais, a conclusão dos pacotes de trabalho e a aprovação pelo controle da qualidade.

Já na planilha de *making-do* são registradas as improvisações identificadas durante a execução dos pacotes de trabalho. A identificação segue o método proposto por Sommer (2010) e Fireman (2012), registrando a descrição da improvisação e uma foto do evento, e classificando-a quanto à categoria e à natureza. Ainda é registrado em qual processo ocorreu a improvisação, e em qual tipo de pacote de trabalho, se formal ou informal. Após o registro do *making-do*, é avaliado se a improvisação fornece alguma inovação ao sistema de produção e caso negativo, se avalia os possíveis impactos dessas perdas.

As informações coletadas no canteiro de obras devem ser utilizadas na reunião de planejamento semanal, para que todos os participantes possam tomar conhecimento dos problemas identificados e para auxiliar na tomada de decisão dos gestores.

CONTROLE INTEGRADO PRODUÇÃO E QUALIDADE															
ID	Pacote de Trabalho			Resp.								Conclusão		Qualidade	
	Tarefa	Local			seg	ter	qua	qui	sex	sáb	dom	PPC	motivo	PPCQ	motivo
97	Teste hidra 89/87 - QE superior	QE superior	Alfa			x						S			
98	Teste hidra 85/83 - QE superior	QE superior	Alfa		x							S			

Figura 22: Planilha para controle integrado da produção e da qualidade

ID	Making-do	Foto	Categoria	Natureza	Processo	F	UW	N	Recorrência	Inovação	Impacto das Perdas
1	vedação do quadro disjuntor	Fotos mak	C2	N2	instal. eletricas	x			nao	sim	
2	sarjeta quebrada por caminhão	Fotos mak	C1	N5	concretagem sarjeta	x			sim	nao	P3
3	instalacao agua	Fotos mak	C6	N8		x			sim	sim	
4	armazenamento de materiais fora do almox	Fotos mak	C4	N5					sim	sim	
5	operário apoiado nas paredes	Fotos mak	C1	N4	formas paredes	x			sim	nao	P5
6	postes de energia eletrica para bebedouro	Fotos mak	C6	N8					nao	nao	P3
7	operário sobre tonel	Fotos mak	C1	N4	formas paredes	x			sim	nao	P5
8	escora da forma sem mão francesa	Fotos mak	C2	N2	montagem forma parede	x			sim	nao	P3
9	operário sentado sobre a parede	Fotos mak	C1	N4	desforma parede	x			sim	nao	P5
10	operário sobre caixa de madeira	Fotos mak	C1	N4	instalacoes parede	x			sim	nao	P5
11	uso de mangueira amarela no radier	Fotos mak	C2	N2	instalacoes radier	x			sim	nao	P3
12	uso de cantoneira na estrutura do telhado	Fotos mak	C2	N1	cobertura	x			sim	sim	
13	tela dobrada para acesso	Fotos mak	C1	N5	Montagem forma parede	x			sim	nao	P3
14	armazenamento placas de gesso	Fotos mak	C4	N5	forro de gesso			x	nao	nao	P4
15	armazenamento bloco de concreto	Fotos mak	C4	N5	muro de arrimo	x			nao	nao	P4
16	escada inapropriada	Fotos mak	C5	N4	tela paredes	x			nao	nao	P5
17	pedra para nivelar estrutura do telhado	Fotos mak	C2	N2	cobertura	x			nao	nao	P2
18	sequenciamento inadequado das telas	Fotos mak	C8	N1	tela parede			x	sim	nao	P7
19	reutilizacao de madeira para forma vigas sal	Fotos mak	C2	N2	fundacao salao de festas	x			nao	nao	P1

Figura 23: Planilha para registro de perdas por *making-do*

5.1.4 Implementação do modelo de controle integrado no empreendimento A1

A partir da aplicação da primeira versão do modelo de controle integrado no empreendimento A1, foi possível acompanhar o PPC semanal, identificar a quantidade de pacotes informais executados no canteiro de obras e observar as perdas por *making-do* que ocorrem durante a execução dos pacotes de trabalho.

Os valores do PPC ao longo das oito semanas de observação são apresentados na Figura 24, sendo que a média do PPC nesse período foi de 51%. A Figura 25 apresenta os motivos que levaram a não conclusão dos pacotes de trabalho programados para esse período, sendo que esses motivos foram apontados pelo engenheiro da obra, baseando-se na discussão com os empreiteiros e estagiários da obra durante a reunião de curto prazo. No entanto, foi observado que não havia uma busca pela causa raiz da não conclusão, uma vez que a grande parte dos motivos apontados está relacionada com a mão de obra. Pelas observações realizadas durante a implementação do modelo, foi percebido que a causa raiz pode estar nas deficiências do planejamento da obra, uma vez que eram incluídos no planejamento de curto prazo pacotes que não tinham suas restrições devidamente removidas.

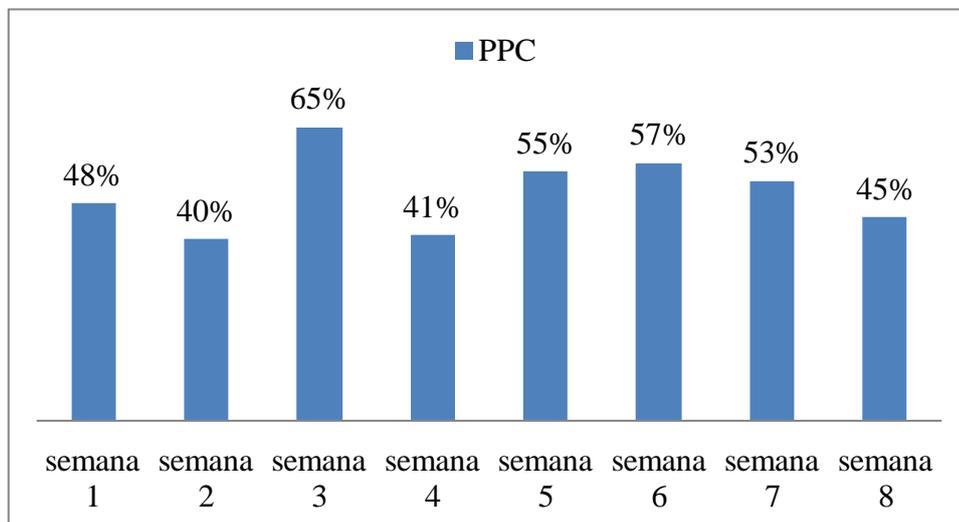


Figura 24: PPC semanal

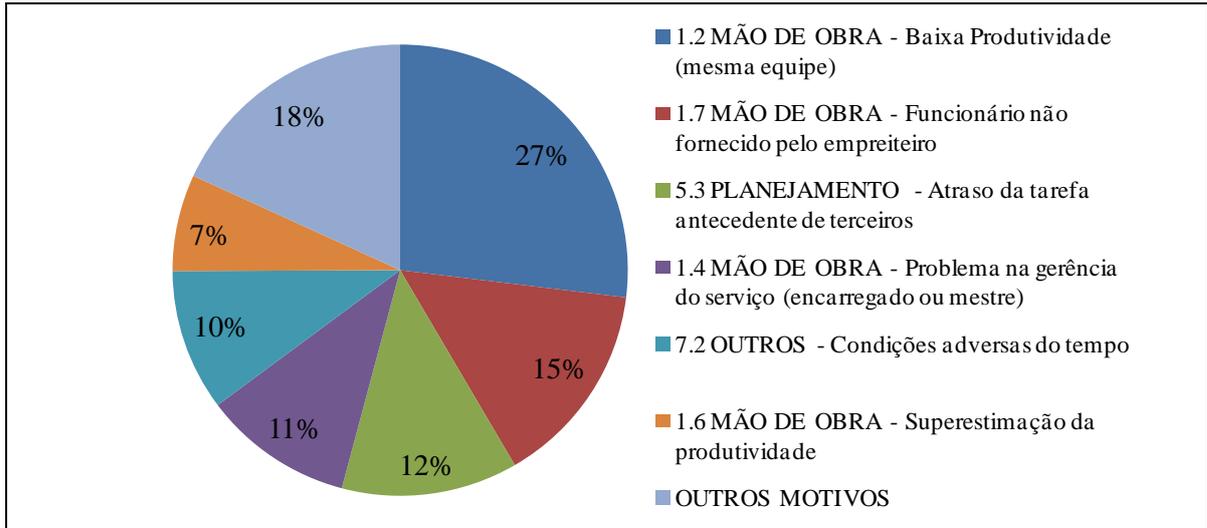


Figura 25: Motivos de não conclusão dos pacotes de trabalho

Em relação à quantidade de pacotes informais, foi observado que, em média, 34% dos pacotes executados na obra são dessa natureza. A Figura 26 apresenta a porcentagem de pacotes informais (PPI) identificados em dez ocasiões distintas. Dos pacotes informais observados, 69% são da categoria novos e 31% da categoria falta de terminalidade (Figura 27), estando os pacotes de retrabalho incluídos nessa última categoria.

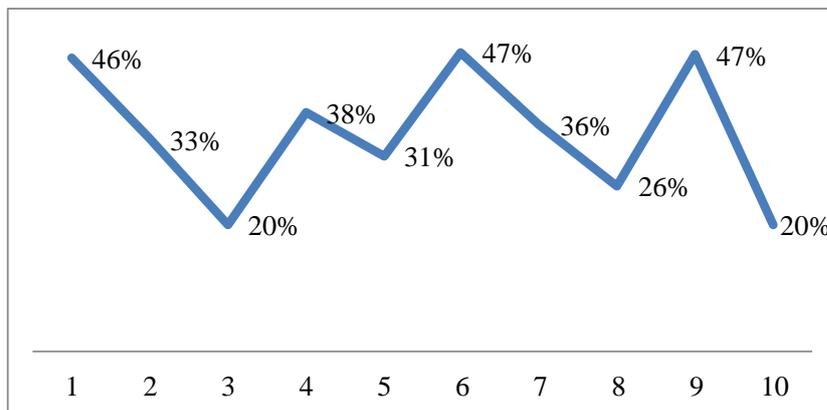


Figura 26: Porcentagem de pacotes informais observados em dez ocasiões

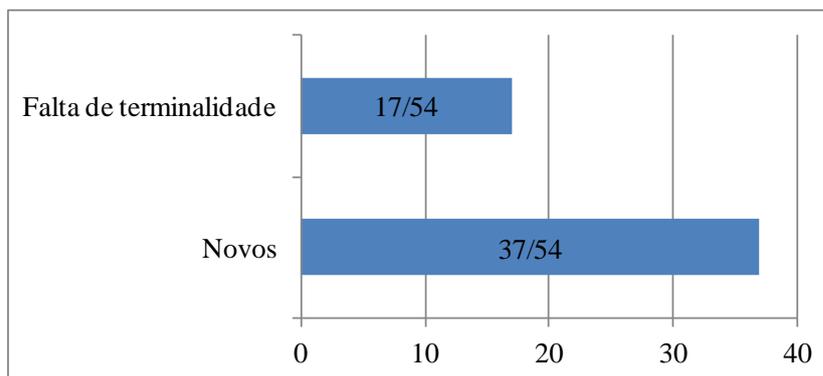


Figura 27: Categorias de pacotes informais

A partir das observações realizadas no canteiro de obras e nas reuniões de curto prazo, é possível apontar algumas causas para a existência desses pacotes informais:

- a) Falta de comunicação entre os envolvidos no processo: muitas vezes, as equipes desconhecem os pacotes de trabalho planejados e, por consequência, executam tarefas em locais que não constam no plano de curto prazo, alterando a ordem de produção;
- b) Falta de treinamento da mão de obra: existe um padrão de sequência de produção que às vezes não é seguido pela equipe. Por exemplo, a execução das paredes deve ocorrer da cota mais alta do terreno para a cota mais baixa; no entanto, uma das equipes observadas alterou essa sequência, iniciando pela cota mais baixa, contrariando o que havia sido planejado na reunião de curto prazo;
- c) Verificações informais da qualidade dos serviços: os pacotes de retrabalho entram no plano de curto prazo apenas quando há resistência dos empreiteiros em realizar a atividade. Geralmente, o responsável pela verificação da qualidade anota em um caderno os retrabalhos necessários e utiliza essas anotações para cobrar dos empreiteiros a realização das tarefas. Algumas tarefas relacionadas a arremates de parede, por exemplo, ainda são anotadas diretamente sobre as paredes com o uso de um giz para que as equipes tomem conhecimento do que precisa ser feito;

- d) Chegada de novas equipes ao canteiro de obras: ao longo da semana, podem chegar equipes que não haviam sido consideradas na reunião de curto prazo; então, é autorizada pelo engenheiro a execução de novos pacotes de trabalho.

A aplicação do modelo de controle integrado ainda permitiu observar as perdas por *making-do* que ocorreram no período. Ao percorrer o canteiro de obras, sempre que uma improvisação era identificada, a mesma era registrada na planilha apresentada anteriormente na Figura 23. Cada improvisação identificada foi classificada quanto à categoria e à natureza de perda, conforme método proposto por Sommer (2010) e refinado por Fireman (2012). Para identificar os pré-requisitos que não estavam disponíveis e causaram as perdas por *making-do*, o operário envolvido na improvisação e o estagiário da obra que acompanhava a coleta de dados eram indagados sobre as condições ideais de realização da tarefa. Após a identificação e classificação das perdas por *making-do*, foram avaliados os possíveis impactos que essas perdas poderiam gerar na produção, adotando-se os mesmos critérios utilizados por Sommer (2010) e Fireman (2012).

As perdas por *making-do* de maior ocorrência durante a etapa 1 do estudo são aquelas relacionadas às categorias de acesso/mobilidade e materiais/componentes (Figura 28). Essas categorias juntas representam mais de 50% das perdas por *making-do* identificadas durante o estudo. Quanto à natureza das perdas, destaca-se a indisponibilidade dos seguintes recursos: equipamentos e ferramentas, espaço, e materiais e componentes (Figura 29). Em relação aos impactos das perdas observadas, destacam-se o retrabalho e a redução da segurança (Figura 30).

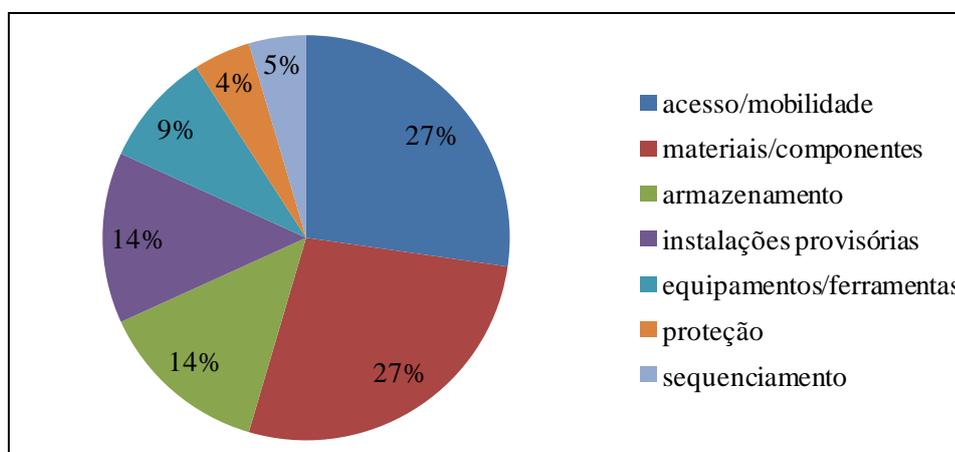


Figura 28: Categorias de perda por *making-do* identificadas na etapa 1

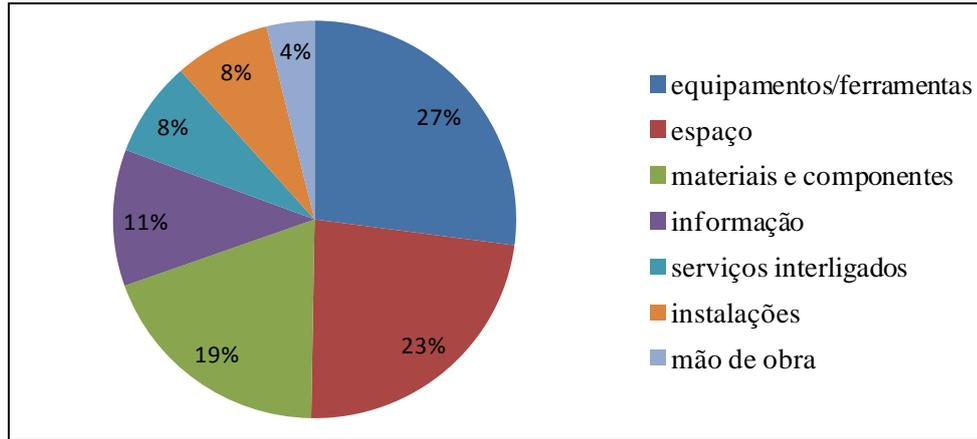


Figura 29: Natureza das perdas por *making-do* identificadas na etapa 1

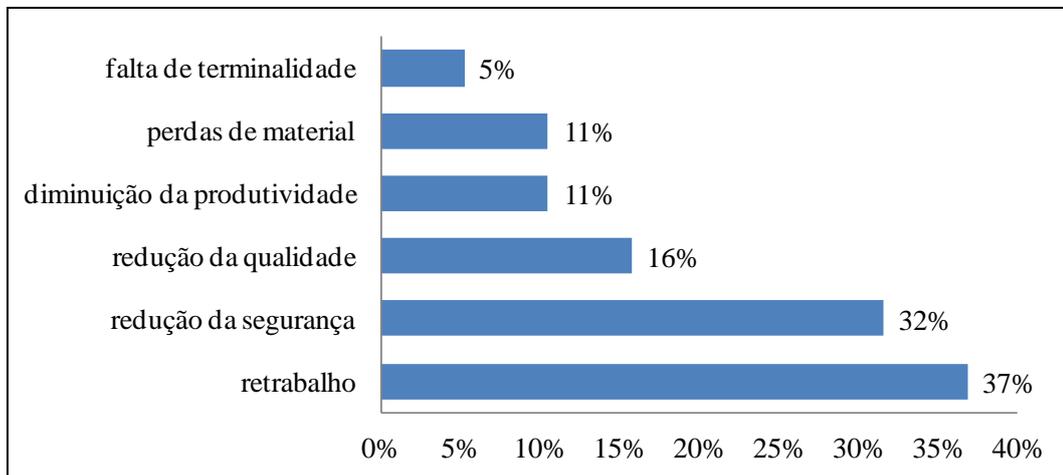


Figura 30: Impacto das perdas por *making-do* identificadas na etapa 1

Ainda, foi observado que 35% das perdas por *making-do* identificadas tratavam-se de condições latentes. A seguir, são ilustrados alguns dos eventos observados durante a etapa 1 do estudo. Na Figura 31 à esquerda, é possível observar a sarjeta quebrada em um dos locais que servia de acesso para caminhões. Após a execução, alguns trechos da sarjeta deveriam ser protegidos para servir de acesso para o caminhão betoneira, mas houve casos em que essa proteção não foi executada e a sarjeta foi quebrada. A imagem da direita mostra um dos casos onde a tela da parede teve que ser desmontada para possibilitar a montagem da fôrma de parede da casa ao lado, que estava em um nível superior. Em ambos os casos, foi gerado retrabalho para a equipe de produção.



Figura 31: Perdas por *making-do* – sarjeta quebrada (à esquerda) e desmontagem da tela (à direita)

Na Figura 32 observa-se outra condição latente. Trata-se da ausência de um equipamento de apoio adequado para montagem das fôrmas das paredes, sendo necessário que o operário se apoie nas próprias fôrmas para alcançar a parte superior da mesma, reduzindo a segurança do operário.



Figura 32: Perdas por *making-do* - operário apoiado na fôrma

Na Figura 33, é ilustrada a improvisação ocorrida durante a execução das instalações elétricas do radier. Deveriam ser utilizados conduítes de cor laranja, mais resistentes e por isso, apropriados para esse fim; no entanto, na falta desse material, foi utilizado o conduíte da cor amarela. O impacto dessa improvisação foi observado mais tarde, durante a etapa 3 do estudo empírico, quando foi executada a enfição elétrica. Como o conduíte utilizado era inadequado, houve rompimento do mesmo durante a concretagem do radier, não sendo

possível passar a fiação. Assim, o radier precisou ser quebrado (Figura 33 à direita) para reparar o conduíte, gerando além de retrabalho, um atraso na execução do revestimento cerâmico, que já havia sido iniciado.

Ocorreram ainda, outras perdas por *making-do* relacionadas à categoria materiais/componentes, como por exemplo, o uso de uma pedra para nivelar a estrutura do telhado (Figura 34), reduzindo assim a qualidade do serviço, e o uso de escoras inadequadas para a concretagem da parede que gerou retrabalho, pois a parede ficou fora do esquadro (Figura 34), necessitando de um enchimento.



Figura 33: Perdas por *making-do* - conduítes inadequados para as instalações no radier



Figura 34: Perdas por *making-do* - pedra utilizada para nivelar a estrutura do telhado (à esquerda) e impacto gerado pelo uso de escoras inadequadas (à direita)

5.1.5 Melhorias implementadas no modelo

Durante a aplicação no canteiro de obra, o modelo foi sendo refinado a fim de facilitar a coleta de dados. A primeira melhoria implementada, na primeira semana de aplicação, foi inserir uma coluna para identificar a quadra na qual o pacote de trabalho estava sendo executado, assim os pacotes poderiam ser filtrados, facilitando a visualização dos mesmos na planilha. Essa melhoria foi necessária devido à grande extensão do canteiro de obra e à grande quantidade de pacotes de trabalho planejados na semana.

Também foi identificada a necessidade de um espaço na planilha para registrar observações referentes à execução dos pacotes de trabalho. Essas informações são repassadas para o engenheiro da obra no momento da reunião de curto prazo. Por exemplo, alguns pacotes não são concluídos até o horário da reunião de planejamento, que nesse caso é realizada na sexta-feira pela manhã, mas têm término provável até o final do dia. Esse tipo de informação pode ser inserido na coluna observações para que o engenheiro tome conhecimento e possa fazer uma verificação posterior da conclusão desses pacotes.

Ainda, foi inserida uma coluna para identificar o tipo de pacote informal que havia sido executado. Conforme proposto por Fireman (2012), os pacotes informais podem ser de três naturezas: novos, por falta de terminalidade ou de retrabalho. Uma vez que a terminalidade refere-se à conclusão das tarefas no prazo e com a qualidade determinada, sem a necessidade de um retorno posterior para a realização de retrabalhos ou arremates (ALVES, 2000), foram consideradas para essa pesquisa apenas duas categorias de pacotes informais, sendo que os pacotes de retrabalho foram integrados à categoria falta de terminalidade.

5.1.6 Avaliação da aplicação

A primeira etapa do estudo empírico permitiu identificar os benefícios e as dificuldades na implementação do modelo de controle integrado no canteiro de obras. A primeira dificuldade encontrada foi em relação à verificação da qualidade. O procedimento adotado pela empresa para verificar a qualidade dos serviços é através do preenchimento manual das PVQ's. No entanto, por se tratar de muitos papéis, torna-se difícil preenchê-las no canteiro de obras. Sendo assim, as informações são coletadas no canteiro de obras utilizando outros meios, como cadernos e pranchetas, e depois são transcritas para as PVQ's.

Devido ao preenchimento da PVQ ser demorado e exigir concentração, essa atividade costuma ser postergada para a liberação de outro serviço, funcionando como uma verificação de pré-serviço. Assim, os pacotes de trabalho executados na semana normalmente não são avaliados quanto à qualidade.

Outra dificuldade encontrada foi a resistência ao uso do modelo de controle integrado e do *tablet* por parte dos envolvidos no controle da produção. Essa resistência ocorreu em duas situações distintas. Em um primeiro momento, as informações coletadas a partir do modelo de controle integrado foram disponibilizadas para serem utilizadas durante a reunião de curto prazo, porém as mesmas foram preteridas. Mesmo com as informações já coletadas, o engenheiro preferiu repassar com os estagiários e empreiteiros cada uma das atividades programadas e anotar na coluna de PPC a conclusão ou não do pacote. Em relação aos pacotes informais e às perdas por *making-do*, essas informações não foram utilizadas nas reuniões de planejamento pelo engenheiro da obra, sendo que o mesmo tomou conhecimento dos problemas identificados na obra apenas na reunião na qual os resultados desta etapa do estudo foram apresentados e discutidos com os gestores da empresa.

O *tablet* também foi disponibilizado aos estagiários para que os mesmos o utilizassem no canteiro de obras para coletar informações relacionadas à execução dos serviços. No início, o *tablet* foi mantido dentro de uma gaveta e não era levado para o canteiro. No final da etapa 1, um dos estagiários passou a utilizá-lo para fazer anotações no canteiro de obras enquanto fiscalizava os serviços.

A Figura 35 mostra algumas das anotações realizadas pelo estagiário com o apoio do dispositivo móvel. As notas apresentadas nessa figura foram realizadas durante a execução dos testes de esgoto. Esses testes já haviam sido realizados anteriormente, mas não houve controle do serviço. Assim, não se sabia em quais casas os testes haviam sido aprovados, e foi necessário refazer o serviço em todas as casas. Dessa vez, um estagiário ficou responsável pela execução do serviço e o mesmo utilizou o *tablet* para registrar as informações no canteiro de obras. No entanto, essas informações não foram registradas na planilha proposta para o modelo de controle integrado, mas no aplicativo de notas disponível no *tablet*, que, segundo o estagiário, possuía uma interface mais fácil de utilizar que o aplicativo de edição de planilhas.

Em relação à utilização do *tablet* no canteiro de obras, uma preocupação unânime entre todos os usuários é a fragilidade do dispositivo. As pessoas que realizam o controle da produção e

da qualidade no canteiro de obras precisam realizar outras atividades e para isso é necessário colocar o *tablet* no chão ou no peitoril das janelas, locais esses que apresentam sujeira e umidade (Figura 36). Assim, para evitar danos ao dispositivo, é necessário que o mesmo tenha uma proteção adequada para o ambiente da obra. Além disso, foi sugerido o uso de um dispositivo menor, com tela de 7", que segundo os usuários seria mais fácil de manusear no canteiro de obras.

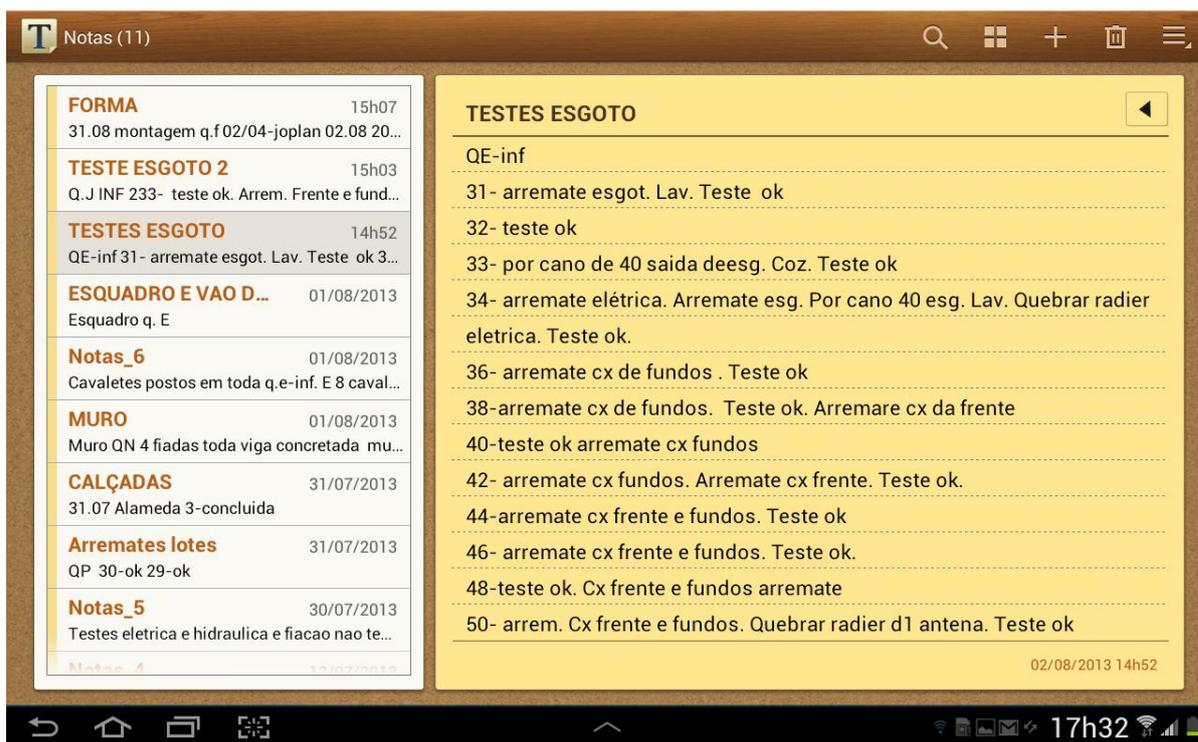


Figura 35: Uso do *tablet* para anotações



Figura 36: Locais para apoio do *tablet* no canteiro de obras

Outro resultado relevante nessa etapa do estudo foi a falta de conhecimento dos gestores da empresa sobre as perdas existentes na produção. Durante a reunião de apresentação dos resultados, os gestores surpreenderam-se com a quantidade de pacotes informais e de perdas por *making-do* existentes no canteiro de obras.

Apesar das dificuldades, a implementação do modelo de controle integrado com o auxílio da tecnologia de informação foi considerada promissora pela equipe de gestão. Entre as vantagens mencionadas pelos gestores da obra, destaca-se a melhor organização, disseminação e rastreamento das informações. Ainda, os responsáveis pelo controle dos serviços no canteiro de obras disseram ser muito difícil realizar a integração dos controles da produção e da qualidade sem a utilização de uma tecnologia de informação. O preenchimento manual das planilhas de controle é considerado como uma barreira para essa integração, sendo essencial a adoção de um sistema de informação.

5.1.7 Considerações finais

A primeira etapa do estudo empírico permitiu identificar os pacotes informais executados no canteiro de obras, as perdas por *making-do* de maior ocorrência e as dificuldades encontradas durante a verificação da qualidade dos pacotes de trabalho, contribuindo no conhecimento da pesquisadora em relação às atuais práticas de controle da produção e da qualidade no canteiro de obras.

Observa-se que o empreendimento possuía deficiências em relação ao planejamento de curto prazo, o que é evidenciado pelo baixo PPC (média de 51%) e pelo grande número de pacotes informais (34%). Além disso, a falta de uma rotina de reuniões de médio prazo contribuía para a existência das perdas por *making-do*, que apresentam como principais impactos o retrabalho e a redução da segurança. A existência de retrabalhos, por sua vez, contribuía para elevar o percentual de pacotes informais executados na obra.

Embora a primeira tentativa de implementar o uso do *tablet* para a coleta de dados no canteiro de obras tenha apresentado dificuldades relacionadas à resistência à mudança e à inserção de um dispositivo frágil no ambiente da obra, todos concordam que o uso de TI seria essencial para a integração entre os controles da produção e da qualidade.

A aplicação da primeira versão do modelo de controle integrado, assim como a avaliação preliminar do uso de *tablets* no canteiro de obras, contribuiu para a identificação das melhorias necessárias para a integração dos sistemas de controle da produção e da qualidade.

5.2 ETAPA 2

5.2.1 Segunda versão do modelo de controle integrado

Para a segunda versão do modelo de controle integrado foi proposto um sistema de informações composto por um banco de dados e um módulo de campo (Figura 37). O banco de dados ainda está vinculado com o LPS, no qual são definidos os pacotes de trabalho a serem realizados e a data de execução planejada. A coleta de dados é realizada no canteiro de obras com o auxílio de *tablets*, sendo coletados dados referentes à conclusão de pacotes de trabalho, execução de pacotes informais, perdas por *making-do* e verificação da qualidade. Esses dados coletados são enviados para um banco de dados compartilhado entre todos os envolvidos na gestão do empreendimento.

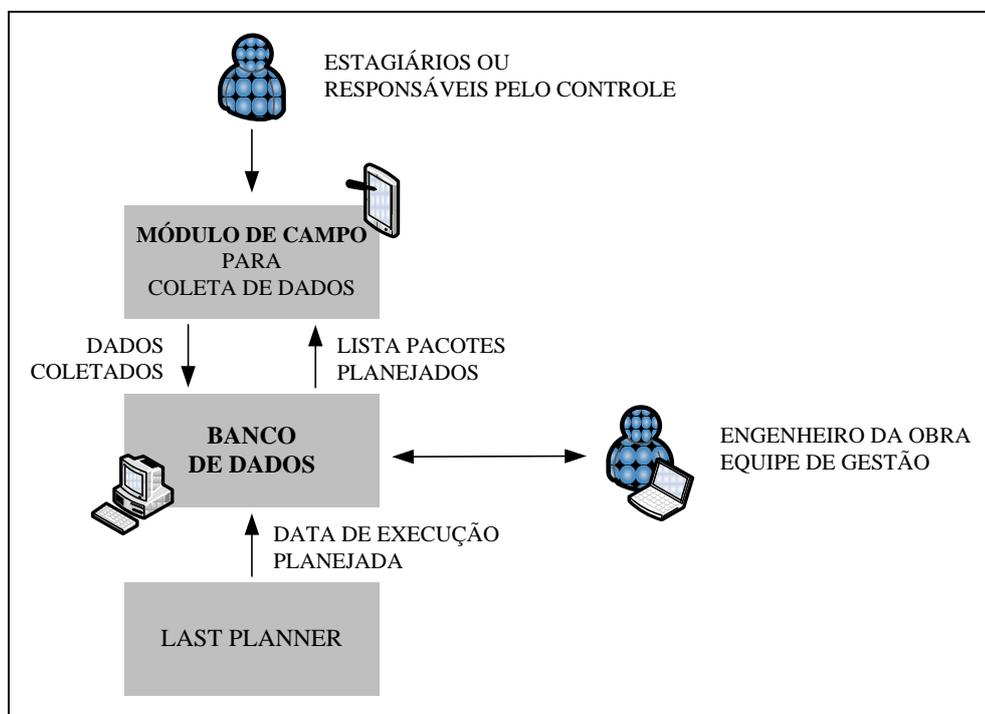


Figura 37: Sistema de informações do modelo de controle integrado

O fluxo do processo de coleta de dados é apresentado na Figura 38. O processo inicia com a observação dos pacotes de trabalho em execução no canteiro de obras. Se o pacote em execução estiver no planejamento semanal, deve ser informada a data de início da sua execução. Caso contrário, se o pacote não estiver no planejamento semanal, o mesmo deve ser registrado como um pacote informal, da categoria novo ou falta de terminalidade. Se forem observadas perdas por *making-do* durante a execução dos pacotes, essas devem ser classificadas quanto à categoria e natureza de perda, conforme proposto por Sommer (2010) e Fireman (2012), e deve ser feito um registro fotográfico do evento. A conclusão dos pacotes, tanto formais quanto informais, também deve ser informada. Após informar a conclusão, pode-se optar entre verificar a qualidade do pacote ou manter o pacote em uma lista para verificação posterior da qualidade. Se todos os critérios de qualidade relacionados ao pacote são aprovados, o pacote é aprovado integralmente. Caso contrário, deve ser informado o motivo de não conclusão com qualidade do pacote, e um pacote de retrabalho deve ser planejado na reunião de curto prazo.

5.2.2 Modelagem conceitual

A modelagem de dados tem a finalidade de descrever os dados a serem armazenados no sistema de informação e suas relações. A representação da modelagem de dados é realizada através do diagrama ERD, apresentado na Figura 39. Nesse diagrama são apresentadas as entidades, seus atributos e suas relações.

A modelagem de dados é composta por três módulos integrados: pacote de trabalho, *making-do* e qualidade. O módulo pacote de trabalho é composto por sete entidades: “PTGenerico”, “PTEspecifico”, “Lote”, “Lote *has* Instancia”, “Instancia”, “Equipe” e “Motivo não Conclusão”. O módulo *making-do* é composto pelas entidades “*Making-do*”, “Categoria Perda *Making-do*” e “Natureza Perda *Making-do*”. Já o módulo de controle da qualidade é baseado nos procedimentos existentes do Sistema da Qualidade da empresa, sendo composto pelas entidades “PVQ”, “Fase”, “Criterios Qualidade”, “PTGenerico *has* Criterio”, “Verificação Qualidade” e “Motivo não Qualidade”.

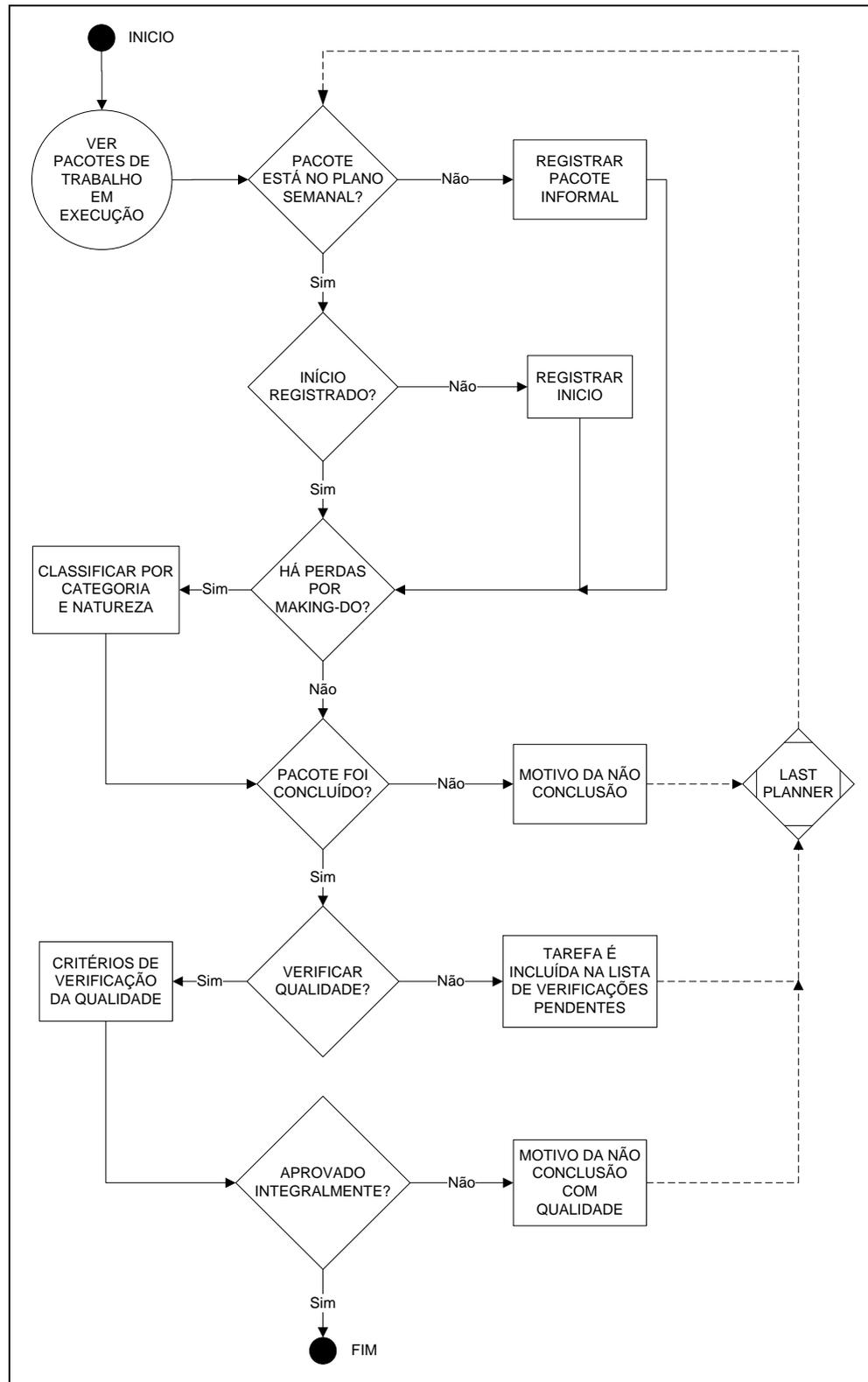


Figura 38: Fluxo do processo de coleta de dados

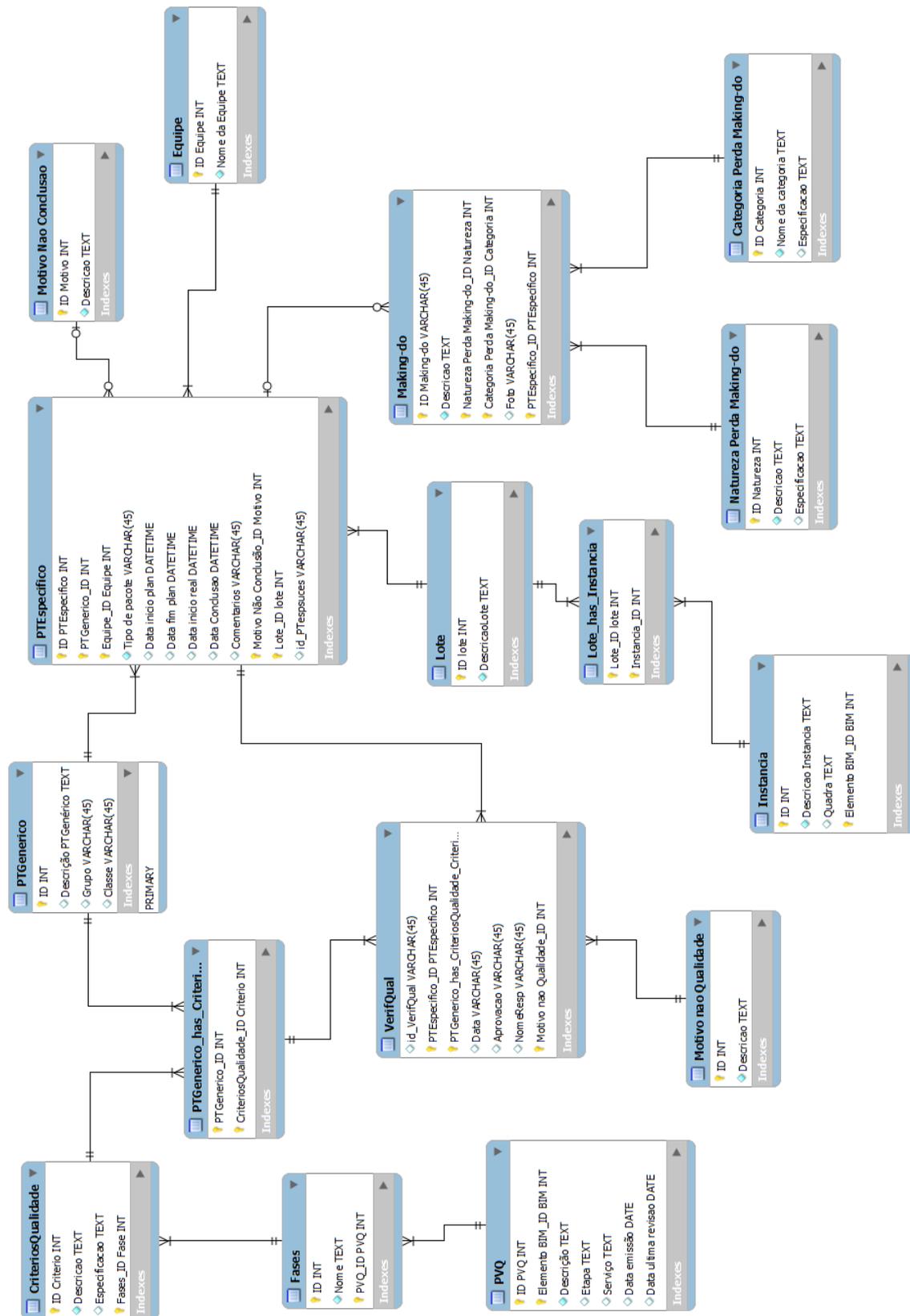


Figura 39: Diagrama ERD

O pacote de trabalho genérico (PTGenerico) trata-se de um conceito concebido a partir da análise dos registros de planejamento de curto prazo de obras similares ao do empreendimento do estudo. Verificou-se que, por se tratar de obras repetitivas, a maior parte dos pacotes de trabalho eram sempre os mesmos, apesar de serem nomeados de forma diferente. Assim, surgiu a possibilidade de padronizar a nomenclatura desses pacotes de trabalho repetitivos, chamando-os de pacotes de trabalho genéricos. Pode-se dizer também que o pacote genérico está relacionado com a unidade-base de produção, que segundo Schramm (2009), trata-se de uma unidade repetitiva que pode ser representada por um pavimento, um apartamento, uma casa ou um sobrado, dependendo do empreendimento em estudo. Por exemplo, a concretagem da parede é um pacote que se repete a cada uma das casas do empreendimento. Ou seja, a concretagem da parede é um pacote genérico e a casa é a unidade-base.

O pacote de trabalho específico (PTEspecifico) é uma tabela que surge da relação muitos-para-muitos entre as entidades “PTGenerico” e “Lote”. Ao relacionar um pacote genérico (por exemplo, concretagem da parede) a um lote específico (por exemplo, casas 101 e 102), se tem um pacote de trabalho específico, composto por uma ação (concretagem), um elemento (parede) e um lote (casas 101 e 102). O pacote de trabalho específico é a unidade de controle do modelo proposto. Nessa tabela são inseridos tanto os pacotes de trabalho planejados na reunião de curto prazo, quanto os pacotes informais identificados no canteiro de obras, sendo que a distinção entre ambos é registrada através do atributo “Tipo de pacote”.

A entidade “Lote” é uma tabela na qual são listados todos os lotes de execução dos pacotes de trabalho. Essa entidade permite uma flexibilidade no tamanho do lote, uma vez que o pacote específico pode ser executado em uma única instância (casa 101), em um conjunto de instâncias (casa 101 a 110) ou ainda em parte da instância (casa 101a e casa 101b). Nesse estudo, as instâncias são as casas do empreendimento, as quais são listadas na entidade “Instancia” do diagrama ERD. O tamanho do lote de execução é definido em função da verificação da qualidade. Ou seja, para que se possa integrar o controle da produção e da qualidade, o tamanho do lote de execução deve ser igual ao lote de verificação da qualidade. Já a entidade “Lote *has* Instancia” é apenas uma tabela de apoio, que surge da relação muitos-para-muitos entre as entidades “Lote” e “Instancia”.

Ainda, diretamente relacionadas à entidade “PTEspecifico”, estão as entidades “Equipe” e “Motivo não Conclusão”. Na primeira são cadastradas todas as equipes envolvidas na execução dos serviços para que, ao planejar um pacote específico, se possa destinar uma

equipe responsável pela sua execução. Já na segunda, são listados os possíveis motivos de não conclusão dos pacotes de trabalho. Quando, ao final da semana, é verificado que um pacote de trabalho não foi concluído conforme o planejado, esse fato deve ser justificado, selecionando um dos motivos pré-definidos nessa tabela.

Na entidade “*Making-do*” são registradas as improvisações identificadas durante a execução dos pacotes de trabalho. Essa entidade está diretamente relacionada com a entidade “PTEspecífico”, ou seja, ao registrar uma improvisação, se deve identificar em qual pacote de trabalho específico a mesma ocorreu. Além da descrição da improvisação, deve ser feito um registro fotográfico do evento e uma classificação quanto à categoria e à natureza da perda.

As categorias de perda por *making-do*, definidas por Sommer (2010) e Fireman (2012), constam na entidade “Categoria Perda *Making-do*”. Nesse trabalho, a categoria ajuste de componentes, proposta por Sommer (2010), foi substituída pela categoria materiais/componentes, devido às perdas identificadas no estudo empírico estarem relacionadas com o uso de materiais ou componentes não adequados para a realização das tarefas. Sempre que uma nova categoria de perda é identificada, a mesma deve ser cadastrada nessa tabela.

Na entidade “Natureza Perda *Making-do*” são listados os pré-requisitos para a execução dos pacotes de trabalho, que quando não disponíveis, originam as perdas por *making-do*, conforme apontado por Sommer (2010). À medida que novos pré-requisitos são identificados, os mesmos devem ser cadastrados nessa lista.

As planilhas de verificação da qualidade (PVQ) fazem parte da documentação utilizada no sistema de gestão da qualidade. Nessas planilhas são especificados os itens que devem ser avaliados em cada serviço. Assim, na entidade “PVQ” devem ser listadas todas as planilhas de verificação da qualidade utilizadas pela empresa. As planilhas de verificação da qualidade são subdivididas, separando os itens de avaliação em função do momento que devem ser verificados. Por exemplo, a PVQ de execução das paredes de concreto possui itens a serem avaliados nas seguintes fases do serviço: início do serviço, marcação, armadura, instalações elétricas, instalações hidráulicas, instalação de gás, montagem da fôrma, travamento e escoramento da fôrma, montagem de andaimes, antes e durante a concretagem, e pós-desforma. Cada uma dessas fases deve ser cadastrada na entidade denominada “Fase”.

Na entidade “Critérios Qualidade” são listados todos os itens de avaliação que constam nas planilhas de verificação da qualidade. Já a entidade “PTGenerico *has* Critério” surge da relação muitos-para-muitos entre as entidades “PTGenerico” e “Critérios Qualidade”. Ou seja, cada pacote de trabalho genérico pode ter vários critérios de qualidade a serem avaliados, assim como um critério de qualidade pode estar relacionado a mais de um pacote genérico.

A tabela “Verificação Qualidade” é a entidade central do módulo qualidade. Nessa tabela são apresentados todos os critérios de qualidade relacionados a cada pacote de trabalho específico, possibilitando a avaliação dos pacotes após sua conclusão. Os critérios de qualidade de cada pacote de trabalho específico são definidos em função do pacote genérico que o compõe. Quando um pacote de trabalho não é aprovado na verificação da qualidade, deve ser identificada a causa que originou a falta de qualidade. Conforme apontado por Fireman (2012), os motivos de não qualidade podem ser: tarefa precedente concluída sem qualidade, material inapropriado, negligência da força de trabalho, baixa instrução da força de trabalho e pré-requisito não disponível. Esses motivos pré-definidos são cadastrados na entidade “Motivo não Qualidade”.

O banco de dados criado no *software MS Excel* para testar a modelagem de dados proposta é apresentado no Apêndice C.

5.2.3 Módulo de campo

O módulo de campo consiste em uma interface para coleta de dados no canteiro de obras com o auxílio de *tablets*. A partir da modelagem de dados, foram selecionadas as entidades e atributos necessários para a coleta de dados, sendo, então, criado o módulo de campo, composto por três planilhas: pacotes, *making-do* e qualidade.

A planilha pacotes é ilustrada na Figura 40. Nela constam os pacotes de trabalho específicos planejados para a semana e também são inseridos os pacotes informais identificados no canteiro de obras. A função dessa planilha é controlar a execução dos pacotes de trabalho, registrando as datas de início e de conclusão, o motivo de não conclusão e ainda, registrando comentários, quando necessário. Para registrar os pacotes informais, as células “Tipo”, “PTGenerico”, “Lote” e “Equipe” possuem uma lista pré-definida com os dados cadastrados no banco de dados.

Na planilha “*Making-do*” (Figura 41) são registradas as improvisações identificadas durante a execução dos pacotes de trabalho, sendo classificadas quanto à categoria e natureza. Também são informados o número da fotografia que registra o evento de *making-do* e o pacote específico no qual ocorreu o evento. Nas células de registro da categoria e da natureza, há uma lista com as opções cadastradas no banco de dados, para facilitar a classificação da perda por *making-do*.

A planilha qualidade (Figura 42) contém os critérios de qualidade que devem ser verificados em cada pacote de trabalho específico. Assim que o pacote específico é concluído, a data de conclusão aparece nessa planilha, demonstrando que o pacote de trabalho está liberado para a verificação da qualidade. Então, registra-se a data de verificação da qualidade, se o pacote foi aprovado (S/N) e o nome do responsável pela verificação. Se algum critério de qualidade for reprovado, é informado o motivo de não conclusão com qualidade e ainda, pode-se fazer um registro fotográfico. Assim como nas outras planilhas, algumas células possuem uma lista com opções pré-definidas para facilitar o registro.

Após a coleta de dados no canteiro de obras, todas as informações registradas no módulo de campo são enviadas para o banco de dados para serem compartilhadas com todos os envolvidos na obra, auxiliando na gestão do empreendimento.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	ID PTEspecif	Tipo	PTGenerico	Lote		Equipe_ID Equipe	Data inicio real	Data Conclusao	Motivo não Conclusão	Conclusão	Aprovacao	Coment	Quali
5	38.95.46	Formal	Executar rejunte	Casas 104/106	QL	Tafarel eq1							
6	38.97.46	Formal	Executar rejunte	Casas 108/110	QL	Tafarel eq1							
7	38.111.46	Formal	Executar rejunte	Casas 136/138	QM	Tafarel eq1							
8	37.28.46	Formal	Executar ceramica	Casa 128	QL	Engenhar eq1							
9	37.32.46	Formal	Executar ceramica	Casa 132	QL	Engenhar eq1							
10	37.113.46	Formal	Executar ceramica	Casas 140/142	QM inf	Engenhar eq1							
11	37.115.46	Formal	Executar ceramica	Casas 144/146	QM inf	Engenhar eq1							
12	37.117.46	Formal	Executar ceramica	Casas 148/150	QM inf	Engenhar eq1							
13	38.139.46	Formal	Executar rejunte	Casas 101 a 134	QL	Engenhar eq1							
14	38.50.46	Formal	Executar rejunte	Casa 150	QM inf	Engenhar eq1							
15	38.119.46	Formal	Executar rejunte	Casas 152/154	QM inf	Engenhar eq1							
16	38.121.46	Formal	Executar rejunte	Casas 156/158	QM inf	Engenhar eq1							
17	48.139.46	Formal	Textura interna	Casas 101 a 134	QL	Engenhar eq1							
18	47.139.46	Formal	Textura externa	Casas 101 a 134	QL	Engenhar eq1							
19	49.139.46	Formal	1ª demao tinta interna	Casas 101 a 134	QL	Engenhar eq1							
20	38.143.46	Formal	Executar rejunte	Casas 135 a 169	QN suj	Engenhar eq1							
		Formal		Casas 164/166	QM inf	ChicoGesso eq1							
				Casas 168/170	QM inf	ChicoGesso eq1							
				Casas 135 a 169	QN suj	Camondongo eq1							
				inteCasas 135 a 169	QN suj	Camondongo eq1							
27													
28													

Figura 40: Módulo de campo – planilha pacotes

	A	B	C	D	E	F	G
1	ID	Making-do	Categoria	Natureza	Foto	ID_Ptesp	
2	M01						
3	M02						
4	M03						
5	M04						
6	M05						
7	M06						
8	M07						
9	M08						
10	M09						
11	M10						
12	M11						
13	M12						
14	M13						
15	M14						
16	M15						
17	M16						
18	M17						
19	M18						
20	M19						

Figura 41: Módulo de campo – planilha *making-do*

	A	B	C	D	E	G	H	I	J	K	L
1	ID_Verif	ID_Ptesp	PT Generico	Lote	Quadra	Critério	Data conclusão	Data Aprovação	S/N	NomeResp	Motivo não Qualidade
2	117	57.143.46	Ligacoes de agua	Casas 277 a 298	QO	Sem criterio	30/12/1899				
3	118	65.141.46	Espelhos	Casas 136 a 170	QM infer	Sem criterio	30/12/1899				
4	119	37.144.46	Executar ceramica	Casas 101 a 110	QL	Nivel ou prumo	30/12/1899				
5	120	37.144.46	Executar ceramica	Casas 101 a 110	QL	Paginacao	30/12/1899				
6	121	37.144.46	Executar ceramica	Casas 101 a 110	QL	Espacamento	30/12/1899				
7	122	37.144.46	Executar ceramica	Casas 101 a 110	QL	Planicidade	30/12/1899				
8	123	37.144.46	Executar ceramica	Casas 101 a 110	QL	Cortes das pecas	30/12/1899				
9	124	38.95.46	Executar rejunte	Casas 104/106	QL	Rejunte	30/12/1899				
10	125	38.95.46	Executar rejunte	Casas 104/106	QL	Condicoes das pecas	30/12/1899				
11	126	38.95.46	Executar rejunte	Casas 104/106	QL	Limpeza final	30/12/1899				
12	127	38.97.46	Executar rejunte	Casas 108/110	QL	Rejunte	30/12/1899				
13	128	38.97.46	Executar rejunte	Casas 108/110	QL	Condicoes das pecas	30/12/1899				
14	129	38.97.46	Executar rejunte	Casas 108/110	QL	Limpeza final	30/12/1899				
15	130	38.111.46	Executar rejunte	Casas 136/138	QM infer	Rejunte	30/12/1899				
16	131	38.111.46	Executar rejunte	Casas 136/138	QM infer	Condicoes das pecas	30/12/1899				
17	132	38.111.46	Executar rejunte	Casas 136/138	QM infer	Limpeza final	30/12/1899				
18	133	37.28.46	Executar ceramica	Casa 128	QL	Nivel ou prumo	30/12/1899				
19	134	37.28.46	Executar ceramica	Casa 128	QL	Paginacao	30/12/1899				
20	135	37.28.46	Executar ceramica	Casa 128	QL	Espacamento	30/12/1899				
21	136	37.28.46	Executar ceramica	Casa 128	QL	Planicidade	30/12/1899				
22	137	37.28.46	Executar ceramica	Casa 128	QL	Cortes das pecas	30/12/1899				
23	138	37.32.46	Executar ceramica	Casa 132	QL	Nivel ou prumo	30/12/1899				
24	139	37.32.46	Executar ceramica	Casa 132	QL	Paginacao	30/12/1899				
25	140	37.32.46	Executar ceramica	Casa 132	QL	Espacamento	30/12/1899				
26	141	37.32.46	Executar ceramica	Casa 132	QL	Planicidade	30/12/1899				
27	142	37.32.46	Executar ceramica	Casa 132	QL	Cortes das pecas	30/12/1899				
28	143	37.113.46	Executar ceramica	Casas 140/142	QM infer	Nivel ou prumo	30/12/1899				
29	144	37.113.46	Executar ceramica	Casas 140/142	QM infer	Paginacao	30/12/1899				

Figura 42: Módulo de campo – planilha qualidade

5.3 ETAPA 3

5.3.1 Implementação do modelo de controle integrado no empreendimento A1

A implementação da segunda versão do modelo de controle integrado no canteiro de obras permitiu coletar dados relacionados à conclusão de pacotes de trabalho, execução de pacotes informais e perdas por *making-do*, assim como na primeira versão do modelo. Porém, essa nova versão permitiu ainda, registrar a falta de terminalidade dos pacotes executados e avaliar a qualidade dos pacotes de trabalho concluídos, podendo ser calculados, além do PPC, os indicadores PPCQ e PPCR, propostos por Sukster (2005) e o indicador PPFT (porcentagem de pacotes com falta de terminalidade), calculado a partir da relação entre quantidade de pacotes de trabalho com falta de terminalidade e quantidade de pacotes planejados.

Indicadores de produção e qualidade

A partir dos indicadores apresentados na Figura 43, verifica-se a baixa aderência ao plano, uma vez que o PPC médio durante as cinco semanas de estudo foi de 49%. Ainda, dos pacotes concluídos, apenas 65% em media, são concluídos com qualidade (Figura 44), o que faz com que o PPCR também seja muito baixo, com media em torno de 32% (Figura 43).

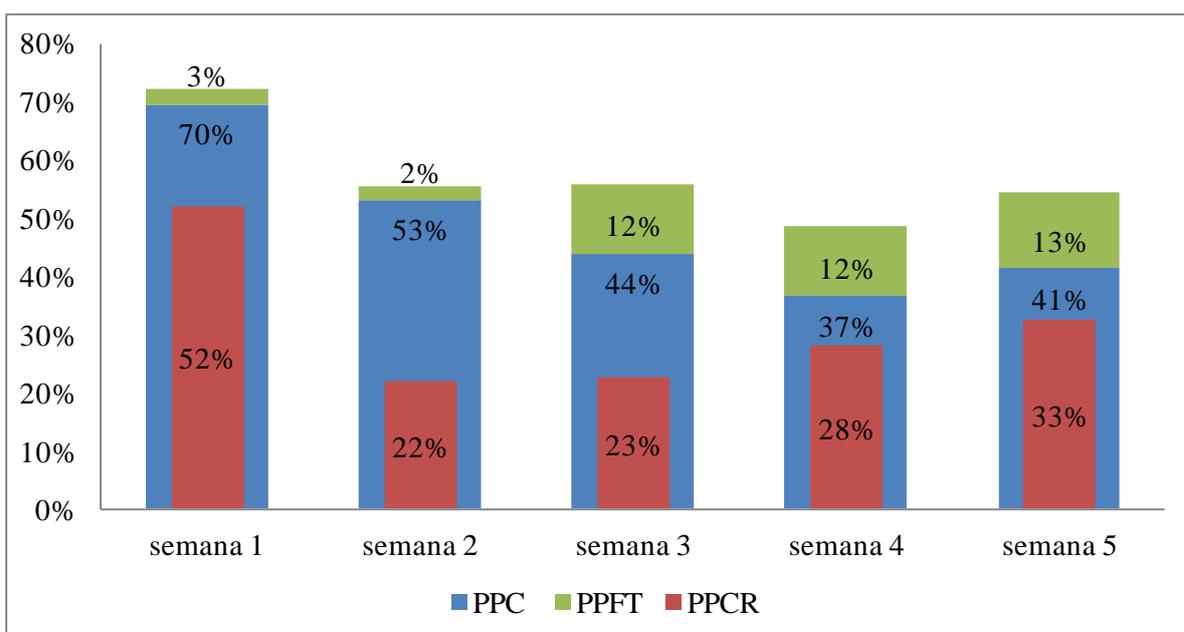


Figura 43: Indicadores PPC, PPFT e PPCR

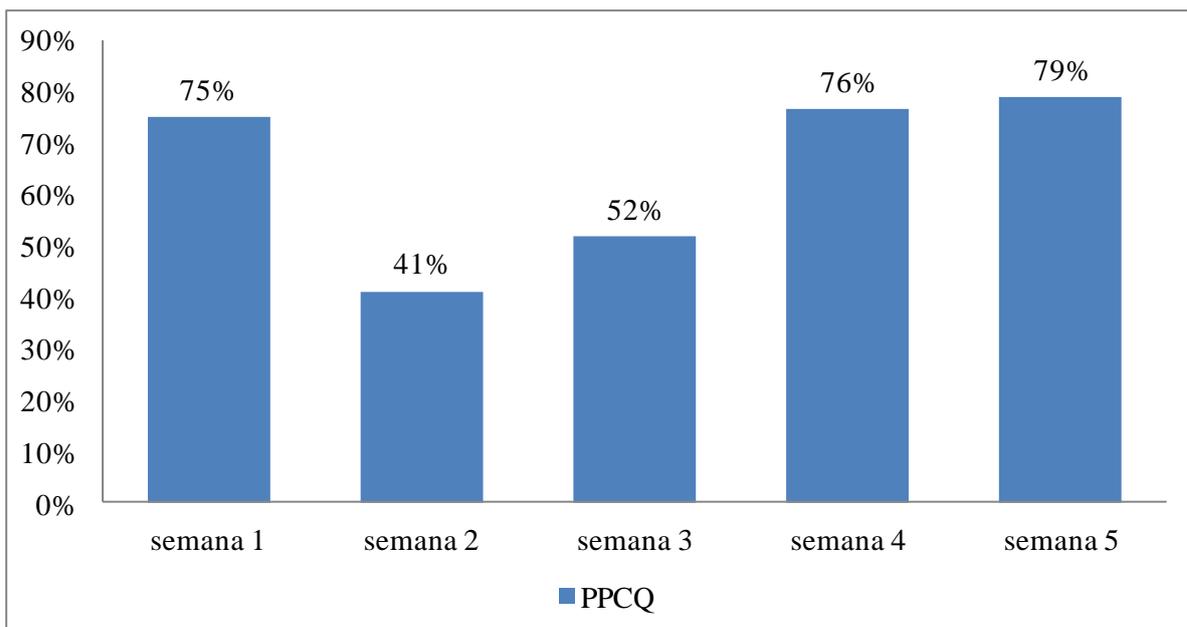


Figura 44: Indicador PPCQ

Os motivos que levaram a não conclusão dos pacotes de trabalho, durante a realização do estudo, são destacados na Figura 45. Assim como ocorreu na primeira etapa do estudo empírico, os motivos foram apontados pelo engenheiro da obra durante a reunião de curto prazo. Mais uma vez, os motivos estão relacionados principalmente com a falta de comprometimento no planejamento semanal ou com a falta de remoção de restrições. Em relação ao atraso na entrega de materiais, esse motivo teve grande destaque, devido a um problema ocorrido entre a empresa construtora e a empresa fornecedora de material de pintura. Assim, grande parte dos pacotes de trabalho, relacionados com o serviço de pintura, não foram concluídos conforme planejados, devido à falta de material. Essa restrição de material deveria ter sido analisada no planejamento de médio prazo, liberando os pacotes para execução somente quando a restrição fosse eliminada.

Outro fator que colabora com o baixo PPC é a falta de terminalidade dos pacotes de trabalho. A porcentagem de pacotes com falta de terminalidade (PPFT) é apresentada na Figura 43, na qual é possível observar o quanto esse indicador influenciou o baixo índice do PPC, principalmente nas últimas três semanas do estudo, na qual o PPFT médio foi em torno de 12%. Os pacotes genéricos que apresentaram falta de terminalidade são apresentados na Figura 46, sendo que o pacote “reparos elétricos” foi o que apresentou maior porcentagem, o que resultou em perdas por *making-do* e problemas de qualidade, apresentados na sequência. A falta de terminalidade no pacote “instalar esquadrias” ocorreu devido a problemas nos vãos

das esquadrias, ou seja, a tarefa anterior não havia sido concluída com qualidade. Então, ao planejar esse pacote, houve casos em que alguma esquadria não pode ser instalada, pois era necessário ajustar o vão onde a mesma seria colocada. Isso fez com que a equipe tivesse que voltar ao local para finalizar o serviço já considerado concluído.

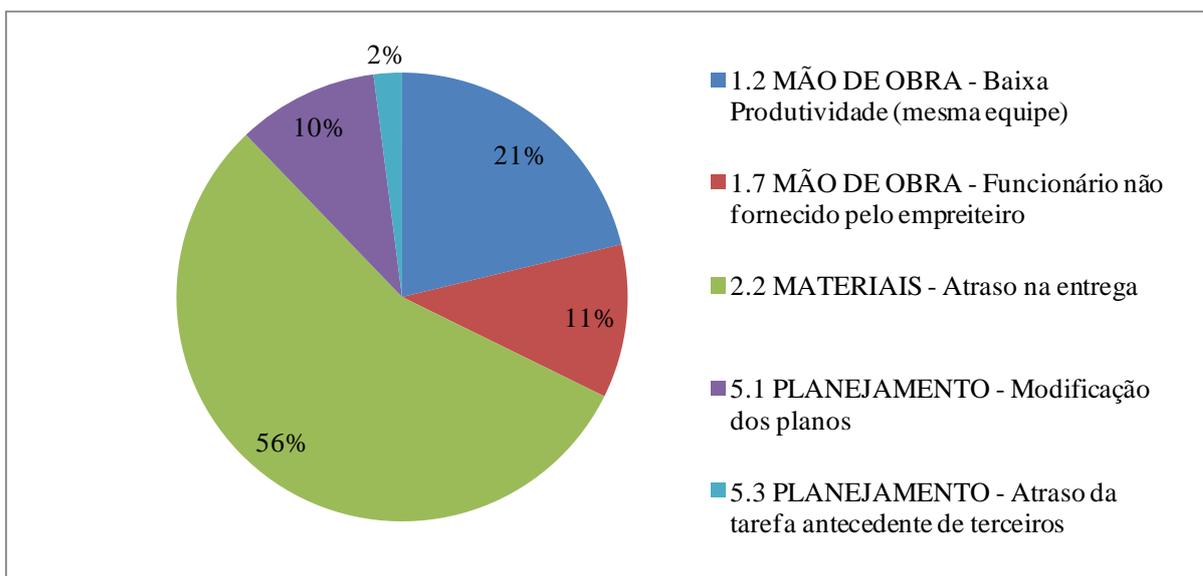


Figura 45: Motivos de não conclusão dos pacotes de trabalho

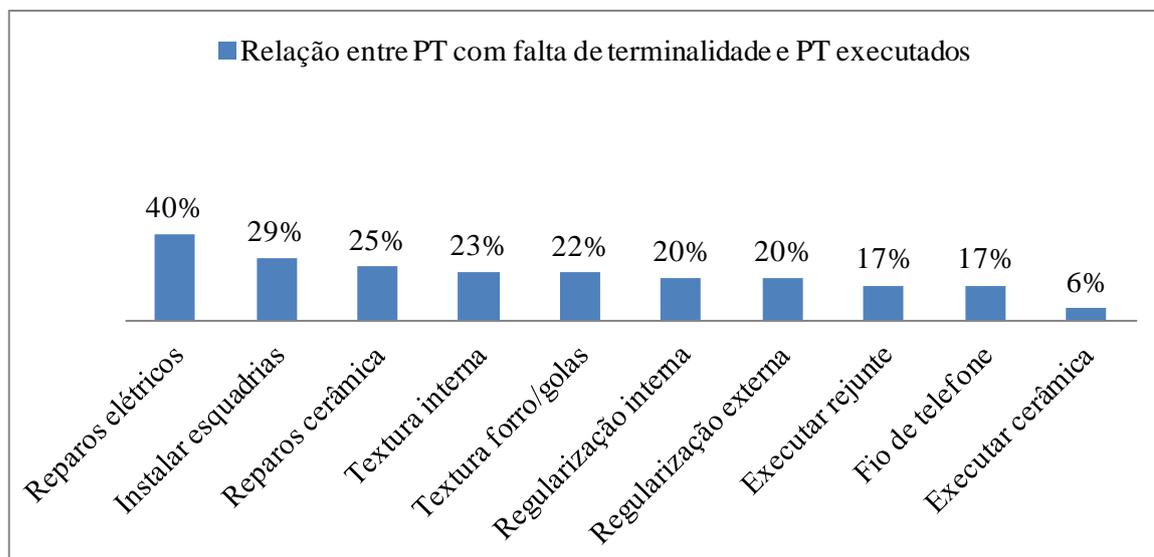


Figura 46: Pacotes genéricos – relação entre quantidade de pacotes de trabalho com falta de terminalidade e pacotes de trabalho executados

Em relação aos pacotes de regularização e textura, a falta de terminalidade ocorreu, por exemplo, nos casos em que o serviço era dado como concluído pela equipe, mas faltava regularizar ou texturizar alguma parte da parede, como a verga das portas ou janelas. Já a falta de terminalidade no pacote “executar rejunte” foi verificada quando o serviço era executado na cerâmica do piso, mas faltava rejuntar a cerâmica da parede. Ainda, cabe destacar a falta de terminalidade que ocorreu na execução dos espelhos do telhado. Em uma das quadras do empreendimento, o serviço foi executado, porém faltou colocar o espelho em um pequeno trecho da cobertura. Depois disso, a equipe responsável pelo serviço foi embora do canteiro de obras, e o pacote ficou sem terminalidade por algumas semanas. Todos esses exemplos de falta de terminalidade apresentados contribuíram para o aumento da quantidade de trabalho em progresso.

Em relação ao indicador PPCQ apresentado anteriormente, a Figura 47 apresenta os pacotes genéricos que foram reprovados na verificação da qualidade e, na Figura 48, os motivos que levaram a não conclusão com qualidade. Os motivos concentraram-se em três categorias: falhas na execução, tarefa precedente concluída sem qualidade e sequenciamento das atividades. As duas primeiras categorias estão relacionadas com os motivos já identificados por Fireman (2012), sendo que na categoria falhas na execução está incluída a negligência da força de trabalho, assim como a falta de treinamento adequado da mão de obra. Já a inclusão da categoria sequenciamento das atividades, foi devido à observação de casos em que a tarefa que deveria ser precedente, foi postergada causando prejuízos ao pacote de trabalho realizado antes dela. Esses casos foram identificados, pois no momento da verificação da qualidade, a atividade posterior já havia sido realizada.

A Figura 49 apresenta dois casos em que a tarefa posterior prejudicou a qualidade do pacote executado anteriormente. Um deles ocorreu no pacote genérico “textura externa”, na qual a textura foi executada antes da execução da cerâmica da área de serviço. Assim, ao executar a cerâmica, houve prejuízos no serviço de textura executado anteriormente, causando retrabalho. O retrabalho também foi gerado no caso em que o fechamento dos furos da linha de vida na parede foi realizado após a execução da regularização interna. Esse fechamento dos furos da linha de vida deveria ser analisado como uma restrição para a liberação do início dos serviços de pintura.

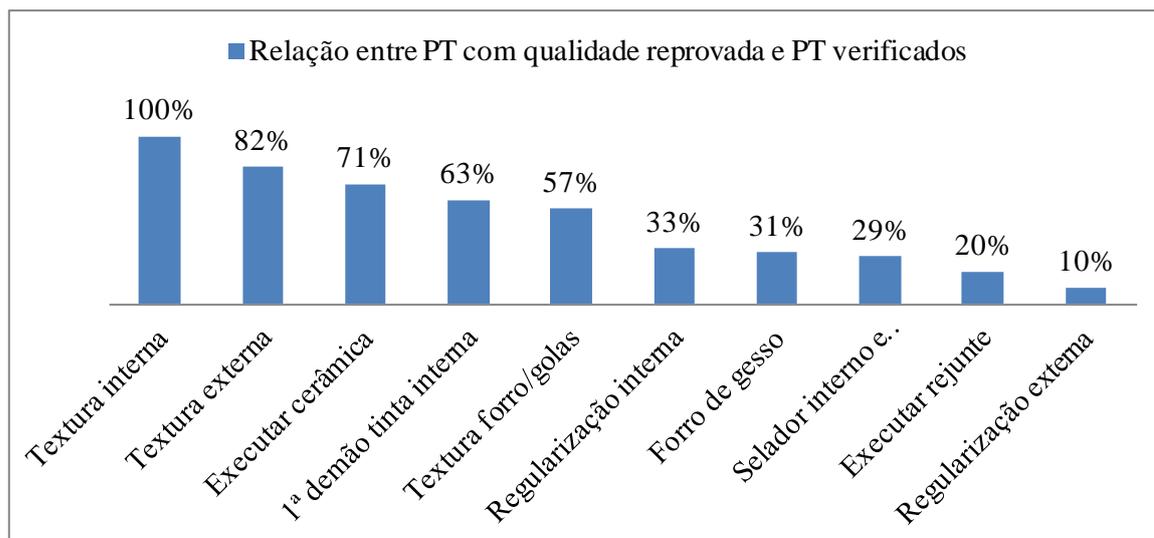


Figura 47: Pacotes genéricos não concluídos com qualidade

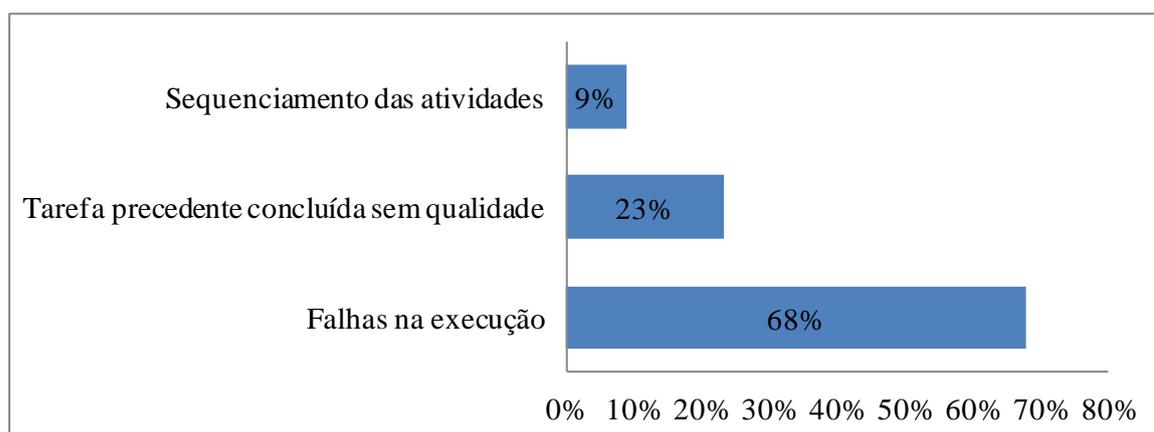


Figura 48: Motivos de não conclusão com qualidade

Já a categoria tarefa precedente concluída sem qualidade foi observada nos casos em que os serviços de pintura, principalmente aplicação de textura e primeira demão de tinta interna, foram executados sem que os reparos elétricos tivessem sido concluídos, conforme apresentado na Figura 50. Nessa figura é possível observar a propagação do defeito, uma vez que o reparo elétrico foi executado após a execução da textura (imagem da esquerda) e a primeira demão de tinta foi aplicada sem que a textura fosse refeita sobre o local onde houve o reparo elétrico (imagem da direita). Assim como os reparos elétricos, os reparos hidráulicos também causaram problemas de qualidade nos serviços de pintura, como mostra a Figura 51.



Figura 49: Exemplos de não qualidade devido ao sequenciamento das atividades

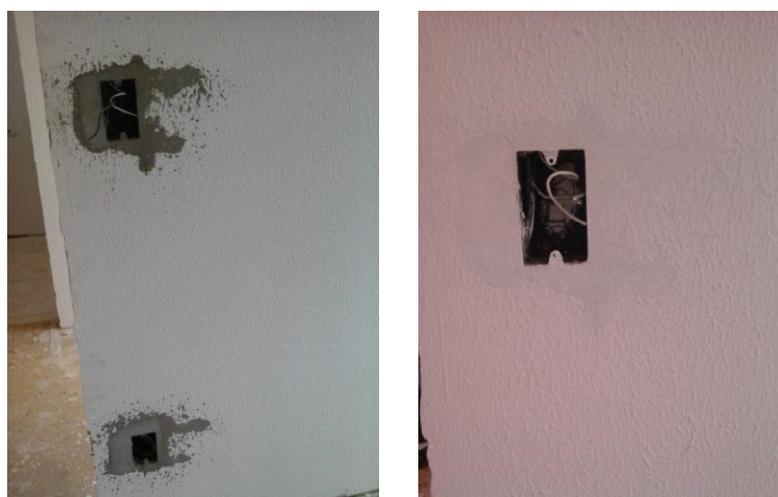


Figura 50: Serviços de pintura executados sem que a tarefa precedente estivesse concluída com qualidade



Figura 51: Reparo hidráulico executado após a aplicação da primeira demão de tinta interna

A falta de qualidade na execução das instalações elétricas, também causou problemas na execução do forro de gesso, conforme ilustrado na Figura 52. Tanto nesse caso, como nos outros apresentados anteriormente, em que o pacote de trabalho foi executado sem que a tarefa precedente fosse concluída com qualidade, estão relacionados também com a categoria de perdas por *making-do*, denominada sequenciamento, cujos dados serão apresentados no decorrer desse capítulo.

Ainda em relação à falta de qualidade da tarefa precedente, observa-se na Figura 53 dois casos ocorridos na execução da cerâmica. Na primeira imagem, a soleira ficou desnivelada, devido à propagação de um defeito na execução do vão da porta. Já na segunda imagem, é ilustrada a falta de qualidade no serviço de cerâmica, devido à parede ter sido executada fora do esquadro.

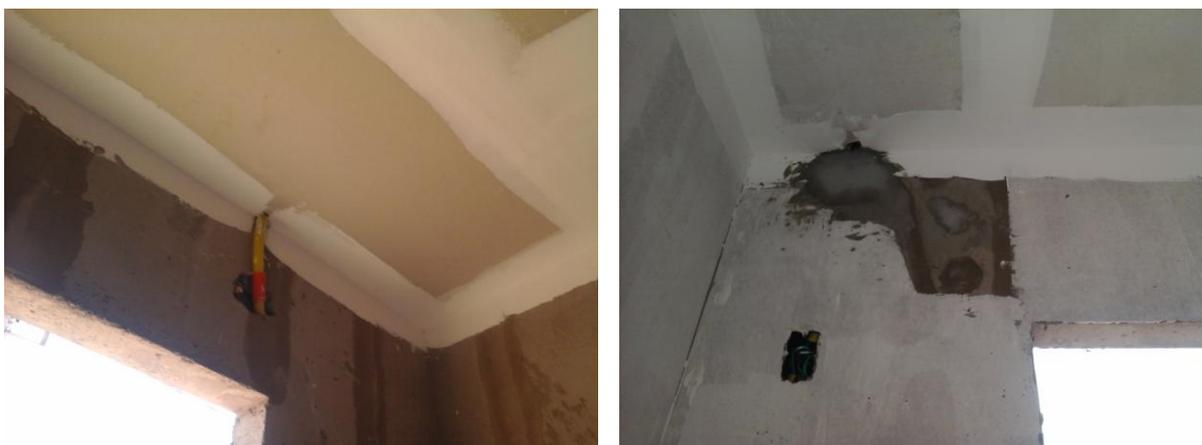


Figura 52: Forro de gesso executado sem que a instalação elétrica estivesse concluída com qualidade



Figura 53: Propagação de defeito na tarefa precedente na execução da cerâmica

Já o motivo “falhas na execução” foi responsável por 68% das reprovações da qualidade. Um dos problemas mais recorrentes ocorreu no pacote genérico “executar cerâmica”, no qual foram identificados diversos casos de presença de ocos entre o substrato e o revestimento cerâmico, causando descolamento ou quebra das peças, conforme apresentado na Figura 54. No caso das paredes, foi constatado que a técnica de aplicação do revestimento cerâmico estava incorreta. Segundo a engenheira da obra, a causa provável desse problema foi a chegada de uma nova equipe ao canteiro de obras que possivelmente não havia recebido o devido treinamento. O treinamento da mão de obra é considerado uma restrição que deveria ser removida antes da execução do pacote de trabalho. Assim, se a execução do revestimento cerâmico iniciou sem a remoção dessa restrição, o descolamento da placa cerâmica pode ter sido uma consequência de um evento de *making-do*.

Quanto ao revestimento do piso, foi onde ocorreu a maior parte dos casos, chegando a preocupar a equipe de engenharia, pois os casos deixaram de ser pontuais e passaram a ser muito frequentes. Em uma das casas, por exemplo, foram identificadas 26 placas cerâmicas com descolamento. Assim, foi feita uma análise do que estava acontecendo e foi identificada como possível causa a falta de limpeza do substrato antes da aplicação do revestimento.

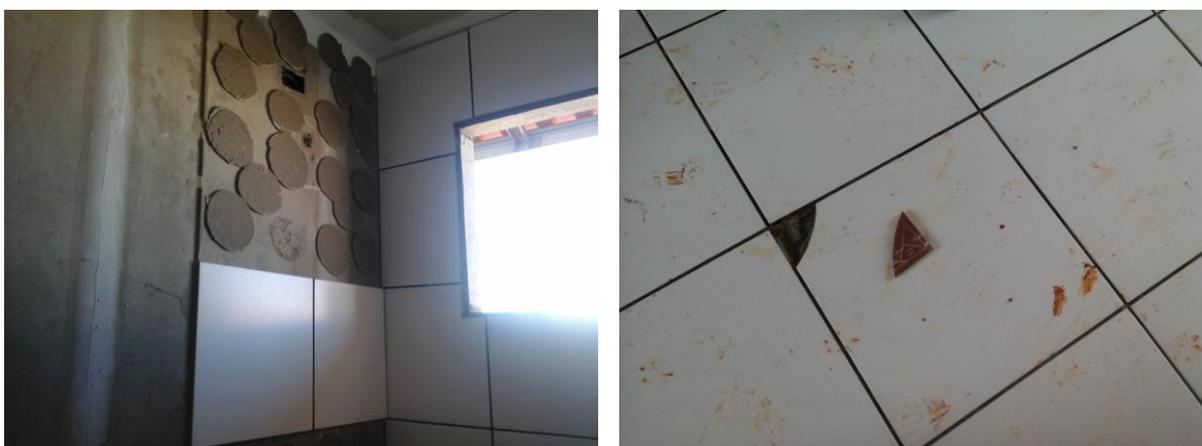


Figura 54: Falhas na execução do revestimento cerâmico

Outros casos de falhas na execução ocorreram nos serviços de pintura, como regularização e textura, e no pacote genérico “forro de gesso”. Em relação aos serviços de pintura, foram identificados casos de falta de qualidade principalmente nos cantos das paredes, conforme ilustrado na Figura 55. Ao verificar o procedimento de execução do serviço, foi percebido que

não havia uma padronização de como devem ser executados os cantos, sendo a avaliação desse critério muito subjetivo.

No pacote de textura também foram identificados casos em que a granularidade da textura não estava de acordo com o padrão exigido pela empresa. No procedimento de execução desse serviço, é especificado que se deve verificar, antes da pintura, se o acabamento superficial da textura está suave ao toque. Os casos de falta de qualidade referente a esse critério ocorreu principalmente em relação a uma equipe específica, que provavelmente não tinha recebido o treinamento adequado.



Figura 55: Falhas na regularização dos cantos das paredes

Quanto às falhas de execução no pacote genérico “forro de gesso” foram identificados dois casos pontuais, nos quais foi observada a presença de bolhas na junta das placas de gesso, conforme ilustrado na Figura 56. Segundo o responsável pela equipe de execução do forro, essas bolhas são geradas quando não é aplicado gesso na emenda das placas antes da colocação da fita. Nesse caso, houve negligência da força de trabalho, que não seguiu o procedimento recomendado.



Figura 56: Falhas na execução no forro de gesso

Pacotes informais

Quanto aos pacotes informais identificados a partir da aplicação do modelo de controle integrado, destacam-se os pacotes informais da categoria novos (PIN), que representam em média, 18% dos pacotes de trabalho executados durante as cinco semanas de realização do estudo (Figura 57). Dos pacotes desta categoria, cabe destacar a grande porcentagem de pacotes de textura sendo realizados informalmente (Figura 58). Há evidências de que esses pacotes informais tenham impactado o indicador PPC, pois ao mesmo tempo em que houve a execução desses pacotes informais, outros pacotes de textura que constavam no planejamento semanal não foram executados, devido à falta de material. Essa falta de material foi devido a um problema ocorrido entre a empresa construtora e o fornecedor, que resultou em um atraso na entrega do material de pintura. O pouco material que ainda havia em estoque, ao invés de ser liberado para a execução dos pacotes de trabalho planejados, foi utilizado por outra equipe de pintura na execução de pacotes informais em outra quadra do empreendimento.

Em relação aos pacotes informais de forro de gesso, como a equipe já havia terminado o serviço nos lotes planejados, foi adiantada a execução na quadra seguinte, que seria planejada para a próxima semana. No entanto, foi observado que, em uma das casas onde o pacote de trabalho foi executado informalmente, houve problemas de qualidade, devido ao reparo elétrico ainda não ter sido realizado (Figura 52). Ainda em relação ao controle de qualidade, cabe destacar que dos pacotes informais novos executados, em torno de 30% não foram concluídos com qualidade, sendo que o maior índice de reprovação encontra-se nos pacotes de textura.

Já os pacotes informais da categoria falta de terminalidade (PIFT) são apresentados na Figura 59. Apesar dos pacotes dessa categoria não aparecerem com muita frequência entre os pacotes informais (Figura 57), eles foram responsáveis por alguns problemas de qualidade, conforme apresentado anteriormente. E, mesmo quando os pacotes de reparos elétricos e hidráulicos entravam no planejamento de curto prazo, os mesmos não eram analisados como restrições para as atividades posteriores, sendo executados em paralelo ou após os serviços de pintura.

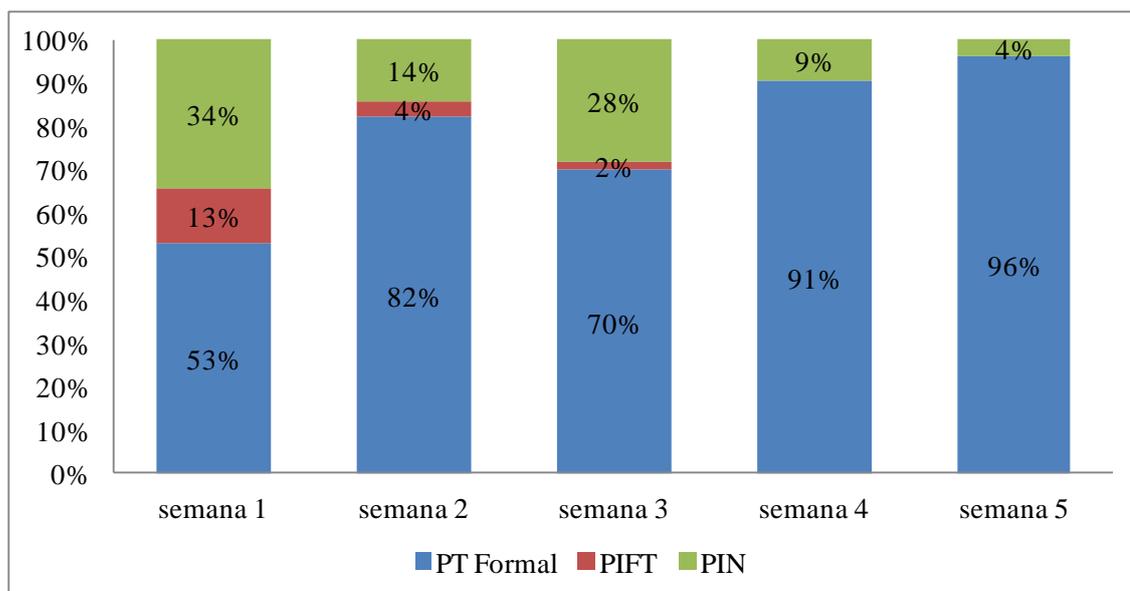


Figura 57: Tipos de pacotes de trabalho executados na etapa 3

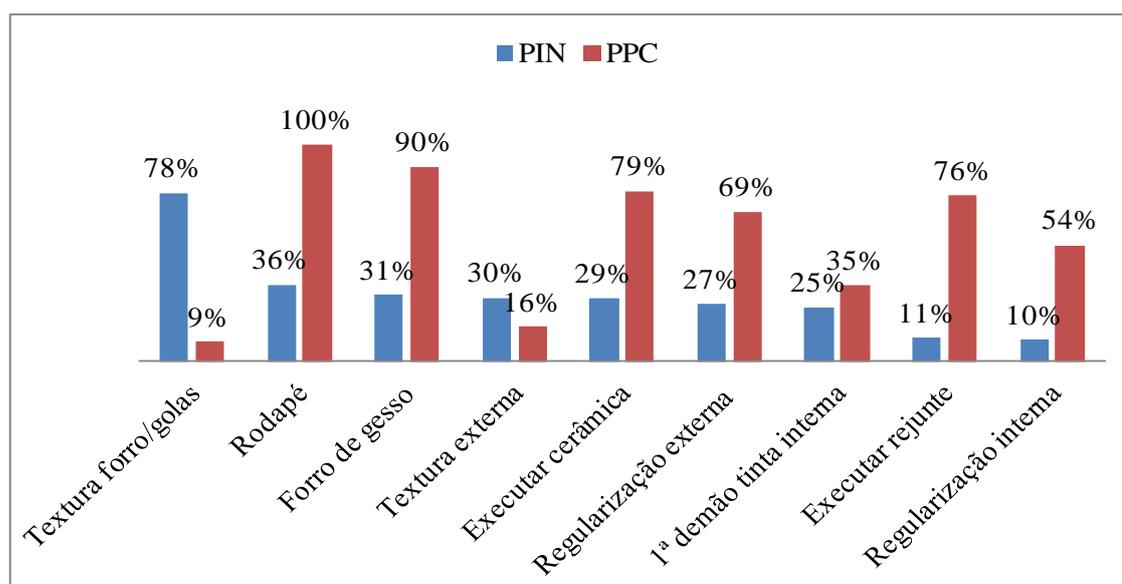


Figura 58: Pacotes genéricos – porcentagem de pacotes informais novos executados (PIN) e porcentagem de pacotes planejados concluídos (PPC)

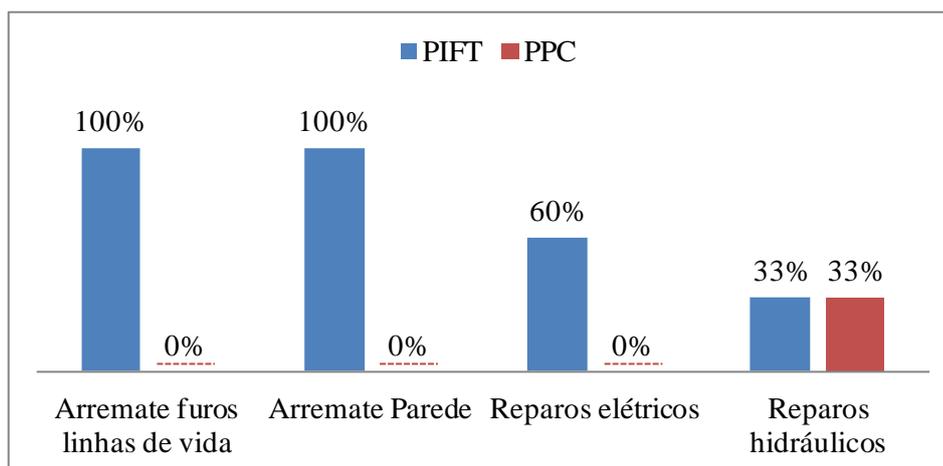


Figura 59: Pacotes genéricos – porcentagem de pacotes informais por falta de terminalidade executados (PIFT) e porcentagem de pacotes planejados concluídos (PPC)

Perdas por making-do

As categorias de perdas por *making-do* identificadas a partir da aplicação da segunda versão do modelo de controle integrado são apresentadas na Figura 60. As perdas com maior ocorrência estão relacionadas à categoria sequenciamento, seguida pelas categorias área de trabalho e armazenamento. A ocorrência dessas perdas foi principalmente devido à indisponibilidade de equipamentos e ferramentas e também pela interligação entre os serviços (Figura 61).

Para avaliar os riscos que as perdas por *making-do* identificadas poderiam gerar na produção, foi aplicada a matriz de avaliação proposta por Fireman (2012), que utiliza parâmetros subjetivos de probabilidade e severidade para definir a zona de risco na qual se enquadra a improvisação identificada. Com essa avaliação, 13% das perdas foram consideradas de risco maior, 74% de risco intermediário e 13% de risco menor. Assim, foram avaliados os prováveis impactos que as improvisações enquadradas nas zonas de risco maior e intermediário poderiam gerar, destacam-se a falta de terminalidade das atividades e a diminuição da produtividade (Figura 62). A aplicação da matriz de avaliação e a análise dos prováveis impactos foram realizadas em uma reunião no escritório do canteiro de obras, na qual participaram a pesquisadora e a engenheira da obra, além das outras duas pesquisadoras que participaram da coleta de dados.

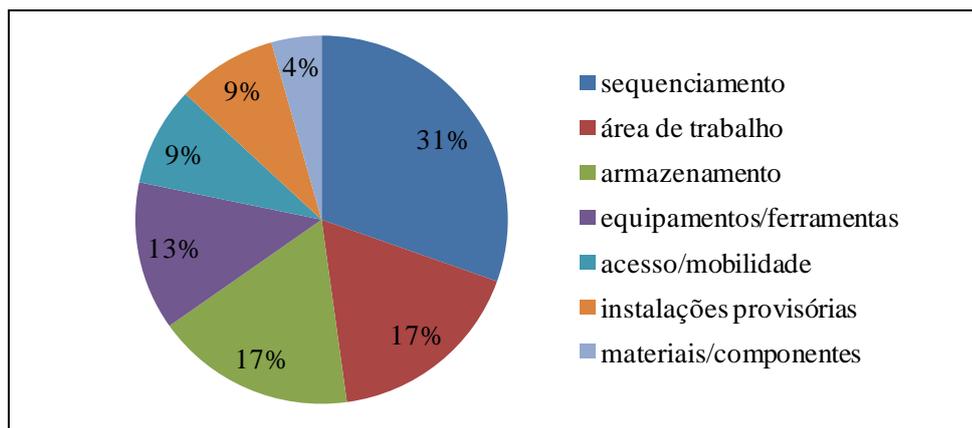


Figura 60: Categorias de perda por *making-do* identificadas na etapa 3

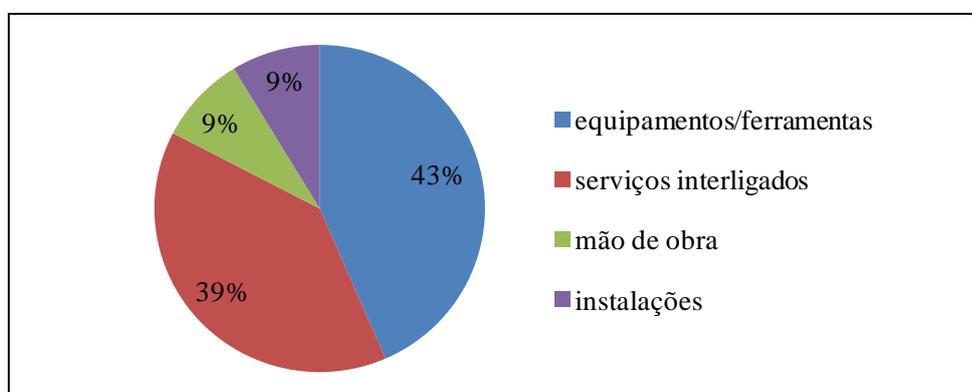


Figura 61: Natureza das perdas por *making-do* identificadas na etapa 3

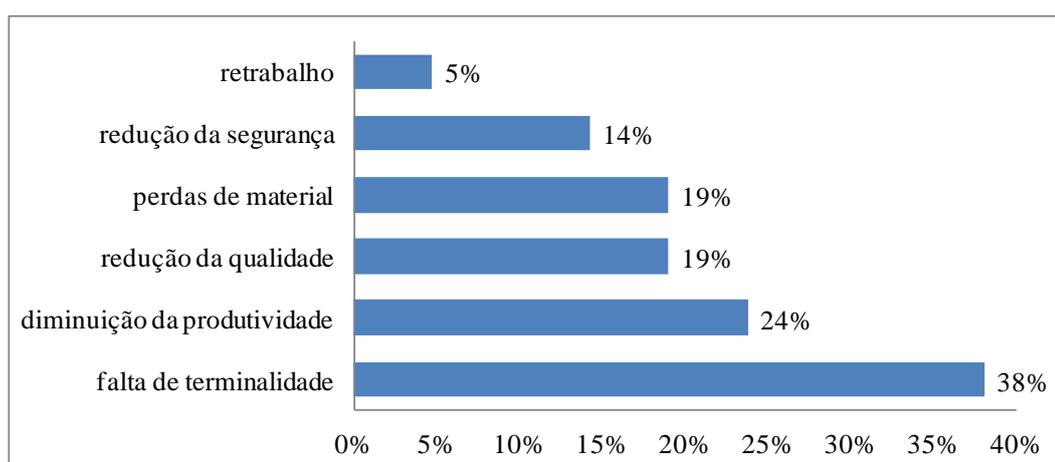


Figura 62: Impactos gerados pelas perdas por *making-do* na etapa 3

Ainda, foram avaliados em quais pacotes genéricos houve maior ocorrência de perdas por *making-do*. Conforme pode-se observar na Figura 63, os pacotes genéricos com maior

porcentagem de perdas por *making-do* foram aqueles relacionados à execução de arremates de parede, forro de gesso, reparos hidráulicos, revestimento cerâmica e aplicação de selador. A Figura 64 apresenta a relação entre os pacotes genéricos e as categorias de perdas por *making-do* identificadas. Também foi identificado que 70% das perdas ocorreram em pacotes formais e 30% em pacotes informais.

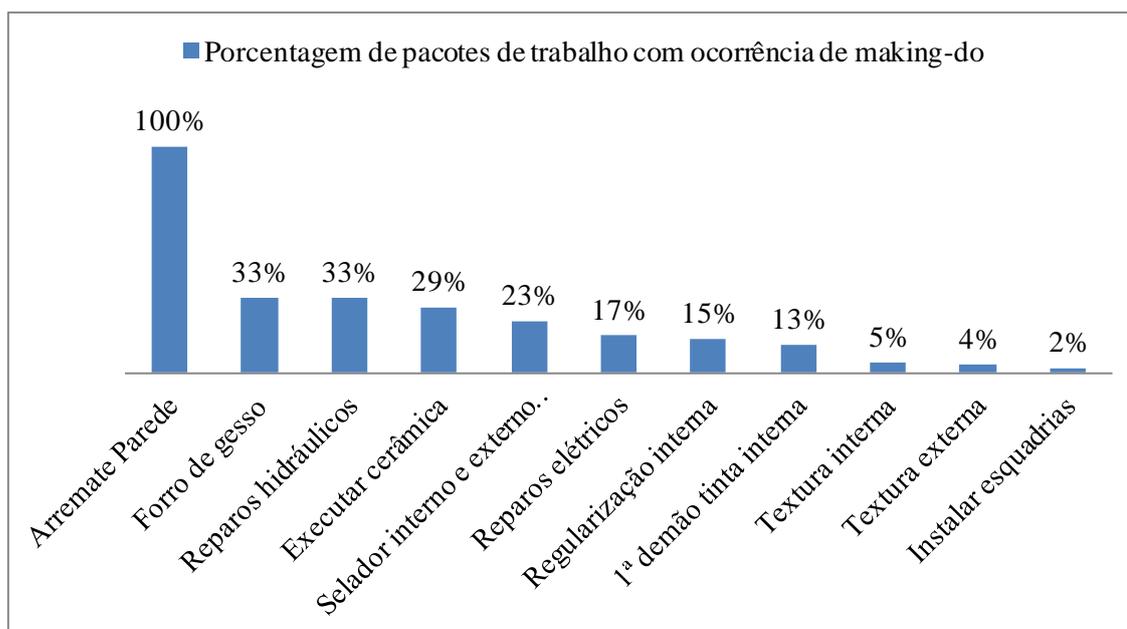


Figura 63: Pacotes genéricos – porcentagem de pacotes de trabalho com ocorrência de perdas por *making-do*

As perdas por *making-do* da categoria sequenciamento, que foram as perdas mais recorrentes nessa etapa, estão relacionadas com a execução de forro de gesso ou serviços de pintura, incluindo selador, regularização e primeira demão de tinta, antes da finalização de tarefas precedentes, causando principalmente falta de terminalidade nos serviços. Nos casos identificados, as tarefas precedentes que deveriam ter sido realizadas são reparos elétricos ou hidráulicos e arremates de parede. Esses serviços são restrições que deveriam ser eliminadas antes da execução dos serviços de acabamento. Ao questionar os empreiteiros sobre essa situação, os mesmos disseram que os operários são instruídos a parar o serviço e chamar o mestre de obras diante dessas situações. No entanto, o pessoal prefere não parar o serviço, pois pensam que “é melhor ir fazendo, depois se arruma”.

Categorias de perda por <i>making-do</i> →	Pacote genérico ↓							
	acesso/mobilidade	materiais/componentes	área de trabalho	armazenamento	equipamentos/ferramentas	instalações provisórias	proteção	sequenciamento
Executar cerâmica	0%	0%	80%	0%	0%	20%	0%	0%
Forro de gesso	0%	0%	0%	0%	0%	33%	0%	67%
Selador interno e externo	0%	0%	0%	67%	0%	0%	0%	33%
Regularização interna	0%	0%	0%	0%	33%	0%	0%	67%
1ª demão tinta interna	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Arremate Parede	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Instalar esquadrias	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Reparos elétricos	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Reparos hidráulicos	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
Textura externa	0%	0%	0%	0%	100%	0%	0%	0%
Textura interna	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%

Figura 64: Matriz pacote genérico *versus* categorias de perda por *making-do*

A Figura 65 ilustra dois casos de perdas por sequenciamento, nos quais a execução do forro de gesso e a aplicação do selador foram realizadas antes da conclusão dos reparos elétricos e hidráulicos, gerando falta de terminalidade, uma vez que as respectivas equipes tiveram que retornar para finalizar o serviço. Outros dois casos de sequenciamento inadequado podem ser observados na Figura 66, nos quais a regularização da parede foi executada antes do fechamento dos furos de extração dos corpos-de-prova e de fixação da linha de vida, gerando retrabalho.

Quanto à categoria área de trabalho, as improvisações estão relacionadas na sua totalidade com a falta de uma bancada de trabalho para apoio aos serviços de revestimento cerâmico, sendo utilizados baldes ou o peitoril das janelas para esse fim (Figura 67). Embora tenha sido identificada a falta desse pré-requisito em quatro pacotes de trabalho de execução de cerâmica, é provável que a improvisação tenha ocorrido também em outros pacotes dessa categoria. No entanto, a execução desses outros pacotes não foi observada pela pesquisadora. A ausência de uma bancada de trabalho adequada gera impactos para a produção como diminuição da produtividade, redução da qualidade e da segurança e perda de materiais.



Figura 65: Execução de forro de gesso (à esquerda) e aplicação de selador (à direita) antes da finalização de reparos elétricos e hidráulicos



Figura 66: Regularização da parede executada antes do fechamento dos furos de extração de corpo-de-prova (à esquerda) e de fixação da linha de vida (à direita)

Na categoria armazenamento, observa-se a colocação de placas de gesso e sacos de cimento-cola junto às paredes onde estava sendo iniciada a aplicação de selador (Figura 68). Esse armazenamento causou, principalmente, falta de terminalidade das tarefas, uma vez que a aplicação do selador não pode ser finalizada devido a essa restrição.



Figura 67: Ausência de uma bancada de trabalho para o serviço de revestimento cerâmico



Figura 68: Armazenamento de placas de gesso (à esquerda) e sacos de cimento-cola (à direita) causando falta de terminalidade na aplicação do selador na parede

Na categoria equipamentos/ferramenta, destacam-se dois casos de perdas por *making-do*. O primeiro refere-se à improvisação de uma ferramenta para aplicar massa de regularização nos cantos das paredes, conforme ilustrado na Figura 69. Ao ser questionado sobre o uso dessa ferramenta, o operário disse que desconhecia uma ferramenta mais apropriada para o serviço. No entanto, foi identificada no canteiro de obras a utilização de um rolo de canto para realizar o serviço com melhor qualidade. Apesar dessa improvisação ser considerada de baixo risco pela engenheira da obra, cabe salientar o número considerável de pacotes de trabalho referentes a serviços de pintura que não foram concluídos com qualidade, conforme já apresentado anteriormente. Essa falta de qualidade pode estar relacionada com a improvisação de ferramentas para a realização do serviço pois, embora tenha sido identificado apenas um evento, o mesmo pode ter ocorrido em outros pacotes de trabalho não observados.



Figura 69: Improvisação de ferramenta para aplicar massa de regularização

O outro caso de perda por *making-do* na categoria equipamentos/ferramentas refere-se ao uso de um balde (Figura 70) para a execução dos serviços de pintura ao invés da bandeja. O uso do balde foi identificado como um procedimento comum no canteiro de obras, no entanto, ao observar o serviço sendo realizado, verificou-se uma perda considerável de material, que respingava ao aplicar a textura na parede. Tanto o operário quanto os gestores da obra foram questionados sobre essa situação e todos concordam que o uso da bandeja diminuiria a produtividade, pois o operário teria que repor material com maior frequência do que com o balde. Nesse caso, seria necessário avaliar qual dos impactos traz mais prejuízos para a obra, se a perda de material ou a redução da produtividade. Cabe salientar que, embora esse evento de *making-do* tenha sido contabilizado apenas uma vez durante a execução da textura externa, o balde era utilizado em todos os pacotes de trabalho dessa categoria como um procedimento padrão.



Figura 70: Uso de balde para a execução dos serviços de pintura

5.3.2 Melhorias implementadas no modelo

A segunda versão do modelo de controle integrado continuou a ser refinada nessa etapa do estudo empírico, durante sua implementação no empreendimento A1. Foi realizada uma reunião de apresentação do modelo proposto para os gestores da obra, na qual os mesmos solicitaram algumas melhorias no módulo de campo, de forma que esse tivesse apenas as informações essenciais para a realização do controle no canteiro de obras, facilitando sua aplicação pelos estagiários da obra. Assim, foram eliminadas do módulo de campo algumas informações que não eram utilizadas no canteiro de obras, como por exemplo, datas de início e fim planejadas e ID dos critérios de qualidade. Outra melhoria identificada para facilitar a coleta de dados foi a organização dos pacotes específicos, de forma que todos os pacotes planejados para um mesmo lote pudessem ser visualizados juntos. Assim, se evitava ter que retornar em algum lote para verificar a execução de mais pacotes específicos.

Outra reunião importante foi realizada com a engenheira da obra e a gerente da qualidade, para discutir os pacotes genéricos e os critérios de qualidade relacionados a esses, para que refletissem a realidade da obra. Nessa mesma reunião, a gerente da qualidade solicitou a inclusão das opções “aprovado com restrição” (AR) e “não aplicável” (NA) no campo de aprovação dos critérios de qualidade. Segundo a gestora, a opção “aprovado com restrição” é utilizada quando o serviço apresenta alguma não conformidade em relação aos critérios de qualidade, mas o mesmo não será refeito por algum motivo. Por exemplo, quando uma parede apresenta algum desvio de prumada e não é viável sua demolição, o serviço é aprovado com restrição e o problema ocorrido é especificado. Também foi solicitada pela gerente da qualidade, a inclusão de um campo para anotar observações relacionadas à verificação da qualidade. Por exemplo, ao verificar a qualidade de um pacote planejado para um lote formado por duas casas, se apenas uma casa for reprovada, essa informação pode ser anotada nesse campo de observações. A engenheira da obra também solicitou que na tabela de verificação da qualidade fosse identificada a equipe responsável pela execução do pacote específico. Essa informação era importante no momento de analisar os problemas de qualidade e gerar relatórios para repassar para as equipes.

Ainda, foi identificada a necessidade de incluir na tabela de pacotes específicos, um campo para informar quando o pacote de trabalho apresentasse falta de terminalidade. Isso se deve ao fato de alguns pacotes de trabalho serem considerados como concluídos pelas equipes e pela

engenharia, porém ao verificar a qualidade do serviço, notava-se que o pacote não havia sido realmente concluído. Por exemplo, ocorreu de alguns pacotes de trabalho relacionados à regularização ou à textura serem dados como concluído pela equipe, mas faltava regularizar ou texturizar alguma parte da parede, tais como as vergas de portas ou janelas. Nesses casos, ao invés de informar a conclusão do pacote, era informada a falta de terminalidade do mesmo para que sua conclusão fosse planejada, evitando assim a execução de um pacote informal.

5.3.3 Avaliação da aplicação pela pesquisadora

Essa etapa do estudo empírico permitiu avaliar as dificuldades encontradas na implementação do modelo proposto. Mesmo que o modelo estivesse sendo aplicado pela própria pesquisadora ou por outros pesquisadores do NORIE/UFRGS, era necessário o envolvimento dos estagiários da obra para a verificação da qualidade dos pacotes de trabalho. Cabia a eles a responsabilidade em aprovar ou não os pacotes de trabalho a partir dos critérios de qualidade estabelecidos para cada pacote genérico. Assim, uma das dificuldades encontradas foi desenvolver uma rotina junto aos estagiários para que a verificação da qualidade fosse realizada na mesma semana de execução do pacote de trabalho. Dessa forma, alguns pacotes específicos não foram avaliados, o que pode ter interferido no cálculo do indicador PPCQ.

Uma questão importante para uma implementação bem sucedida do modelo de controle integrado, é observar as práticas realizadas na obra. Por exemplo, a instalação das esquadrias é dividida em cinco etapas: colocação, vedação externa, vedação interna, capa arremate e entrega. Porém, apenas na etapa da entrega que é realizada a verificação da qualidade. Essa informação só foi conhecida pela pesquisadora durante a observação dessa atividade no canteiro de obras. Assim, na reunião realizada com a engenheira da obra e a gerente da qualidade, foi definido que os pacotes genéricos referentes às primeiras etapas desse serviço não teriam critérios de qualidade relacionados, não sendo necessário avaliar a qualidade do serviço. Então, para ter um controle efetivo, é importante definir a forma como cada serviço é realizado e quais são os momentos de avaliar sua qualidade.

Outra dificuldade encontrada estava relacionada ao planejamento de curto prazo realizado pela engenheira da obra. Mesmo com a definição de que o tamanho do lote dos pacotes específicos deveria seguir o tamanho do lote de verificação da qualidade, ou seja, duplas de casas, a engenheira continuou a realizar o planejamento utilizando lotes maiores. Em um

primeiro momento, esses pacotes eram inseridos no modelo de controle integrado da mesma forma como planejados pela engenheira, no entanto, foram encontradas dificuldades no momento de verificar a qualidade. Assim, ao inserir os pacotes específicos no modelo de controle integrado, os pacotes que possuíam lotes maiores passaram a ser divididos em lotes de duplas de casas. Essa rotina influenciou no tempo despendido para inserir os pacotes específicos no modelo de controle.

O tempo despendido para inserir os pacotes específicos no banco de dados e também para filtrar as informações e enviar para o *tablet* são apresentados na Figura 71. Cabe salientar que se o modelo de controle integrado fosse adotado como procedimento da empresa, os pacotes seriam planejados pela engenheira diretamente no modelo de controle integrado, não havendo necessidade de reescrevê-los como ocorreu no estudo. O tempo para filtrar as informações e enviar para o *tablet* também poderia ser eliminado se houvesse a vinculação entre o módulo de campo e o banco de dados.

Além disso, como foram utilizados dois arquivos em *Excel* separados, um para o banco de dados e outro para o módulo de campo, era necessário copiar manualmente os dados coletados no canteiro de obras para o banco de dados. Essa atualização do banco de dados pode ocorrer diariamente ou conforme a necessidade da obra. A Figura 72 apresenta o tempo despendido em 12 ocasiões de atualização do banco de dados com as informações coletadas no canteiro de obras. Assim como o tempo despendido para filtrar e enviar as informações para o *tablet*, esse tempo de retornar as informações coletadas para o banco de dados, também poderia ser eliminado se houvesse a vinculação entre as planilhas do módulo de campo e do banco de dados. Além do tempo gasto, o problema em enviar os dados manualmente é a possibilidade de cometer equívocos ao copiar os dados nas células, podendo gerar informações incorretas.

Na Figura 73 é apresentado o resumo do tempo médio gasto em cada um dos passos realizados durante a aplicação do modelo de controle integrado: inserir os pacotes de trabalho específicos (PTEspecífico) no banco dados, filtrar as informações no banco de dados e enviar para o *tablet* (módulo de campo), coletar dados no canteiro de obras, e enviar as informações coletadas para o banco de dados. O tempo despendido na coleta de dados será discutido no item 5.5.2 desse capítulo, no qual será apresentada a avaliação da aplicabilidade do modelo proposto.

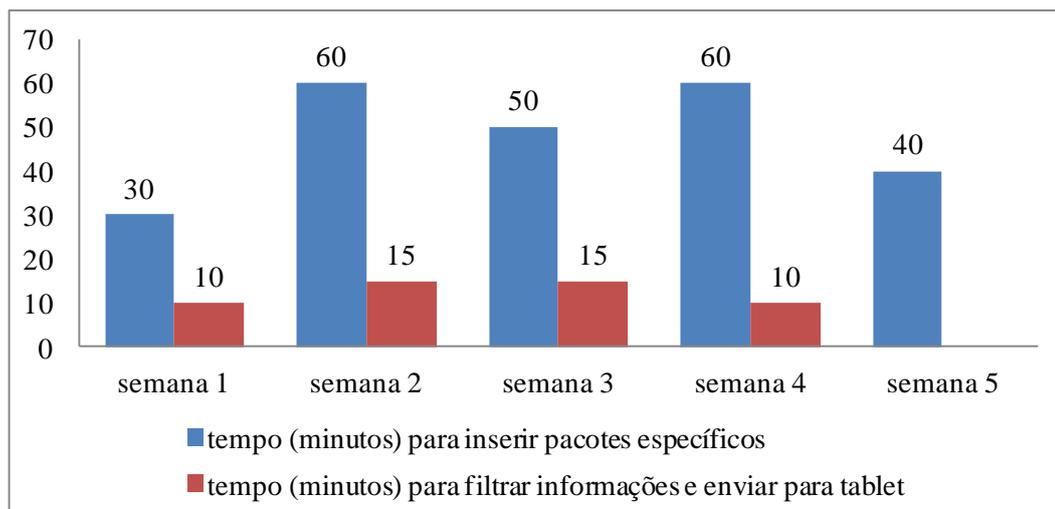


Figura 71: Tempo despendido no uso do modelo de controle integrado

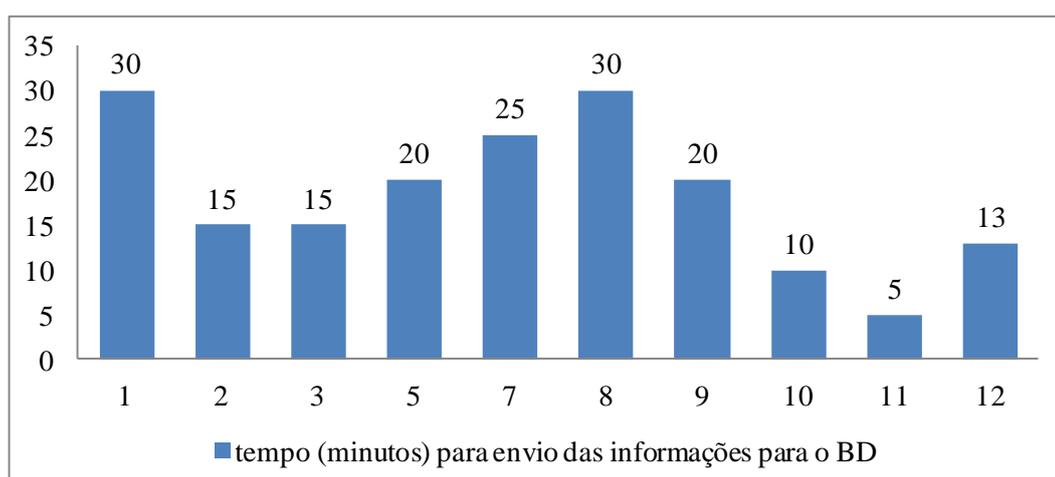


Figura 72: Tempo de sincronização dos dados coletados no *tablet* com o banco de dados

	Inserir PTE específico no BD	Filtrar informações e enviar para tablet	Coletar dados	Enviar informações para o BD
tempo médio	50 min	12 min	65 min	18 min
periodicidade	semanal	semanal	diário	diário

Figura 73: Tempo médio despendido em cada passo da utilização do modelo

Também foram encontradas dificuldades em fazer com que as informações geradas pela aplicação do modelo de controle integrado fossem utilizadas nas reuniões do LPS. Mesmo

que o banco de dados tenha sido compartilhado com a engenheira da obra, para que a mesma tivesse conhecimento das informações que estavam sendo coletadas no canteiro de obras, essas informações foram pouco utilizadas para a gestão da obra. Foram identificados dois prováveis motivos para essa dificuldade: (a) deficiências já existentes na implementação do LPS, uma vez que a análise e remoção das restrições para a execução das tarefas e o uso do plano de curto prazo como um compromisso com aquilo que deve ser feito não foram observados como uma prática constante na gestão da obra; e (b) mesmo com a realização do estudo para implementação do modelo proposto, ainda era necessário utilizar os procedimentos de gestão existentes, como o preenchimento da planilha de PPC semanal e das PVQ's.

5.3.4 Avaliação do modelo pelos gestores da empresa

Durante a apresentação dos resultados dessa etapa do estudo empírico, tanto o gerente de planejamento como a gerente de qualidade mostraram-se novamente surpresos com o baixo valor dos indicadores PPC, PPCQ e PPCR e com as perdas identificadas no canteiro de obras. A equipe de planejamento concordou que esses problemas podem estar fortemente relacionados com a falta de um planejamento de médio prazo eficiente. E, por isso, passaram a trabalhar na implementação de uma rotina de médio prazo nas obras. Segundo o gerente e a analista de planejamento que participaram da reunião, os resultados obtidos com a aplicação do modelo deveriam ser utilizados tanto nas reuniões de curto prazo quanto no planejamento de médio prazo, auxiliando na identificação de melhorias.

Ainda, o gerente de planejamento salientou que a identificação dos problemas não resultou apenas do uso do modelo de controle integrado, mas a todo o processo da pesquisa, incluindo a rotina de observações no canteiro de obras. Assim, foi apontada a necessidade em avaliar se o estagiário da obra seria a pessoa indicada para controlar o trabalho dos empreiteiros, como ocorre atualmente.

Para a gerente da qualidade, entre os benefícios em utilizar o modelo proposto destaca-se a facilidade em gerenciar as informações. O banco de dados do modelo possibilita armazenar as informações em um local único, mantendo um histórico dos pacotes de trabalho e facilitando o rastreamento das informações. Além disso, o modelo auxilia na identificação das causas de não conclusão com qualidade.

Para os gestores, apesar da importância dos resultados apresentados, é necessário avaliar a facilidade de uso do modelo proposto para justificar sua inclusão nos procedimentos gerenciais da empresa. Assim, foi definido que a equipe do setor de qualidade da empresa seria treinada para fazer uma aplicação do modelo no empreendimento A2, para avaliar sua aplicabilidade.

5.3.5 Considerações finais

A terceira etapa do estudo empírico permitiu testar a segunda versão do modelo de controle integrado, sendo coletados dados relacionados à conclusão de pacotes de trabalho, execução de pacotes informais, falta de terminalidade das atividades, perdas por *making-do* e verificação da qualidade. Com os dados coletados, foi possível calcular indicadores como PPC, PPCQ, PPCR, PPFT e PPI. Essa etapa também foi importante para identificar as melhorias necessárias no modelo de controle integrado, ocorrendo refinamentos no decorrer do estudo sempre que uma dificuldade era encontrada.

Os resultados obtidos da aplicação do modelo corroboram algumas evidências já identificadas na primeira etapa do estudo empírico, como as deficiências existentes na implementação do LPS, principalmente em relação à ausência do planejamento de médio prazo. A falta de uma rotina de reuniões de médio prazo contribui para a existência das perdas por *making-do*, que por sua vez, apresentam forte relação com os problemas de qualidade identificados. Além disso, foi observado que o planejamento semanal não é utilizado pela equipe de engenharia da obra como um compromisso com aquilo que deveria ser feito, fato esse que pode ser apontado como um dos motivos do baixo percentual do indicador PPC (média de 49%) e o grande percentual do indicador PPI (média de 22%).

Como nessa etapa do estudo foram acompanhados os serviços referentes à fase final da obra, como revestimento cerâmico e pintura, foi possível observar a propagação de problemas em tarefas precedentes, tais como concretagem da parede e instalações elétricas e hidráulicas, nos serviços de acabamentos. Essa propagação de defeitos é observada pela porcentagem de pacotes de trabalho não concluídos com qualidade (23%) devido à falta de qualidade na tarefa precedente.

Ainda, essa etapa do estudo permitiu identificar as dificuldades encontradas na implementação do modelo de controle integrado e fazer uma avaliação com os gestores da obra quanto à importância dos resultados obtidos com a implementação do modelo proposto.

5.4 ETAPA 4

5.4.1 Adaptação do modelo de controle integrado para o empreendimento A2

A adaptação do modelo para o empreendimento A2 envolveu apenas o registro de informações no banco de dados. Na entidade “PTgenerico” houve uma reorganização dos pacotes genéricos para facilitar a identificação dos mesmos no banco de dados. Também foi verificado se haviam sido cadastrados pacotes genéricos referentes a todos os serviços a serem executados durante a realização do estudo. Com essas alterações na tabela de pacotes genéricos, foi necessário também ajustar a entidade “PTgenerico *has* Criterio”. Além disso, foram cadastradas na entidade “Equipe”, as equipes envolvidas na execução dos pacotes de trabalho.

No entanto, a principal alteração no banco de dados foi o cadastro das casas do novo empreendimento na entidade “Instancia”, assim como o cadastro dos lotes de execução na entidade “Lote”, que por sua vez, tornaram necessária a alteração na entidade “Lote *has* Instancia”. Sempre que o modelo for utilizado em um novo empreendimento, essas três entidades precisam necessariamente ser alteradas conforme a implantação do empreendimento.

5.4.2 Aplicação pelas pesquisadoras do NORIE/UFRGS

A primeira semana de aplicação do modelo de controle integrado pelas pesquisadoras do NORIE/UFRGS foi uma fase de treinamento e conhecimento, pois apesar das pesquisadoras já terem participado da etapa 3 do estudo empírico, tratava-se de outro empreendimento no qual estavam sendo realizados serviços de fases diferentes daquelas acompanhadas no empreendimento A1, além de não haver a interferência desta pesquisadora na coleta de dados.

Já a aplicação do modelo nas quatro semanas seguintes, permitiu acompanhar os indicadores PPC e PPFT (Figura 74), além de identificar os pacotes informais executados no canteiro de obras (Figura 75). No entanto, os indicadores PPCQ e PPCR não puderam ser calculados, pois as pesquisadoras encontraram dificuldades em avaliar a qualidade dos pacotes de trabalho executados, uma vez que os estagiários de engenharia não tinham disponibilidade para acompanhar as pesquisadoras no canteiro de obras.

Em relação à falta de terminalidade, 80% dos casos observados estavam relacionados com o pacote genérico “Parede: concretagem”, que só deveria ser considerado como concluído após a execução dos arremates pós-concretagem. No entanto, este pacote foi dado como concluído sem a execução dos arremates, sendo esses realizados de maneira informal nas semanas posteriores. Como consequência, foi observado que pelo menos 23% dos pacotes informais por falta de terminalidade identificados no estudo referem-se à execução desses arremates pós-concretagem, que não são planejados nas reuniões de curto prazo.

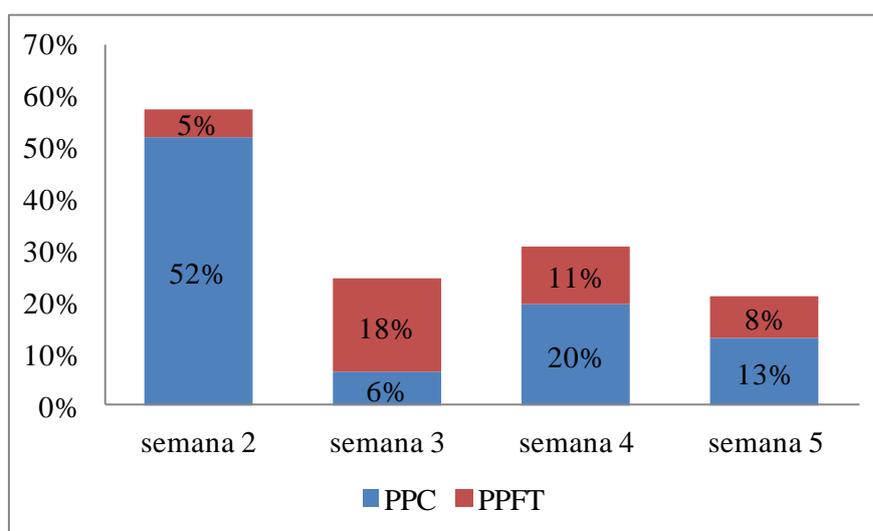


Figura 74: Indicadores PPC e PPFT – empreendimento A2

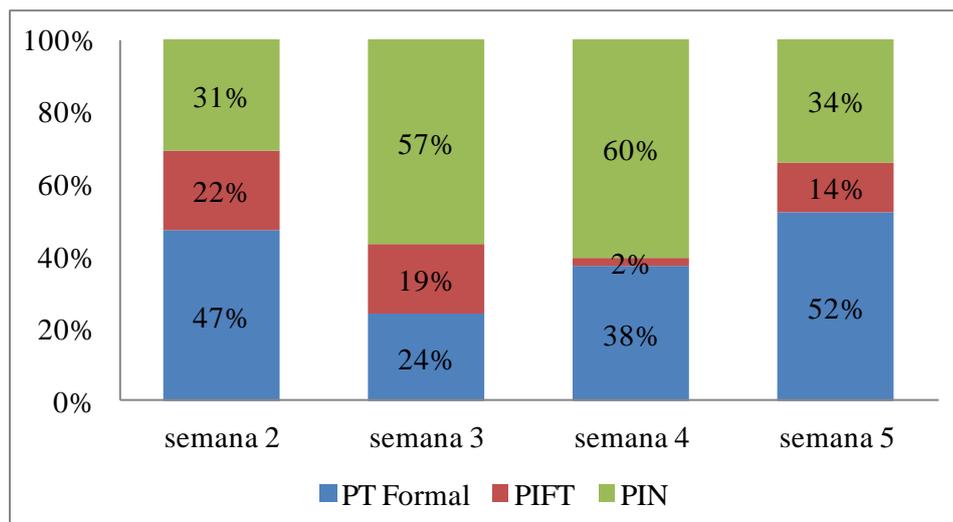


Figura 75: Tipos de pacotes de trabalho executados no empreendimento A2

A aplicação do modelo também permitiu identificar os eventos de *making-do* ocorridos durante a execução dos pacotes de trabalho. Os eventos identificados concentram-se nas categorias acesso/mobilidade, materiais/componentes, área de trabalho e sequenciamento (Figura 76). A falta de informação, de equipamentos/ferramentas adequados e de espaço foram as causas observadas para a ocorrência das improvisações, conforme apresentado na Figura 77. Ainda foi observado que 55% das perdas por *making-do* ocorreram em pacotes de trabalho informais e 34% não estavam diretamente relacionadas com algum pacote de trabalho específico (Figura 78).

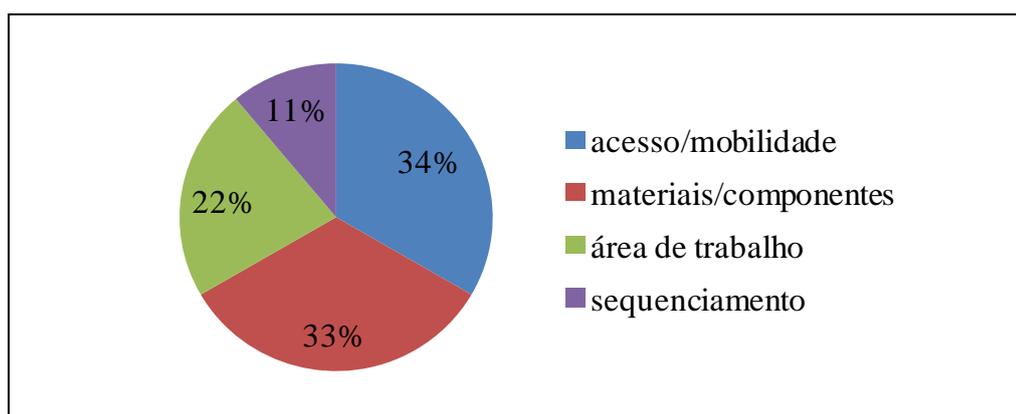


Figura 76: Categoria de perdas por *making-do* identificadas no empreendimento A2

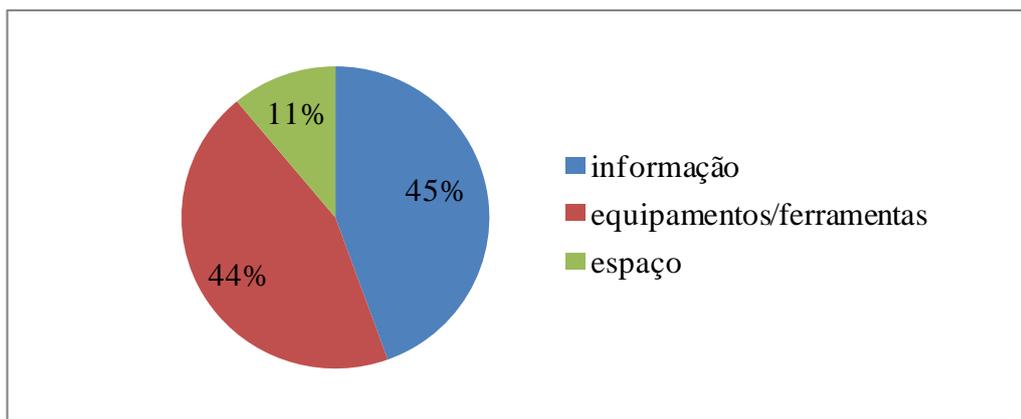


Figura 77: Natureza das perdas por *making-do* identificadas no empreendimento A2

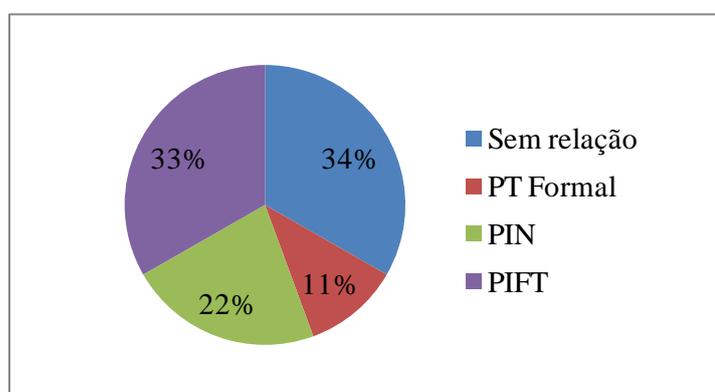


Figura 78: Tipos de pacotes de trabalho com perdas por *making-do*

Essa falta de relação entre as perdas por *making-do* e os pacotes de trabalho específicos, foi devido ao esquecimento das pesquisadoras em registrar o pacote de trabalho no qual estava ocorrendo a improvisação, ou devido às improvisações estarem sendo realizadas em pacotes de trabalho que não estavam sendo controlados através do modelo de controle integrado. A aplicação do modelo estava delimitada aos pacotes de trabalho relacionados à unidade-base. No entanto, houve casos em que a perda por *making-do* foi identificada durante o transporte de materiais, como por exemplo, quando as telas metálicas que seriam utilizadas na execução de um conjunto de casas estavam amarradas a uma retroescavadeira que as arrastava até o local onde seriam utilizadas.

Como a identificação das perdas por *making-do* é um tanto subjetiva, sendo necessário um conhecimento prévio do procedimento padrão de execução dos serviços, torna-se mais difícil o monitoramento dessas perdas por pesquisadores pouco experientes. Assim, nessa etapa do estudo empírico, a avaliação das perdas por *making-do* não foi realizada em profundidade

como na etapa anterior, devido a pouca experiência dos analistas envolvidos nessa análise subjetiva.

As perdas por *making-do* identificadas nessa etapa também não foram analisadas pelos engenheiros da obra como na etapa anterior. Assim, o impacto das perdas foi avaliado pela própria pesquisadora, considerando tanto as prováveis consequências como os impactos já verificados, destacando-se o retrabalho e a redução da qualidade (Figura 79). A Figura 80 apresenta o impacto gerado por uma das perdas por *making-do*, que apresentou recorrência, sendo observada em três pacotes de trabalho. Trata-se de uma perda da categoria materiais/componentes, na qual foi utilizado um kit inadequado de instalações hidráulicas. Foi disponibilizado para a equipe um kit para casa de um banheiro, sendo que a equipe estava executando as instalações hidráulicas em casas de dois banheiros. A natureza dessa perda foi a falta de informação quanto ao kit que deveria ser disponibilizado, gerando retrabalho, pois o radier teve que ser quebrado para ajustar as instalações hidráulicas conforme o projeto.

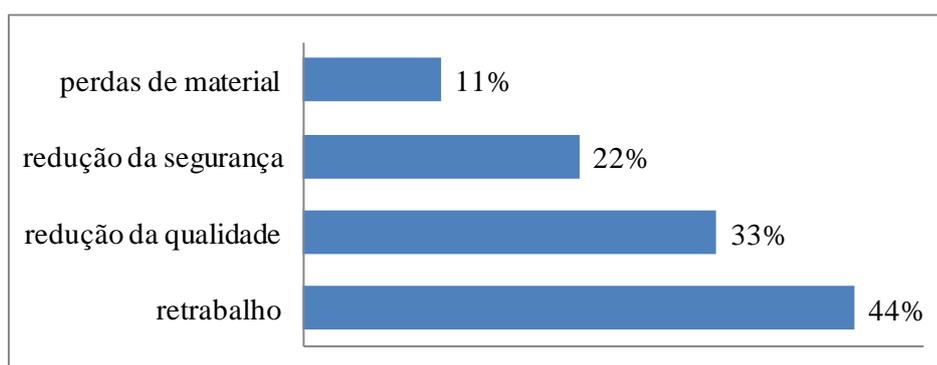


Figura 79: Impactos gerados pelas perdas por *making-do* no empreendimento A2



Figura 80: Retrabalho causado pela utilização de um kit de instalações hidráulicas incorreto

5.4.3 Considerações finais

A aplicação do modelo pelas pesquisadoras do NORIE/UFRGS teve algumas limitações devido à falta de envolvimento da equipe de engenharia durante a realização do estudo. Assim, não foi possível realizar a verificação da qualidade dos pacotes de trabalho concluídos, e conseqüentemente, os indicadores PPCQ e PPCR não foram calculados. No entanto, foi possível monitorar os pacotes informais em execução, assim como os indicadores PPC e PPFT, relacionado à falta de terminalidade das tarefas. Também foram identificadas algumas perdas por *making-do* durante a execução dos pacotes de trabalho, no entanto, essas perdas não foram analisadas em profundidade devido à falta de precisão dos dados.

Já na aplicação do modelo pelos usuários da empresa, foi realizada apenas a verificação da qualidade dos pacotes, devido às pessoas envolvidas na aplicação pertencerem ao setor de qualidade da empresa. As pessoas envolvidas foram a gerente e a auxiliar do setor de qualidade, e por se tratar de uma aplicação para avaliar a facilidade de uso do modelo, esses usuários realizaram aplicações esporádicas, não havendo um controle de indicadores.

5.5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DO ESTUDO EMPÍRICO

Os principais resultados obtidos no estudo empírico são apresentados na Figura 81. Pode-se observar que o PPC médio no empreendimento A1 manteve-se próximo a 50% nas duas etapas de coleta de dados realizadas nesse empreendimento. O indicador PPFT, monitorado nas etapas 3 e 4 do estudo, foi semelhante em ambos os empreendimentos. Já o indicador PPCR foi calculado apenas na etapa 3 do estudo.

O indicador PPI mostra a porcentagem de pacotes informais executados em cada uma das etapas do estudo, sendo calculado a partir da relação entre quantidade de pacotes informais e quantidade total de pacotes de trabalho executados. Ainda em relação aos pacotes informais, observa-se uma predominância dos pacotes da categoria novos (PIN) em relação aos pacotes da categoria falta de terminalidade (PIFT). Esses indicadores (PIN e PIFT) foram calculados a partir da relação entre quantidade de pacotes informais de cada uma das categorias (novos e falta de terminalidade) e número total de pacotes informais executados.

PRINCIPAIS RESULTADOS	ESTUDO EMPÍRICO		
	Etapa 1	Etapa 3	Etapa 4
Empreendimento	A1	A1	A2
PPC	51%	49%	23%
PPFT	-	8%	10%
PPCR	-	32%	-
PPI	34%	22%	60%
↳ PIFT	31%	11%	25%
↳ PIN	69%	89%	75%
MAKING-DO			
Categorias	acesso/mobilidade (27%)	sequenciamento (31%)	acesso/mobilidade (34%)
	materiais/componentes (27%)	área de trabalho (17%) armazenamento (17%)	materiais/componentes (33%)
Natureza	equipamentos e ferramentas (27%)	equipamentos e ferramentas (43%)	informações (45%)
	espaço (23%)	serviços interligados (39%)	equipamentos e ferramentas (44%)
Impactos	retrabalho (37%)	falta de terminalidade (38%)	retrabalho (44%)
	redução da segurança (32%)	diminuição da produtividade (24%)	redução da qualidade (33%)

Figura 81: Resumo dos principais resultados do estudo empírico

Em relação às perdas por *making-do* identificadas, essas foram principalmente das categorias acesso/mobilidade, materiais/componentes e sequenciamento. As duas primeiras categorias foram observadas principalmente nas etapas 1 e 4 do estudo empírico, quando estavam sendo executados radier, paredes e cobertura. Essa predominância da categoria acesso/mobilidade também foi observada por Sommer (2010) ao identificar perdas por *making-do* em processos de estrutura e alvenaria. Já as perdas por *making-do* da categoria sequenciamento foram identificadas principalmente durante a etapa 3 do estudo, quando estavam sendo executados serviços de acabamentos, como forro de gesso e pintura. Essa categoria de perda foi proposta por Fireman (2012) ao observar sua incidência também nos processos de estrutura e alvenaria, mas principalmente durante a execução dos revestimentos de forro e parede, o que indica que essa categoria de perda tende a ocorrer principalmente durante a execução de atividades de acabamentos.

Quanto à natureza dessas perdas por *making-do* identificadas, pode-se observar a falta de equipamentos e ferramentas adequados nas três etapas de coleta de dados. Nas etapas 1 e 4, a indisponibilidade desse pré-requisito estava relacionada principalmente às perdas por *making-do* da categoria acesso/mobilidade, e na etapa 3 à falta de uma bancada de trabalho para a execução da cerâmica. Já as perdas por *making-do* da categoria sequenciamento, identificadas na etapa 3 do estudo, ocorreram devido à interdependência dos serviços. Essa relação entre a categoria sequenciamento e a interdependência dos serviços também é observada no estudo realizado por Fireman (2012), no qual o autor aponta a relação da categoria sequenciamento com a falta de qualidade de serviços realizados anteriormente.

Os principais impactos gerados pelas perdas por *making-do* foram retrabalho, redução da segurança, redução da qualidade e falta de terminalidade. Assim como no estudo de Sommer (2010), a redução da segurança resulta principalmente das perdas por *making-do* da categoria acesso/mobilidade. Já a falta de terminalidade está relacionada principalmente às perdas por *making-do* da categoria sequenciamento, conforme já apontado por Fireman (2012).

5.6 AVALIAÇÃO FINAL DA SOLUÇÃO

O modelo proposto foi avaliado a partir dos constructos utilidade e aplicabilidade, apresentados no capítulo do método de pesquisa.

5.6.1 Utilidade da solução

No que se refere à contribuição do modelo para a **percepção da necessidade em realizar o controle integrado da produção e da qualidade**, essa necessidade foi percebida a partir da análise dos indicadores PPC, PPCQ e PPCR. Além do PPC ser considerado baixo, o PPCR indicou que a porcentagem real de pacotes concluídos, ou seja, que não necessitam de um retorno da equipe para finalizar pendências ou problemas de qualidade, é ainda menor. Ao tomar conhecimento desses indicadores, os gestores mostraram-se surpresos, pois o procedimento de verificação da qualidade utilizado na empresa não mostrava os reais problemas de qualidade que ocorrem na execução dos serviços e que geram uma grande quantidade de retrabalho no canteiro de obras. Ainda, como os pacotes de trabalho não eram verificados logo após sua conclusão, os problemas propagavam-se para as tarefas seguintes,

causando retrabalho não apenas na atividade de origem do problema, mas também nas tarefas posteriores. Quando a verificação da qualidade é realizada assim que o pacote de trabalho é concluído, é possível realizar ações corretivas imediatas para corrigir os problemas de qualidade identificados.

Quanto à contribuição do modelo para a **percepção da necessidade em monitorar pacotes informais e perdas por making-do**, pôde-se observar seu impacto na produção, gerando principalmente retrabalho e falta de terminalidade nas tarefas. As perdas por *making-do* da categoria sequenciamento estavam relacionadas com alguns dos problemas de qualidade identificados no canteiro de obras, o que indicava a necessidade de monitorar sua ocorrência para melhorar a qualidade dos pacotes de trabalho. No entanto, os gestores não consideraram como prioridade o monitoramento das perdas por *making-do*, demonstrando maior interesse em relação à integração do controle da produção e da verificação da qualidade. Já o monitoramento dos pacotes informais é considerado importante pelos gestores, pois possibilita que esses pacotes sejam avaliados pelo controle da qualidade da mesma forma que os pacotes planejados. Isso evita que os problemas de qualidade desses pacotes se propaguem para as demais tarefas.

Finalmente, no que se refere à contribuição dos resultados para a **definição de ações corretivas e preventivas**, os dados obtidos apontaram as deficiências na implementação do LPS na empresa. A falta de uma rotina de planejamento de médio prazo fez com que muitos pacotes de trabalho fossem planejados sem a remoção das restrições para sua execução. E, apesar da realização do planejamento semanal, esse não é utilizado pelos engenheiros da obra como um compromisso com o trabalho que deve ser realizado. Assim, os resultados do estudo empírico desencadearam um maior interesse da empresa em melhorar a implementação do LPS nas obras. Com isso, foi iniciado um trabalho entre o setor de planejamento da empresa e a equipe de engenharia dos empreendimentos, no qual foram realizados treinamentos para a implementação das reuniões de médio prazo. Ainda, os gestores concordam que as informações coletadas no canteiro de obras com o modelo de controle integrado deveriam ser utilizadas nas reuniões de médio e curto prazo, auxiliando na gestão do empreendimento.

5.6.2 Aplicabilidade da solução

A aplicabilidade foi avaliada a partir de quatro subconstructos: facilidade de uso, eficiência, adequação ao processo existente e possibilidade de continuação.

Em relação à **facilidade de uso**, foi captada a percepção dos usuários durante a aplicação do modelo de controle integrado. As vantagens identificadas em relação ao procedimento atual de controle utilizado na empresa foram:

- a) Compartilhamento do planejamento semanal entre os envolvidos no controle da obra, uma vez que no procedimento atual, muitas vezes, os pacotes de trabalho planejados são conhecidos no canteiro de obras apenas no final da semana, quando é verificada a conclusão dos mesmos, para calcular o indicador PPC;
- b) Possibilidade de verificar a qualidade assim que o pacote de trabalho é concluído, pois os critérios de qualidade estão disponibilizados no *tablet*;
- c) O armazenamento das informações em um banco de dados melhora a rastreabilidade dos processos, sendo mais fácil localizar as informações, além de facilitar a análise dos problemas mais recorrentes, o que possibilita a priorização de ações preventivas, auxiliando nos ciclos de aprendizagem do LPS;
- d) A compilação dos dados em um único local (*tablet*) reduz a quantidade de papéis que deve ser utilizada no canteiro de obras para realizar os controles, principalmente, em relação ao controle da qualidade;
- e) Com o uso de *tablets* para a coleta de dados, não é necessário reescrever as informações coletadas em cadernos e pranchetas. Conseqüentemente, como as planilhas de controle são preenchidas diretamente no canteiro de obras, os dados coletados representam a situação real da obra, tornando as informações mais confiáveis e atualizadas;
- f) O uso de *tablets* para o controle da obra também facilita a realização de registros fotográficos dos problemas identificados no canteiro de obras.

O modelo de controle integrado ainda é considerado de fácil compreensão para novos usuários, mas depende de alguns requisitos, como o nível de instrução do usuário e o conhecimento prévio de ferramentas de TI. Segundo os gestores da obra, engenheiros e estagiários de engenharia não teriam problemas em utilizar o modelo proposto. No entanto, em algumas obras o controle é realizado por mestres de obra e técnicos em edificações, que teriam mais dificuldades em utilizar ferramentas de TI. Assim, o módulo de campo, que seria utilizado por esses usuários, deveria ser o mais simples possível, sem a exigência de conhecimentos de TI.

Para as pesquisadoras do NORIE/UFRGS, outro fator fundamental que influencia na aplicação do modelo proposto é a experiência prévia do usuário em controle da produção e da qualidade. Por exemplo, é preciso ter conhecimento de quais tarefas estão incluídas nos pacotes de trabalho, para avaliar corretamente sua terminalidade. Também é necessário ter experiência na verificação da qualidade, pois alguns critérios são avaliados subjetivamente. Por isso houve a necessidade em ter o acompanhamento de um estagiário da obra durante a aplicação do modelo pelas pesquisadoras, sendo que a ausência do estagiário na etapa 4 do estudo dificultou a verificação da qualidade dos pacotes concluídos.

As dificuldades encontradas pelos usuários durante a aplicação do modelo de controle integrado estão relacionadas principalmente com o uso de ferramentas de TI. Foram apontadas pelos usuários algumas dificuldades de uso do *tablet* no canteiro de obras, como por exemplo, a dificuldade em visualizar as informações da tela, devido ao reflexo do sol. Também há a necessidade em manusear outras ferramentas (trena, esquadro, nível, entre outras) durante a verificação da qualidade, o que dificulta o cuidado com o *tablet*, que precisa ser apoiado em algum local.

Ainda, foram apontadas dificuldades relacionadas com o uso de planilhas em *Excel*, utilizadas para testar a modelagem de dados e o módulo de campo. A dificuldade identificada ao utilizar o *software MS Excel* para o banco de dados refere-se ao uso de algumas funções por usuários que não tem domínio do *software*. O uso de planilhas em *Excel* para o módulo de campo também foi apontada como um problema, pois é difícil visualizar e inserir informações, devido à extensão das planilhas e ao tamanho das células.

Como foram utilizados dois arquivos em *Excel* desvinculados, um para o banco de dados e outro para o módulo de campo, foi apontada pelos usuários a dificuldade em sincronizar os

arquivos. Ou seja, para enviar as informações de um arquivo para outro, era necessário uma rotina de “copiar/colar” que, além de despender tempo, pode resultar em algum erro causado por distrações.

Ainda, como não há um banco de dados interno no *tablet*, foi apontada a dificuldade em avaliar a qualidade dos pacotes informais. Ao identificar um pacote informal, o mesmo deve ser inserido na planilha “pacotes” do módulo de campo; no entanto, os critérios de verificação da qualidade só serão vinculados ao pacote, após seu registro no banco de dados. Essa dificuldade poderia ser resolvida se houvesse um banco de dados interno no *tablet*, com a tabela de relação entre pacotes genéricos e critérios de qualidade.

Também foi apontada por uma das pesquisadoras a dificuldade em identificar se um pacote de trabalho específico já foi inserido no banco de dados anteriormente. Por exemplo, alguns pacotes informais já concluídos, eram planejados nas semanas seguintes pela engenheira da obra. Assim, o banco de dados poderia detectar quando um pacote específico já foi realizado ou concluído, evitando duplicidade de informações.

Os usuários também sugeriram algumas melhorias que poderiam facilitar a aplicação do modelo de controle integrado, como a visualização da implantação do empreendimento e o uso de um sistema de georreferenciamento para auxiliar na localização no canteiro de obras. Por tratar-se de empreendimentos horizontais, com canteiros de obra extensos, houve dificuldade em se localizar no canteiro e identificar os lotes onde havia pacotes planejados. Também foi apontada a possibilidade de acessar facilmente os projetos do empreendimento, para auxiliar na verificação da qualidade. Ainda, foi sugerido o desenvolvimento de um aplicativo específico para o módulo de campo, ao invés de utilizar as planilhas em *Excel*, o que poderia tornar mais simples e mais fácil a coleta de dados no canteiro de obras, tornando possível a aplicação do modelo por usuários de menor nível de instrução.

A **eficiência** foi avaliada a partir da análise do tempo despendido na aplicação do modelo proposto no canteiro de obras durante a etapa 3 do estudo empírico. A avaliação foi baseada nessa etapa do estudo, pois foi uma aplicação mais completa do modelo, na qual foram coletados dados relacionados tanto à conclusão e terminalidade dos pacotes, quanto à verificação da qualidade, que é a atividade que despense maior quantidade de tempo.

Conforme apresentado na Figura 82, foi monitorado o tempo despendido em 22 aplicações durante a etapa 3 do estudo, sendo que o tempo médio de coleta foi 65 minutos, variando

entre 25 e 120 minutos, dependendo da quantidade de pacotes concluídos e da quantidade de verificações da qualidade realizadas. Por exemplo, na aplicação número 8, na qual foi despendido 120 minutos, foi identificada a conclusão de 20 pacotes de trabalho e foi realizada a verificação da qualidade de 10 pacotes.

Segundo os gestores da empresa, 120 minutos é um tempo adequado para a realização do controle da produção e da qualidade, pois essa é uma das principais tarefas dos estagiários da obra. Como a carga horária dos estagiários é de seis horas diárias, seria viável reservar 30% desse tempo para a realização de um controle integrado diário.

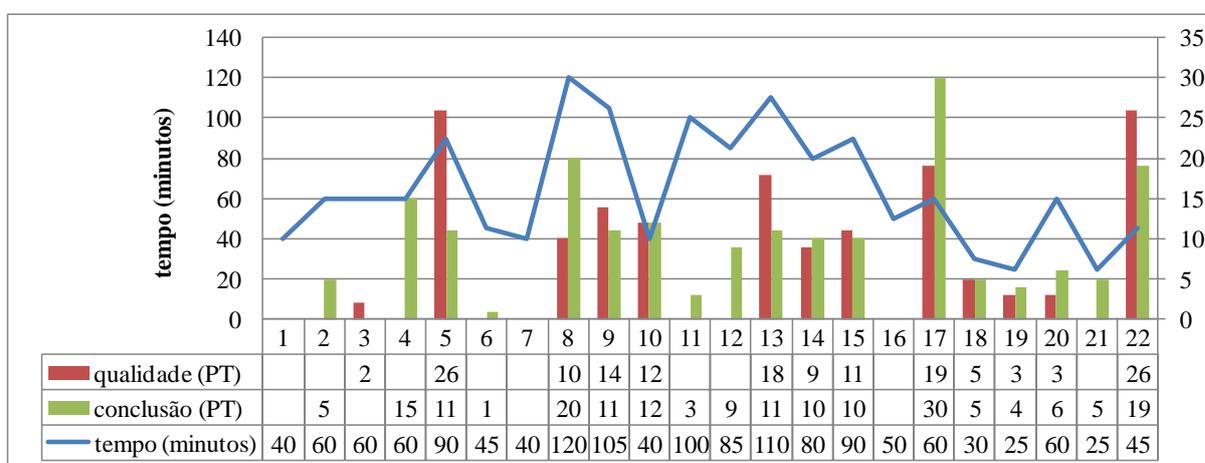


Figura 82: Tempo despendido em 22 dias de aplicação do modelo na etapa 3

Quanto à **adequação ao processo existente**, foi realizada uma avaliação em relação à possibilidade de implementação do modelo em outras obras e também quanto à possibilidade de inserção do modelo aos procedimentos da empresa. Para avaliar a implementação em outras obras, o modelo foi aplicado no empreendimento A2 durante a etapa 4 do estudo empírico. No entanto, como se tratava de um empreendimento muito semelhante ao empreendimento A1, sendo necessário apenas fazer uma revisão dos pacotes genéricos e atualizar os critérios de qualidade, além de cadastrar a numeração das casas conforme implantação e definir os lotes de execução, essa avaliação foi limitada. Assim, como a empresa trabalha com outras tipologias, os gestores consideram importante avaliar a implementação do modelo em empreendimentos verticais e também em empreendimentos horizontais com padrão mais elevado, uma vez que os empreendimentos envolvidos nesse estudo pertencem ao PMCMV. Essas outras tipologias diferem dos empreendimentos do estudo principalmente em relação ao sistema construtivo adotado, tipo de unidade repetitiva

(casa, sobrado, apartamento ou pavimento), quantidade de pacotes de trabalho e tipos de pacotes informais executados. Essas características podem interferir no uso do conceito de pacote de trabalho genérico, que são aqueles pacotes que se repetem na unidade-base do empreendimento, e também no controle da qualidade, em função do tamanho do lote de produção utilizado.

Quanto à possibilidade de inserção do modelo nos procedimentos da empresa, os gestores consideram viável, desde que ocorram algumas mudanças, tanto na empresa quanto no modelo. Em relação à empresa, é necessária a introdução de melhorias gerenciais mais amplas. Por exemplo, a empresa apresenta deficiências relacionadas à implementação do LPS, que precisam ser melhoradas para que o modelo de controle integrado possa ser eficaz e trazer benefícios. Já as mudanças necessárias no modelo estão relacionadas ao uso de TI. É preciso simplificar o sistema de informações, principalmente o módulo de campo, através do desenvolvimento de um aplicativo que facilite a coleta e a sincronização dos dados, podendo ser utilizado por qualquer usuário, mesmo por aqueles que não possuem conhecimento e domínio de ferramentas de TI. Conforme mencionado pelos gestores, o uso de planilhas *Excel* para a coleta de dados é um dos fatores que mais dificultam a adoção do modelo como um procedimento padrão da empresa.

No que se refere à **possibilidade de continuação**, foi observada uma resistência por parte dos usuários da empresa em utilizar o modelo proposto sem a interferência da pesquisadora. Chegou a ser realizado um treinamento com uma técnica em edificações no empreendimento A1, mas não houve comprometimento da mesma em utilizar o modelo na ausência das pesquisadoras do NORIE/UFRGS. Para os gestores da obra, essa resistência está relacionada com o nível de instrução do usuário e com a falta de conhecimento de TI.

No entanto, houve interesse da empresa em testar o modelo, sendo envolvidas duas pessoas do setor de qualidade durante a etapa 4 do estudo para realizar a avaliação do modelo. Também há interesse em testar o modelo em outras obras da empresa, principalmente em empreendimentos verticais. Os gestores ainda consideram a possibilidade em adotar o modelo proposto como procedimento padrão, após a introdução de melhorias nos processos gerenciais da empresa e se houver uma evolução em relação às ferramentas de TI utilizadas.

5.7 PROPOSTA FINAL DO MODELO DE CONTROLE INTEGRADO DA PRODUÇÃO E DA QUALIDADE

Ao longo da realização do estudo empírico, a segunda versão do modelo de controle integrado, apresentada no item 5.2 desse capítulo, foi sendo refinada a fim de melhorar o processo de coleta de dados no canteiro de obras e tornar a modelagem de dados mais adequada. Esse item apresenta a versão final do modelo de controle integrado, sendo apontadas as alterações realizadas durante a realização do estudo.

5.7.1 Processo de coleta de dados

Em relação ao processo de coleta de dados (Figura 83) foi incluído um passo para avaliar a falta de terminalidade dos pacotes de trabalho. Durante a aplicação do modelo no canteiro de obras, foi verificado que alguns pacotes de trabalho eram dados como concluídos pelas equipes e pela engenharia, mas, ao avaliar a qualidade, era verificado que o pacote não havia sido realmente concluído, sendo necessário o retorno da equipe para finalizar alguma pendência. Assim, após o pacote de trabalho ser dado como concluído pela equipe, deve-se avaliar se o mesmo apresenta falta de terminalidade. Em caso positivo, deve ser planejado um pacote de trabalho para conclusão do serviço na próxima semana, evitando a ocorrência de um pacote informal. No entanto, se ainda houver tempo disponível na semana, deve ser solicitado à equipe a finalização do serviço.

Outra modificação realizada no processo de coleta de dados está relacionada com a identificação dos motivos de não conclusão e de não qualidade dos pacotes de trabalho. Inicialmente, esses motivos deveriam ser identificados no canteiro de obras no momento da coleta de dados. No entanto, verificou-se que os engenheiros da obra são as pessoas adequadas para avaliar esses motivos e que a coleta de dados deve ser um processo rápido e simples, podendo ser realizado pelos estagiários da obra. Assim, quando os pacotes de trabalho não são concluídos ou apresentam problemas de qualidade, essas informações são enviadas para o banco de dados para que o engenheiro possa avaliar os motivos de não conclusão ou de não qualidade. Esses motivos devem ser discutidos durante as reuniões de curto prazo a fim de melhorar o planejamento da obra.

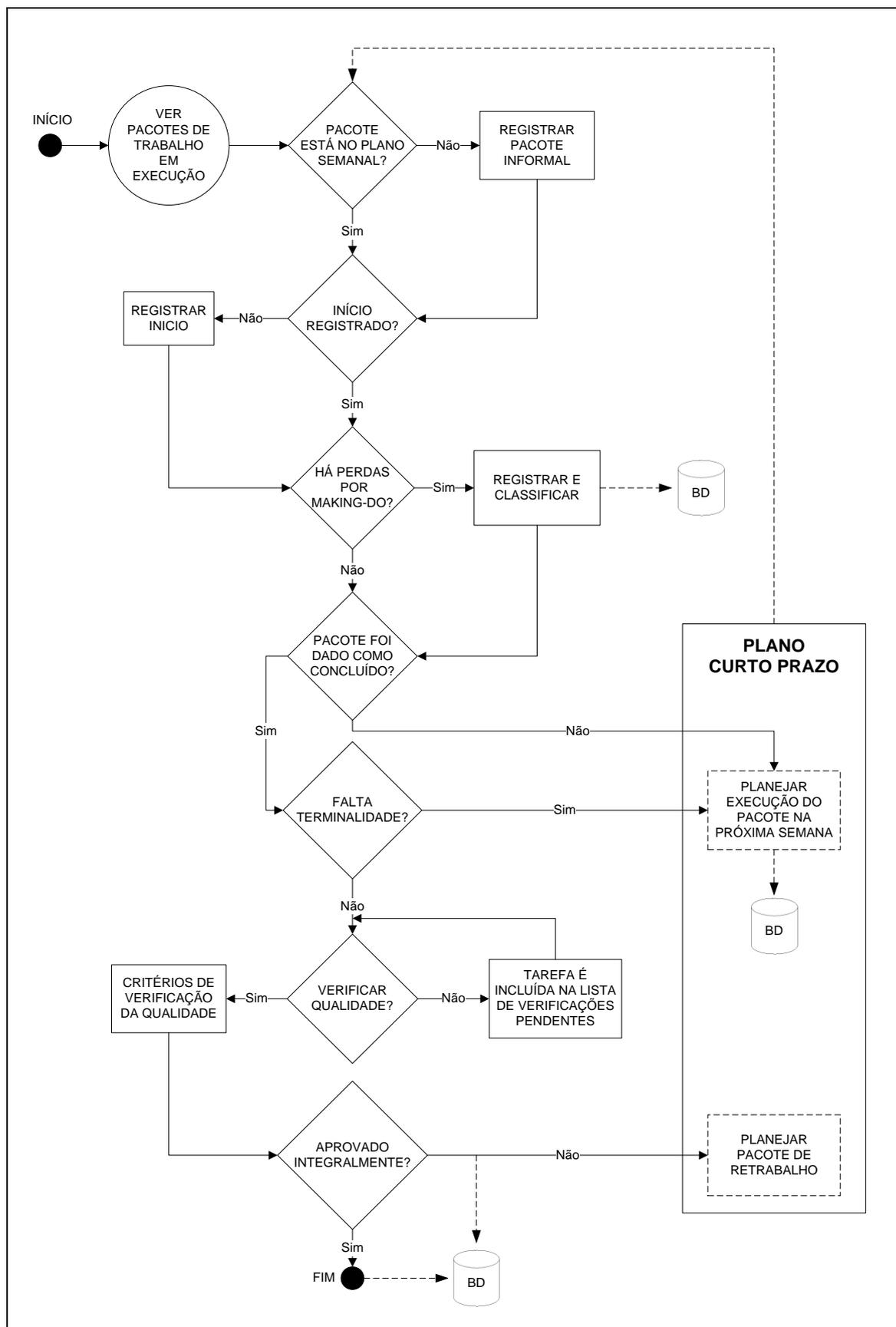


Figura 83: Fluxo do processo de coleta de dados – versão final

Quanto às perdas por *making-do* identificadas durante a execução dos pacotes de trabalho, após seu registro e classificação, as mesmas devem ser enviadas para o banco de dados para posterior análise dos engenheiros da obra. Essa análise é realizada conforme o método proposto por Fireman (2012), avaliando se a improvisação fornece alguma inovação ao sistema de produção, e caso negativo, aplicando a matriz de severidade e probabilidade para avaliar o risco e os impactos da improvisação identificada. As perdas por *making-do* identificadas devem ser discutidas nas reuniões de médio prazo, para que se possa melhorar o processo de remoção das restrições para execução dos pacotes de trabalho.

5.7.2 Modelagem conceitual

A Figura 84 apresenta o diagrama ERD da versão final da modelagem de dados proposta para o modelo de controle integrado. Conforme apresentado no item 5.2.2, a modelagem de dados é composta por três módulos integrados: pacote de trabalho, *making-do* e qualidade. No módulo pacote de trabalho, foi incluído o atributo “falta de terminalidade” na entidade “PTEspecífico”, que informa quando o pacote de trabalho é dado como concluído pela equipe mas é necessário retornar ao local para finalizar alguma pendência.

No módulo qualidade, foram inseridos os atributos “observações” e “foto”. O atributo “observações” é um campo para fazer anotações relacionadas à verificação da qualidade, como por exemplo, quando apenas uma das instâncias do lote apresenta não-conformidades. Já o atributo “foto” tem a finalidade de registrar os problemas de qualidade identificados durante a verificação do pacote de trabalho. Essas fotos podem ser utilizadas pela engenharia da obra na elaboração de relatórios a serem compartilhados com as equipes envolvidas, ilustrando as perdas por retrabalho.

Já no módulo *making-do*, foi incluída uma nova entidade denominada “Análise *Making-do*”, para avaliação das improvisações identificadas durante a realização dos pacotes de trabalho. Essa tabela é baseada na matriz para avaliação de risco proposta por Fireman (2012), sendo registradas a probabilidade de ocorrência da perda e sua severidade, assim como o risco e os impactos gerados na produção. Se a improvisação tratar-se de uma inovação para o sistema produtivo, a informação é registrada nessa tabela, para posterior divulgação às equipes.

proposto por Ballard e Howell (1997). Segundo os referidos autores, essa técnica consiste na elaboração de um plano detalhado para execução de uma tarefa, colocando-o em prática no primeiro ciclo de repetição e propondo melhorias a fim de estabelecer um padrão para sua execução. Assim, essa técnica poderia auxiliar na definição do procedimento padrão a ser seguido na execução de cada pacote genérico.

Para que os pacotes de trabalho possam ser avaliados pelo Sistema de Qualidade, devem ser definidos para cada pacote genérico, os critérios de qualidade que devem ser verificados. O ideal é que todos os pacotes de trabalho sejam verificados a partir de critérios de qualidade pré-definidos. No entanto, podem ser analisados quais os pacotes genéricos são mais críticos e defini-los como pontos de verificação da qualidade, definindo então os critérios que devem ser utilizados na sua avaliação. O importante é evitar que os pacotes de trabalho sejam realizados antes que o pacote anterior tenha sido concluído com qualidade.

Ainda, para que seja possível um controle integrado da produção e da qualidade, o lote de produção deve ser definido em função do tamanho do lote de verificação da qualidade. Ou seja, se o controle de qualidade deve ser realizado para cada dupla de casas, não se pode ter um pacote de trabalho com um lote de produção maior que duas unidades. E, quanto maior o lote de verificação da qualidade, mais difícil torna-se o registro dos problemas identificados, assim como a rastreabilidade desses problemas no sistema de informação.

O uso da LBS pode auxiliar na definição dos lotes de produção, uma vez que cada pacote de trabalho está relacionado com um nível de hierarquia. Por exemplo, enquanto a concretagem da parede está relacionada com a hierarquia “casa”, a execução da sarjeta, assim como outros serviços de infraestrutura, pode estar relacionada com a hierarquia “quadra”.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Esse capítulo apresenta as principais conclusões obtidas a partir da realização dessa pesquisa, assim como as sugestões para trabalhos futuros.

6.1 PRINCIPAIS CONCLUSÕES

A questão principal dessa pesquisa é **“como realizar um controle integrado da produção e da qualidade capaz de monitorar as perdas causadas pela falta de terminalidade das tarefas e pela execução de pacotes informais?”**. Esta questão foi proposta devido à necessidade de melhorar os sistemas de gestão da construção civil e reduzir algumas perdas como *making-do*, retrabalho e trabalho em progresso.

O presente estudo pode ser caracterizado como pesquisa construtiva, tendo como principal produto **um modelo de controle integrado da produção e da qualidade, vinculado ao Sistema Last Planner, capaz de monitorar as perdas na construção civil causadas pela falta de terminalidade das tarefas e pela execução de pacotes informais**. Foi proposto um fluxo para o processo de coleta de dados no canteiro de obras que contempla o monitoramento de pacotes de trabalho em execução, identificação de perdas por *making-do* e de falta de terminalidade, além da verificação da qualidade dos pacotes de trabalho concluídos. Ainda, para viabilizar a avaliação dos pacotes de trabalho pelo sistema de qualidade, foi proposto o conceito de “pacote de trabalho genérico”. Esse conceito surgiu da análise dos registros de planejamento de curto prazo de obras similares, que mostrou que os pacotes de trabalho se repetiam em todas as casas do empreendimento. Assim, foi padronizada a nomenclatura desses pacotes de trabalho repetitivos, chamando-os de pacotes de trabalho genéricos. Cada pacote de trabalho genérico está relacionado com critérios de qualidade pré-definidos, utilizados para verificar a qualidade de pacotes de trabalho concluídos.

Ao realizar o controle integrado da produção e da qualidade, há uma quantidade considerável de dados que devem ser processados pela mesma pessoa, além da necessidade de sincronização de alguns controles. A literatura aponta que o uso da tecnologia de informação no canteiro de obras tem forte potencial para melhorar os processos de gestão da construção civil, auxiliando na coleta e no gerenciamento de informações. Assim, foi proposto um sistema de informações composto por um banco de dados e um módulo de campo. Em relação

ao banco de dados, foi desenvolvida uma modelagem de dados a serem armazenados no sistema de informações e suas relações. Já o módulo de campo trata-se de uma interface para coleta de dados no canteiro de obras com o auxílio de *tablets*.

O modelo proposto foi aplicado em dois empreendimentos de uma empresa construtora envolvida na construção de condomínios horizontais financiados pelo PMCMV. A aplicação do modelo de controle integrado permitiu monitorar a conclusão de pacotes de trabalho, a execução de pacotes informais, perdas por *making-do*, falta de terminalidade dos pacotes, além de avaliar a qualidade dos pacotes de trabalho concluídos, sendo possível calcular diferentes indicadores, referentes à eficácia do planejamento (PPC), grau de integração da gestão da qualidade com o PCP (PPCQ e PPCR), e grau de formalização do PCP (PPI). Os resultados obtidos a partir da aplicação do modelo de controle integrado apontam a importância em realizar os planejamentos de médio e curto prazo, a fim de identificar e remover as restrições dos pacotes de trabalho, evitando assim a ocorrência das perdas por *making-do*. As informações geradas pela aplicação do modelo de controle integrado devem ser utilizadas nas reuniões do LPS, de maneira que os pacotes com falta de terminalidade e problemas de qualidade possam ser planejados, evitando a execução de pacotes informais, e que a identificação das perdas por *making-do* contribua para melhorar o processo de remoção de restrições.

Foram estabelecidas duas proposições para essa pesquisa. A primeira é que o uso da TI para coleta e processamento de dados pode contribuir no controle integrado da produção e da qualidade, reduzindo tempo e esforços. Após a realização do trabalho, pode-se afirmar que o uso da TI é essencial para a implementação do modelo de controle proposto, devido à quantidade de dados que devem ser coletados e processados. Na etapa 3 do estudo empírico, por exemplo, foram inseridos no modelo 391 pacotes de trabalho específicos, média de 78 pacotes por semana, que deveriam ser controlados diariamente. No entanto, devido ao sistema de informações utilizado tratar-se apenas de um protótipo para avaliação, não foi possível alcançar os benefícios que a TI poderia fornecer, sendo necessário realizar melhorias nas ferramentas utilizadas.

A segunda proposição é que o controle integrado da produção e da qualidade pode contribuir para reduzir as perdas geradas pela execução de pacotes informais, que surgem para finalizar os serviços com falta de terminalidade. A aplicação do modelo de controle integrado permitiu

monitorar a execução de pacotes informais e a falta de terminalidade. No entanto, não foi possível observar a redução das perdas por *making-do*, retrabalho e trabalho em progresso, devido às deficiências da empresa na implementação do LPS, que não permitiram a realização de ações corretivas e preventivas para a redução das perdas identificadas.

Foi observado que as perdas por *making-do* identificadas durante o estudo ocorrem principalmente por deficiências no sistema de planejamento e controle da obra. Por exemplo, as reuniões de planejamento de médio prazo, que têm por finalidade identificar e remover as restrições dos pacotes de trabalho, não são realizadas. Dessa forma, entram no planejamento semanal, pacotes de trabalho que não estão aptos a serem realizados. E durante a execução desses pacotes, surgem improvisações devido à indisponibilidade de pré-requisitos.

Nas etapas 1 e 4 do estudo empírico, quando estavam sendo realizadas atividades relacionadas à estrutura das casas, como radiers, paredes e cobertura, a maior parte das perdas por *making-do* identificadas são das categorias acesso/mobilidade e materiais/componentes, gerando principalmente redução da segurança, redução da qualidade e retrabalho. Já na etapa 3, quando os serviços executados eram referentes à fase de acabamentos, as perdas por *making-do* concentravam-se principalmente, na categoria sequenciamento, gerando falta de terminalidade nos serviços, e aumentando assim, a quantidade de trabalho em progresso.

Comparando os resultados obtidos nesse estudo com os resultados de estudos anteriores sobre *making-do* (FIREMAN, 2012; SOMMER, 2010), observam-se semelhanças em relação às perdas identificadas. É possível observar que, nas obras onde foram acompanhados serviços relacionados à estrutura, houve uma maior frequência de perdas por *making-do* na categoria acesso/mobilidade. Já as improvisações relacionadas à categoria sequenciamento são frequentes durante a execução de serviços de acabamentos e, conforme já apontado por Fireman (2012), possuem uma forte relação com a falta de terminalidade das tarefas.

Ainda em relação à identificação das perdas por *making-do*, foi observada a dificuldade de monitoramento dessas perdas por observadores pouco experientes, devido ao não conhecimento do procedimento padrão de execução dos serviços e ao caráter subjetivo dessa análise.

6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Nesse item são apresentadas as sugestões para trabalhos futuros a serem realizados sobre controle integrado da produção e da qualidade:

- a) Aplicar o modelo de controle integrado proposto em outros empreendimentos, com tipologias diferentes, como por exemplo, empreendimentos verticais, para avaliar sua aplicabilidade em outros contextos;
- b) Integrar tecnologia BIM ao modelo proposto, a fim de melhorar a visualização e o compartilhamento de informações importantes para o controle integrado;
- c) Utilizar as tecnologias BIM e Realidade Aumentada para visualizar os procedimentos de execução dos serviços, auxiliando na identificação das perdas por *making-do*;
- d) Utilizar a tecnologia de Realidade Aumentada para auxiliar na verificação da qualidade;
- e) Empregar a tecnologia GPS para auxiliar na localização nos canteiros de obras durante a realização do controle integrado;
- f) Desenvolver ferramentas de TI, como aplicativos para *tablet*, que auxiliem na coleta de dados no canteiro de obras, para o controle integrado da produção e da qualidade.

REFERÊNCIAS

- ALARCÓN, L. et al. Assessing the impacts of implementing lean construction. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 13, 2005, Sydney. **Proceedings...** Sydney: IGLC, 2005. p. 387-393.
- ALEXANDRE, I. F. **Manifestações patológicas em empreendimentos habitacionais de baixa renda executados em alvenaria estrutural: uma análise da relação de causa e efeito**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- ALVES, T. **Diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras: proposta baseada em estudos de caso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- ANTUNES JR., J. A. V.; KLIPPEL, M. Análise crítica do inter-relacionamento das perdas e dos subsistemas do Sistema Toyota de Produção. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 22, 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2002. p. 1–8.
- ARDITI, D.; GUNAYDIN, H. M. Total quality management in the construction process. **International Journal of Project Management**, v. 15, n. 4, p. 235–243, ago. 1997.
- ARENTSEN, A. L.; TIEMERSMA, J. J.; KALS, H. J. J. The integration of quality control and shop floor control. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 9, n. 2, p. 113–130, jan. 1996.
- BACHY, G.; HAMERI, A. P. What to be implemented at the early stage of a large-scale project. **International Journal of Project Management**, v. 15, n. 4, p. 211–218, ago. 1997.
- BALLARD, G. Lookahead planning: the missing link in production control. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 5, 1997, Australia. **Proceedings...** Australia: IGLC, 1997.
- BALLARD, G. **The last planner system of production control**. Thesis (Ph.D) - School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 2000.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Implementing lean construction: improving downstream performance. **Lean construction**, p. 111–125, 1997.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding production: essential step in production control. **Journal of Construction Engineering and Management**, 1998.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. An update on last planner. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 11, 2003, Virginia. **Proceedings...** Virginia: IGLC, 2003.
- BARBOSA, G. et al. Sistema informatizado de gestão da produção. In: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, 3; Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, 6, 2013, Campinas. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2013.

BARRETT, F. Coda—creativity and improvisation in jazz and organizations: Implications for organizational learning. **Organization Science**, v. 9, n. 5, p. 605–622, 1998.

BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

BERR, L. **Proposta de um método para coleta, processamento e análise de dados da qualidade em obras de habitação de interesse social por parte de um agente externo à produção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

BIJ, H. VAN DER; EKERT, J. VAN. Interaction between production control and quality control. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 19, p. 674–690, 1999.

BOWDEN, S. et al. Mobile ICT support for construction process improvement. **Automation in Construction**, v. 15, n. 5, p. 664–676, set. 2006.

BOWDEN, S. et al. Making the case for mobile IT in construction. **Computing in Civil Engineering**, p. 1–12, 2005.

BOWDEN, S.; THORPE, A. Mobile communications for on-site collaboration. In: **Proceedings of the ICE-Civil Engineering**. Thomas Telford, 2002. p. 38–44.

BRADY, D.; TZORTOPOULOS, P.; ROOKE, J. An examination of the barriers to last planner implementation. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 19, 2011, Lima. **Proceedings...** Lima: IGLC, 2011.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Portaria n. 134, de 18 de dezembro de 1998**. Disponível em: <http://www4.cidades.gov.br/pbqp-h/download_doc.php>. Acesso em: 29 jul. 2013.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil - SiAC**. Disponível em: <http://www.pbqp-h.com.br/arquivos/download/Regimento_SiAC_completo.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2013.

BRASIL. **Plano Nacional de Habitação**. Brasília: Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação, 2009.

BRASIL. **Avanços e desafios: política nacional de habitação**. Brasília: Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Habitação, 2010.

BRASIL. **Minha Casa, Minha Vida alcançou 75% de contratos da meta para 2014**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/>>. Acesso em: 16 ago. 2013.

BRIDI, M. E. **Protocolo de Avaliação de Práticas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho no Setor da Construção Civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

- BURATI, J. L.; FARRINGTON, J. J.; LEDBETTER, W. B. Causes of Quality Deviations in Design and Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 118, n. 1, p. 34–49, mar. 1992.
- CHEN, Y.; KAMARA, J. M. A framework for using mobile computing for information management on construction sites. **Automation in Construction**, v. 20, n. 7, p. 776–788, nov. 2011.
- CHOO, H.; TOMMELEIN, I. Workmoveplan: database for distributed planning and coordination. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 8, 2000, Brighton. **Proceedings...** Brighton: IGLC, 2000.
- CHOO, H.; TOMMELEIN, I. Requirements and barriers to adoption of last planner computer tools. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 9, 2001, Singapura. **Proceedings...** Singapura: IGLC, 2001.
- CHOO, H.; TOMMELEIN, I.; BALLARD, G. WorkPlan: Constraint-based database for work package scheduling. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 125, n. 3, p. 151–160, 1999.
- CIBORRA, C. Notes on improvisation and time in organizations. **Accounting, management and information technologies**, v. 9, n. 2, p. 77-94, 1999.
- CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. **Enhanced work packaging: design through workforce execution**. 2011.
- CUNHA, M. P. **Bricolage in organizations**. 2005.
- CUNHA, M. P. E; CUNHA, J. V. DA; KAMOCHE, K. Organizational Improvisation: What, When, How and Why. **International Journal of Management Reviews**, v. 1, n. 3, p. 299–341, set. 1999.
- DAVIS, W.; YEN, D. Entity-relationship diagrams. In: **The Information System Consultant's Handbook: Systems Analysis and Design**. CRC Press ed. New York, 1999.
- FENG, P. P.; TOMMELEIN, I. D.; BOOTH, L. Modeling the effect of rework timing: case study of a mechanical contractor. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 16, 2008, Manchester. **Proceedings...** Manchester: IGLC, 2008.
- FERNANDES, F. C. F.; FILHO, M. G.; BONNEY, M. A proposal for integrating production control and quality control. **Industrial Management & Data Systems**, v. 109, n. 5, p. 683–707, 2009.
- FIESS, J. et al. Causas da ocorrência de manifestações patológicas em conjuntos habitacionais do estado de São Paulo. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 10, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 2004.
- FIREMAN, M. C. T. **Proposta de método de controle integrado produção e qualidade, com ênfase na medição de perdas por making-do e retrabalho**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- FIREMAN, M. C. T.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. Integrating production and quality control: monitoring making-do and unfinished work. In: Annual Conference of the

International Group for Lean Construction, 21, 2013, Fortaleza. **Proceedings...**Fortaleza: IGLC, 2013.

FLACH, L.; ANTONELLO, C. Improvisação e Aprendizagem nas Organizações: Reflexões a partir da Metáfora da Improvisação no Teatro e na Música. In: Encontro da ANPAD, 32, 2008, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, EnANPAD, 2008.

FORMOSO, C. et al. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

FORMOSO, C. et al. An exploratory study on the measurement and analysis of making-do in construction sites. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 19, 2011, Lima. **Proceedings...** Lima: IGLC, 2011.

FORMOSO, C.; ISATTO, E.; HIROTA, E. Method for waste control in the building industry. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 7, 1999, Berkeley. **Proceedings...** Berkeley: IGLC, 1999.

FORMOSO, C. T. **A knowledge based framework for planning house building projects**. Thesis (Ph.D) - Department of Quantity and Building Surveying, University of Salford, Salford, 1991.

GLOBERSON, S. Impact of various work-breakdown structures on project conceptualization. **International Journal of Project Management**, v. 12, n. 3, p. 165–171, ago. 1994.

GROSSKOPF, J.; MENEZES, A. S.; SANTOS, D. G. Proposal of activities that facilitate work in order to avoid workflow interruptions caused by making-do. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 21, 2013, Fortaleza. **Proceedings...** Fortaleza: IGLC, 2013.

HAMZEH, F.; BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. Rethinking Lookahead Planning to Optimize Construction Workflow. **Lean Construction Journal**, p. 15–34, 2012.

HAMZEH, F. R. et al. Is Improvisation compatible with lookahead planning? An exploratory study. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 20, 2012, San Diego. . **Proceedings...** San Diego: IGLC, 2012.

HARRIS, R.; IOANNOU, P. Scheduling projects with repeating activities. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 124, n. 4, p. 269–278, 1998.

HEGAZY, T.; ERSAHIN, T. Simplified spreadsheet solutions. I: Subcontractor information system. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 127, n. 6, p. 461–468, 2001.

HENRICH, G.; TILLEY, P.; KOSKELA, L. Context of production control in construction. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 13, 2005, Sidney. **Proceedings...** Sidney: IGLC, 2005.

HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. **Factory Physics: foundation of manufacturing management**. New York: McGraw Hill, 2000.

HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. To Pull or Not to Pull: What Is the Question? **Manufacturing & Service Operations Management**, v. 6, n. 2, p. 133–148, abr. 2004.

HWANG, B. et al. Measuring the Impact of Rework on Construction Cost Performance. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 135, n. 3, p. 187-198, 2009.

HWANG, S.; TRUPP, T.; LIU, L. Needs and trends of IT-based construction field data collection. In: **Proceedings, Towards a Vision for Information Technology in Civil Engineering**, 4th Joint International Symposium on Information Technology in Civil Engineering. 2003.

JAMBEKAR, A. B.; PELC, K. I. Improvisation model for team performance enhancement in a manufacturing environment. **Team Performance Management**, v. 13, n. 7/8, p. 259–274, 2007.

KALA, T.; MOUFLARD, C.; SEPPÄNEN, O. Production Control Using Location-Based Management System on a Hospital Construction Project. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 20, 2012, San Diego. **Proceedings...** San Diego: IGLC, 2012.

KASANEN, E.; LUKKA, K.; SIITONEN, A. The Constructive Approach in Management Accounting Research. **Journal of Management Accounting Research**, v. 5, 1993.

KENLEY, R.; SEPPANEN, O. Location-based management of construction projects: Part of a new typology for project scheduling methodologies. In: **Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference (WSC)**, p. 2563–2570, 2009.

KIM, C. et al. On-site construction management using mobile computing technology. **Automation in Construction**, v. 35, p. 415–423, nov. 2013.

KIM, C.; LIM, H.; KIM, H. Mobile computing platform for construction site management. In: **Proceedings of 28th International Symposium on Automation and Robotics in Construction**, Seoul, Korea. 2011.

KIM, Y. S. et al. A PDA and wireless web-integrated system for quality inspection and defect management of apartment housing projects. **Automation in Construction**, v. 17, n. 2, p. 163–179, jan. 2008.

KIMOTO, K. et al. The application of PDA as mobile computing system on construction management. **Automation in Construction**, v. 14, n. 4, p. 500–511, ago. 2005.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. CIFE Technical Report, n. 72: Center for Integrated Facility Engineering, Salford, 1992.

KOSKELA, L. Management of production in construction: a theoretical view. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 7, 1999, Berkeley. **Proceedings...** Berkeley: IGLC, 1999.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. Thesis (Ph.D) - Technical Research Centre of Finland, Espoo, 2000.

KOSKELA, L. Making-do - the eighth category of waste. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 12, 2004, Copenhagen. **Proceedings...** Copenhagen: IGLC, 2004.

KOSKELA, L.; DAVE, B. Editorial: Process and IT. **Construction Innovation: Information, Process, Management**, v. 8, n. 4, p. 244–249, 2008.

KOSKELA, L.; SACKS, R.; ROOKE, J. A brief history of the concept of waste in production. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 20, 2012, San Diego. **Proceedings...** San Diego: IGLC, 2012.

LAUFER, A.; TUCKER, R. Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, v. 5, n. 3, p. 243–266, dez. 1987.

LOVE, P. E. D. et al. Modelling the dynamics of design error induced rework in construction. **Construction Management and Economics**, v. 18, n. 5, p. 567-574, 2000.

LOVE, P. E. D. Influence of project type and procurement method on rework costs in building construction projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 128, n. 1, p. 18–29, 2002.

LOVE, P. E. D.; EDWARDS, D. J. Determinants of rework in building construction projects. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 11, n. 4, p. 259–274, 2004.

LOVE, P. E. D.; LI, H. Quantifying the causes and costs of rework in construction. **Construction Management and Economics**, v. 18, n. 4, p. 479-490, 2000.

LOVE, P. E. D.; MANDAL, P.; LI, H. Determining the causal structure of rework influences in construction. **Construction Management and Economics**, v. 17, n. 4, p. 505-517, 1999.

LOVE, P. E. D.; SMITH, J. Benchmarking, benchaction, and benchlearning: rework mitigation in projects. **Journal of Management in Engineering**, v. 19, n. 4, p. 147–159, 2003.

LUCKO, G.; ALVES, T. D. C. L.; ANGELIM, V. L. Challenges and opportunities for productivity improvement studies in linear, repetitive, and location-based scheduling. **Construction Management and Economics**, p. 1–20, 2013.

LUKKA, K. The constructive research approach. In: Ojala, L. & Hilmola, O-P. (eds.) **Case study research in logistics. Publications of the Turku School of Economics and Business Administration**, Series B1, p. 83–101, 2003.

MACHADO, R. L. **A sistematização de antecipações gerenciais no planejamento da produção de sistemas da construção civil**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

MACOMBER, H.; HOWELL, G. Two great wastes in organizations. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 12, 2004, Copenhagen. **Proceedings...** Copenhagen: IGLC, 2004.

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

MARCHESAN, P. R. C. **Modelo integrado de gestão de custos e controle da produção para obras civis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

MAROSSZEKY, M. et al. Quality management tools for lean production: moving from enforcement to empowerment. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 10, 2002, Gramado. **Proceedings...** Gramado: IGLC, 2002.

MEEKS, S. E. **Enhanced work packaging: design through workforce execution**. Thesis (Master of Science in Engineering) - Faculty of the Graduate School, University of Texas, Austin, 2011.

MENDONCA, D.; WALLACE, W. Studying organizationally-situated improvisation in response to extreme events. **International Journal of Mass Emergencies and Disasters**, v. 22, n. 2, p- 5-30, 2004.

MINER, A.; BASSOF, P.; MOORMAN, C. Organizational improvisation and learning: A field study. **Administrative Science Quarterly**, v. 46, n. 2, p. 304-337, 2001.

MISFELDT, E.; BONKE, S. Quality control in lean construction. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 12, 2004, Copenhagen. **Proceedings...** Copenhagen: IGLC, 2004.

MOORMAN, C.; MINER, A. Organizational improvisation and organizational memory. **The Academy of Management Review**, v. 23, n. 4, p. 698–723, 1998.

NAKAGAWA, Y. Real time performance information system using mobile phone. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 14, 2006, Santiago. **Proceedings...** Santiago: IGLC, 2006.

NASCIMENTO, L. A.; SANTOS, E. T. A indústria da construção na era da informação. **Ambiente Construído**, n. 11, p. 69–81, 2008.

NAVON, R. Automated project performance control of construction projects. **Automation in Construction**, v. 14, n. 4, p. 467–476, ago. 2005.

NAVON, R.; SACKS, R. Assessing research issues in Automated Project Performance Control (APPC). **Automation in Construction**, v. 16, n. 4, p. 474–484, jul. 2007.

NEPAL, M.; PARK, M.; SON, B. Effects of schedule pressure on construction performance. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 132, n. 2, p. 182–188, 2006.

NOURBAKHSI, M. et al. Mobile application prototype for on-site information management in construction industry. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 19, n. 5, p. 474-494, 2012.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Tradução: Cristina Schumacher. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, E. L. DE; GIVISIEZ, G. H. N.; RIOS-NETO, E. L. G. **Demanda futura por moradia no Brasil 2003-2023: uma abordagem demográfica**. Brasília: Ministério das Cidades, 2009.

PARK, C.-S. et al. A Framework for Proactive Construction Defect Management using BIM, Augmented Reality and Ontology-based Data Collection Template. **Automation in Construction**, n. 33, p. 61–71, out. 2013.

PICCHI, F. A.; AGOPYAN, V. Sistemas da Qualidade na Construção de Edifícios. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**. Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/104, São Paulo, 1993.

RICHTER, C. **Qualidade da alvenaria estrutural em habitações de baixa renda**: uma análise de confiabilidade e da conformidade. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

RIGHI, M. **Sistema de controle da qualidade e planejamento de curto prazo na construção civil**: integração e compartilhamento de informações. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

RIGHI, M.; ISATTO, E. L. Sistema de controle da qualidade e planejamento de curto prazo na construção civil: integração e compartilhamento de informações. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 7, 2011, Belém. **Anais...** Belém: SIBRAGEC, 2011.

RONEN, B. The complete kit concept. **The International Journal of Production Research**, v. 30, n. 10, p. 2457–2466, 1992.

SACKS, R.; RADOSAVLJEVIC, M.; BARAK, R. Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction. **Automation in Construction**, v. 19, n. 5, p. 641–655, ago. 2010.

SACKS, R.; TRECKMANN, M.; ROZENFELD, O. Visualization of work flow to support lean construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 135, n. 12, p. 1307–1315, 2009.

SANTOS, A.; POWELL, J.; SARSCHAR, M. Reduction of work-in-progress in the construction environment. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 8, 2000, Brighton. **Proceedings...** Brighton: IGLC, 2000.

SANTOS, D. G. **Modelo de gestão de processos na construção civil para identificação de atividades facilitadoras**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SANTOS, D. G. et al. Utilization of extra planning activities by construction companies in Sergipe, Brazil. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 20, 2012, San Diego. **Proceedings...** San Diego: IGLC, 2012.

SCHRAMM, F. K. **Projeto de sistemas de produção na construção civil utilizando simulação computacional como ferramenta de apoio à tomada de decisão**. Tese (Doutorado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SEPPANEN, O.; BALLARD, G.; PESONEN, S. The Combination of Last Planner System and Location-Based Management System. **Lean Construction Journal**, p. 43–54, 2010.

SEPPANEN, O.; EVINGER, J.; MOUFLARD, C. Comparison of LBMS schedule forecasts to actual progress. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 21, 2013, Fortaleza. **Proceedings...** Fortaleza: IGLC, 2013.

SEPPANEN, O.; KENLEY, R. Performance measurement using location-based status data. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 13, 2005, Sydney. **Proceedings...** Sydney: IGLC, 2005.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Tradução: Eduardo Schaan. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SINDUSCON-SP. **Déficit habitacional tem queda**. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br>>. Acesso em: 16 ago. 2013.

SOARES, A. **Diretrizes para a manutenção e o aperfeiçoamento do processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante da Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

SOIBELMAN, L.; KIM, H. Generating Construction Knowledge with Knowledge Discovery in Databases. **Computing in Civil and Building Engineering (2000)**, p. 906–913, 2000.

SOMMER, L. **Contribuições para um método de identificação de perdas por improvisação em canteiros de obras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SON, H. et al. Toward an understanding of construction professionals' acceptance of mobile computing devices in South Korea: An extension of the technology acceptance model. **Automation in Construction**, v. 28, p. 82–90, dez. 2012.

SUKSTER, R. **A integração entre o sistema de gestão da qualidade e o planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

VAN AKEN, J. E. 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.

VENDELO, M. T. Improvisation and Learning in Organizations - An Opportunity for Future Empirical Research. **Management Learning**, v. 40, n. 4, p. 449–456, 2009.

VERJANS, S. Bricolage as a way of life – improvisation and irony in information systems. **European Journal of Information Systems**, v. 14, n. 5, p. 504–506, dez. 2005.

VIANA, D.; FORMOSO, C.; KALSAAS, B. Waste in construction: a systematic literature review on empirical studies. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 20, 2012, San Diego. **Anais...**San Diego: IGLC, 2012.

WEBB, G. R. et al. **Role improvising under conditions of uncertainty: a classification of types**. University of Delaware, Disaster Research Center, 1999.

YI, G. et al. Quality-oriented shop floor control system for large-scale manufacturing processes: Functional framework and experimental results. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 21, n. 3, 2002.

YIN, R. K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. Tradução: Daniel Grassi. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

YU, H. et al. Development of lean model for house construction using value stream mapping. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 135, n. 8, p. 782–790, 2009.

APÊNDICE A – ROTEIRO PARA ENTREVISTAS REALIZADAS NA
ETAPA 1 DO ESTUDO EMPÍRICO

ENTREVISTA

Data: ___/___/___

Nome:

Formação:

Função:

Experiência Profissional:

QUESTIONÁRIO

1. Quais as principais dificuldades encontradas no controle dos pacotes de trabalho?
2. Quais as principais dificuldades encontradas na aplicação das PVQ's?
3. Quais melhorias você sugere para os sistemas de controle da produção e da qualidade?
4. Você acha que o controle da produção e da qualidade poderiam ser realizados de forma integrada? Como seria essa integração?
5. Quais seriam as dificuldades para essa integração e quais mudanças seriam necessárias?
6. Na sua opinião, quais seriam as dificuldades e benefícios do uso de dispositivos móveis (*tablets*) nos canteiros de obras para a realização dos controles da produção e da qualidade?

**APÊNDICE B – ROTEIRO PARA ENTREVISTAS REALIZADAS NA
ETAPA 4 DO ESTUDO EMPÍRICO**

AVALIAÇÃO DO SUBCONSTRUCTO FACILIDADE DE USO

Data: ___/___/___

Nome do usuário:

Formação:

Função:

Experiência Profissional:

QUESTIONÁRIO

1. Quais as facilidades apresentadas pelo modelo em relação aos atuais procedimentos de controle da produção e da qualidade?
2. Quais dificuldades foram enfrentadas ao utilizar o modelo?
3. O modelo é de fácil compreensão para novos usuários?
4. O modelo apresentou alguma falha/problemas durante o seu uso?
5. Como você avalia a visualização das informações no banco de dados e no tablet?
6. Quais melhorias você sugere que sejam realizadas no modelo de controle integrado?

APÊNDICE C – BANCO DE DADOS CRIADO NO *SOFTWARE MS EXCEL*

Entidade “PTGenerico”:

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled 'NEX_ALV3B_Banco de dados.xlsx'. The table 'PTGenerico' is displayed with the following columns: ID, Descrição PTGenerico, Grupo, Classe, and ID. The rows list various construction items and their associated groups and classes.

ID	Descrição PTGenerico	Grupo	Classe	ID
31	Estrutura metalica	Cobertura	Casa	31
32	Telhamento + cumeeira	Cobertura	Casa	32
33	Funilaria	Cobertura	Casa	33
34	Enfiacao	Instalacoes electricas	Casa	34
35	Montagem andaime para forro	Forro	Casa	35
36	Forro de gesso	Forro	Casa	36
37	Executar ceramica	Revestimentos	Casa	37
38	Executar rejunte	Revestimentos	Casa	38
39	Bit	Revestimentos	Casa	39
40	Rodapé	Revestimentos	Casa	40
41	Acabamento silicone rodapé	Revestimentos	Casa	41
42	Selador interno e externo (com forro)	Pintura	Casa	42
43	Selador forro	Pintura	Casa	43
44	Selador externo	Pintura	Casa	44
45	Textura golas	Pintura	Casa	45
46	Textura forro	Pintura	Casa	46
47	Textura externa	Pintura	Casa	47
48	Textura interna	Pintura	Casa	48
49	1ª demão tinta interna	Pintura	Casa	49
50	Repasso massa externo fundos	Pintura	Casa	50
51	Repasso massa externo frente e fundos	Pintura	Casa	51
52	Repasso massa interno	Pintura	Casa	52
53	Regularização Externa	Pintura	Casa	53
54	Porta de entrada	Esquadrias	Casa	54
55	Limpeza geral	Servicos finais	Casa	55

Entidade “PTEspecifico”:

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled 'NEX_ALV3B_Banco de dados.xlsx'. The table 'PTEspecifico' is displayed with columns: ID PTEspecifico, Tipo de Pac, id_ptg, Pctgen, id_lot, Lote, Quadra, id_eq, Equipe, Data inicio plan, Data fim plan, Data inicio real, Data Conclusao, Comentarios, and Motivo Nao Conclusao_ID Motivo. The rows provide detailed information for each construction item, including dates and reasons for non-completion.

ID PTEspecifico	Tipo de Pac	id_ptg	Pctgen	id_lot	Lote	Quadra	id_eq	Equipe	Data inicio plan	Data fim plan	Data inicio real	Data Conclusao	Comentarios	Motivo Nao Conclusao_ID Motivo
36.133.47	Novo	36	Forro de gesso	133	Casas 287/288	QO	15	ChicoGesso eq1	20/11/2013	22/11/2013				
37.134.47	Novo	37	Executar ceramica	134	Casas 289/290	QO	14	Engenhar eq1	20/11/2013	22/11/2013				
24.32.47	UW	24	Arremate eletrica	32	Casa 132	QL	5	Talgor eq1	20/11/2013	22/11/2013				
72.121.47	UW	72	Arremate furos linha	121	Casas 156/158	QM inferior			22/11/2013	25/11/2013				
73.113.47	Novo	73	Repasso massa exte	113	Casas 140/142	QM inferior	17	Camondongo eq1	22/11/2013	25/11/2013				
36.131.47	Novo	36	Forro de gesso	131	Casas 283/284	QO	15	ChicoGesso eq1	22/11/2013	25/11/2013				
36.132.47	Novo	36	Forro de gesso	132	Casas 285/286	QO	15	ChicoGesso eq1	22/11/2013	25/11/2013				
37.133.47	Novo	37	Executar ceramica	133	Casas 287/288	QO	14	Engenhar eq1	22/11/2013	25/11/2013				
36.138.47	Novo	36	Forro de gesso	138	Casas 297/298	QO	15	ChicoGesso eq1	22/11/2013	25/11/2013				
64.22.48	Formal	64	Reparos hidraulicos	22	Casa 122	QL	18	Planalto eq1	25/11/2013	29/11/2013	29/11/2013	29/11/2013		
74.139.48	Formal	74	Reparos electricos	139	Casas 101 a 134	QL	5	Talgor eq1	25/11/2013	29/11/2013	29/11/2013			1.2 1.2 MAO DE OBRA - Baixa Produtividade (mesma equipe)
40.139.48	Suplente	40	Rodapé	139	Casas 101 a 134	QL	19	JAM eq1	25/11/2013	29/11/2013				
40.100.48	Formal	40	Rodapé	100	Casas 115/117	QM superior	19	JAM eq1	25/11/2013	29/11/2013	26/11/2013	02/12/2013		
40.102.48	Formal	40	Rodapé	102	Casas 119/121	QM superior	19	JAM eq1	25/11/2013	29/11/2013	26/11/2013	02/12/2013		
46.104.48	Formal	40	Rodapé	104	Casas 123/125	QM superior	19	JAM eq1	26/11/2013	26/11/2013	26/11/2013	02/12/2013		
47.106.48	Formal	40	Rodapé	106	Casas 127/129	QM superior	19	JAM eq1	27/11/2013	27/11/2013	26/11/2013	02/12/2013		
48.108.48	Formal	40	Rodapé	108	Casas 131/133	QM superior	19	JAM eq1	27/11/2013	27/11/2013	26/11/2013	02/12/2013		
75.142.48	Formal	75	Entrada de energia	142	Casas 135 a 169	QN superior	5	Talgor eq1	25/11/2013	29/11/2013				1.7 1.7 MAO DE OBRA - Funcionario fornecido pelo empreiteiro
75.141.48	Formal	75	Entrada de energia	141	Casas 136 a 170	QM inferior	5	Talgor eq1	25/11/2013	29/11/2013				1.7 1.7 MAO DE OBRA - Funcionario fornecido pelo empreiteiro
65.141.48	Formal	65	Espelhos telhado	141	Casas 136 a 170	QM inferior	9	Waicampe eq1	26/11/2013	26/11/2013	28/11/2013			1.7 1.7 MAO DE OBRA - Funcionario fornecido pelo empreiteiro
52.111.48	Formal	52	Repasso massa interno	111	Casas 136/138	QM inferior	17	Camondongo eq1	25/11/2013	29/11/2013		28/11/2013		
48.111.48	Formal	48	Textura interna	111	Casas 136/138	QM inferior	17	Camondongo eq1	25/11/2013	29/11/2013	28/11/2013			2.2 2.2 MATERIAIS - Atraso na entre
52.113.48	Formal	52	Repasso massa						25/11/2013	29/11/2013		28/11/2013		

Entidades “Lote”, “Lote has Instancia” e “Instancia”:

id	descr	ID
85	Casa 291	QO
86	Casa 292	QO
87	Casa 293	QO
88	Casa 294	QO
89	Casa 295	QO
90	Casa 296	QO
91	Casa 297	QO
92	Casa 298	QO
93	Casas 101/102	QL
94	Casas 103/105	QM superior
95	Casas 104/106	QL
96	Casas 107/109	QM superior
97	Casas 108/110	QL
98	Casas 111/113	QM superior
99	Casas 112/114	QL
100	Casas 115/117	QM superior
101	Casas 116/118	QL
102	Casas 119/121	QM superior
103	Casas 120/122	QL

IDLote	IDInstancia	Quadra
85	291	QO
86	292	QO
87	293	QO
88	294	QO
89	295	QO
90	296	QO
91	297	QO
92	298	QO
93	101	QL
94	102	QL
95	103	QM superior
96	104	QM superior
97	105	QM superior
98	106	QL
99	107	QM superior
100	108	QM superior
101	109	QM superior
102	110	QL
103	111	QL

ID	Descricao	Instancia	Quadra
101	Casa 101		QL
102	Casa 102		QL
103	Casa 103		QM superior
104	Casa 104		QL
105	Casa 105		QM superior
106	Casa 106		QL
107	Casa 107		QM superior
108	Casa 108		QL
109	Casa 109		QM superior
110	Casa 110		QL
111	Casa 111		QM superior
112	Casa 112		QL
113	Casa 113		QM superior
114	Casa 114		QL
115	Casa 115		QM superior
116	Casa 116		QL
117	Casa 117		QM superior
118	Casa 118		QL
119	Casa 119		QM superior

Entidades “Equipe” e “Motivo Não Conclusão”:

ID Equipe	Nome da Equipe	ID
1	Ebrax eq1	1
2	Artzul eq1	2
3	De Lucca eq1	3
4	Maxima eq1	4
5	Taigor eq1	5
6	A Marinho eq1	6
7	Rizzi eq1	7
8	Alfa eq1	8
9	Waicampe eq1	9
10	Imecon eq1	10
11	Joplan eq1	11
12	Rebello eq1	12
13	Tafarel eq1	13
14	Engenhar eq1	14
15	ChicoGesso eq1	15
16	JR Ton eq1	16
17	Camondongo eq1	17
18	Planalto eq1	18
19	LAM eq1	19

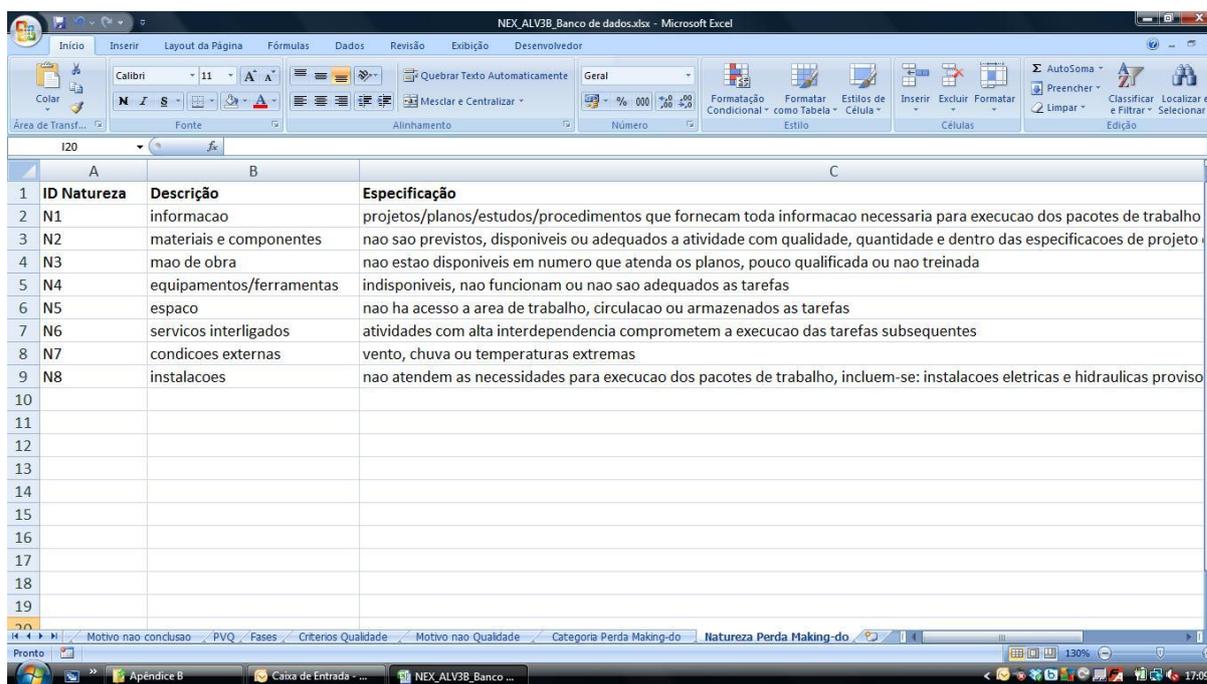
Descricao	ID Motivo
1.1 MAO DE OBRA - Falta no trabalho	1.1
1.2 MAO DE OBRA - Baixa Produtividade (mesma equipe)	1.2
1.3 MAO DE OBRA - Modificacao da equipe (decisao gerencial)	1.3
1.4 MAO DE OBRA - Problema na gerencia do servico (encarregado)	1.4
1.5 MAO DE OBRA - Falta de programacao de mao de obra	1.5
1.6 MAO DE OBRA - Superestimacao da produtividade	1.6
1.7 MAO DE OBRA - Funcionario nao fornecido pelo empreiteiro	1.7
2.1 MATERIAIS - Falta de programacao de materiais	2.1
2.2 MATERIAIS - Atraso na entrega	2.2
2.3 MATERIAIS - Falta de materiais por perda acima do previsto	2.3
2.4 MATERIAIS - Falta de materiais do empreiteiro	2.4
3.1 EQUIPAMENTOS - Falta de programacao de equipamentos	3.1
3.2 EQUIPAMENTOS - Falta de programacao de equipamentos do e	3.2
3.3 EQUIPAMENTOS - Manutencao	3.3
3.4 EQUIPAMENTOS - Mau dimensionamento	3.4
4.1 PROJETO - Falta de projeto	4.1
4.2 PROJETO - Ma qualidade no projeto	4.2
4.3 PROJETO - Incompatibilidade entre projetos	4.3
4.4 PROJETO - Alteracao de projeto	4.4
5.1 PLANEJAMENTO - Modificacao dos planos	5.1
5.2 PLANEJAMENTO - Atraso da tarefa antecedente do proprio	5.2

Entidade “*Making-do*”:

1	ID Making-do	Descrição	ID	Categoria	ID	Natureza	Foto (ver co ID_Ptesp)
2	M1	armazenamento do gesso	C4	armazenamento	N3	mao de obra	M01
3	M2	armazenamento andaime gesso	C4	armazenamento	N3	mao de obra	M02
4	M3	balde para apoio no corte da ceramica	C3	area de trabalho	N4	equipamentos/ferramentas	M03
5	M4	corte da ceramica com riscadeira apoiada na p	C3	area de trabalho	N4	equipamentos/ferramentas	M04
6	M5	falta de agua	C6	instalacoes provisórias	N8	instalacoes	M05
7	M6	falta de agua	C6	instalacoes provisórias	N8	instalacoes	M06
8	M7	riscador apoiado no peitoril da janela	C3	area de trabalho	N4	equipamentos/ferramentas	M07
9	M8	calco de madeira	C5	equipamentos/ferramentas	N4	equipamentos/ferramentas	M08
10	M9	ceramica apoiada no peitoril	C3	area de trabalho	N4	equipamentos/ferramentas	M09
11	M10	armazenamento de material	C4	armazenamento	N6	servicos interligados	M10
12	M11	armazenamento de material	C4	armazenamento	N6	servicos interligados	M11
13	M12	uso do balde como escada	C1	acesso/mobilidade	N4	equipamentos/ferramentas	M12
14	M13	confeção de ferramenta para repasse nos cant	C5	equipamentos/ferramentas	N4	equipamentos/ferramentas	M13
15	M14	uso de balde para pintura	C5	equipamentos/ferramentas	N4	equipamentos/ferramentas	M14
16	M15	operário apoiado sobre balde	C1	acesso/mobilidade	N4	equipamentos/ferramentas	M15
17	M16	forma e escoramento para arremate parede	C2	materiais/componentes	N4	equipamentos/ferramentas	M16
18	M17	forro executado antes dos reparos na eletrica	C8	sequenciamento	N6	servicos interligados	VQ109
19	M18	fechamento dos furos da linha de vida após exi	C8	sequenciamento	N6	servicos interligados	VQ139-1
20	M19	massa de repasse aplicada antes do fechament	C8	sequenciamento	N6	servicos interligados	VQ142-2

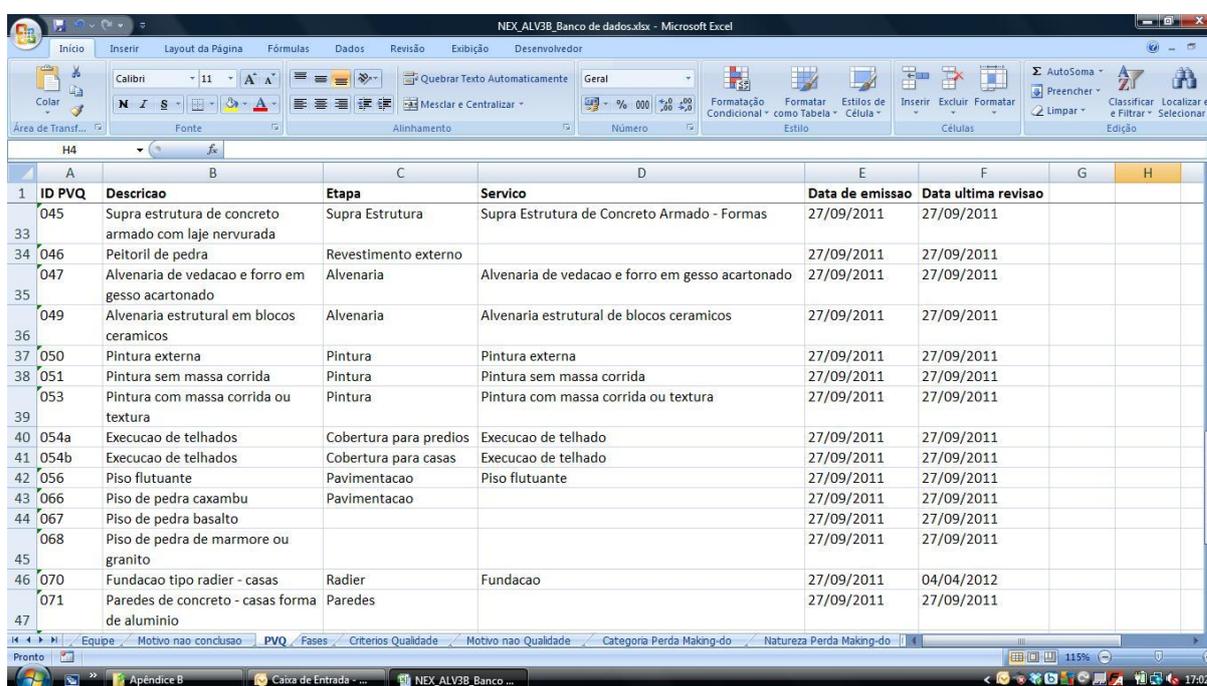
Entidade “*Categoria Perda Making-do*”:

1	ID Categoria	Nome da Categoria	Especificação
2	C1	acesso/mobilidade	relativo ao espaço, meio ou forma de posicionamento de quem executa as tarefas
3	C2	materiais/componentes	uso de materiais ou componentes nao adequados a realizacao das tarefas
4	C3	area de trabalho	refere-se a bancada de trabalho ou area de apoio durante as atividades realizadas
5	C4	armazenamento	organizacao de materiais ou componentes em locais nao preparados para seu recebimento
6	C5	equipamentos/ferramentas	criados ou adaptados para uso durante as atividades
7	C6	instalacoes provisórias	criados ou adaptados para uso durante as atividades
8	C7	protecao	forma de uso dos sistemas de protecao
9	C8	sequenciamento	alteracao da ordem de producao
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			

Entidade “Natureza Perda *Making-do*”:


1	A	B	C
	ID Natureza	Descrição	Especificação
2	N1	informacao	projetos/planos/estudos/procedimentos que forneçam toda informacao necessaria para execucao dos pacotes de trabalho
3	N2	materiais e componentes	nao sao previstos, disponiveis ou adequados a atividade com qualidade, quantidade e dentro das especificacoes de projeto
4	N3	mao de obra	nao estao disponiveis em numero que atenda os planos, pouco qualificada ou nao treinada
5	N4	equipamentos/ferramentas	indisponiveis, nao funcionam ou nao sao adequados as tarefas
6	N5	espaco	nao ha acesso a area de trabalho, circulacao ou armazenados as tarefas
7	N6	servicos interligados	atividades com alta interdependencia comprometem a execucao das tarefas subsequentes
8	N7	condicoes externas	vento, chuva ou temperaturas extremas
9	N8	instalacoes	nao atendem as necessidades para execucao dos pacotes de trabalho, incluem-se: instalacoes eletricas e hidraulicas provis
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			

Entidade “PVQ”:



1	A	B	C	D	E	F	G	H
	ID PVQ	Descricao	Etapa	Servico	Data de emissao	Data ultima revisao		
33	045	Supra estrutura de concreto armado com laje nervurada	Supra Estrutura	Supra Estrutura de Concreto Armado - Formas	27/09/2011	27/09/2011		
34	046	Pelitoril de pedra	Revestimento externo		27/09/2011	27/09/2011		
35	047	Alvenaria de vedacao e forro em gesso acartonado	Alvenaria	Alvenaria de vedacao e forro em gesso acartonado	27/09/2011	27/09/2011		
36	049	Alvenaria estrutural em blocos ceramicos	Alvenaria	Alvenaria estrutural de blocos ceramicos	27/09/2011	27/09/2011		
37	050	Pintura externa	Pintura	Pintura externa	27/09/2011	27/09/2011		
38	051	Pintura sem massa corrida	Pintura	Pintura sem massa corrida	27/09/2011	27/09/2011		
39	053	Pintura com massa corrida ou textura	Pintura	Pintura com massa corrida ou textura	27/09/2011	27/09/2011		
40	054a	Execucao de telhados	Cobertura para predios	Execucao de telhado	27/09/2011	27/09/2011		
41	054b	Execucao de telhados	Cobertura para casas	Execucao de telhado	27/09/2011	27/09/2011		
42	056	Piso flutuante	Pavimentacao	Piso flutuante	27/09/2011	27/09/2011		
43	066	Piso de pedra caxambu	Pavimentacao		27/09/2011	27/09/2011		
44	067	Piso de pedra basalto			27/09/2011	27/09/2011		
45	068	Piso de pedra de marmore ou granito			27/09/2011	27/09/2011		
46	070	Fundacao tipo radier - casas	Radier	Fundacao	27/09/2011	04/04/2012		
47	071	Paredes de concreto - casas forma de aluminio	Paredes		27/09/2011	27/09/2011		

Entidade “Fases”:

ID Fase	Nome	ID PVQ	PVQ
156	067.04	Acabamento e limpeza	067
157	068.01	Condições de início	068
158	068.02	Execução do serviço	068
159	068.03	Rejuntamento	068
160	068.04	Acabamento e limpeza	068
161	070.01	Condições para o início dos serviços	070
162	070.02	Marcacao e gabarito	070
163	070.03	Instalações, armadura e forma	070
164	070.04	Concretagem	070
165	070.05	Pos-concretagem	070
166	071.01	Condições para o início dos serviços	071
167	071.02	Marcacao	071
168	071.03	Armadura	071
169	071.04	Instalação elétrica	071
170	071.05	Instalação hidráulica	071
171	071.06	Instalação do gás	071
172	071.07	Montagem de forma	071
173	071.08	Travamento e escoramento metálico	071
174	071.09	Montagem de andaimes	071
175	071.10	Conferências gerais finais	071
176	071.11	Concretagem e pos desforma	071

Entidade “Critérios Qualidade”:

ID Critério	Descrição	Especificação	ID Fase	PVQ
641	071.05.01	Posicionamento dos pontos	071.05	071
642	071.05.02	Tamponamento e fixação das esperas	071.05	071
643	071.06.01	Posicionamento dos pontos de saída	071.06	071
644	071.06.02	Tracado da rede de distribuição de gás	071.06	071
645	071.07.01	Aplicação do desmoldante	071.07	071
646	071.07.02	Posicionamento dos painéis externos e internos	071.07	071
647	071.07.03	Fixação dos fechamento das portas	071.07	071
648	071.08.01	Posicionamento e quantidade de vigas e esquadros	071.08	071
649	071.08.02	Verificar o posicionamento e o aperto das travas e dos parafusos das vigas metálicas e esquadros	071.08	071
650	071.08.03	Verificar o travamento geral dos vãos de aberturas	071.08	071
651	071.08.04	Verificar fechamentos superiores - capuz	071.08	071
652	071.09.01	Verificar a inexistência de falhas na montagem dos andaimes (uso de madeira apropriada e altura inferior a 2m)	071.09	071
653	071.10.01	Prumo dos painéis	071.10	071
654	071.10.02	Esquadro interno das peças	071.10	071
655	071.10.03	Alinhamento do topo dos painéis	071.10	071
656	071.11.01	Acabamento superficial do topo dos painéis	071.11	071
657	071.11.02	Ocorrência de falhas de concretagem	071.11	071
658	071.11.03	Dimensão dos vãos das portas e janelas	071.11	071
659	071.11.04	Alinhamento das paredes	071.11	071
660	071.11.05	Prumo das paredes	071.11	071
661	071.11.06	Esquadro das paredes	071.11	071

Entidade “PTGenerico *has* Criterio” e “Motivo não Qualidade”:

	A	B	
1	id_PTgen	id_criterio	Conferencia
86	31	054.05.03	Ancoragem da estrutura
87	31	054.05.04	Posicionamento e espacamento da estrutura
88	31	054.05.05	Previsao para calhas e condutores
89	31	054.05.06	Elementos estruturais totalmente instalados
90	31	054.05.07	Revisao das soldas previstas no projeto
91	31	054.05.08	Estrutura para fixacao do siding totalmente instalada
92	31	054.05.09	Estrutura para fixacao da placa cimenticia totalmente inst
93	32	054.06.01	Sentido de colocacao do telhado
94	32	054.06.02	Coloc. das telhas conforme fabricante
95	32	054.06.03	Alinhamento da cumeeira
96	32	054.06.04	Posicionamento da telha anterior a cumeeira
97	32	054.06.05	Colocacao da tela "passarinheira"
98	33	054.06.06	Funilaria e chumbacao
99	33	054.06.07	Terminalidade e limpeza
100	34	000.01.01	Sem criterio
101	35	000.01.01	Sem criterio
102	36	021.02.02	Planicidade

	A	B	C	D
1	ID Motivo	Descricao		
2	1	Tarefa precedente concluida sem qualidade	1	
3	2	Material inapropriado	2	
4	3	Negligencia da forza de trabalho	3	
5	4	Baixa instrucao da forza de trabalho	4	
6	5	Pre-requisito nao disponivel	5	
7	6	Sequenciamento das atividades	6	
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				

Entidade “Verificação Qualidade”:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	ID_Ver_ID_Tresp	ID_P	PTGenerico	lote	Quadra	Equipe	ID_crit	Critério	Data conclusão	Data Verificacao	S/N	NomeResp	ID	Motivo não qualidade	Foto (ver comentário)	Observações		
14	13	37.111.47	37	Executar ceramica	Casas 136/138	QM inferior	Tafarel eq1	019.02.01	Nivel ou prumo	20/11/2013	21/11/2013	S	Edmilton					
15	14	37.111.47	37	Executar ceramica	Casas 136/138	QM inferior	Tafarel eq1	019.02.02	Paginacao	20/11/2013	21/11/2013	S	Edmilton					
16	15	37.111.47	37	Executar ceramica	Casas 136/138	QM inferior	Tafarel eq1	019.02.03	Espacamento	20/11/2013	21/11/2013	S	Edmilton					
17	16	37.111.47	37	Executar ceramica	Casas 136/138	QM inferior	Tafarel eq1	019.02.04	Planicidade	20/11/2013	21/11/2013	S	Edmilton					
18	17	37.111.47	37	Executar ceramica	Casas 136/138	QM inferior	Tafarel eq1	019.02.05	Cortes das pecas	20/11/2013	21/11/2013	S	Edmilton					
19	18	37.111.47	37	Executar ceramica	Casas 136/138	QM inferior	Tafarel eq1	019.03.02	Condicoes das pecas	20/11/2013	21/11/2013	N	Edmilton					
20	19	37.127.47	37	Executar ceramica	Casas 168/170	QM inferior	Tafarel eq1	019.02.01	Nivel ou prumo	20/11/2013	21/11/2013	S	Edmilton					
21	20	37.127.47	37	Executar ceramica	Casas 168/170	QM inferior	Tafarel eq1	019.02.02	Paginacao	20/11/2013	21/11/2013	S	Edmilton					
22	21	37.127.47	37	Executar ceramica	Casas 168/170	QM inferior	Tafarel eq1	019.02.03	Espacamento	20/11/2013	21/11/2013	S	Edmilton					
23	22	37.127.47	37	Executar ceramica	Casas 168/170	QM inferior	Tafarel eq1	019.02.04	Planicidade	20/11/2013	21/11/2013	S	Edmilton					
24	23	37.127.47	37	Executar ceramica	Casas 168/170	QM inferior	Tafarel eq1	019.02.05	Cortes das pecas	20/11/2013	21/11/2013	N	Edmilton					
25	24	37.127.47	37	Executar ceramica	Casas 168/170	QM inferior	Tafarel eq1	019.03.02	Condicoes das pecas	20/11/2013	21/11/2013	S	Edmilton					
26	25	38.111.47	38	Executar rejunte	Casas 136/138	QM inferior	Tafarel eq1	019.03.01	Rejunte	20/11/2013	25/11/2013	S	Franklin					
27	26	38.111.47	38	Executar rejunte	Casas 136/138	QM inferior	Tafarel eq1	019.03.03	Limpeza final	20/11/2013	25/11/2013	N	Franklin					
28	27	38.127.47	38	Executar rejunte	Casas 168/170	QM inferior	Tafarel eq1	019.03.01	Rejunte	20/11/2013	25/11/2013	S	Franklin					
29	28	38.127.47	38	Executar rejunte	Casas 168/170	QM inferior	Tafarel eq1	019.03.03	Limpeza final	20/11/2013	25/11/2013	N	Franklin					
30	29	37.123.47	37	Executar ceramica	Casas 160/162	QM inferior	Engenhar eq	019.02.01	Nivel ou prumo	22/11/2013	25/11/2013	S	Edmilton					
31	30	37.123.47	37	Executar ceramica	Casas 160/162	QM inferior	Engenhar eq	019.02.02	Paginacao	22/11/2013	25/11/2013	S	Edmilton					
32	31	37.123.47	37	Executar ceramica	Casas 160/162	QM inferior	Engenhar eq	019.02.03	Espacamento	22/11/2013	25/11/2013	S	Edmilton					
33	32	37.123.47	37	Executar ceramica	Casas 160/162	QM inferior	Engenhar eq	019.02.04	Planicidade	22/11/2013	25/11/2013	S	Edmilton					
34	33	37.123.47	37	Executar ceramica	Casas 160/162	QM inferior	Engenhar eq	019.02.05	Cortes das pecas	22/11/2013	25/11/2013	S	Edmilton					
35	34	37.123.47	37	Executar ceramica	Casas 160/162	QM inferior	Engenhar eq	019.03.02	Condicoes das pecas	22/11/2013	25/11/2013	S	Edmilton					
36	35	37.125.47	37	Executar ceramica	Casas 164/166	QM inferior	Engenhar eq	019.02.01	Nivel ou prumo	22/11/2013	25/11/2013	S	Edmilton					
37	36	37.125.47	37	Executar ceramica	Casas 164/166	QM inferior	Engenhar eq	019.02.02	Paginacao	22/11/2013	25/11/2013	S	Edmilton					
38	37	37.125.47	37	Executar ceramica	Casas 164/166	QM inferior	Engenhar eq	019.02.03	Espacamento	22/11/2013	25/11/2013	S	Edmilton					
39	38	37.125.47	37	Executar ceramica	Casas 164/166	QM inferior	Engenhar eq	019.02.04	Planicidade	22/11/2013	25/11/2013	S	Edmilton					
40	39	37.125.47	37	Executar ceramica	Casas 164/166	QM inferior	Engenhar eq	019.02.05	Cortes das pecas	22/11/2013	25/11/2013	S	Edmilton					
41	40	37.125.47	37	Executar ceramica	Casas 164/166	QM inferior	Engenhar eq	019.03.02	Condicoes das pecas	22/11/2013	25/11/2013	S	Edmilton					