

Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura

**Diretrizes para a integração dos níveis de planejamento em
empreendimentos da construção civil**

Guilherme Konzen Da Silva

Porto Alegre
2021

GUILHERME KONZEN DA SILVA

**DIRETRIZES PARA A INTEGRAÇÃO DOS NÍVEIS DE
PLANEJAMENTO EM EMPREENDIMENTOS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia

Porto Alegre
2021

CIP - Catalogação na Publicação

Konzen Da Silva, Guilherme
Diretrizes para a integração dos níveis de
planejamento em empreendimentos da construção civil /
Guilherme Konzen Da Silva. -- 2021.
123 f.
Orientador: Eduardo Luis Isatto.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e
Infraestrutura, Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. Planejamento e Controle da Produção. 2.
Engenharia Civil. 3. BIM. 4. Níveis Hierárquicos do
Planejamento. 5. Desdobramento de Pacotes de Trabalho.
I. Isatto, Eduardo Luis, orient. II. Título.

GUILHERME KONZEN DA SILVA

**DIRETRIZES PARA A INTEGRAÇÃO DOS NÍVEIS DE
PLANEJAMENTO EM EMPREENDIMENTOS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Esta dissertação de mestrado foi apresentada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL na área de pesquisa Gestão e Economia da Construção do programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 16 de dezembro de 2021

Eduardo Luis Isatto (UFRGS)

Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul / BR
Orientador

Ângela de Moura Ferreira Danilevicz (UFRGS)

Coordenadora do PPGCI / UFRGS / BR

BANCA EXAMINADORA

Clarissa Notariano Biotto (UFSCar)

Ph.D. pela University of Huddersfield / UK

Daniela Dietz Viana (UFRGS)

Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul / BR

Patrícia Stella Pucharelli Fontanini (Unicamp)

Doutora pela Universidade Estadual de Campinas / BR

Tarcísio Abreu Saurim (UFRGS)

Ph.D. pela University of Salford / UK

Dedico este trabalho à minha mãe, Adelaide, que sempre me proporcionou tudo que foi necessário para que eu pudesse sonhar grande.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente à minha família, por todo amor, apoio e compreensão nos momentos difíceis.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura (PPGCI) pelo ensino de qualidade e pela atuação importante na educação de qualidade em âmbito nacional e internacional.

Ao professor Eduardo Luis Isatto, orientador deste trabalho, pela atenção e direcionamento durante toda a dissertação.

Ao professor Carlos Torres Formoso, por todos os ensinamentos compartilhados e motivação para realização do mestrado.

Aos meus colegas e amigos da pós-graduação que foram resilientes e parceiros, compartilhando alegrias e angústias e tornando o processo do mestrado muito mais prazeroso.

Aos meus amigos de longa data que compreenderam meus motivos de ausência durante a realização deste projeto.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) pelo ensino de excelência e pelos profissionais altamente qualificados que coloca à disposição da sociedade gaúcha e brasileira.

“Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda.”

Paulo Freire

RESUMO

KONZEN DA SILVA, G. **Diretrizes para a integração dos níveis de planejamento em empreendimentos da construção civil**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

A indústria da construção civil tem apresentado nas últimas décadas uma diminuição de seus índices de produtividade. Sua influência direta e indireta em quase todos os setores da indústria torna as melhorias em seus processos altamente impactantes na sociedade. Os empreendimentos da indústria da construção possuem um conjunto único de características que tornam a gestão de projetos da construção civil um grande desafio. Reflexo disso é o importante número de projetos que fracassam e tem duração e custo expressivamente maiores do que os planejados. Dentre as causas para esses frequentes insucessos, a má qualidade do processo de planejamento da execução é frequentemente citada. A divisão do planejamento em níveis hierárquicos é uma das medidas propostas para proteger a produção das incertezas intrínsecas aos empreendimentos da construção. Porém, apesar de haver diversos trabalhos na literatura cujo foco é a definição das funções e características de cada um desses níveis, são poucas as pesquisas que se destinam a analisar a coesão e interface entre eles. Dentre as sugestões propostas na literatura está o desenvolvimento de trabalhos que identifiquem e auxiliem a padronização da interface entre os níveis hierárquicos do planejamento. Nesse contexto, o objetivo principal desta pesquisa é propor diretrizes que contribuam com a melhora na interface entre os níveis hierárquicos do planejamento através da operacionalização da decomposição dos pacotes de trabalho entre múltiplos níveis de planejamento de um empreendimento de construção. Para atingir o objetivo, foi utilizada a estratégia de pesquisa de estudo de caso, no qual foram realizados três estudos empíricos que contribuiriam para a exploração prática do problema de pesquisa. Neles, além da utilização da análise documental dos empreendimentos como fonte de evidência, foram realizadas entrevistas com os representantes dos diferentes níveis hierárquicos do planejamento. Como principais contribuições do trabalho destacam-se a análise das diferentes necessidades de informação dos diferentes públicos dos níveis de planejamento e a proposta de diretrizes que possam contribuir com a operacionalização da integração do fluxo de informações entre os níveis do planejamento.

Palavras-chave: Planejamento e Controle da Produção, Níveis Hierárquicos do Planejamento, BIM 4D, Desdobramento de Pacotes de Trabalho.

ABSTRACT

KONZEN DA SILVA, G. **Diretrizes para desdobramento dos pacotes de trabalho de empreendimentos da construção civil**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

The civil construction industry has shown in recent decades a decrease in its productivity rates. Its direct and indirect influence on almost every industry sector makes process improvements highly impactful on society. Projects in the construction industry have a unique set of characteristics that make managing civil construction projects a big challenge. A reflection of this is the important number of projects that fail and have significantly bigger duration and cost than planned. Among the causes for these frequent failures, the poor quality of the planning process is often mentioned. The planning division into hierarchical levels is one of the measures proposed to protect production from the intrinsic uncertainties in construction projects. However, despite the fact that there are several works in the literature focusing on defining the functions and characteristics of each of these levels, few are the researches that aim to analyze the cohesion and interface between them. Among the suggestions proposed in the literature is the development of works that identify and help standardize the interface between the hierarchical levels of planning. In this context, the main objective of this research is to propose guidelines for integrate multiple planning levels of a construction project. To achieve the target, the case study research strategy was used, in which were made three empirical studies that contributed to the practical exploration of the research problem. In them, in addition to the use of document analysis of the projects as a source of evidence, interviews were made with representatives of the different hierarchical levels of planning. As main contributions of this research, the highlights are the analysis of the different information needs of the different publics of the planning levels and the proposal of guidelines that can contribute to the operationalization of the integration of the information flow between the planning levels.

Key words: Production Planning and Control, Hierarchical Levels of Planning, BIM 4D, Unfolding of Work Packages.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Produção como processo de transformação que pode ser dividido em subprocessos	24
Figura 2: Índices de produtividade da indústria da construção civil e demais.....	29
Figura 3: Etapas do processo de planejamento	34
Figura 4: Hierarquias do planejamento.....	37
Figura 5: Hierarquias de planejamento, com contribuições de Ballard (2000) e Ballard e Tommelein (2016)	37
Figura 6: Delineamento do presente trabalho.....	47
Figura 8: Modelo BIM do empreendimento A	54
Figura 9: Cronograma do empreendimento C	60
Figura 10: Etapas do empreendimento A	67
Figura 11: Ambiente apresentado ao cliente através de óculos de realidade virtual.....	68
Figura 12: Datas das entregas iniciais dos ambientes selecionados pelo cliente	69
Figura 13: Modelo BIM 4D com status da obra	70
Figura 14: Modelo BIM 3D do empreendimento A com eixos	70
Figura 15: Sequência original de execução das instalações enterradas	71
Figura 16: Sequência real de execução das instalações enterradas.....	72
Figura 17: Tabela compilada de simulações da situação financeira	73
Figura 18: Trecho da tabela EAP oriunda da decomposição do item <i>Obra Civil</i>	74
Figura 19: Integração do modelo BIM e das informações das EAPs	75
Figura 20: Slide sobre planejamento apresentado em reunião estratégica.....	76
Figura 21: Slide de apresentação do relatório da empresa EPLANE	77
Figura 22: Slide apresentando pacotes de trabalho decompostos em <i>local</i>	78
Figura 23: Formato do documento utilizado para compartilhamento de informações pela equipe operacional....	79
Figura 24: Exemplo de decomposição dos pacotes de trabalho em elemento	80
Figura 25: Registro fotográfico de equipe alinhando detalhe executivo do forro no modelo.....	81
Figura 26: Quadro de atividades críticas do empreendimento B.....	88
Figura 27: Resultados financeiros apresentados do empreendimento B.....	88
Figura 28: Cronograma do empreendimento B no nível estratégico	88
Figura 29: Relatório de instalação dos equipamentos	90
Figura 30: Sala do planejamento do empreendimento B.....	91
Figura 31: Exemplo de relatório impresso entregue semanalmente aos especialistas	92
Figura 32: Número de decomposições por nível	96
Figura 33: Tipologia de decomposição por nível hierárquico do plano de execução	97
Figura 34 Tela inicial da ferramenta criada em programa de inteligência de negócios.....	98
Figura 35: Tela do programa de inteligência de negócios com seleção de processo e produto	99
Figura 36: Árvore de decomposição de processos do estudo EE3	100
Figura 37: Árvore de decomposição de tarefas com custos do estudo EE3.....	101
Figura 38: Gráfico de árvore estruturada de custos do estudo EE3	102
Figura 39: Fluxo de informações entre níveis apresentado nos estudos EE1 e EE2.....	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Exemplo da relação entre parâmetro EDT e Hierarquia	61
---------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Problemas gerenciais de incerteza	25
Quadro 2: Evolução dos modelos de Gestão de Projetos	28
Quadro 3: Situações para diferentes estratégias de pesquisa	45
Quadro 4: Conexão entre estudos empíricos e questões de pesquisa	48
Quadro 5: Empresas participantes do EE1 e suas funções no empreendimento A	51
Quadro 6: Cronograma das participações iniciais do pesquisador na pesquisa	67
Quadro 7: Quadro resumo dos padrões do estudo EE1	85
Quadro 8: Quadro resumo dos padrões do estudo EE2	95
Quadro 9: Quadro resumo dos padrões do estudo EE3	103
Quadro 10: Resumo das diretrizes	108

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEC: Arquitetura, Engenharia e Construção

BEP: *BIM Execution Plan* (Plano de Execução BIM)

BIM: *Building Information Modeling* (Modelagem da Informação da Construção)

CAD: *Computer-Aided Design*

CPM: *Critical Path Method*

DSR: *Design Science Research*

EAP: Estrutura Analítica de Projeto

ICF: *Insulated Concrete Forms*

IFC: *Industry Foundation Classes*

IOT: *Internet of Things*

KPMG: *Klynveld Peat Marwick Goerdeler* (consultoria de auditoria)

LBMS: *Location Based Management System*

LBS: *Location Breakdown Structure*

LoD: *Level of Development* (Nível de Desenvolvimento)

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

PERT: *Program Evaluation and Review Technique*

PMO: *Project Manager Officer*

PCP: Planejamento e Controle da Produção

PPC: Percentual de Pacotes Concluídos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. CONTEXTO E JUSTIFICATIVA.....	15
1.2. PROBLEMA DE PESQUISA.....	18
1.3. QUESTÕES DE PESQUISA.....	19
1.4. OBJETIVOS DA PESQUISA.....	20
1.5. DELIMITAÇÕES.....	20
1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	21
2. PCP E NÍVEIS HIERÁRQUICOS DO PLANEJAMENTO	22
2.1. DEFINIÇÕES DO PCP.....	22
2.1.1. <i>Conceitos de planejamento</i>	22
2.1.2. <i>Conceitos de tarefa e pacotes de trabalho</i>	23
2.1.3. <i>Incerteza no PCP</i>	24
2.2. PCP NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	25
2.3. FRAGILIDADES DO PCP NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	26
2.4. EVOLUÇÃO DO PCP.....	27
2.5. DIMENSÕES DO PROCESSO DE PLANEJAMENTO.....	34
2.5.1. <i>Dimensão Horizontal</i>	34
2.5.2. <i>Dimensão Vertical</i>	36
2.6. INTERFACE DOS NÍVEIS DE PLANEJAMENTO.....	38
2.6.1. <i>Dificuldades encontradas na literatura</i>	38
2.6.2. <i>Consequências de uma interface ruim entre níveis de planejamento</i>	39
3. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)	41
3.1. CONCEITOS BIM.....	41
3.1.1. <i>BIM</i>	41
3.1.2. Interoperabilidade e <i>Industry Foundation Classes (IFC)</i>	42
3.2. BIM NA MELHORIA DO PCP.....	43
4. MÉTODO DE PESQUISA	44
4.1. ESTRATÉGIA DE PESQUISA.....	44
4.2. DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	46
4.2.1. <i>Revisão Bibliográfica</i>	47
4.2.2. <i>Compreensão</i>	47
4.2.3. <i>Desenvolvimento</i>	48

4.2.4. <i>Análise e Reflexão</i>	49
4.3. ESTUDO EMPÍRICO EE1	50
4.3.1. <i>Empresas envolvidas no estudo EE1</i>	50
4.3.2. <i>Descrição do estudo EE1</i>	51
4.3.3. <i>Descrição do empreendimento A</i>	53
4.3.4. <i>Fontes de evidências empregadas</i>	54
4.4. ESTUDO EMPÍRICO EE2	56
4.4.1. <i>Descrição do estudo EE2</i>	56
4.4.2. <i>Descrição do empreendimento B</i>	58
4.4.3. <i>Fontes de evidências empregadas</i>	59
4.5. ESTUDO EMPÍRICO EE3	59
4.5.1. <i>Descrição do estudo EE3</i>	59
4.5.2. <i>Descrição do empreendimento C</i>	62
4.5.3. <i>Fontes de evidências empregadas</i>	62
4.6. SOFTWARE UTILIZADOS NA PESQUISA.....	62
4.6.1. <i>Softwares BIM</i>	63
4.6.2. <i>Software de criação de cronogramas</i>	64
4.6.3. <i>Software de análise de dados</i>	64
4.6.4. <i>Software de compartilhamento de informações</i>	64
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	66
5.1. ESTUDO EMPÍRICO EE1	66
5.1.1. <i>Apresentação e análise dos dados coletados</i>	66
5.1.2. <i>Apresentação e análise das entrevistas</i>	81
5.1.3. <i>Considerações sobre o estudo EE1</i>	83
5.2. ESTUDO EMPÍRICO EE2	86
5.2.1. <i>Apresentação e análise dos dados coletados</i>	86
5.2.2. <i>Apresentação e análise das entrevistas</i>	92
5.2.3. <i>Considerações sobre o estudo EE2</i>	93
5.3. ESTUDO EMPÍRICO EE3	95
5.3.1. <i>Apresentação e análise dos dados coletados</i>	95
5.3.2. <i>Considerações sobre o estudo EE3</i>	102
5.4. PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES	103
6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	109
6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	110
REFERÊNCIAS	112
APÊNDICE A: ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA.....	122

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo de introdução tem como objetivo apresentar ao leitor o contexto e a justificativa da presente pesquisa. Nele, o contexto, o problema de pesquisa, as questões de pesquisa, os objetivos e delimitações do trabalho foram descritos. A pesquisa destina-se a engenheiros, arquitetos e demais profissionais envolvidos com a indústria da construção civil, em especial àqueles envolvidos com o planejamento e controle da produção.

1.1. CONTEXTO E JUSTIFICATIVA

No contexto do gerenciamento de projetos, a dificuldade enfrentada por gestores no planejamento e controle de suas obras é refletida nos números de projetos malsucedidos. Leach (2014) apresenta que 30% dos projetos são cancelados antes de sua conclusão. O sucesso de um projeto estaria atrelado a satisfação de 3 requisitos: qualidade, tempo e dinheiro, sendo elas interdependentes (LEACH, 2014). Esses três critérios de performance são vértices do triângulo base do gerenciamento de projetos (POLLACK; HELM; ADLER, 2018) e atender satisfatoriamente esses três critérios é um dos objetivos mais desafiadores para gestores de projetos (BALLESTEROS-PÉREZ *et al.*, 2020; IBRAHIM *et al.*, 2007).

A indústria da construção civil afeta significativamente a economia, o ambiente e a sociedade como um todo (WITTHOEFT; KOSTA, 2017). Ela participa direta ou indiretamente de quase todos os setores da indústria. Seus empreendimentos são caracterizados, dentre outros, pela unicidade de seus produtos e pela incerteza de processos (FORMOSO *et al.*, 1999). Especialmente depois da Segunda Guerra Mundial, diferentes iniciativas têm sido realizadas para compreender a indústria da construção e seus problemas para desenvolver soluções e melhorias em seus métodos (KOSKELA, 1992). No entanto, a incerteza, que é inerente ao processo da construção, é frequentemente negligenciada (FORMOSO *et al.*, 1999). A natureza incerta do processo reforça a dificuldade de realizar de maneira confiável o planejamento e controle da produção (PCP) de empreendimentos.

Não são raras as vezes nas quais um projeto da construção civil deixa de ter seu sucesso atingido, seja por descumprimento de prazo de execução ou do orçamento previsto em comparação ao planejado. Em 2017, foi apresentado no relatório de Witthoef *et al* (2017) que os índices de produtividade da construção civil se apresentam estagnados ou em queda. Apesar

de alguns países despontarem com aumento de produtividade em seus projetos da construção civil, a maioria dos países ainda enfrenta problema de tendências de diminuição e baixa produtividade (DIXIT *et al.*, 2019). No contexto da construção civil, em uma pesquisa realizada pela empresa de consultoria *Klynveld Peat Marwick Goerdeler* (KPMG, 2015), dois terços dos respondentes afirmaram ter excedido em no mínimo 10% o orçamento de seus projetos e três quartos finalizaram seus empreendimentos com mais de 10% de atraso.

As entregas de projeto com custo maior do que o previsto e com atraso são um fenômeno comum na indústria da construção, se tornando um problema típico do ciclo de vida de um projeto (BALLESTEROS-PÉREZ *et al.*, 2020). Nas últimas décadas, diversas pesquisas são direcionadas para compreender as causas desses atrasos (KRAIEM; DIEKMANN, 1987; JERGEAS, 1994; ROSENFELD, 2014; KALUGIN, 2017; SEMPLE; HARTMAN; ZIDANE; ANDERSEN, 2018). Um dos fatores que se destaca em diversos estudos é a má qualidade do planejamento (ZIDANE; ANDERSEN, 2018), sendo muitas vezes citado como o mais importante dentre todos, como nos trabalhos de Adeyemi e Masalila (2016), Aiyetan *et al.* (2011) e Tumi e Pakir (2009).

O processo de produção, segundo (KOSKELA, 1992), pode ser concebido de três diferentes maneiras, cada uma delas correspondendo a um modelo distinto: (a) como um processo de conversão de entradas em saídas, (b) como um fluxo de material e informação ao longo do tempo e espaço e (c) como um processo de geração de valor para o cliente. Todos esses três modelos são apropriados e necessários, muito embora o modelo de conversão seja dominante na indústria da construção civil (KOSKELA; HUOVILA, 1997). No entanto, as técnicas desse modelo não têm se mostrado capazes de lidar com a dificuldade de tomada de decisão em ambientes com alto grau de incerteza, onde as informações com frequência são completamente disponíveis (BALLARD, H. G., 2000c).

A gestão da incerteza em um projeto é uma condição necessária para seu efetivo gerenciamento, especialmente porque as fontes de incerteza não se restringem a potenciais acontecimentos, mas também incluem outros fatores como a ausência de informações, ambiguidades e características dos envolvidos do projeto (ATKINSON; CRAWFORD; WARD, 2006). Projetos que são baseados em métodos de planejamento tradicionais apresentam uma lacuna entre níveis de planejamento de longo prazo e os níveis executivos (HEIGERMOSER *et al.*, 2019), o que diminui o fluxo e qualidade das informações, contribuindo para um aumento da incerteza.

Planos excessivamente detalhados com demasiada antecedência tendem a agravar esse quadro, pois quanto maiores o grau de detalhamento e a antecipação do que se está prevendo, menor será a precisão desta previsão (NAHMIAS *et al.*, 2008).

Nas últimas décadas, uma abordagem apresentada para lidar com a incerteza foi a divisão do planejamento em níveis hierárquicos. Neste contexto, o planejamento é visto como um processo distribuído em vários níveis (LAUFER, A.; TUCKER, 1987), nos quais cada um deve ser compatível com o papel dos diferentes tipos de planejamento. A razão para a existência desses vários níveis é decorrente das distintas necessidades de informação demandadas pelos vários intervenientes do projeto de construção. A literatura sobre planejamento tem três principais audiências: gerentes corporativos, gerentes de projeto e construtoras (LAUFER, A.; TUCKER, 1987).

Na literatura, não há um consenso acerca da quantidade e escopo específico de cada um dos níveis hierárquicos. Laufer e Tucker (1987) propõe três níveis de planejamento. Já o sistema *Last Planner* de Howell e Ballard (1997) consolidaram mais dois níveis, o *planejamento por fases* e os *aprendizados*. Laufer e Tucker (1987), Ballard (2000), Kemmer *et al.* (2007b), Ballard e Tommelein (2016) e Angelim (2020) apresentam trabalhos que contêm a caracterização desses diferentes períodos e horizontes de planejamento, com o foco na definição das funções e limitações dos níveis de curto, médio e longo prazo, podendo eles serem denominados de maneiras diferentes de acordo com a pesquisa.

Logo, em um estado inicial do projeto, quando as informações não estão bem definidas, os pacotes de trabalho devem ser decompostos em um baixo nível de detalhe e na medida que os eventos forem se aproximando e conseqüentemente o nível de informação for maior, os pacotes de trabalho podem ser decompostos em atividades mais detalhadas (PMI, 2017). Huang (2017) apresenta em seu trabalho elementos que controlam o processo de desdobramento dos pacotes de trabalho. Dentre esses fatores, o autor destaca que o detalhamento dos pacotes de trabalho depende da disponibilidade de informações como as de escopo e plantas dos projetos. Apesar de não descrever explicitamente como manter a integração entre os níveis hierárquicos do planejamento, o autor também cita essa organização da estrutura de planejamento como fator importante, a qual foi classificada pelo autor em níveis estratégico, gerencial e operacional.

O surgimento e a disseminação do *Building Information Modeling* (BIM) tem resultado em uma significativa transformação da indústria da construção (HEIGERMOSER *et al.*, 2019). O BIM

busca representar todos os aspectos de um empreendimento em um modelo digital, auxiliando não só a arquitetura, mas também o planejamento, extração de quantitativos, compatibilização de projetos, entre outros (NAWAZ; SU; NASIR, 2021), podendo ser usado para aumentar a qualidade da informação do *design* e estabelecer mecanismos e procedimentos pelos quais a informação é comunicada e compartilhada (CROTTY, 2012).

Os benefícios aportados pelo BIM aos projetos já são largamente reconhecidos, o que tem contribuído para sua disseminação na indústria (EASTMAN *et al.*, 2011; PORWAL; HEWAGE, 2013). Existem diversas evidências dos benefícios da implementação do BIM em relação ao desempenho de projetos de construção, como a redução no número de mudanças nos projetos, resultando em uma menor incerteza no processo (HONCHARENKO *et al.*, 2021).

Tendo em vista o tamanho e a importância da indústria da construção civil, toda pequena melhoria pode provocar impactos significativos para a sociedade (DE ALMEIDA; ZAFRA SOLAS; RENZ, 2016). Uma vez compreendida a deficiência histórica nos índices de performance da indústria da construção civil, por vezes relacionada à ingerência sobre as incertezas inerentes ao processo, percebe-se que tanto o BIM quanto novas metodologias de planejamento têm auxiliado a compreender e lidar de alguma maneira com a incerteza dos processos de projeto (*design*) e execução de empreendimentos. Devido à complexidade do problema, nota-se que ele não está perto de ser resolvido e que há uma necessidade de investigar teorias e práticas que auxiliem na gestão da incerteza nos empreendimentos da construção civil.

1.2. PROBLEMA DE PESQUISA

A hierarquização dos níveis de planejamento visa proteger a produção da incerteza (MARCHESAN, 2001). Porém, manter a consistência das informações que transmitidas entre os níveis hierárquicos do planejamento representa um grande desafio do planejamento em múltiplos níveis (LAUFER, A.; TUCKER, 1987), sendo ainda hoje apontada como uma das principais falhas observadas na execução de planejamentos da produção (ANGELIM *et al.*, 2020). A indústria da construção civil tem apresentado índices de performance baixos ao longo da história quando comparados às demais indústrias (TEICHOLZ, 2014) e percebe-se que mesmo com o avanço tecnológico a baixa qualidade dos planos de obra ainda não foi solucionada (SWEIS *et al.*, 2008; YANG; CHU; HUANG, 2013).

Algumas pesquisas acadêmicas no contexto da construção civil são realizadas contemplando o escopo do planejamento e controle da produção. Dentre elas, destacam-se: (a) **produtividade e índices de sucesso de projetos, em especial na indústria da construção civil** (LEACH, 2014; RODRIGUES DE ALMEIDA; ZAFRA SOLAS; TEICHOLZ, 2014; KPMG, 2015; RENZ, 2016; DEMIRKESEN; OZORHON, 2017) e (b) **causas para o atraso e sobrecusto do projeto**, os quais envolvem desde eventos regionais até fenômenos globais (KRAIEM; DIEKMANN, 1987; SEMPLE; HARTMAN; JERGEAS, 1994; ROSENFELD, 2014; KALUGIN, 2017; ZIDANE; ANDERSEN, 2018).

O sistema *Last Planner* atualmente tem sido uma das mais populares ferramentas da produção enxuta (DAVE *et al.*, 2015). Esse sistema, apresentado por Ballard (2000a), contém o nível hierárquico de médio prazo, cujo um dos objetivos é fazer a conexão dos planos de longo e de curto prazo (KEMMER *et al.*, 2007a). Angelim (2020) apresenta em seu trabalho que essa ligação entre os níveis de planejamento é negligenciada. A mesma constatação é trazida por Hamzeh, Ballard e Tommlin (2008), Wesz, Formoso e Tzotzopoulos (2013), Perez e Ghosh (2018), Olivares e González (2016) e . No entanto, nenhum desses trabalhos apresenta como deve ser realizada a integração e manutenção da consistência entre os níveis hierárquicos de planejamento. Essa deficiência, adicionada à falta de formalização do sistema de planejamento e controle da produção, torna difícil a tradução dos planos de longo prazo em ações operacionais(KEMMER *et al.*, 2007a; DAVE *et al.*, 2015), igualmente ocorrendo no sentido inverso ao acompanhamento e controle do progresso do empreendimento.

Apesar de trabalhos indicarem a importância da interface entre os níveis de planejamento, nota-se a necessidade de desenvolvimento de estudos que contribuam para a integração entre os diferentes níveis de planejamento, por meio de diretrizes para o desdobramento dos pacotes de trabalho, com especial atenção para a manutenção da consistência das informações entre esses níveis hierárquicos. O BIM surge como uma das principais possibilidades visando essa integração, tendo em vista os benefícios já consolidados na literatura e sua importância na gestão da informação do projeto de construção.

1.3. QUESTÕES DE PESQUISA

No contexto apresentado e com base no problema de pesquisa, o presente trabalho tem como questão principal de pesquisa:

Como melhorar a integração dos níveis hierárquicos do planejamento da produção de um empreendimento de construção?

Como desdobramento da questão principal, foram propostas as questões secundárias:

- a) Quais critérios devem ser seguidos para fins de desdobramento de um pacote de trabalho, visando assegurar a coerência do fluxo de informações entre níveis de planejamento?
- b) Como o BIM pode auxiliar no desdobramento dos pacotes de trabalho visando aprimorar a integração entre os níveis de planejamento?
- c) Quais as necessidades de informação para os diferentes níveis de planejamento?

1.4. OBJETIVOS DA PESQUISA

Como objetivo principal, a presente pesquisa pretende **propor diretrizes que contribuam para melhorar a integração dos diferentes níveis do planejamento da produção de um empreendimento de construção**. Essas diretrizes visam a auxiliar na criação de boas práticas no processo de planejamento e controle da produção, em especial nos casos nos quais se adota o BIM.

Como objetivos específicos da pesquisa, são propostos:

- a) Identificar critérios a serem seguidos no desdobramento de um pacote de trabalho, visando assegurar a coerência do fluxo de informações entre níveis de planejamento;
- b) Avaliar criticamente o potencial do BIM para auxiliar no desdobramento dos pacotes de trabalho ao longo de múltiplos níveis de planejamento, identificando barreiras e oportunidades para sua utilização no suporte às rotinas de Planejamento e Controle da Produção (PCP);
- c) Caracterizar as necessidades de informações para os diferentes níveis hierárquicos do planejamento durante a rotina de um empreendimento.

1.5. DELIMITAÇÕES

Embora haja diversas segregações dos níveis de hierárquicos de planejamento e controle da produção, o presente trabalho optou em não restringir a análise a uma quantidade específica de níveis, que pode variar dependendo da referência de literatura, mas sim à existência de

diferentes níveis que contém diferentes necessidades para diferentes públicos. Ainda, optou-se por restringir o escopo da pesquisa à etapa de execução do empreendimento, não contemplando as demais fases de um projeto.

O sistema de PCP é tratado de modo abrangente na literatura; porém, neste trabalho, dá-se ênfase ao sistema de PCP em obras civis, tendo em vista a experiência profissional e acadêmica do autor. Em especial, o trabalho tem como foco as interfaces entre os níveis hierárquicos de planejamento.

1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é composto por seis capítulos. O capítulo introdutório apresenta o contexto no qual foi inserida a pesquisa, problema prático que serviu de motivação, o problema de pesquisa com as lacunas de pesquisa encontradas, questões e os objetivos do trabalho e as delimitações do mesmo.

O segundo e o terceiro capítulos são destinados à apresentação da revisão bibliográfica, a qual teve como foco a apresentação dos conceitos envolvidos no trabalho e a lacuna de pesquisa observada. No segundo capítulo são apresentados conceitos gerais do planejamento e controle da produção, juntamente com críticas ao processo tradicional de planejamento e controle da produção, em especial sobre a ausência de literatura que indique como manter onexo das informações entre os níveis hierárquicos do planejamento. O terceiro capítulo explora os conceitos da metodologia BIM, principalmente os vinculados à interoperabilidade, e a literatura sobre a utilização do BIM nas melhorias do processo de PCP.

No capítulo quatro é apresentado o método de pesquisa, no qual foi justificada a escolha do pesquisador pela estratégia de pesquisa de estudo de caso. Além, nesse capítulo são discutidos a estratégia e o delineamento da pesquisa, bem como as fontes de evidência utilizadas ao longo do presente trabalho.

O quinto capítulo se destina à exposição dos resultados e discussões do trabalho. Nele foram apresentadas e analisadas as fontes de evidência de cada um dos estudos empíricos, bem como a conexão dos três estudos e sua importância para a pesquisa. Além disso, no quinto capítulo foram propostas as diretrizes direcionadas ao problema de pesquisa. Por fim, no sexto capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho, avaliadas suas contribuições e sugeridos trabalhos futuros relacionados aos temas contemplados na presente pesquisa.

2. PCP E NÍVEIS HIERÁRQUICOS DO PLANEJAMENTO

Neste capítulo são apresentados (a) as definições sobre conceitos do PCP pertinentes ao trabalho, (b) um breve histórico de sua evolução e seus objetivos, com ênfase na hierarquização dos níveis de informação do planejamento e (c) alguns dos problemas apontados na literatura pela falta de coesão entre esses níveis. A evolução do PCP foi apresentada juntamente com críticas à visão tradicional e lacunas presente em metodologias contemporâneas como a Construção Enxuta. Após, serão explicitadas particularidades do PCP na construção civil, bem como suas fragilidades. Devido à diferença de significado dos termos recorrentes na literatura *Scheduling* e *Planning*, ao longo do capítulo os mesmos serão traduzidos como, respectivamente, calendarização e planejamento. O termo *projeto*, quando representar plantas baixas, modelos ou desenhos, será apresentado na forma projeto (*design*).

2.1. DEFINIÇÕES DO PCP

Ao longo dos anos, os conceitos envolvidos no processo de planejamento e controle da produção vêm sendo discutidos e refinados por pesquisadores. A partir da década de 70, diversas organizações industriais têm experimentado alterações em suas técnicas e filosofias de gestão da produção (MARCHESAN, 2001). Porém, a falta de teorias explícitas que fundamentem a gestão da produção da construção civil também é uma barreira compartilhada com a gestão da produção em geral, segundo Koskela (2000b).

2.1.1. Conceitos de planejamento

Para Ackoff (1970), o planejamento é um processo de tomada de decisão que antecipa uma ação, projetando um futuro desejado e os meios para realizá-lo. Posteriormente, Laufer e Tucker (1987) definem que o planejamento deve responder as perguntas:

- a) O que deve ser feito? (atividades)
- b) Como estas atividades devem ocorrer? (métodos)
- c) Quem deve performar cada atividade e com quais meios? (recursos)
- d) Quando as atividades devem ser performadas? (sequenciamento e timing)

Segundo Howell e Ballard (1997), o planejamento é a chave gerencial que deveria ser usada para reduzir ou eliminar fatores de desperdício, como falta de materiais, equipamentos ou

recursos e má distribuição e alocação de recursos. Ainda, para os mesmos autores, o planejamento é a produção de orçamentos, cronogramas e outras especificações detalhadas dos passos a serem seguidos e as restrições a serem obedecidas na execução de um projeto (BALLARD, G.; HOWELL, 1998).

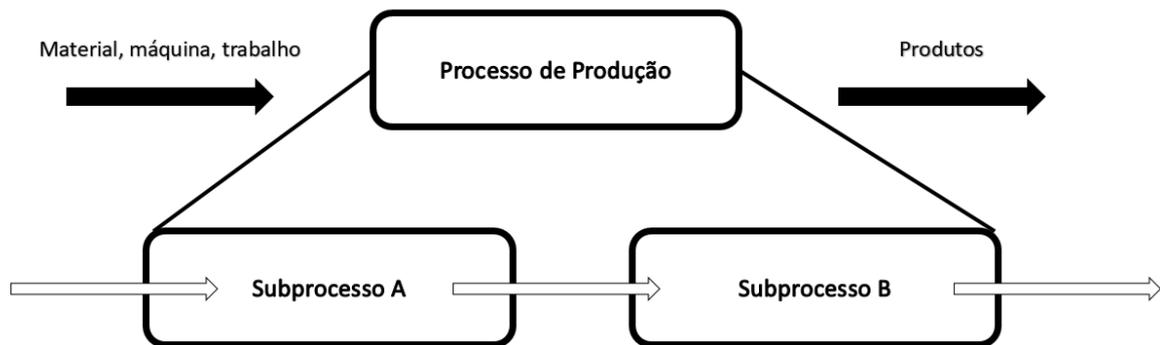
Para Formoso (1999), o planejamento é definido como um processo gerencial, que envolve o estabelecimento de objetivos e a determinação dos procedimentos necessários para atingi-los, sendo somente eficaz quando realizado em conjunto com o controle. Essa definição vem ao encontro do contexto da presente pesquisa, na qual se pretende criar diretrizes que, entre outras, aproximem os planos de seus controles, logo, ela será a referência para o restante do trabalho, reforçando o caráter dinâmico do planejamento, que não termina até o empreendimento ser entregue (BALLARD; TOMMELEIN, 2016).

2.1.2. Conceitos de tarefa e pacotes de trabalho

Como parte do PCP, é importante a definição do conceito de tarefa pois ele direciona tanto a realização dos planos de obra quanto as possibilidades de decomposição dos pacotes de trabalho. Tendo sido publicado pela primeira vez no ano de 1911, o livro de Taylor (2021) apresenta a ideia de que a tarefa representa o conjunto bem definido do trabalho a ser realizado por um operador para cumprir um determinado objetivo. Segundo o autor, a tarefa deve especificar não só o que deve ser feito, mas também como deve ser feito e o tempo exato permitido para execução.

A complexidade dos empreendimentos e o curto prazo para definição dos planos de execução tornam inviável antecipação das atividades com o alto grau de detalhamento citado por Taylor (2021); porém, essa definição foi analisada por Koskela (2000b) como parte do conceito de unidade gerenciável dentro de um processo de transformação total. Logo, um processo de transformação seria composto de sub processos, os quais também representam processos de transformação. O esquema de um processo de produção como um processo que pode ser dividido hierarquicamente apresentado por Koskela (2000b) é representado na Figura 1.

Figura 1: Produção como processo de transformação que pode ser dividido em subprocessos



Fonte: adaptado de Koskela (2000b)

Essa estrutura hierárquica de componentes de um projeto pode ser realizada através de pacotes de trabalho e é um mecanismo fundamental para assegurar que nada importante é negligenciado (KERZNER, 2017). A decomposição de grandes pacotes de trabalho em menores pode ser realizada de acordo com diferentes critérios, orientada pelos requisitos de informação necessários (BUCHTIK, 2010). Nesse contexto, Cerezo-Narváez (2020) aponta duas dificuldades na criação dessas estruturas hierarquizadas: (a) qual critério deve ser adotado para a decomposição e (b) até qual nível de detalhamento devem ser desdobrados os pacotes de trabalho. Não é indicada na literatura uma regra universal para essas variáveis.

No presente trabalho é adotado o conceito de que uma tarefa pode ser completamente descrita através da combinação de um *processo* e um *produto*, sendo o *produto* representado pelas variáveis de *local* e *elemento*. Essa definição também foi usada na criação de modelos dos trabalhos de Stumpf (1996), Marchesan (2001) e Reinhardt (2005).

2.1.3. Incerteza no PCP

Não só no gerenciamento de projetos da construção civil, mas em qualquer projeto a incerteza é um elemento importante a ser considerado quando se estima potencial de performance de indicadores como por exemplo custo, duração ou qualidade (ATKINSON *et al*, 2006). Na construção civil a incerteza é uma característica particularmente importante em parte devido a sua negligência por parte dos gerentes de projeto. Em uma pesquisa realizada por Howell e Ballard (1997) com mais de 170 gerentes da indústria da construção civil, constatou-se que em 85% dos projetos os gerentes subestimaram as incertezas envolvidas no empreendimento.

Atkinson *et al* (2006) desenvolveu um trabalho que analisou diversas fontes da incerteza presentes em diferentes tipos de projetos. O Quadro 1 apresenta alguns dos principais problemas relacionados à incerteza na gestão de projetos durante os estágios de planejamento e execução da produção.

Quadro 1: Problemas gerenciais de incerteza

Fase do Projeto	Problemas gerenciais de incerteza
Planejamento estratégico	Identificação das restrições regulamentares
	Necessidade de concorrência de atividades
	Captura de relações de dependência
	Erros e omissões
Execução	Exercer coordenação e controle adequados
	Determinar o nível e escopo do sistema de controle
	Garantir a comunicação eficaz entre participantes
	Garantir liderança efetiva
	Garantir responsabilidades

Fonte: adaptado de Atkinson *et al* (2006)

Os sistemas de planejamento e controle da produção atuais não parecem estar preparados para lidar com incertezas. Mesmo com a ênfase dada por diversos pesquisadores acerca da importância do sistema de planejamento e controle para aliviar os fatores que resultam em altos níveis de incertezas (BALLARD, G.; HOWELL, 1998; BERNARDES, 2001; FORMOSO *et al.*, 1999; OLIVEIRA, 2000; SOARES; BERNARDES; FORMOSO, 2002), ainda são investidos muito tempo e esforços para a criação de cronogramas muito detalhados em estágios iniciais dos projetos, nos quais o nível de informação é o menor e o grau de incerteza maior.

2.2. PCP NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O termo planejamento e controle da produção é abrangente e é usado em diversas indústrias e contextos. Neste trabalho, o foco foi a indústria da construção civil, que apresenta algumas particularidades quando comparada às demais.

Diversos pesquisadores já expuseram as particularidades intrínsecas da construção civil (KOSKELA, 1992, 2000a; MELLES; WAMELINK, 1993). Dentre elas, Marchesan (2001) descreve três das mais relevantes para discussão no contexto de planejamento e controle da produção:

1. **Unicidade dos produtos**, sendo ela causada pelos diferentes requisitos dos clientes, variabilidade nos locais de obra e diferentes visões dentre os projetistas acerca da melhor solução para um determinado projeto;
2. **Desenvolvimento dos processos de produção no local final onde o produto será entregue**. Nesse tópico, são ressaltados o consumo de espaço na produção, a frequente alteração de layout de produção devido ao avançar das etapas da obra e a necessidade da mão de obra se movimentar através do produto;
3. **Estrutura de produção ter caráter provisório**, o que dificulta a estabilidade dos fluxos de trabalho. A fragmentação da estrutura temporária, a interdependência e a informalidade dos sistemas de gestão introduzem mais variabilidade ao processo de produção.

O conjunto dessas características adicionam variabilidade e complexidade ao sistema, tornando o planejamento e controle da produção na indústria da construção civil um desafio.

2.3. FRAGILIDADES DO PCP NA CONSTRUÇÃO CIVIL

As características intrínsecas da construção civil trazem consigo algumas dificuldades na gestão do planejamento que permeiam os anos e seguem sem solução consensual. Na literatura, há algumas pesquisas que elencam as causas da fragilidade do PCP na indústria da construção, Formoso (1999) apresenta as principais:

- a) **O planejamento e controle da produção normalmente não é encarado como um processo gerencial**, sendo realizado comumente por um setor isolado da empresa. Os cronogramas criados a partir desse contexto carecem de uma base de informações consistente e não garantem que a informação seja disseminada num formato adequado no tempo certo;
- b) **A incerteza, inerente ao processo de construção, é frequentemente negligenciada**. Devido ao seu caráter inerente, não é correto ter a expectativa de eliminar a incerteza. O detalhamento excessivo de planejamentos em etapas iniciais do projeto, onde o grau de incerteza geralmente é maior, tende a criar planos ineficientes;

- c) **A execução da obra com frequência é guiada por um planejamento excessivamente informal**, o que dificulta a vinculação entre os níveis de planejamento e prejudica a comunicação entre os vários setores da empresa;
- d) **O uso de computadores tem tido um impacto relativamente limitado na eficiência do processo de planejamento e controle**, uma vez que sistemas operacionais são usados para informatizar processos ineficientes, sem levar em consideração as necessidades dos clientes internos. Em algumas situações, a grande quantidade de dados dificulta a identificação das informações que são efetivamente importantes, dando a falsa impressão de precisão dos dados;
- e) **A melhoria do processo de planejamento e controle da produção envolve não só aspectos técnicos, mas também mudanças de caráter comportamental**. Esse envolvimento é dificultado por dois principais motivos: (a) falta de percepção por parte dos gerentes de produção com relação aos benefícios de um planejamento e (b) necessidade de trabalho em equipe, a qual faz parte de um processo de planejamento.

Das características que fazem parte da construção civil, a incerteza é uma das que mais teve atenção neste trabalho. Ela é um fator chave para a criação de um sistema de planejamento eficiente. Uma boa gestão de projeto passa por uma boa gestão da incertezas (ATKINSON; CRAWFORD; WARD, 2006), com o dimensionamento de *buffers* (HORMAN *et al.*, 2003) e definição correta dos horizontes de planejamento a serem trabalhados.

2.4. EVOLUÇÃO DO PCP

A complexidade e a demanda dos empreendimentos da indústria da construção civil vêm crescendo nas últimas décadas. Como consequência, os modelos de gerenciamento de projetos também têm se atualizado para acompanharem as exigências em termos de qualidade, orçamento e cronograma. Laufer *et al* (1996) apresentam a evolução dos modelos de gerenciamento, cujos conceitos centrais foram se adequando às necessidades dos projetos. Essa evolução apresentada por Laufer *et al* (1996) é verificada no Quadro 2.

Quadro 2: Evolução dos modelos de Gestão de Projetos

Conceito Central	Época do Modelo (década)	Característica dos Projetos	Foco
Calendarização (controle)	1960	Simples, determinado	Coordenação
Trabalho em equipe (integração)	1970	Complexo, incerto	Cooperação entre participantes
Redução de incerteza (flexibilidade)	1980	Complexo, incerto	Realizar decisões instáveis
Simultaneidade (dinamismo)	1990	Complexo, incerto, ágil	Orquestrar contentando demandas

Fonte: adaptado de Laufer *et al* (1996)

Segundo Laufer *et al* (1996), a década de 1960 foi marcada pelo nascimento da noção moderna do gerenciamento de projeto, na qual técnicas como *Critical Path Method* (CPM) e *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) emergiram e foram amplamente usadas. Nesse período, o modelo de gestão era concentrado na gestão de atividades sequenciais e em paralelo, bem como no controle da performance. Essa metodologia obteve relativo sucesso nos projetos pouco complexos; porém, não eram eficientes quando a complexidade dos projetos aumentava. Portanto, na década de 1970 as empresas tiveram como foco o trabalho em equipe para lidar com a interdependência das diferentes disciplinas. Nesse modelo, o gestor era o ator central que deveria orquestrar os colaboradores para assegurar a integração entre todos.

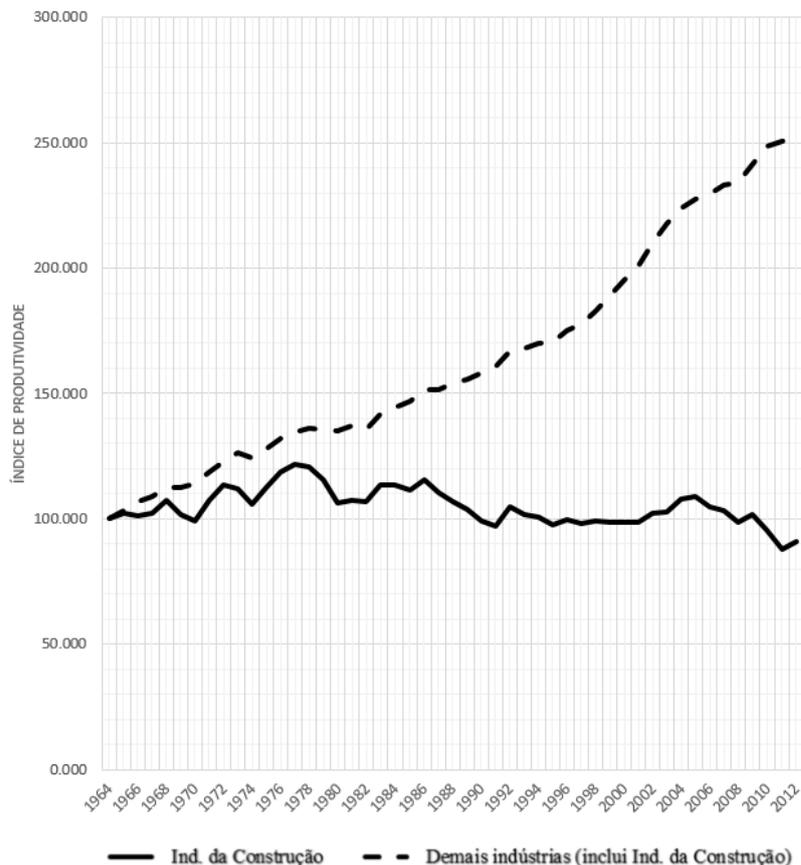
No próximo período analisado, década de 1980, houve um agravamento da incerteza e se notou que projetos complexos passaram a sofrer mais com mudanças de objetivos e restrições que mudavam constantemente. As atenções passaram a ser na redução das incertezas pela tomada de decisões estáveis que não se alterassem ao longo do tempo. Para tanto, os gestores deveriam compilar o maior número de informações disponíveis antes e durante o processo de decisão. A flexibilidade que foi proporcionada permitiu que os projetos, de uma maneira limitada, seguissem um curso estável.

A partir da década de 1990, o tempo de lançamento dos empreendimentos passou a ser definitivo para o sucesso de um projeto no mercado. Logo, passou a se exigir que os gestores integrassem disciplinas de obra que antes se encontravam distantes, o que Laufer (1996) chamou de gestão simultânea. A simultaneidade é representada pelo autor no momento que o gestor integra pessoas e tarefas diferentes, com objetivos e meios distintos, ao mesmo tempo e em um mesmo espaço. O autor traz um aspecto desse estilo de gestão que mais recentemente vem sendo criticado: a informalidade dos procedimentos criados e usados na gestão desse período. Diversos autores apontam a informalidade como uma responsável pela dificuldade de desenvolvimento de um processo de aprendizagem (BERNARDES, 2001), aumento na

variabilidade nos processos de produção (KOSKELA, 2000b) e baixo nível de consistência entre níveis hierárquicos de planejamento (KEMMER *et al.*, 2007a).

Mais recentemente, a partir da década de 1990, a filosofia de planejamento e gestão da indústria da construção passou a ser questionada, reforçando que pesquisas deveriam ser realizadas adicionando técnicas de planejamento e com uma perspectiva holística (LAUFER, A.; TUCKER, 1987). As críticas aos modelos usados até então tinham como contexto estudos que indicavam um baixo índice de performance da indústria da construção civil quando comparado as demais não agrícolas, como o apresentado por Teicholz (2014), adaptado na Figura 2. A crescente complexidade dos projetos era apresentada em pesquisas e os métodos tradicionais de gerenciamento de projetos não se mostravam eficientes para lidar com ela (WILLIAMS, 1999).

Figura 2: Índices de produtividade da indústria da construção civil e demais



Fonte: adaptado de Teicholz (2014)

Uma nova abordagem, originada no Japão na década de 1950 e conhecida por sua aplicação na Toyota, passou a compor uma nova filosofia na indústria que se popularizou no início da década

de 1990 (KOSKELA, 1992). O *Lean Production*, ou Produção Enxuta, já vinha apresentando ganhos expressivos de performance na manufatura desde os anos 1970 (KOSKELA, 2000b) e começou a ser introduzido na indústria da construção através de relatórios como o “*Application of the New Production Philosophy to Construction*”(KOSKELA, 1992). A partir de então, novas práticas e métodos foram sendo desenvolvidos usando os princípios *Lean* para enriquecer e fundamentar a nova filosofia da construção, dentre eles destaca-se o sistema *Last Planner* (DAVE *et al.*, 2015). No entanto, a literatura apresenta discussões sobre a ausência de uma explicitação da teoria de gerenciamento de projetos na construção civil (KOSKELA; HOWELL, 2002), indicando que ainda há lacunas na teoria e nas práticas dos projetos da indústria da construção a serem desenvolvidas (DAVE *et al.*, 2015). Com a intensificação da digitalização do setor da construção civil, novos métodos e abordagens podem surgir, sendo necessário um maior uso do BIM na implementação de empreendimentos (HONCHARENKO *et al.*, 2021).

2.1.3.1. PROCESSO TRADICIONAL DE PCP

Neste item do presente relatório foram registradas algumas das principais características da metodologia tradicional do processo de PCP. Apesar de ser bastante criticado por diversos pesquisadores (HOPP; SPEARMAN, 2008; KOSKELA, 1992; KOSKELA; HOWELL, 2002), o processo de PCP baseado na metodologia tradicional ainda é utilizado no mercado da indústria da construção, estando presente inclusive nos empreendimentos dos estudos de caso do presente trabalho.

Em uma visão tradicional, a construção é entendida como um conjunto de atividades que são destinadas a um certo objetivo (KOSKELA, 1992). O modelo tradicional também é conhecido como modelo de transformação, pois está baseado na conversão de insumos em produtos, conforme Koskela (2000b). O autor ainda apresenta alguns princípios baseados em observações e que são usados juntamente com o modelo de transformação: (a) *o processo de transformação pode ser decomposto em sub processos que possam ser gerenciados*, (b) *o custo do processo geral pode ser minimizado se reduzidos os custos de cada sub processo*, (c) *é vantajoso isolar o processo de produção do ambiente externo através da superestimação de capacidade* e (d) *o valor / custo de um produto está associado ao valor / custo dos insumos de seu processo*.

Uma das principais diferenças entre o modelo de conversão e o de fluxo é o fato do primeiro não considerar atributos da produção como o tempo e conseqüentemente algumas incertezas

(KOSKELA; HOWELL, 2002). Duas são as principais críticas apresentadas quanto ao modelo de conversão por Koskela e Howell (2002) são: (a) a compreensão imprecisa da natureza das atividades e das definições no processo de planejamento e (b) a base teórica de tal modelo foi constituída de maneira implícita, tornando o treinamento de profissionais mais difícil.

2.1.3.2. CONSTRUÇÃO ENXUTA

A nova metodologia da construção enxuta, diferentemente da visão tradicional que era baseada na visão da produção como um processo de conversão, tem como focos o aumento de valor entregue ao consumidor e aos *stakeholders* e a redução da ineficiência do sistema (BALLARD; TOMMELEIN, 2016), minimizando as atividades que não agregam valor. Ballard (2000a) apresenta as funcionalidades essenciais do sistema *Lean*:

- a) O projeto é estruturado e gerenciado como um processo gerador de valor;
- b) Gestores são envolvidos no planejamento de curto prazo através de times funcionais;
- c) O controle fazendo parte da execução;
- d) Foco em um processo confiável ao invés de aumentar produtividade;
- e) *Buffers* são usados para absorver a variabilidade;
- f) Ciclos de *feedbacks* são incorporados a todos os níveis, dedicados a um ajuste rápido do sistema.

2.1.3.2.1. Sistema *Last Planner*

O sistema *Last Planner* faz parte da filosofia *Lean* e foi criado no início dos anos 90 como um sistema de controle para a produção, inspirado na baixa confiabilidade do fluxo de trabalho nos projetos de construção. Logo, o primeiro objetivo do *Last Planner* foi o de aumentar a confiabilidade dos planos de curto prazo (BALLARD; TOMMELEIN, 2016).

O controle, segundo Laufer e Tucker (1987), envolve medir e avaliar o desempenho, bem como tomar ações corretivas quando ineficiências são detectadas. Ballard e Tommelein (2016) apresentam uma definição mais ampla para controle, a qual será adotada pelo presente trabalho. Os autores apresentam dois conceitos relacionados ao controle: *controle de projeto* e *controle de produção*.

O *controle de projeto* tem como papel definir metas de custo e tempo que estejam alinhadas com o escopo do projeto e monitorar o progresso na direção dessas metas. O *controle da produção* tem o objetivo de guiar na direção das metas, fazendo as tarefas que podem ser feitas, seguindo os caminhos planejados e, quando possível, descobrir maneiras alternativas de cumprir as metas (BALLARD; TOMMELEIN, 2016). Segundo analogia dos mesmos autores: “*Controle de projeto sem controle da produção é como dirigir olhando apenas para o retrovisor. Controle de produção sem o controle de projeto é como dirigir sem destino ou avisos de distância e combustível restantes.*”.

O sistema *Last Planner* tem doze princípios que guiam as ações de planejamento e controle da produção. São eles (BALLARD; TOMMELEIN, 2016):

- 1) Manter todos os cronogramas, em todos os níveis de detalhes, visíveis a todos a qualquer momento;
- 2) Manter planos de longo prazo em um nível de detalhe baixo;
- 3) Planejar com mais detalhes quando a data de início de uma tarefa se aproxima;
- 4) Produzir planos colaborativamente com aqueles que executarão o trabalho que está sendo planejado;
- 5) Replanejar quanto for necessário para ajustar o cronograma à realidade;
- 6) Revelar e remover as restrições de atividades programadas como um time;
- 7) Tornar o fluxo de trabalho mais confiável para melhorar a performance operacional;
- 8) Não começar tarefas que não devem ou não podem ser finalizadas. Comprometa-se a executar apenas as tarefas que foram pré-definidas, dimensionadas e sequenciadas;
- 9) Realizar e manter promessas confiáveis, falando-as em voz alta;
- 10) Aprender com as consequências indesejadas resultantes de ações tomadas;
- 11) Subestimar recursos para aumentar a confiabilidade do trabalho programado;
- 12) Manter uma reserva de atividades prontas para serem executadas.

As definições do sistema *Last Planner* são importantes para o presente trabalho. A *manutenção de planos de obra de longo prazo com baixo grau de detalhamento, a colaboração entre os níveis tático e operacional e o detalhamento dos pacotes de trabalho de maneira progressiva na medida que o início da tarefa se aproxima* são alguns dos conceitos considerados no desenvolvimento dos objetivos da presente pesquisa. No entanto, o presente trabalho não se restringiu apenas à interface entre os níveis hierárquicos mais baixos, mas também teve como objetivo analisar suas interações com os níveis superiores do planejamento.

2.1.3.2.2. *Location-Based Management System*

O *Location-Based Management System* é uma metodologia baseada no acompanhamento de atividades que são agregados em múltiplos locais (KENLEY; SEPPÄNEN, 2009). O LBM pode otimizar os fluxos de produção, principalmente em modelos com atividades lineares e repetitivas (LUCKO; ALVES; ANGELIM, 2014). Porém, o método não se restringe a essa tipologia de tarefas. Segundo Kenley e Seppänen (2009), o LBMS se concentra mais no movimento dos recursos através dos locais do que na necessidade de repetição das atividades.

As zonas de trabalho são importantes em um empreendimento para que seja possível o agrupamento de alguns pacotes de trabalho que não podem ser vistos como processos contínuos e repetitivos (KENLEY; SEPPÄNEN, 2009). Assim como para processos, os locais também podem ser organizados em estruturas hierárquicas, chamadas de *Location Breakdown Structure* (LBS). Corroborando com a importância de uma LBS, Dave (2015) apresenta a criação dessa estrutura para os locais de um empreendimento da construção como sugestão para o começo do processo de planejamento da produção. A hierarquia de uma LBS é organizada para que níveis superiores contêm todas as informações dos níveis inferiores, sendo que cada hierarquia apresenta um diferente objetivo (KENLEY; SEPPÄNEN, 2009). Níveis superiores da hierarquia de uma LBS são utilizados para otimizar o sequenciamento da construção, pois tais estruturas são independentes entre si, logo, elas podem ser construídas em qualquer sequência ou simultaneamente. Níveis médios são usados para planejar o fluxo de produção, refletindo geralmente sobre as restrições físicas. Finalmente, níveis mais baixos tem como objetivo planejar os detalhes e acabamentos (KENLEY; SEPPÄNEN, 2009).

Os conceitos de hierarquização de locais são importantes para o desenvolvimento do presente trabalho. Uma LBS deve ser usada para melhorar a interface entre os diferentes públicos de um empreendimento; porém, uma vez definida uma tarefa em *processo, local e elemento*,

hierarquizar uma estrutura de locais pode não ser a única ou melhor maneira de desdobramento de todos os pacotes de trabalho envolvidos em um empreendimento para todos os níveis de planejamento.

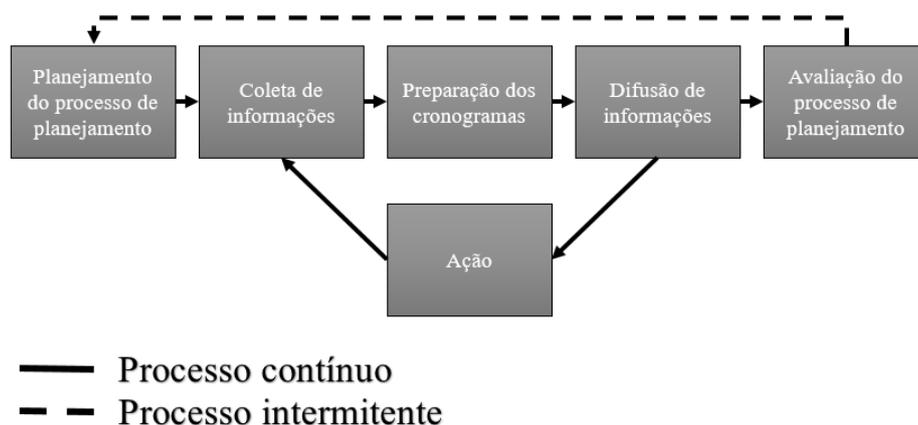
2.5. DIMENSÕES DO PROCESSO DE PLANEJAMENTO

Entendido o planejamento como um processo, que acompanha o projeto do início ao fim, alguns autores procuraram definir as etapas desse. O presente trabalho teve como base a definição de Laufer e Tucker (1987), a qual separa o processo de planejamento em duas dimensões: uma horizontal e outra vertical. As duas foram exploradas nos tópicos a seguir.

2.5.1. Dimensão Horizontal

Para Laufer e Tucker (1987), o processo de planejamento é composto por cinco fases: planejamento do processo de planejamento, coleta de informações, preparação dos cronogramas, difusão de informações e avaliação do processo de planejamento. A Figura 3 apresenta a ordem e o vínculo entre as etapas. Vale ressaltar a presença de dois ciclos: um contínuo e um intermitente. O contínuo envolve o ciclo do projeto e envolve também o processo de execução. Já o intermitente, é importante para atualizar algumas definições de planejamento como o tamanho dos horizontes de planejamento, o qual é importante para que sejam obtidos bons resultados no planejamento (CHUNG; KRAJEWSKI, 1984).

Figura 3: Etapas do processo de planejamento



Fonte: adaptado de Laufer e Tucker (1987)

A primeira etapa, *planejamento do processo de planejamento*, inclui as decisões de esforço e tempo designados para cada etapa de planejamento, frequência de atualização, horizontes de

planejamento, nível de detalhes e grau de centralização de planejamento e controle. Nesse momento, o planejador decide, por exemplo, quais as técnicas de planejamento serão utilizadas. Algumas informações podem ser necessárias nesse ponto, mas não devem requerer muitos recursos para tal (LAUFER, A.; TUCKER, 1987).

A próxima etapa, de *coleta de informações*, requer uma quantidade considerável de recursos. Para um projeto de construção típico, os materiais necessários envolvem as seguintes informações (LAUFER, A.; TUCKER, 1987):

- a) Documentos contratuais
- b) Especificações
- c) Condições do canteiro de obra e ambiente em geral
- d) Tecnologia da construção a ser usada
- e) Recursos internos e externos de produção
- f) Produtividades da mão de obra e dos equipamentos
- g) Metas e restrições ditadas por altos gerentes

Na terceira etapa, *preparação dos cronogramas*, as decisões são tomadas de acordo com as informações colhidas na etapa anterior através de técnicas de planejamento como diagramas e gráficos de processo, gráfico de *Gantt*, CPM, PERT, entre outros e suas respectivas implicações de custo, como por exemplo fluxo de caixa e análise de risco (LAUFER, A.; TUCKER, 1987).

A quarta etapa, *difusão de informações*, é aquela na qual o planejador dissemina informações às partes interessadas. Para isso, é necessária a capacidade do planejador de compreender que tipo de informações são necessárias por quem e em qual formato e com qual tipo de conhecimento (LAUFER, A.; TUCKER, 1987).

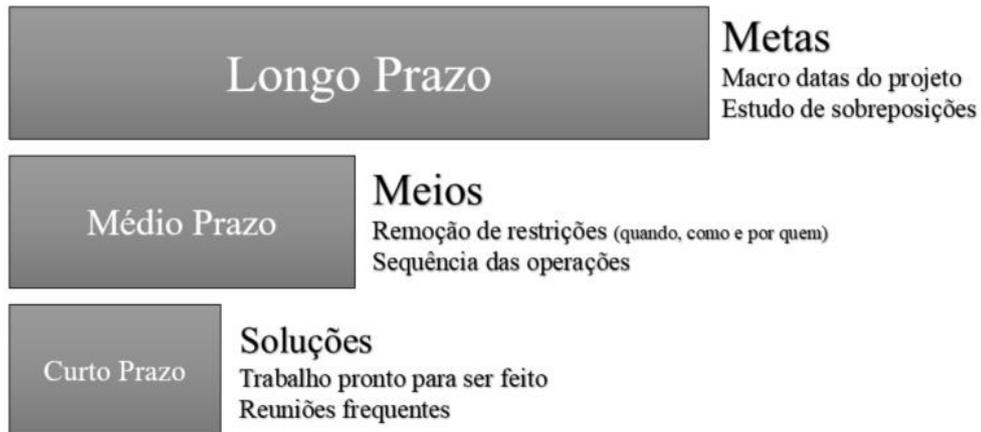
Após cada ciclo, o planejador deve avaliar e realizar os ajustes necessários nos planos para que sejam contempladas eventuais mudanças das necessidades. No caso de haver grandes mudanças, as ações corretivas devem ser tomadas rapidamente, sendo adaptado o formato da distribuição da informação. Ainda, Laufer e Tucker (1987) apresentam os fatores de avaliação que devem ser realizados durante esta fase:

- a) Recebimento de informações pelos funcionários;
- b) Escopo da informação, envolvendo alguma área específica ou todas;
- c) Assuntos a serem divulgados;
- d) Conteúdo dos relatórios;
- e) Nível de detalhe;
- f) Frequência de distribuição;
- g) Formato e meio para realizar a difusão da informação;
- h) Demais atividades de acompanhamento, como consultoria, treinamento ou negociação.

2.5.2. Dimensão Vertical

Principalmente com o objetivo de lidar com os diferentes níveis de incerteza, de acordo com as informações disponíveis em um determinado momento, Laufer e Tucker (1987) sugerem que o processo de planejamento na construção seja dividido em longo, médio e curto prazos, cada nível vertical com suas funções. A Figura 4, juntamente com essa divisão, traz algumas definições para cada um destes níveis encontrados na literatura (ANGELIM *et al.*, 2020; BALLARD; TOMMELEIN, 2016; KEMMER *et al.*, 2007b; LAUFER; TUCKER, 1987). Essa dimensão recebeu uma atenção particular no presente trabalho, pois parte do objetivo contempla contribuir para que os vínculos entre elementos de diferentes níveis verticais não sejam perdidos durante o processo de planejamento.

Figura 4: Hierarquias do planejamento



Fonte: adaptado de Laufer e Tucker (1987)

Mais recentemente, com a difusão do sistema *Last Planner*, Ballard (2000) e Ballard e Tommelein (2016) sugeriram a adição de mais dois níveis hierárquicos: *Planejamento por fases* e *Aprendizados*. A Figura 5 posiciona esses dois novos itens na hierarquia já existente.

Figura 5: Hierarquias de planejamento, com contribuições de Ballard (2000) e Ballard e Tommelein (2016)



Fonte: adaptado de Ballard (2000b) e Ballard e Tommelein (2016)

As hierarquias de planejamento diferem entre si não só no espaço de tempo que compreendem, mas também em sua função dentro do planejamento. Níveis de hierarquia mais altos como o *planejamento de longo prazo* e o *planejamento por fases*, têm como função definir as metas do projeto, indicar atividades paralelas, pontuar eventos chaves, gerenciar os marcos da

construção com um baixo nível de detalhe, buscando maximizar a geração de valor e integrando todos os envolvidos da fase para realizar o planejamento (ANGELIM *et al.*, 2020).

O *planejamento de médio prazo* tem como função revelar e remover restrições das atividades planejadas, fazendo com que elas estejam prontas para serem feitas quando for o seu tempo (BALLARD; TOMMELEIN, 2016), além de realizar integração entre os planos de curto e o longo prazo (KEMMER *et al.*, 2007a). Seu papel de análise e remoção das restrições é importante, tendo em vista que se uma restrição é removida de maneira demasiadamente antecipada, pode gerar trabalho em progresso, estoque e retrabalho, os quais são pontos discutidos na *Produção Enxuta* (KOSKELA, 2000b). Já se essa restrição for removida tardiamente, pode comprometer a execução da atividade a tempo.

O *planejamento de curto prazo* e os *aprendizados* estão em um nível baixo na hierarquia de planejamento. O primeiro é aquele no qual é executado o trabalho que não contém restrições para ser executado, através de promessas confiáveis, aumentando a confiabilidade através da clareza das condições de satisfação. Já no nível de lições aprendidas, são realizadas as técnicas de análise de erros como os *5 Porquês*, com o objetivo de identificar as causas raízes e agir para prevenir recorrências de desvios de produção indesejados (BALLARD; TOMMELEIN, 2016). Ainda, é possível capturar boas práticas durante a análise dos aprendizados.

2.6. INTERFACE DOS NÍVEIS DE PLANEJAMENTO

2.6.1. Dificuldades na interface do níveis encontradas na literatura

Entendendo o planejamento como um processo multinível, que contém diferentes hierarquias com diferentes necessidades de informação, é preciso haver maneiras de assegurar que a coerência entre eles seja mantida durante todo o período do projeto. Manter esta consistência na hierarquia do planejamento representa uma das maiores dificuldades do planejamento (LAUFER, A.; TUCKER, 1987).

Como já citado no presente trabalho, empreendimentos que são baseados na metodologia tradicional tendem a antecipar o detalhamento dos pacotes de trabalho. A estrutura de desdobramento desses pacotes é compartilhada pelas hierarquias do planejamento e pode ser usada como um dos principais meios de comunicação formal entre as partes envolvidas em um empreendimento; porém, essa interface entre níveis pode ser prejudicada quando os desdobramentos não consideram possíveis variabilidades da produção. Para alguns contextos

de empreendimento, nos quais não é possível capturar os requisitos e informações nos estágios iniciais do projeto, a literatura apresenta a possibilidade de utilização do *Rolling-Wave Planning*, que um método que adiciona detalhes ao planejamento periodicamente na medida que os mesmos se tornam disponíveis (LEACH, 2014). Esse método é utilizado quando não há informações suficientes para que sejam realizadas decomposições de entregáveis ou subcomponentes que serão realizados em um futuro não próximo (PMI, 2017).

A dificuldade de manter os níveis hierárquicos do planejamento integrado é apresentada por alguns autores. Ballard e Tommelein (2016) indicam como lacuna a ser desenvolvida um trabalho padronizado no que se refere à integração dos níveis de planejamento. Corroborando com essa lacuna, Angelim (2020), em sua revisão de literatura, indica que as práticas coletadas na literatura acerca da integração dos níveis de planejamento estão somente relacionadas à utilização de indicadores de aderência entre os níveis de planejamento e o uso da ferramenta *Location Based Management System (LBMS)*, que foca na transparência trazida pela linha de fluxo quando há atividades repetitivas. Esses trabalhos reforçam a necessidade de desenvolvimento teórico acerca da manutenção da consistência entre os níveis hierárquicos do planejamento.

2.6.2. Consequências de uma interface ruim entre níveis de planejamento

A ausência de uma boa comunicação entre os níveis hierárquicos do planejamento apresenta consequências não só entre os níveis do planejamento, mas no projeto do empreendimento como um todo. A deficiência na comunicação entre níveis de planejamento é percebida tanto em artigos baseados nas metodologias tradicionais (FORMOSO *et al.*, 1999) quanto nos métodos contemporâneos (HAMZEH; BALLARD; TOMMELEIN, 2008b) de planejamento da produção.

Dentre as principais consequências da fragilidade da integração entre os níveis de planejamento, destacam-se na literatura: (a) **utilização ineficiente dos recursos**. A informalidade dos processos operacionais do planejamento determina a falta de planos de alocação de materiais, equipamentos e mão de obra nos planos de médio e curto prazos, gerando também **aumento da variabilidade do processo** (FORMOSO *et al.*, 1999); (b) **constante desatualização dos planos táticos**, devido ao detalhamento excessivo e desconexão com o planejamento operacional, o que tem como consequência também a **perda de credibilidade do desdobramento dos planos táticos pelas gerências operacionais** (FORMOSO *et al.*, 1999);

(c) **incapacidade dos responsáveis pelos planos de obra em conhecerem os reais impactos de suas decisões nos diferentes horizontes de planejamento.** O fluxo de informações entre os níveis dos planos de obra deveria ocorrer sem requerer grandes esforços por parte dos planejadores; porém, principalmente em projetos complexos, nos quais o grande número de fluxos de trabalho e interdependências, as análises das repercussões das tomadas de decisão no empreendimento como um todo são trabalhosas e difíceis (DAVE *et al.*, 2015); (d) **Dificuldade de compreensão e registro das reais causas de sucesso e insucesso das decisões tomadas durante o empreendimento.** A ausência da padronização da comunicação entre os níveis hierárquicos de planejamento e da decomposição consistente dos pacotes de trabalho dificulta a formalização dos aprendizados sobre ações que podem e não serem realizadas em um empreendimento ou entre projetos (BALLARD; TOMMELEIN, 2016); (e) **Baixa interação entre fases de execução e de modelagem (criação de plantas) dos empreendimentos.** A falta de transparência e de retorno de informações dos níveis mais operacionais de um projeto criam barreiras para a revisão e melhoria das soluções técnicas de obra dos projetistas (KOSKELA, 1992).

3. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

Este capítulo tem como objetivo apresentar algumas definições no contexto do BIM, relações e possibilidades de interação do BIM com processo de planejamento e controle da produção. O BIM, apesar de ser uma metodologia com alto potencial, ainda tem sido pouco explorada nos escritórios e principalmente nos canteiros de obra.

3.1. CONCEITOS BIM

3.1.1. BIM

Na literatura, o termo BIM é apresentado podendo corresponder ao modelo (*Building Information Model*) ou ao processo de modelagem (*Building Information Modeling*) (BIOTTO, 2012). O modelo BIM representa os componentes do empreendimento através de objetos digitais que carregam a geometria gráfica e as informações, assim como regras paramétricas que permitem que sejam manipulados de forma inteligente (RECK, 2013). Assim a tecnologia não só apoia em termos de trabalhos arquitetônicos, mas também no planejamento, quantificação de materiais, entre outros (NAWAZ; SU; NASIR, 2021). A forte sinergia entre o processo de planejamento e o BIM (NAWAZ; SU; NASIR, 2021) reforça que a utilização dessa tecnologia pode trazer muitas vantagens à prática corrente da gestão de projetos na construção (RECK, 2013).

Os modelos BIM, sendo uma fonte comum para todos os participantes do projeto ao longo do ciclo de vida, melhora a comunicação sobre o produto e processo de construção (KÄHKÖNEN *et al.*, 2003). O BIM apresenta diversas funcionalidades que contemplam todos os aspectos do ciclo de vida de um empreendimento.

A modelagem 4D é a conexão do modelo BIM 3D às informações vinculadas ao planejamento (EASTMAN, CHARLES M; CHUCK EASTMAN, PAUL TEICHOLZ, RAFAEL SACKS, 2011). Com a modelagem 4D, uma das possibilidades é a amplificação da compreensão dos cronogramas (GLEDSON; GREENWOOD, 2017). Esse uso da modelagem tem sido popularmente usada para simulação do planejamento por meio de vídeos e linhas do tempo; porém, ela não deve ser restringida a isso, podendo não só atuar como um repositório de informações, mas também um papel importante para os métodos ágeis (TOMEK; KALINICHUK, 2015).

3.1.2. Interoperabilidade e *Industry Foundation Classes* (IFC)

A colaboração de diversas partes atuando em um único arquivo (modelo) federado em fases diferentes ou não de um projeto revela um conceito muito importante quando se trata de BIM: a interoperabilidade. Devido à especificidade das informações necessárias e das diferentes metodologia de trabalho de cada uma das disciplinas envolvidas na modelagem de produtos BIM, as empresas criadoras de programas BIM desenvolvem seus *softwares* com o formato de arquivo que lhes apresenta maior benefício; logo, se a troca de informações entre modelos de diferentes sistemas só é possível com uma padronização de dados modelos (FROESE *et al.*, 1999). Para que seja possível esta padronização entre arquivos BIM, foi criado o formato *Industry Foundation Classes* (IFC).

Segundo a Building Smart (2018), o IFC é um padrão aberto, internacional e neutro, cujas capacidades são abrangentes em termos de *softwares*, *hardwares*, plataformas e interfaces para diferentes usos. Apesar de haver grande foco de otimização do IFC na representação dos elementos da construção, é importante ressaltar que o escopo do IFC também inclui as demais informações do gerenciamento de um projeto como tarefas, custos, planos de obra e recursos (FROESE *et al.*, 1999).

Em um contexto de modelos baseados em IFC, Steel *et al* (2012) apresentam quatro tipos de interoperabilidade no contexto de modelos BIM:

- a) **Interoperabilidade de arquivo**, considerada a habilidade de duas ferramentas satisfatoriamente fazerem a troca de arquivos;
- b) **Interoperabilidade de sintaxe**, que representa a habilidade de duas ferramentas analisarem tais arquivos sem apresentarem erros;
- c) **Interoperabilidade visual**, para a qual devem as duas ferramentas realizar a visualização do modelo de maneira fiel;
- d) **Interoperabilidade semântica**, na qual duas ferramentas devem ter a habilidade de chegar a uma mesma compreensão sobre um modelo trocado.

Para o presente trabalho é fundamental a definição do modelo BIM representando diversos aspectos da construção, pois tem potencial como fonte de dados única de atender as necessidades de informações dos diferentes níveis hierárquicos do planejamento. Além, os

objetivos da presente pesquisa potencializam a possibilidade de representação de *processos* e *produtos* através de modelos BIM, como discutidos nos trabalhos de (STUMPF *et al.*, 1996) (FROESE *et al.*, 1999) e (REINHARDT; AKINCI; GARRETT, 2004).

3.2. BIM NA MELHORIA DO PCP

Novas oportunidades de melhorar os processos de planejamento e controle da produção têm surgido com o BIM (KIM, H. *et al.*, 2013). Os trabalhos acerca do BIM tratam de diversos escopos, dentre eles: (a) **simulação de modelos 4D / 5D**, os quais envolvem a inserção de informações como tempo, sequenciamento e orçamento dentro do modelo (GLEDSON; GREENWOOD, 2014; KIM, C.; KIM; SON, 2012; SATTINENI; MACDONALD, 2014; WANG, Xiaojie *et al.*, 2019; ZHANG; LI, 2019); (b) **envolvimento do BIM com novas tecnologias ou indústrias**, abordando a integração do BIM com realidade aumentada (WANG, Xiangyu *et al.*, 2013), análise de ferramentas para controle de tempestades nos canteiros de obra (SMAOUI *et al.*, 2018), a influência do BIM nas empresas de óleo, gás e petróleo (FAKHIMI *et al.*, 2017), a utilização de veículos aéreos não tripulados (VACANAS *et al.*, 2015), BIM e internet das coisas (IOT) (ZHAI *et al.*, 2019) entre outros (KANDI *et al.*, 2020; MOURA; RIZZO; SERRANO, 2021; PARK; CHO; KIM, 2016) e (c) **a implantação do BIM em diversos contextos, explicitando a aceitação, benefícios e limitações da aplicação do BIM** (ADHIKARI; MEADATI; BAEK, 2020; ALADAG; DEMIRDÖGEN; ISIK, 2016; MEHRAN, 2016; SRIYOLJA; HARWIN; YAHYA, 2021).

Por mais que seja crescente o número de trabalhos que abordem a utilização da metodologia BIM, o controle de empreendimentos da construção civil baseados na tecnologia BIM ainda está em um estágio inicial de desenvolvimento e um sistema teórico relativamente maduro ainda não foi formado (WU, 2021). A literatura citada reforça que o BIM auxilia na composição do desenvolvimento teórico do PCP da indústria da construção civil, mas não apresenta explicitamente trabalhos cujo foco seja a proposição de maneiras de manter e distribuir informações coesas entre os diferentes interessados dos níveis de planejamento durante a execução de um empreendimento.

4. MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo será apresentado o método utilizado no desenvolvimento da pesquisa. Ele contém a estratégia de pesquisa, os procedimentos metodológico e técnico utilizados no presente trabalho.

4.1. ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Para realização e operacionalização de uma pesquisa, é importante que seja definida uma estratégia de pesquisa com base nos procedimentos técnicos utilizados (GIL, 2002). São diversas as estratégias presentes na literatura, dentre elas a pesquisa bibliográfica, o experimento, a pesquisa-ação, o levantamento e o estudo de caso. Cada uma das estratégias apresenta uma metodologia diferente para coleta e análise de dados, seguindo uma lógica própria; porém, em alguns casos podem não estar evidentes os limites de utilização de uma ou outra estratégia, possibilitando uma interseção entre as estratégias. Cada uma das estratégias tem suas vantagens e desvantagens, sendo apropriadas para um determinado tipo de contexto (YIN, 2003).

Este trabalho teve como estratégia de pesquisa adotada o **estudo de caso**, que é a estratégia de pesquisa mais adequada quando o objetivo é explorar um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real, no qual os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente percebidos (YIN, 2003). Para definição da estratégia mais adequada, o autor da presente pesquisa teve como base as três condições apresentadas por (YIN, 2003), conforme apresentado no Quadro 3: (a) *o tipo de questão de pesquisa apresentada*, (b) *a extensão de controle do pesquisador sobre o comportamento real dos eventos* e (c) *o foco em um evento contemporâneo ou histórico*.

Quadro 3: Situações para diferentes estratégias de pesquisa

Estratégia	Forma da pergunta de pesquisa	Requer controle sobre os eventos?	Tem como foco eventos contemporâneos?
Experimento	como, por quê?	Sim	Sim
Levantamento	quem, o quê, onde, quanto?	Não	Sim
Análise de arquivos	quem, o quê, onde, quanto?	Não	Sim / Não
Pesquisa histórica	como, por quê?	Não	Não
Estudo de caso	como, por quê?	Não	Sim

Fonte: adaptado de Yin (2003)

Conforme apresentado na seção 1.3 do presente trabalho, a questão de pesquisa “*Como promover a integração das informações de progresso e das tarefas a serem realizadas de um empreendimento no planejamento e controle da produção mantendo a consistência entre os níveis hierárquicos de planejamento?*” é classificada na tipologia de perguntas de “*como*”. Perguntas dos tipos “*como*” e “*por quê*” tendem a ser exploratórias e usar estudos de caso ou experimento como estratégia de pesquisa (YIN, 2003).

Uma vez definida a *tipologia de pesquisa “como”*, o *controle sobre os eventos* e o *foco em eventos contemporâneos* são os próximos elemento analisados por Yin (2003) quando é definida a estratégia de pesquisa. Perguntas do tipo “*como*” podem ser usadas nas estratégias de pesquisa histórica, experimento e estudo de caso. As características da presente pesquisa indicam o estudo de caso como uma possível estratégia a ser abordada. Nela, o objeto de estudo é um evento contemporâneo, nos quais comportamentos relevantes não podem ser manipulados. Além, essa estratégia de pesquisa pode utilizar diversas fontes de evidência, como documentos, artefatos, entrevistas e, diferentemente de pesquisas históricas, a observação direta (YIN, 2003).

Finalmente, como base na **tipologia da questão de pesquisa “como”**, a **ausência de controle integral** por parte do pesquisador sobre os eventos estudados e o foco em **eventos contemporâneos**, a estratégia de pesquisa mais adequada é o **estudo de caso**, a qual foi escolhida pelo autor para a presente pesquisa.

Segundo Gil (2002) e Yin (2003), uma pesquisa ainda pode ser classificada de acordo com seus objetivos gerais. Os dois autores apresentam três grupos para classificação das pesquisas: (a) *exploratórias*, (b) *descritivas* e (c) *explicativas*.

As pesquisas *exploratórias* têm como principal objetivo aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições (GIL, 2002). O planejamento das pesquisas exploratórias são flexíveis

e possibilitam a consideração dos variados aspectos relativos ao fato estudado. Essas pesquisas envolvem, na maioria dos casos, levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas relacionadas ao problema estudado e análise de documentos (GIL, 2002).

Pesquisas *descritivas* têm como objetivo a descrição de características de um fenômeno através de técnicas padronizadas de coletas de dados. Essa classificação é comumente atribuída a estratégias de pesquisa de levantamentos (GIL, 2002).

As pesquisas *explicativas* têm como foco a identificação dos fatores que contribuem ou determinam determinado fenômeno, sendo o tipo de pesquisa que mais se aprofunda no estudo da realidade. A estratégia de pesquisa de experimento pode ser uma das utilizadas nessa classificação (GIL, 2002).

O presente trabalho teve como objetivo geral a explicitação de um problema teórico e prático para que fosse possível a criação de diretrizes. Nele, foi realizado o aprimoramento de ideias no contexto da interface e coesão de informações compartilhadas entre níveis hierárquicos do PCP. Logo a presente pesquisa foi classificada como exploratória.

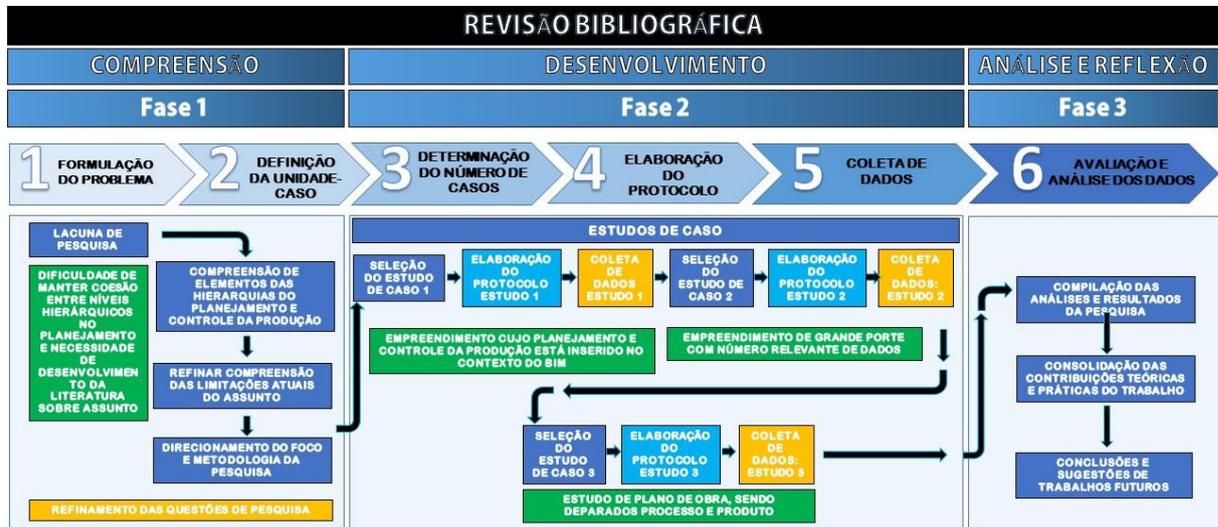
4.2. DELINEAMENTO DA PESQUISA

O delineamento da pesquisa é a sequência lógica que conecta a coleta de dados, as questões do trabalho e suas conclusões (YIN, 2003). Na literatura da estratégia de estudo de caso não há um consenso referente às etapas que compõe o delineamento desse tipo de pesquisa (GIL, 2002). A presente pesquisa usou as etapas apresentadas por Gil (2002) para realização do delineamento da pesquisa, sendo elas: (a) *formulação do problema*, (b) *definição da unidade-caso*, (c) *determinação do número de casos*, (d) *elaboração do protocolo*, (e) *coleta de dados*; (f) *avaliação e análise dos dados* e (g) *preparação do relatório*.

Seguindo essa ordem lógica apresentada, a Figura 6 apresenta as etapas desenvolvidas no presente trabalho. Embora a presente pesquisa não tenha sido construída seguindo estritamente a proposta da *Design Science Research* com a criação de um artefato, a presente pesquisa compartilha a tipologia de objetivo da *Design Research* de explorar novas soluções alternativas para solucionar problemas com impacto prático (SIMON, 1973) através de estudos de caso, que é uma das possibilidades dentro da *Design Science Research* (DSR) (HOLMSTRÖM *et al*, 2009). Então, as sete etapas do presente trabalho foram agrupadas em quatro fases: (a) *Revisão*

bibliográfica, (b) *Compreensão*, (c) *Desenvolvimento* e (d) *Análise e reflexão*. Essas fases se assemelham às apresentadas por Holmström *et al* (2009) na definição da estrutura da *DSR*.

Figura 6: Delineamento do presente trabalho



Fonte: elaborado pelo autor

4.2.1. Revisão Bibliográfica

A revisão bibliográfica do presente trabalho envolveu principalmente literaturas sobre conceitos e evolução dos processos de PCP no contexto geral de projetos e no específico da construção civil. A etapa da revisão bibliográfica foi realizada ao longo de toda a pesquisa e teve como objetivos a contextualização teórica dos assuntos envolvidos e compreensão sobre a lacuna de conhecimento a ser desenvolvida.

4.2.2. Compreensão

A partir das informações obtidas na revisão de literatura, foi realizada a compreensão dos possíveis problemas teóricos a serem abordados. Essa fase de exploração teórica do problema foi dividida em *formulação do problema* e *definição da unidade-caso*.

4.2.2.1. Formulação do problema

A formulação do problema foi abordada no capítulo inicial no qual foram descritos o contexto e as questões de pesquisa que o presente trabalho abordou. Essa etapa norteou a estratégia de pesquisa mais adequada para o trabalho.

4.2.2.2. Definição do objeto de análise

Por unidade-caso entende-se o objeto de estudo em um contexto que será observado durante o estudo de caso. Na presente pesquisa, dois empreendimentos em fase de execução foram utilizados para análise da necessidade de informações e interfaces entre grupos de interesse das diferentes hierarquias do PCP. A etapa de obra do empreendimento foi escolhida para estudo pois o problema prático seria provavelmente explicitado durante essa etapa. Além dos dois estudos empíricos no contexto da execução de um empreendimento, o estudo de um plano de obra também foi usado como estudo de caso para analisar uma possível abordagem através da caracterização de uma tarefa em *processo* e *produto*.

4.2.3. Desenvolvimento

Na fase de desenvolvimento foi realizada a exploração prática do problema, bem como a coleta de dados através das fontes de evidência. O primeiro estudo empírico auxiliou principalmente nas respostas à segunda questão de pesquisa, correspondentes ao potencial do BIM. O segundo estudo empírico foi importante especialmente na resolução da terceira questão de pesquisa. Já o terceiro estudo empírico contemplou o desenvolvimento de uma ferramenta de análise que considerou, além do plano de uma obra, os conceitos de PCP e de BIM verificados nos dois primeiros estudos, sendo fundamental para a resposta à primeira questão de pesquisa. O vínculo de cada um dos estudos empíricos e das questões específicas de pesquisa foi apresentado no Quadro 4.

Quadro 4: Conexão entre estudos empíricos e questões de pesquisa

	Estudo Empirico E1	Estudo Empirico E2	Estudo Empirico E3
Questão específica 1			Critérios de desdobramento de pacotes de trabalho
Questão específica 2	Potencial do BIM e necessidade de informações dos níveis do planejamento		
Questão específica 3		Necessidade de informações dos níveis do planejamento	

Fonte: elaborado pelo autor

A fase de desenvolvimento foi estruturada em três etapas: *Determinação do número de casos*, *elaboração do protocolo* e *coleta de dados*. A descrição de cada uma delas é feita na sequência.

4.2.3.1. Determinação do número de casos

O número de casos analisados do presente trabalho foi determinado em função do número de projetos pertinentes e com possibilidade de observação de maneira participativa aos quais o pesquisador teve acesso durante o período da pesquisa. Nela foram realizados três estudos empíricos. O primeiro e o segundo estudos de caso contaram com a presença ininterrupta do pesquisador no canteiro de obra, tendo durações de 11 e 15 meses, respectivamente. Apesar do longo período do pesquisador no local de estudo poder interferir na análise, tal presença possibilitou ao autor da pesquisa a compreensão profunda do problema prático, bem como suas causas e consequências sob a perspectiva das partes envolvidas no processo de PCP. Além disso, a participação do pesquisador na rotina da obra permitiu a obtenção de fontes de dados que não estariam disponíveis caso a coleta de dados fosse realizada em alguns momentos pontuais. O terceiro estudo empírico foi escolhido com o objetivo de consolidar as percepções sobre os padrões de decomposição dos pacotes de trabalho dos primeiros estudos e adicionar a variável custo no processo de desdobramento dos pacotes de trabalho.

4.2.3.2. Elaboração do protocolo

O protocolo de um estudo de caso, segundo Gil (2002) e Yin (2003), é o instrumento que traz mais confiabilidade à pesquisa, uma vez que apresenta o procedimento pelo qual serão realizadas as coletas de dados. As seções de um protocolo estão presentes ao longo do presente documento, sendo elas *uma visão global do projeto, os procedimentos realizados em campo, a determinação das questões de pesquisa e a elaboração de um relatório*.

4.2.3.3. Coleta de dados

Nos estudos de caso, diferentemente de algumas outras estratégias de pesquisa, são utilizadas mais de uma técnica para a coleta de dados. As análises provenientes da coleta são resultado da convergência ou divergência das observações coletadas. Segundo Gil (2002), em termos de coleta de dados, o estudo de caso é a estratégia de pesquisa mais completa, pois tem como fonte tanto pessoas quanto documentos. As fontes de coletas de dados foram detalhadas na seção *Fontes de Evidência* do presente documento.

4.2.4. Análise e Reflexão

A fase de análise e reflexão foi explicitada nos capítulos de resultados e discussão do presente documento. Nessa fase foram consolidados e analisados os dados coletados durante os estudos

de caso, discutidas as contribuições da pesquisa e foi elaborado o presente relatório. A fase de análise e reflexão foi organizada em duas etapas: *Análise de dados e preparação do relatório*.

4.2.4.1. Análise de dados

As análises e diretrizes propostas pelo trabalho foram apresentadas com base nas fontes de evidência coletadas durante a pesquisa e na literatura disponível. Em geral, as análises realizadas da presente pesquisa têm natureza qualitativa. Além dos documentos coletados, as entrevistas agregaram a perspectiva de gestores e executores do contexto do PCP sobre a interface e necessidades das informações entre os níveis hierárquicos do planejamento.

4.2.4.2. Preparação do relatório

O presente trabalho segue a tendência de modelo de relatório apresentada por Gil (2002), na qual a estrutura do relatório dos estudos de caso se assemelha às demais estratégias de pesquisas. Logo, o documento foi organizado em quatro etapas, sendo elas: *apresentação do problema, metodologia de pesquisa utilizada, apresentação dos resultados obtidos e as conclusões*.

4.3. ESTUDO EMPÍRICO EE1

4.3.1. Empresas envolvidas no estudo EE1

Devido ao grande número de empresas envolvidas no processo de PCP do estudo EE1, foi organizado o Quadro 5 que apresenta os papéis de cada uma delas no contexto do estudo. Nos dois primeiros estudos empíricos (denominados “EE1” e “EE2”), a empresa denominada “EPLANE” teve participação nos respectivos processos de PCP. A empresa EPLANE é uma empresa de gestão de empreendimentos e desenvolvimento de projetos (design) estruturais que esteve presente na integração e auditoria dos processos de PCP dos empreendimentos A e B. Os escopos de gestão da empresa contemplam compatibilização e coordenação de projetos (design) e gerenciamento de obra, contemplando consultoria de planejamento. A empresa EPLANE é de médio porte e sua sede é localizada na cidade de Porto Alegre/RS. A empresa atua há mais de quarenta anos no mercado da construção civil em diversos tipos de empreendimentos, como residenciais, industriais, infraestrutura. Nos últimos anos, a empresa EPLANE agregou em seus serviços a tecnologia BIM, tanto no desenvolvimento de seus projetos (design) quanto no gerenciamento e planejamento das obras.

Quadro 5: Empresas participantes do EE1 e suas funções no empreendimento A

EMPRESA APRESENTADA	FUNÇÃO NO EE1
EPLANE	Empresa prestadora de consultoria de planejamento
CONSTA	Construtora responsável pela terraplenagem do empreendimento A
CONSTB	Construtora responsável pela estrutura do empreendimento A
CONSTC	Construtora responsável pela instalação da cobertura metálica do empreendimento A
CONSD	Construtora responsável pela execução da arquitetura e instalações do empreendimento A

Fonte: elaborado pelo autor

No estudo EE1, além da empresa de gerenciamento EPLANE, estiveram presentes quatro construtoras durante a construção do empreendimento. Essas construtoras tiveram a responsabilidade sobre o desenvolvimento e controle dos planos de obra e sobre a execução de seus respectivos escopos. A construtora CONSTA foi responsável pelos trabalhos de terraplenagem. A construtora CONSTB teve como escopo a disciplina de estrutura, que compreendeu a realização das fundações, vigas e pilares do empreendimento. A construtora CONSTC foi contratada para instalação exclusivamente da cobertura metálica. A construtora CONSTD, cujo processo de PCP foi acompanhado com mais detalhes pelo pesquisador durante o estudo, foi responsável pelas disciplinas de instalações e arquitetura, que inclui paredes, janelas, portas e acabamentos. A empresa CONSTD foi contratada de acordo com o modelo de administração, escolhido pelo cliente e gerenciadora pois dava mais autonomia e agilidade na contratação dos serviços, já que os contratos poderiam ser feitos com empreiteiros locais ao longo da obra.

4.3.2. Descrição do estudo EE1

O estudo EE1 foi realizado entre os meses de setembro de 2019 e julho de 2020, totalizando 11 meses. O EE1 utilizou o processo de planejamento e controle da produção do empreendimento A como objeto de análise. Durante os meses do estudo procurou-se identificar as diferentes necessidades dos integrantes dos diferentes níveis hierárquicos do planejamento, bem como a

interação entre eles. O EE1 também objetivou compreender os desafios e percepção de valor agregado do modelo BIM 4D no processo de PCP dentro do contexto da obra.

Como fontes de evidências, o EE1 teve a observação participante, entrevistas e a análise de documentos. Cada uma delas foram detalhadas no item 4.3.4. A presença diária do entrevistador no canteiro de obra durante todo o período do estudo permitiu um profundo envolvimento com o processo de PCP do empreendimento A e possibilitou que fosse coletada uma grande quantidade de dados para análise das interfaces entre as partes envolvidas. Tendo em vista o objetivo do EE1, foi necessário que o pesquisador tivesse contato com todos os responsáveis pelos níveis hierárquicos do PCP sendo eles (a) *engenheiros, estagiários e mestres de obra*, responsáveis diretos pela execução, (b) *gestores* que auditavam o cumprimento dos planos de obra e qualidade e (c) *cliente*, o qual era dono e responsável legal pelo empreendimento.

O processo de planejamento e controle da produção do EE1 esteve baseado na metodologia tradicional de planejamento, com definição de tarefas detalhadas no plano de execução de longo prazo. Como todos os projetos (*design*) foram modelados em BIM, a empresa EPLANE, gerenciadora do empreendimento, optou por integrar o plano de obra em um modelo BIM 4D.

O estudo EE1 teve início com a entrevista do gerente de projeto da empresa gerenciadora EPLANE para captura do histórico de algumas decisões do empreendimento A, como por exemplo o motivo da escolha da tecnologia BIM no processo de PCP e em qual etapa de execução o empreendimento A se encontrava. A participação do pesquisador no estudo EE1 continuou com uma reunião entre a empresa gerenciadora EPLANE e o cliente para alinhamento das prioridades de entrega da obra. Nas semanas seguintes, houve dois encontros entre a empresa gerenciadora EPLANE e a construtora CONSTD. Nesse momento, já haviam sido mobilizadas no canteiro de obra as construtoras CONSTA, CONSTB E CONSTC. Nos encontros estavam presentes por parte da empresa construtora CONSTD o engenheiro de campo e a engenheira de planejamento e por parte da empresa gerenciadora EPLANE o gestor que seria responsável pela integração dos planos de obra dessa com as demais construtoras. Durante os encontros foram definidas estratégias iniciais do sequenciamento da obra e as possíveis interfaces com as demais construtoras.

A partir desses dois encontros, as demais etapas do estudo EE1 foram realizadas no canteiro de obra. Nelas, o pesquisador definiu como rotina o acompanhamento de três tipos de reuniões que apresentavam discussões do processo de PCP: (a) *diárias* de planejamento e controle da

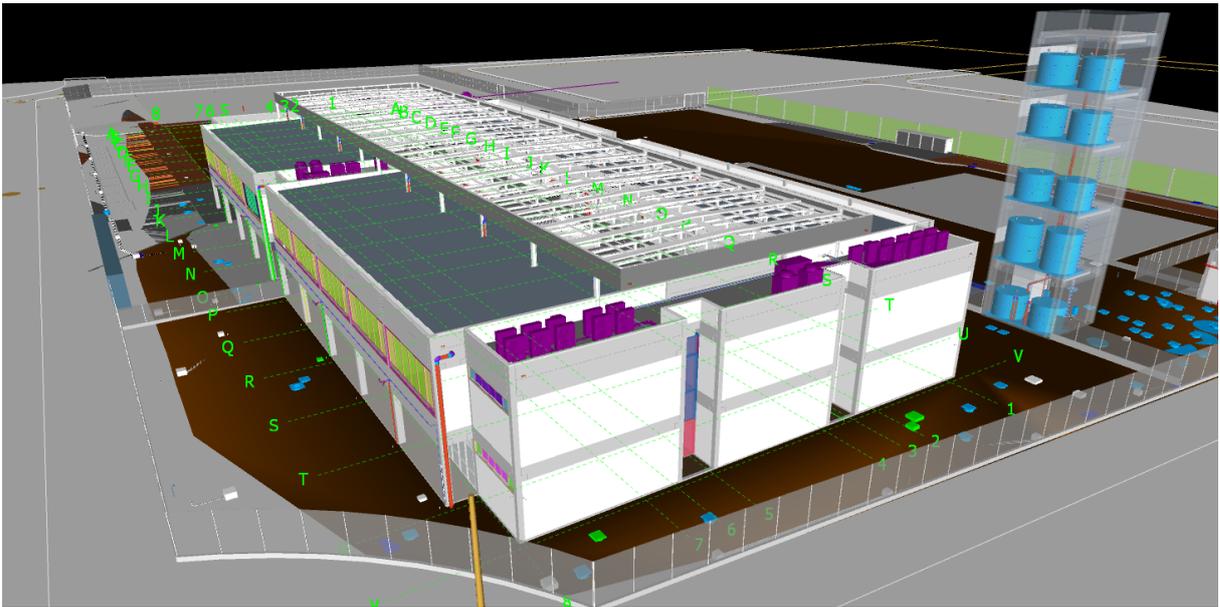
produção entre as construtoras e a empresa gerenciadora (b) *semanais* entre construtora CONSTD, gerenciadora e cliente e (c) *mensais*, entre gerenciadora e cliente. Durante os encontros, diversos documentos foram apresentados entre as empresas para compartilhamento das informações e diretrizes necessárias do processo de PCP da obra. Esses documentos foram usados como fontes de evidência nas análises da pesquisa.

A conclusão da coleta de dados do EE1 aconteceu com a realização de entrevistas com representantes que participaram do processo de PCP do empreendimento A dos diferentes níveis hierárquicos de planejamento. Finalmente, o estudo EE1 foi finalizado após análises das evidências e redação do relatório que foi apresentado no capítulo de Resultados e Discussões do presente documento.

4.3.3. Descrição do empreendimento A

O empreendimento A foi uma construção do tipo escolar, constituída por um prédio único de dois andares de cerca de 6 mil m². No primeiro pavimento constavam a recepção, salas de aula, salas administrativas e uma cantina. O segundo pavimento era composto pela biblioteca e salas de aula. Além do prédio principal, no mesmo terreno da escola foi construído um ginásio esportivo de 1 mil m². O empreendimento A foi construído no estado do Mato Grosso e teve duração total entre projeto (*design*) e execução de 12 meses, entre julho de 2019 e julho de 2020. A Figura 7 apresenta o modelo proposto do empreendimento através do BIM.

Figura 7: Modelo BIM do empreendimento A



Fonte: elaborado pelo autor

O empreendimento A utilizou as seguintes técnicas construtivas: (a) estacas hélice contínua como fundação, devido à má qualidade de suporte do solo local, (b) paredes estruturais de blocos de concreto na periferia do elevador, paredes externas e em divisas de salas de aula com o sistema *Insulated Concrete Forms* (ICF) e divisórias de gesso em alguns pontos específicos, (c) lajes, vigas e pilares de concreto pré moldado, (d) esquadrias com janelas de alumínio e portas de madeira e (e) cobertura de estrutura metálica.

Com relação ao quadro de profissionais, a quantidade de pessoas envolvidas durante a execução da obra chegou a cerca de 200 pessoas, no momento de maior fluxo de atividades. Participavam efetivamente da rotina da obra trabalhadores da construção civil locais e vindos de outros estados, engenheiros e estagiários das construtoras envolvidas e corpo técnico da gerenciadora.

4.3.4. Fontes de evidências empregadas

Em um estudo de caso, são diversas as possibilidades de fontes de evidência. Yin (2003) apresenta seis delas: documentos, arquivos, entrevista, observação direta, observação participante e artefatos físicos. Segundo o autor, a utilização de diversas fontes de dados proporciona solidez à pesquisa, proporcionando ao pesquisador uma visão mais completa acerca do objeto estudado. A possibilidade de ter múltiplas fontes de evidências é um dos valores da estratégia do estudo de caso apresentado por (GIL, 2002).

Com o objetivo de tornar a pesquisa mais confiável e com análises mais completas, benefícios citados por Yin (2003) o estudo EE1 contemplou diversas fontes de evidências. As principais delas são explicitadas nos itens seguintes.

4.3.4.1. Observação participante

A observação participante é uma observação na qual o pesquisador não atua como um mero observador. Nesse tipo de fonte de evidência, deve-se participar ativamente de eventos do estudo observado. Como vantagens apresentadas por este método, são citadas a oportunidade de acesso a informações que seriam inacessíveis sem um maior envolvimento do observador e a possibilidade de manipulação de eventos menores Yin (2003).

No estudo EE1, o pesquisador participou ativamente de reuniões e encontros informais questionando decisões vinculadas ao PCP e sugerindo métodos diferentes de compartilhamento de informações. A participação do autor do presente trabalho em grande parte da execução do empreendimento foi uma oportunidade importante da presente pesquisa e enriqueceu a quantidade de dados coletados. As percepções e análises obtidas ao longo das observações foram registradas em cadernos de anotação.

4.3.4.1. Análise documental

A análise documental é comumente relevante em estudos de caso. São diversas as formas que esse tipo de informação pode ser coletado, dentre elas comunicados, cartas, relatórios e documentos administrativos. Dentre as vantagens dessa fonte de dados estão a estabilidade e exatidão das informações, as quais podem ser revisadas repetidamente (YIN, 2003). No estudo empírico EE1, os principais documentos vinculados ao PCP do empreendimento A analisados foram planos de obra, atas de reunião, modelo BIM, planilhas de medição e as Estruturas Analíticas de Projeto (EAPs).

4.3.4.1. Entrevistas

Citada por Yin (2003) como uma das principais fontes de dados de um estudo de caso, as entrevistas em um estudo de caso devem ser conversas fluídas seguindo uma linha de investigação ao invés de terem uma estrutura rígida. A entrevista deve ser conduzida para que o pesquisador entenda o porquê da ocorrência de determinado processo. No entanto, perguntas do tipo “*como*” devem ser preferíveis às do tipo “*por quê*” pois colocam o respondente em uma posição menos defensiva. É importante que as entrevistas sejam direcionadas a respondentes

chaves do objeto estudado, os quais podem ser considerados como informantes que fornecerão informações que corroborarão ou serão contrárias às demais evidências (YIN, 2003).

O estudo empírico EE1 seguiu as indicações de uma entrevista com final aberto, tendo alguns desvios na conduta de acordo com as respostas do informante. Uma linha de base de perguntas foi realizada e consta no Apêndice A. Caso o respondente proporcionasse alguma percepção que não estava prevista, o pesquisador tomou a liberdade de explorar o determinado ponto. No contexto do processo de PCP do empreendimento A, foram elencados os atores chaves do processo. Dentre eles, foram convidados a participarem da entrevista os representantes dos diferentes níveis hierárquicos do planejamento. A diversidade de posição hierárquica dos respondentes foi importante pois como um dos objetivos da presente pesquisa é analisar a interface entre os níveis de planejamento, é essencial ter os dois pontos de vista de uma relação. Como as entrevistas foram realizadas de maneira remota, a plataforma da reunião permitiu o registro das respostas, as quais foram revisadas posteriormente pelo pesquisador para anotação dos pontos mais importantes.

4.4. ESTUDO EMÍRICO EE2

4.4.1. Descrição do estudo EE2

O estudo empírico 2 (denominado “EE2”) foi realizado entre os meses de julho de 2020 e agosto de 2021, totalizando 15 meses. Assim como o estudo anterior, o EE2 usou o processo de PCP de um empreendimento durante a fase de execução como objeto de estudo. Durante o período do estudo o pesquisador esteve presente no canteiro de obras do empreendimento B com o objetivo de, similarmente ao estudo EE1, analisar as interfaces entre os envolvidos no processo de PCP e diferentes necessidades dos públicos de diferentes níveis hierárquicos do planejamento. Diferentemente do contexto do EE1, no estudo EE2 os modelos BIM não foram utilizados em obra, tendo uso restrito à equipe de projetos (“*design*”) contratada pelo cliente. O porte do empreendimento também diferencia os dois primeiros estudos de caso da presente pesquisa.

O EE2 contou com os mesmos tipos de fontes de evidência do estudo anterior. As fontes de dados observação participante, análise de documentos e entrevistas foram as principais exploradas no estudo. A explicitação individual de cada uma das fontes de evidência é realizada no item 4.4.3.

O pesquisador não esteve presente desde o início da construção do empreendimento B. Quando o pesquisador chegou à obra, as estruturas e elementos arquitetônicos já estavam em andamento; logo, o processo de PCP que recebeu maior atenção do pesquisador foi o relacionado à instalação das máquinas que faziam parte da linha de produção da fábrica. O processo da montagem e comissionamento dos equipamentos foi escolhido como objeto de estudo pois de maneira geral foi o escopo de maior interesse do cliente e com maior quantidade de informações envolvida no PCP. De maneira similar às estruturas de uma obra civil, o processo de PCP da montagem e comissionamento de máquinas é composta por operadores, especialistas, gerentes e planejadores, divididos nas hierarquias de planejamento.

O estudo EE2 iniciou com a análise das rotinas e práticas de PCP a partir das quais seriam coletados os dados. A rotina do PCP estava consolidada e as reuniões diárias e semanais já aconteciam regularmente. O pesquisador então passou a integrar os participantes das reuniões e, assim como o estudo EE1, questionava e sugeria práticas e ferramentas para o compartilhamento de informações entre os níveis hierárquicos do planejamento. Durante os encontros, o autor do presente trabalho registrou em seu caderno de campo as percepções dos diferentes tipos de necessidades de informações dos públicos.

As reuniões haviam sido organizadas seguindo a seguinte composição:

- *Reuniões diárias*, entre as construtoras contratadas, empresa gerenciadora e corpo técnico de especialistas e gerentes por parte do cliente. As reuniões eram realizadas em uma sala com quadros brancos, nos quais os compromissos eram registrados e seguiam sem alterações até a reunião do dia seguinte.
- *Reuniões semanais*, entre gerentes e diretores por parte do cliente. Nessas reuniões, eram compartilhados apenas os tópicos da semana discutidos nas reuniões diárias que tinham impacto nas entregas acordadas de médio prazo e restrições que precisavam ser removidas com esforços da alta gerência da companhia. As reuniões semanais eram realizadas de maneira remota, pois os diretores do empreendimento não estavam presentes no local da obra.
- *Reuniões mensais*, nas quais todo o cronograma do empreendimento era exposto de maneira resumida aos diretores, indicando divergências, riscos e próximas atividades a

serem executadas no médio prazo. Essas reuniões, similarmente às reuniões semanais, foram realizadas de maneira remota.

De maneira semelhante ao estudo EE1, a conclusão da coleta de dados do EE2 aconteceu com a realização de entrevistas com representantes que participaram do processo de PCP do empreendimento B dos diferentes níveis hierárquicos de planejamento. Finalmente, o estudo EE2 foi finalizado após análises das evidências e redação do relatório que foi aprestando no capítulo de Análises e Resultados do presente documento.

4.4.2. Descrição do empreendimento B

O empreendimento B é uma obra industrial de uma fábrica de latas localizada no estado de Minas Gerais. O empreendimento foi constituído por duas edificações que somaram 45 mil m². A primeira das edificações foi o prédio principal, na qual se situaram o armazém, as áreas de produção, o restaurante e as salas administrativa. A segunda edificação era um prédio de apoio, no qual estavam a subestação, portaria e área de estoque de materiais para manutenções gerais.

O quadro de pessoas presentes durante a obra foi de aproximadamente 800 pessoas, entre eles trabalhadores das construtoras, das instaladoras de máquinas e especialistas e gerentes de projeto do cliente. As pessoas com as quais o pesquisador mais teve contato foram planejadores, especialistas e gerentes da construtora, instaladora de máquinas e cliente.

Os métodos construtivos usados no empreendimento foram: (a) estacas hélice contínua como fundação, (b) paredes de isopanel, tanto na interface externa quanto em divisórias internas, (c) lajes, vigas e pilares de concreto pré-moldado, (d) mezaninos internos em estrutura metálica, (e) esquadrias com janelas de alumínio e portas de alumínio e (f) cobertura com estrutura metálica e vedação em isopanel.

Com relação aos equipamentos da fábrica, de maneira geral a instalação das máquinas acontece em quatro fases: *instalação mecânica*, *instalação elétrica*, *instalação de tubulações* e *comissionamento*. Além dessas etapas, fizeram parte do processo de PCP dos equipamentos os transportes, que compreenderam trechos de esteiras entre os equipamentos, para deslocamento do produto entre as etapas de fabricação.

4.4.3. Fontes de evidências empregadas

As fontes de evidência utilizadas no estudo EE2 foram as mesmas utilizadas no estudo EE1. Outra similaridade foi o grau de envolvimento do pesquisador como estudo, o qual consistiu na presença diária no local da obra com os mesmos objetivos citados no primeiro estudo. Nos itens 4.4.3.1 e 4.4.3.2 e 4.4.3.3 foram destacadas eventuais diferenças das fontes de evidências quando comparadas ao estudo anterior.

4.4.3.1. Observação participante

Devido ao porte do empreendimento analisado, o pesquisador teve interface com um maior número de pessoas ao longo de sua observação participante do estudo EE2 quando comparado ao estudo EE1. O objetivo da observação foi o mesmo do utilizado no estudo EE1.

4.4.3.2. Análise documental

No estudo EE2 não foram utilizados modelos BIM no processo de PCP; logo, eles não foram utilizados como fonte de dados como no estudo EE2. Os principais documentos usados durante o EE2 foram planos de obra, atas de reunião e apresentações de indicadores.

4.4.3.3. Entrevistas

De maneira similar ao estudo EE1, no estudo EE2 foram realizadas entrevistas com final aberto, tendo alguns desvios na conduta de acordo com as respostas do informante. A diversidade das hierarquias dos respondentes também foi um elemento observado no estudo EE2.

4.5. ESTUDO EMPÍRICO EE3

4.5.1. Descrição do estudo EE3

O estudo empírico 3 (denominado “EE3”) foi realizado entre os meses de junho de 2021 e outubro de 2021, totalizando 5 meses. O estudo EE3 se restringiu à utilização do plano de obra do empreendimento C como objeto de estudo. Durante os meses do estudo procurou-se identificar uma abordagem que possibilitasse a relação entre os níveis hierárquicos do planejamento e pudesse contribuir com as diferentes necessidades de informações verificadas nos estudos EE1 e EE2. O cronograma utilizado no estudo EE3 conteve 1958 linhas e contemplou a obra de duas torres e uma área periférica, conforme Figura 8.

Figura 8: Cronograma do empreendimento C

	EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1	1	PROJETO C	32.55 meses	10-05-18	24-12-20
2	1.1	Emissão da LI	0 dias	10-05-18	10-05-18
3	1.2	SERVIÇOS INICIAIS	1.25 meses	11-05-18	15-06-18
5	1.3	INFRAESTRUTURA E FUNDAÇÕES	22.65 meses	25-05-18	27-03-20
67	1.4	PRÉ-MOLDADOS	13.15 meses	31-05-19	24-06-20
101	1.5	TORRE C	24.8 meses	01-11-18	06-11-20
918	1.6	TORRE E	23.4 meses	19-12-18	12-11-20
1735	1.7	SUPRA ESTRUTURA APOIO DECK PARKING	7.35 meses	02-01-19	31-07-19
1740	1.8	PERIFERIA	24.3 meses	02-01-19	11-12-20
1917	1.9	HABITE-SE	17.65 meses	24-07-19	24-12-20

Fonte: elaborado pelo autor

Como fontes de evidências, o EE3 teve a análise de documentos. Ela está detalhada no item 4.5.3.1. Diferentemente dos estudos EE1 e EE2, o estudo EE3 não contou com a presença do pesquisador no local da obra, tendo sido restringido à análise documental do plano de execução.

O estudo EE3 teve início com o contato do pesquisador com uma construtora sediada na cidade de Porto Alegre para obtenção de um plano de obra para análise. Após a obtenção desse documento o pesquisador exportou os pacotes de trabalho e tarefas para uma planilha eletrônica, a partir do qual realizou a manipulação dos dados em uma tabela. Os dados exportados do cronograma foram (a) *estrutura de detalhamento de trabalho* (EDT, equivalente à EAP), (b) *nome da Tarefa* e (c) *datas de início e término*. Na sequência, para cada tarefa foi atribuída um nível de hierarquia, de acordo com a EDT. O nível de hierarquia informa basicamente quantas decomposições foram necessárias para, a partir da tarefa mãe cuja hierarquia é 1, se chegar na tarefa selecionada. A Tabela 1 apresenta um exemplo da relação entre EDT e nível de hierarquia.

Tabela 1: Exemplo da relação entre parâmetro EDT e Hierarquia

EDT	Hierarquia	Atividade
1	1	Empreendimento C
1.4	2	Pré-Moldados
1.4.1	3	Térreo
1.4.1.1	4	Montagem
1.4.1.1.2	5	Laje

Fonte: elaborado pelo autor

Toda tarefa, à exceção da tarefa mãe, foi originada a partir da decomposição de uma outra. Devido aos padrões encontrados nos estudos de caso EE1 e EE2 e nos trabalhos apresentados na revisão de literatura da presente pesquisa, as decomposições realizadas no cronograma foram classificadas em *processo* ou *produto*, o último ainda sendo detalhado em *local* ou *elemento*. Como no cronograma do empreendimento C estavam incluídas também tarefas relacionadas aos documentos pertinentes para realização da obra, foi criada uma categoria chamada de *Documento*.

Posteriormente, com objetivo de analisar o tipo de decomposição presente nessas três faixas de hierarquias: (a) *Primeiros níveis* (hierarquias 2 e 3), (b) *Níveis intermediários* (hierarquias 4 e 5) e (c) *Níveis finais* (hierarquias 6 e 7), foram estratificadas essas faixas e compiladas as classificações das decomposições pertinentes a cada uma delas.

Na sequência, a partir da planilha eletrônica, foram criadas estruturas em paralelo que corresponderam aos *Processos*, *Elementos* e *Locais* de cada uma das tarefas. Foi utilizado um aplicativo de inteligência de negócios para criar uma ferramenta para a organização e análise hierárquica dos pacotes de trabalho (tarefas) em termos dos processos, elementos e locais existentes na análise. Na ferramenta é possível selecionar os tipos de informações que são filtradas. Algumas outras divisões de *local* foram realizadas: *sublocal A*, *sublocal B* e *sublocal C* pois em alguns casos um único parâmetro não foi suficientemente específico para indicar um local único presente nas tarefas.

Finalmente, no estudo EE3 também foram criadas árvores de decomposição das tarefas e processos a partir de um programa de inteligência de negócios. Com essa organização e

vinculação entre níveis hierárquicos, foi possível a criação de uma rede que vincula desde o nível mais abrangente ao mais específico.

4.5.2. Descrição do empreendimento C

Diferentemente dos estudos EE1 e EE2, o EE3 não teve como fonte de dados as plantas do empreendimento; logo, a descrição do empreendimento terá como base as informações presentes no plano de execução. O empreendimento C é uma construção residencial localizada na cidade de Porto Alegre que conta com duas torres com 1 subsolo cada e uma área periférica, além de bacias de contenção e fossa e filtro.

Os métodos construtivos utilizados na obra aos quais o pesquisador teve acesso foram: (a) contenções com cortina pré-moldada, (b) lajes pré-moldadas e (c) paredes de alvenaria. Os métodos construtivos foram parcialmente descritos no relatório apenas para indicar que se trata de uma tipologia comum de habitações prediais residenciais, cujos detalhes não são importantes para o conteúdo da presente pesquisa.

4.5.3. Fontes de evidências empregadas

O estudo EE3 conteve apenas uma fonte de evidência, diferentemente dos estudos anteriores. A única fonte de evidência foi a análise documental que está explicitada no item 4.5.3.1.

4.5.3.1. Análise documental

Como fonte única de evidência no estudo EE3, para análise documental do estudo foi utilizado o plano de obra do empreendimento C. Esse cronograma continha informações de longo, médio e curto prazo, baseado na abordagem tradicional de PCP na qual se realiza o cronograma inicial com alto grau de detalhamento, mesmo que as informações ainda não estejam disponíveis.

O cronograma continha 1958 linhas e contemplava todas as disciplinas necessárias para a execução do empreendimento C. O cronograma tinha como duração total 32 meses, com início em maio de 2018 e finalização em dezembro de 2020.

4.6. SOFTWARE UTILIZADOS NA PESQUISA

Durante o trabalho desenvolvido foram utilizados alguns *softwares* com diferentes finalidades. No entanto, as análises e os resultados da presente pesquisa foram realizados de maneira a não

dependeram dos programas utilizados, podendo ter sido obtidos em programas similares. Na sequência são apresentados os *softwares* utilizados por finalidade e os motivos de sua utilização.

4.6.1. *Softwares* BIM

Um dos estudos exploratórios analisados envolveu a utilização do BIM. Logo, alguns softwares específicos foram necessários. O modelo BIM analisado no trabalho foi desenvolvido utilizando o software *Revit*, em sua versão 2018. O *Revit* é um *software* da *Autodesk* de modelagem BIM que permite a criação de modelos de todas as disciplinas, sendo elas estrutura, arquitetura e instalações. O formato padrão dos arquivos desse *software* é o *rvt*. A escolha do *Revit* como software foi realizado quando da formulação do *BIM Execution Plan* (BEP), que é o documento que define os parâmetros que devem ser seguidos pelos participantes ao longo da contratação e desenvolvimento de um empreendimento que utiliza a metodologia BIM. Nele foi definida a utilização do *Revit* uma vez que ele foi o *software* comum entre as empresas participantes da concorrência pelo contrato de projeto (*design*). A escolha de um *software* único foi importante tendo em vista que foram três os escritórios contratados para realização dos projetos (*design*), o que reforçou a importância da interoperabilidade dos modelos BIM.

Outro *software* BIM utilizado durante o trabalho foi o *Navisworks*, na sua versão 2019. O *Navisworks* é um *software* de análise de modelo BIM comumente utilizado para compatibilização, levantamento de quantitativos e integração do modelo 3D com os cronogramas de execução. Os formatos padrões dos arquivos desse *software* são o (a) *nwc* em arquivos únicos exportados de *softwares* de modelagem como o *Revit*, (b) *nwf* para arquivos que integrem mais de um arquivo *nwc* de maneira editáveis e o (c) *nwd* que difere do *nwf* no fato de não ser editável. Esse último formato foi especialmente usado quando o envio de arquivos entre a gerenciadora e empresa executora, pois o formato *nwd* evita a alterações indesejadas no modelo. A escolha desse *software* foi feita por dois principais motivos: pela experiência da empresa gerenciadora da obra, que foi responsável pela compatibilização dos projetos (*designs*) e pela desenvolvedora do *software*, a *Autodesk*, ser a mesma do *Revit*, reduzindo a perda de informações na exportação dos modelos. Durante o gerenciamento da execução (obra), o *software* *Navisworks* continuou sendo usado para integração do modelo BIM 4D e para a transmissão dos detalhes de projeto (*design*) aos executores. As informações dos projetos (*design*) foram compartilhadas pela empresa gerenciadora com as equipes executoras de maneira ágil através do *Navisworks* pois os requisitos do sistema computacional são menores quando comparados aos do *Revit* para visualização e mais transparente pois as informações

eram mais facilmente obtidas em uma única fonte, o modelo, quando comparadas aos detalhes em plantas impressas ou em formato digital.

4.6.2. Software de criação de cronogramas

Durante os três estudos exploratórios o *software MS Project* foi usado para criação de planos de obra e exportação para integração dos cronogramas com o modelo BIM. O *MS Project* é um *software* da empresa *Microsoft* e é usado na indústria da construção civil para criação e acompanhamento de cronogramas. Nos estudos de caso EE1 e EE2, o *MS Project* foi usado pelas empresas construtoras em seus planos de obra por terem familiaridade com o *software* e pela gerenciadora, no EE1, ao integrar os planos de obra das empresas executoras e integrar com o modelo BIM 3D. O *Navisworks*, *software* utilizado para compatibilização e integração do modelo BIM 3D com o cronograma, permite a integração direta com um arquivo do *MS Project*. Logo, as alterações realizadas nos arquivos do formato *mpp*, natural do *MS Project*, eram automaticamente sincronizadas no modelo BIM 4D no *software Navisworks*.

4.6.3. Software de análise de dados

O terceiro estudo empírico envolveu a análise de dados obtidos através de planos de obra criados no *MS Project*. Os *softwares* de análise de dados como o *Power Bi* e o *Think cell* não apresentam interface direta com os arquivos *mpp*; logo, foi utilizado o *Excel* para organização dos dados oriundos do *MS Project*. O *Excel* também é um *software* da *Microsoft* e é utilizado para criação e edição de planilhas. Ele foi escolhido devido à interoperabilidade com o *software Power BI* e sua capacidade de trabalho com grande número de dados, sendo necessário no terceiro estudo empírico, cuja planilha conteve 1.959 linhas.

Após organização dos dados em planilhas do *Excel*, o *software Power BI* foi utilizado para a visualização interativa e criação de relatórios gráficos. Esse *software* também foi desenvolvido pela empresa *Microsoft* e os recursos de árvore de decomposição, vínculo entre diferentes tabelas de *Excel* e filtro interativo foram os utilizados na presente pesquisa.

4.6.4. Software de compartilhamento de informações

Durante os três estudos de caso foram necessárias algumas ferramentas diferentes para compartilhamento das informações com os diferentes públicos do empreendimento. Para a divulgação das tarefas a serem realizadas aos executores, devido à simplicidade do documento

e a necessidade de posterior impressão, foi utilizado o *software Word*, que é o editor de texto criado pela *Microsoft*.

Para o público dos gestores, foram utilizados *softwares* que apresentam maior capacidade gráfica, sendo eles o *Power Point*, o *Power BI* e o *Navisworks*, sendo o último exclusivo do estudo empírico EE1. O *Power Point*, *software* da *Microsoft*, é um programa de criação de apresentações. Ele atendeu às necessidades do presente trabalho pela eficiência em criação de relatórios básicos com fotografias do empreendimento e inserção de gráficos simples. Para o compartilhamento de informações compiladas de um banco de dados, como por exemplo a curva de progresso do empreendimento e a quantidade de atividades da lista de pendências, o *software Power BI* foi utilizado.

Durante reuniões informais do estudo empírico EE1, tanto com gestores quanto com a equipe executora, o modelo BIM foi usado como apoio para a visualização e compartilhamento de detalhes do projeto a serem atentados durante a execução e informação de alterações do projeto (*design*). A utilização do *Navisworks* para essas visualizações foi escolhida pois a equipe gerenciadora já continha o modelo integrado no programa, não necessitando prévia preparação ou exportação. Devido à disponibilização pela *Autodesk* de instalação de uma versão apenas para visualização do modelo de maneira gratuita, as equipes das construtoras do estudo empírico EE1 puderam, mesmo sem ter tido trabalhado previamente com a tecnologia BIM, visualizar na obra o modelo enviado pela gerenciadora de maneira não editável.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No presente capítulo são analisados e discutidos os dados coletados durante os três estudos de caso. As análises foram realizadas com o foco nos objetivos expostos no item 1.4 para proposição de diretrizes de desdobramento de pacotes de trabalho visando manter a integração e coerência dos níveis hierárquicos do planejamento.

5.1. ESTUDO EMPÍRICO EE1

5.1.1. Apresentação e análise dos dados coletados

As atividades da pesquisa desempenhadas nas semanas iniciais antes da ida do pesquisador ao canteiro de obras são apresentadas no Quadro 6, na qual foi organizada a linha do tempo dos encontros iniciais, bem como seus objetivos. Antes da sua participação na primeira reunião de planejamento entre cliente e gerenciadora, o pesquisador realizou uma entrevista com o gerente de projetos do empreendimento A para coletar algumas informações iniciais. Nessa entrevista, o gerente de projetos da empresa EA informou que a escolha pela utilização da metodologia BIM para o Projeto A não foi feita exclusivamente por uma demanda do cliente. A escolha foi necessária pelas condições apresentadas pelo contexto do projeto. O empreendimento A foi planejado para uma duração de 12 meses, os quais deveriam contemplar as etapas de desenvolvimento dos modelos BIM e de execução devido à grande restrição do cliente com relação a data final. A localização geográfica do empreendimento também foi informada como um ponto importante para a necessidade de transparência do compartilhamento das informações entre campo e escritório, uma vez que o projeto se situou a cerca de 3.000 km dos escritórios centrais dos projetistas, gerenciadora e cliente; logo, visitas à obra ocorriam apenas com frequência mensal. Nesse contexto, o modelo BIM proporcionou a troca de informações mais ágil e objetiva, pois na obra estava alocado uma pessoa que tinha conhecimentos de modelagem e poderia sugerir ou informar alterações aos projetistas através do próprio modelo 3D.

Quadro 6: Cronograma das participações iniciais do pesquisador na pesquisa

Objetivo	Compreensão inicial das características do empreendimento A	Acompanhar fluxo de informações entre gerenciadora e cliente	Acompanhar compartilhamento inicial de informações entre Gerenciadora e Construtora CD	Acompanhar alinhamento inicial de planejamento entre Gerenciadora e Construtora CD. Formalização do primeiro plano de execução
Público do encontro	Pesquisador e gerente do projeto (gerenciadora)	Gerenciadora e Cliente	Gerenciadora e Construtora CD	Gerenciadora e Construtora CD
	<i>Semana 1</i> 9 - 15 setembro 2019	<i>Semana 2</i> 16 - 22 setembro 2019	<i>Semana 3</i> 23 - 29 setembro 2019	

Fonte: elaborado pelo autor

Com base nas demandas citadas e no alto nível de incerteza do projeto, a tecnologia BIM foi a solução que atendeu os requisitos em termos de qualidade de projeto (*design*), comunicação e gestão foi a da utilização ao longo de todas as etapas do empreendimento, desde a contratação dos projetos (*design*) até o relatório de avanços de obra. A Figura 9 apresenta as macro etapas do empreendimento A.

Figura 9: Etapas do empreendimento A



Fonte: elaborado pelo autor

A sobreposição entre as etapas do empreendimento A foi escolhida como estratégia de planejamento para reduzir a duração total do empreendimento. O gerente do projeto da gerenciadora ainda relatou que a necessidade de rápido início da obra fez com que os pacotes de trabalho de longo prazo fossem divididos em dois grandes grupos, tendo sido o primeiro deles liberado para a execução antes da finalização dos projetos (*design*) do grupo 2:

- a) Primeira etapa, a qual contemplou as estruturas de concreto e cobertura metálica;
- b) Segunda etapa, na qual se executaram todos os acabamentos, bem como instalações complementares (hidráulica, elétrica, incêndio).

Na mesma semana (denominada semana 1) ao levantamento das primeiras informações sobre o empreendimento A, o pesquisador participou da primeira reunião de planejamento entre gerenciadora e cliente com relação ao escopo da construtora CONSTD, cujo escopo foi o de maior orçamento entre as demais construtoras. A reunião foi realizada no escritório da empresa gerenciadora EPLANE, onde foi apresentado ao cliente o modelo BIM através da realidade virtual. Um exemplo de ambiente ao qual o cliente teve acesso é apresentado na Figura 10. Não foram solicitadas alterações de projeto pelo cliente; porém, o momento foi relatado como importante pois foi o primeiro contato do dono do empreendimento com a tecnologia da realidade aumentada e com o projeto (*design*) final do empreendimento A.

Figura 10: Ambiente apresentado ao cliente através de óculos de realidade virtual



Fonte: elaborado pelo autor

Outro objetivo dessa primeira reunião entre gerenciadora e cliente a qual o pesquisador teve acesso foi a definição das prioridades de entrega dos ambientes internos escolares. Tal decisão teve como apoio o modelo BIM, o qual foi projetado em uma tela, na qual o cliente indicou os ambientes que deveriam imperativamente estar prontos na data da inauguração. A seleção do cliente contou com 3 salas de aula no pavimento inferior, 2 salas de aula no pavimento superior, 2 salas administrativas e o refeitório, conforme organizado na Figura 11, juntamente com as datas limites de entrega, que constituíram os marcos do planejamento de longo prazo do empreendimento. Logo, os primeiros pacotes de trabalho desdobrados pelo cliente e

gerenciadora foi em *locais*, dividindo o empreendimento em ambientes definidos de acordo com seu uso.

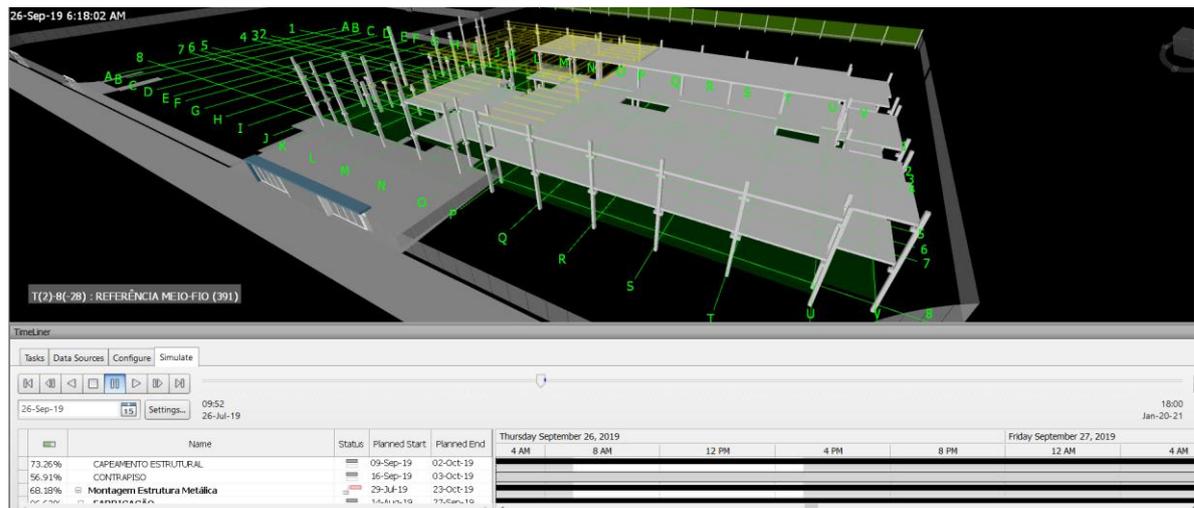
Figura 11: Datas das entregas iniciais dos ambientes selecionados pelo cliente



Fonte: elaborado pelo autor

Na semana seguinte (denominada semana 2) à reunião entre gerenciadora e cliente, foi realizada a primeira de duas reuniões entre gerenciadora e construtora CONSTD, com intervalo de uma semana entre as duas. O objetivo da primeira reunião foi de compartilhar as informações fornecidas pelo cliente em termos de priorização de entrega de espaços e começar o desdobramento dos pacotes de trabalho com uma visão executiva da obra e com baixo nível de detalhamento. Nesse encontro entre gerenciadora e construtora, novamente o modelo BIM foi utilizado. Apesar de o engenheiro da construtora CONSTD responsável pela execução ter relatado nunca ter trabalhado com a tecnologia BIM, o mesmo informou durante a reunião não ter tido dificuldade em interpretar os projetos (*design*) contemplados no modelo. Nesse caso, o foco do planejamento foi principalmente na disciplina de instalações, tendo em vista sua interferência com as demais disciplinas e volume de trabalho. Para decompor o pacote de instalações de maneira rápida e que proporcionasse uma ideia de sequenciamento, gerenciadora e construtora usaram como base o modelo BIM 4D no qual estava indicada a sequência de leste a oeste da montagem dos elementos estruturais, conforme Figura 12.

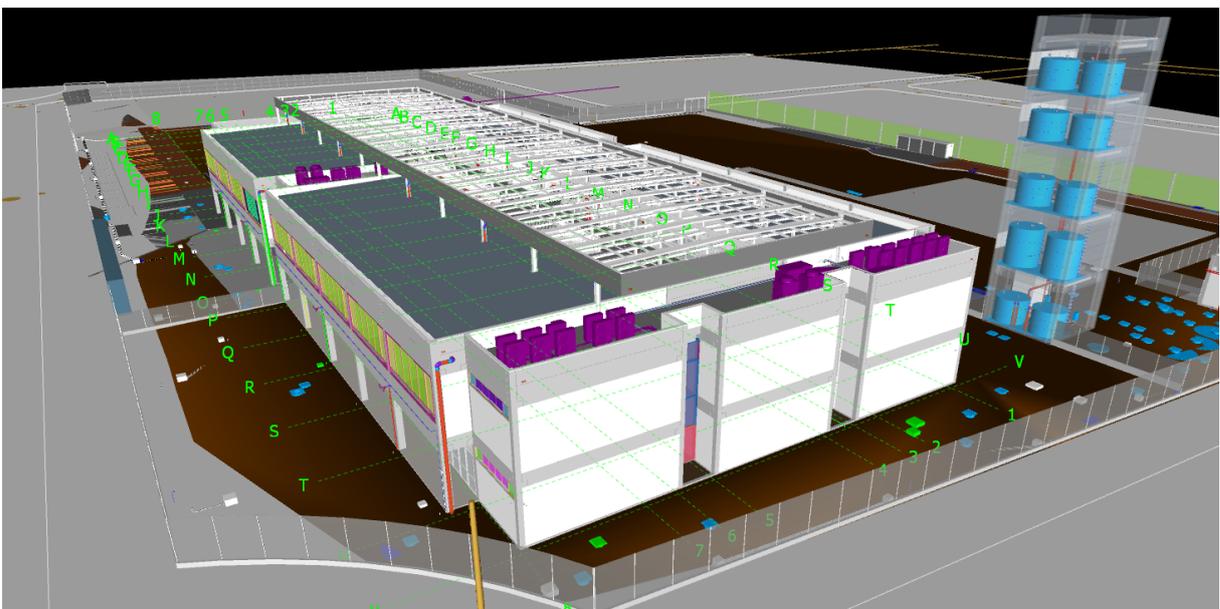
Figura 12: Modelo BIM 4D com status da obra



Fonte: elaborado pelo autor

A partir das informações da linha do tempo do modelo 4D, foi acordado entre gerenciadora e construtora CONSTD em usar os eixos propostos na planta arquitetônica que estava sendo usado pela disciplina estrutural como referência inicial para a confecção do plano de execução da obra. Os eixos corresponderam ao intervalo entre as letras A e V no eixo horizontal do projeto e os números 1 e 8 no eixo vertical do projeto, conforme Figura 13.

Figura 13: Modelo BIM 3D do empreendimento A com eixos

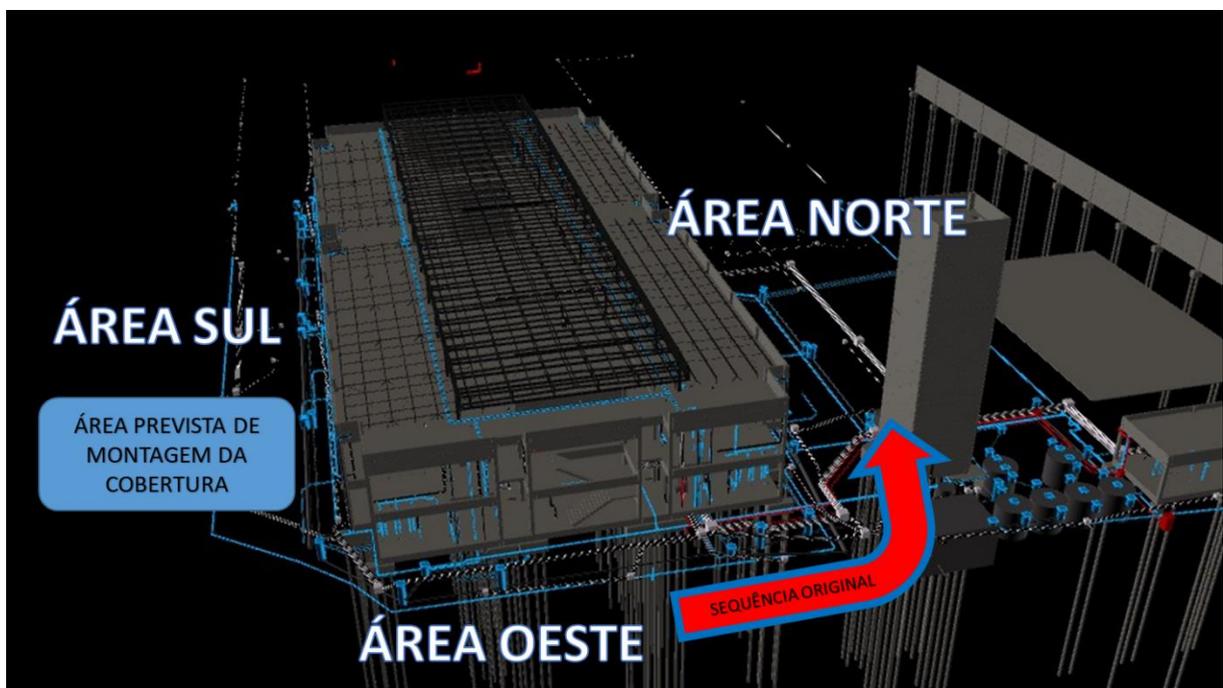


Fonte: elaborado pelo autor

As instalações enterradas circundaram externamente a edificação principalmente no lado oeste, norte e sul. Logo, como já estavam sendo realizadas as montagens estruturais em obra, optou-

se por sequenciar a execução das instalações enterradas na ordem oeste, norte e sul. Essa sequência foi validada pela equipe que já estava no local, pois a montagem da estrutura de concreto já estava finalizada na metade oeste e a cobertura metálica estava prevista para ser montada em solo na área sul enquanto as instalações eram executadas na área norte, conforme Figura 14. Após a reunião, foi acordado que a construtora CONSTD realizaria a formalização desse planejamento inicial e que na semana seguinte (denominada semana 3) seria realizado novo encontro para alinhamentos finais antes da mobilização das equipes de execução e gerência da construtora CONSTD.

Figura 14: Sequência original de execução das instalações enterradas

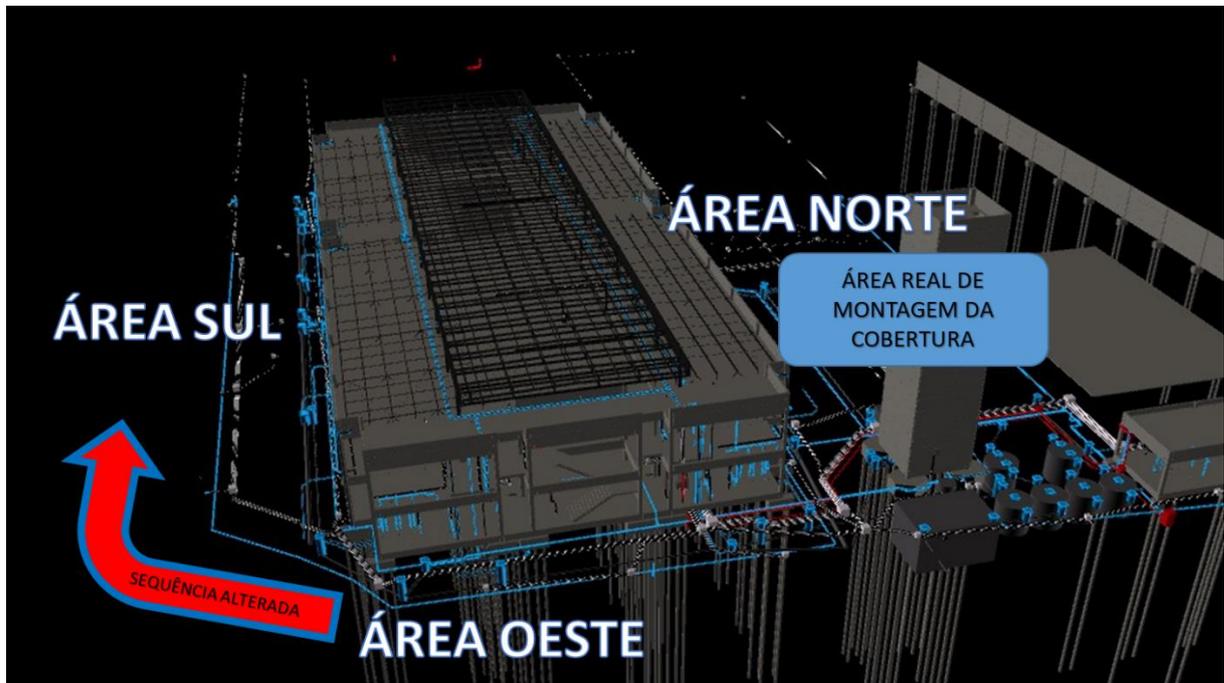


Fonte: elaborado pelo autor

Na semana seguinte (semana 3) foi realizada a segunda reunião entre gerenciadora e construtora CONSTD para alinhamento e detalhamento do sequenciamento acordado na reunião da semana 2. Além disso, foram repassadas algumas atualizações de andamento dos trabalhos de campo. Dentre elas, se destacou a alteração da área de montagem da estrutura metálica para a área norte. Essa decisão da equipe do campo da construtora CONSTC teve um impacto importante no sequenciamento previsto anteriormente na semana 2. A utilização da área norte pela equipe de montagem da cobertura metálica impediu que a construtora CONSTD planejasse o sequenciamento das redes enterradas naquela zona. Porém, como o pacote de trabalho havia sido desdobrado no plano de execução com um baixo nível de detalhamento e setorizando as

áreas de possível interferência com os demais trabalhos, se percebeu que houve pouco retrabalho para redefinição do sequenciamento do início da execução das instalações. O novo plano de ataque foi representado na Figura 15.

Figura 15: Sequência real de execução das instalações enterradas



Fonte: elaborado pelo autor

Finalizadas as discussões iniciais de desdobramentos de pacotes de trabalho e de sequenciamento de atividades, o pesquisador se deslocou ao local da obra e passou a participar das rotinas de planejamento e controle das equipes de campo. Os três principais encontros que constituíram a rotina de análise do pesquisador foram as *reuniões estratégicas*, *reuniões táticas* e *reuniões operacionais*.

5.1.1.1. Reuniões estratégicas

As reuniões estratégicas referentes ao escopo do empreendimento A eram realizadas entre a gerenciadora e o cliente. Nelas eram discutidas principalmente o andamento financeiro da obra e as datas finais de entrega. A gerenciadora EPLANE era responsável pela apresentação dos dados e para isso usou principalmente planilhas eletrônicas, apresentações e o modelo BIM. Esses encontros eram realizados mensalmente de maneira remota com duração de cerca de 1 hora entre o gestor de planejamento da gerenciadora que estava no canteiro de obra e os gerentes de projeto da gerenciadora e do cliente.

Para avaliar a contratação dos pacotes de trabalho, os contratos realizados e a serem feitos eram consolidados através das planilhas eletrônicas. Tendo em vista que o cliente tinha como um critério de sucesso do custo por metro quadrado do empreendimento, eram realizadas simulações da disponibilidade de recursos financeiros para os pacotes de trabalho restantes a serem contratados. O modelo de tabela consolidada que era disponibilizado é apresentado na Figura 16. O grau de detalhamento dos pacotes de trabalho discutidos era baixo, para os quais só havia sido feita uma decomposição. A decomposição realizada para compor a tabela da Figura 16 foi feita em *processos*, que desdobrou o pacote inicial e geral da obra em processos como por exemplo *Obra civil* (que representava o processo de realizar as instalações civis do prédio principal, tal como paredes, forros, revestimentos e pisos).

Figura 16: Tabela compilada de simulações da situação financeira

		CENÁRIO A	CENÁRIO B	CENÁRIO C	CENÁRIO D
Item	Descrição	PREÇO TOTAL GERAL	PREÇO TOTAL GERAL	PREÇO TOTAL GERAL	PREÇO TOTAL GERAL
FORNECIMENTO CONTRATADA					
A	SERVIÇOS PRELIMINARES	CONTRATADO			
0	OBRA CIVIL ÁREAS DE APOIO E SERVIÇOS	CONTRATADO			
1	OBRA CIVIL COLÉGIO	CONTRATADO			
2	PCI - PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO	R\$ _____	R\$ _____	R\$ _____	R\$ _____
3	HGA - COMBUSTÍVEIS	R\$ _____	R\$ _____	R\$ _____	R\$ _____
4	HID - INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS	R\$ _____	R\$ _____	R\$ _____	R\$ _____
5	ELE - INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	R\$ _____	R\$ _____	R\$ _____	R\$ _____
6	CLI - CLIMATIZAÇÃO	R\$ _____	R\$ _____	R\$ _____	R\$ _____
7	LMT - LUMINOTÉCNICO	R\$ _____	R\$ _____	R\$ _____	R\$ _____
8	IMP - IMPERMEABILIZAÇÕES	R\$ _____	R\$ _____	R\$ _____	R\$ _____
9	PSG - PAISAGISMO	R\$ _____	R\$ _____	R\$ _____	R\$ _____
SUBTOTAL		R\$ _____	R\$ _____	R\$ _____	R\$ _____
TOTAL (SUB + OMISSOS)		R\$ _____	R\$ _____	R\$ _____	R\$ _____

Fonte: elaborado pelo autor

Uma vez contratado um determinado pacote de trabalho grande, o mesmo era detalhado em uma EAP em conjunto entre a gerenciadora e a construtora a partir dos projetos (*designs*) envolvidos. A EAP era resultado da decomposição da tipologia *elemento* dos pacotes de trabalho oriundos da primeira decomposição, conforme Figura 17. Os valores da planilha foram suprimidos por questões de confidencialidade.

Figura 17: Trecho da tabela EAP oriunda da decomposição do item *Obra Civil*

1	OBRA CIVIL COLÉGIO	Und	Quantidade Estimada	Quantidade Construtora	Preço Unit. Material (R\$)	Preço Unit. Mão de Obra (R\$)	Preço Unit. Total (R\$)	Preço Total Material (R\$)	Preço Total Mão de Obra (R\$)	PREÇO TOTAL GERAL
1.1	Paredes									
1.1.4	BLOCO DE CONCRETO e=9cm, em atendimento as normas e ensaios conforme determinação do CBM-MT.	m ²	X	X	X	X	X	X	X	X
1.1.5	BLOCO DE CONCRETO e=14cm, em atendimento as normas e ensaios conforme determinação do CBM-MT.	m ²	X	X	X	X	X	X	X	X
1.1.6	BLOCO DE CONCRETO e=19cm, em atendimento as normas e ensaios conforme determinação do CBM-MT.	m ²	X	X	X	X	X	X	X	X
1.1.7	PAREDE DE GESSO COM BASE PARA ANCORAR IMPERMEABILIZAÇÃO e=14cm 1ST (12,5 HARD BOARD) + MONTANTE 9cm + 1ST (12,5 HARD BOARD)	m ²	X	X	X	X	X	X	X	X
1.1.8	PAREDE DE GESSO COM BASE PARA ANCORAR IMPERMEABILIZAÇÃO e=14cm 1ST (12,5 HARD BOARD) + MONTANTE 9cm COM LÃ DE VIDRO + 1ST (12,5 HARD BOARD)	m ²	X	X	X	X	X	X	X	X
1.1.9	PAREDE DE GESSO COM BASE PARA ANCORAR IMPERMEABILIZAÇÃO e=14cm 2ST (12,5 HARD BOARD) + MONTANTE 9cm COM LÃ DE VIDRO + PLACA CIMENTÍCIA + 1ST (12,5 HARD BOARD)	m ²	X	X	X	X	X	X	X	X
1.1.10	PAREDE DE GESSO COM MONTANTE DUPLO ISOLADO e=25cm 2ST (12,5 HARD BOARD) + MONTANTE 4,8cm COM LÃ DE VIDRO + MONTANTE 4,8cm + 2ST (12,5 HARD BOARD). IMPORTANTE: DUPLA ESTRUTURA EM FUNÇÃO DA ACÚSTICA. PERFIS NÃO PODEM SE	m ²	X	X	X	X	X	X	X	X

Fonte: elaborado pelo autor

Os elementos que compuseram a EAP foram quantificados pela equipe de projetos (*design*) a partir do modelo BIM, que possibilita a extração de tabelas com quantitativos dos elementos presentes no modelo. Posteriormente, a tabela contendo a informação da primeira e segunda colunas da EAP era integrada ao modelo. Essa integração era feita para que fossem calculadas as quantidades executadas e em andamento das respectivas atividades, possibilitando medições com maior embasamento quantitativo.

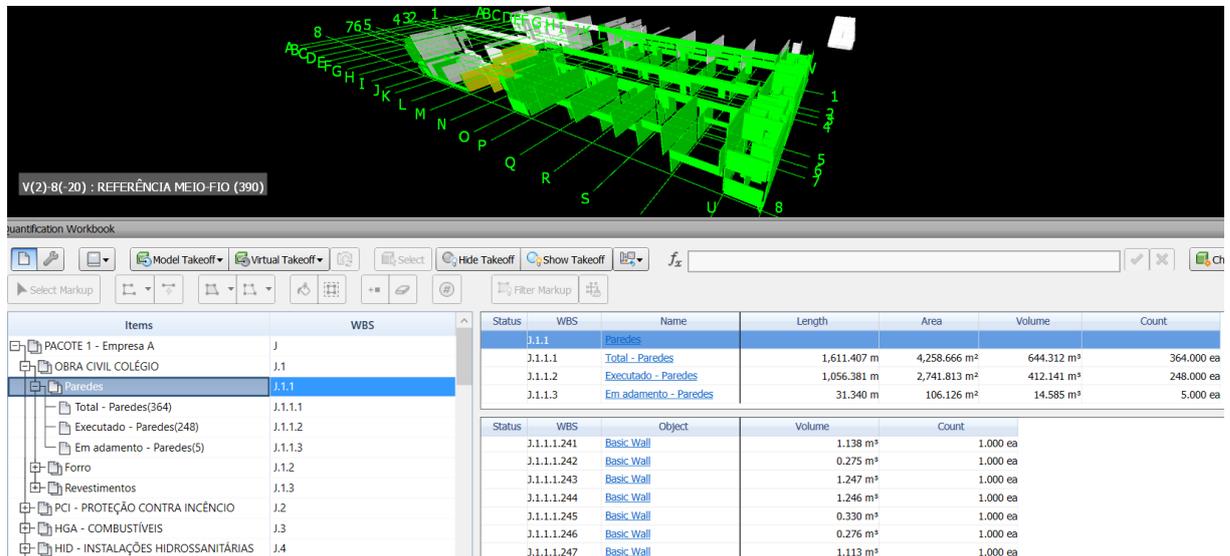
A integração das EAPs ao modelo também teve como objetivo separar os contratos das diferentes empresas e manter os códigos únicos de cada atividade das EAPs dentro do modelo. Essa integração foi realizada por meio da ferramenta *quantification* do *Navisworks* através da qual é possível a criação de grupos e itens, os quais tem as seguintes funções:

- Grupos do *quantification*: São responsáveis por hierarquizar as instâncias e mostrar cálculos de quantidades dos seus itens contidos.
- Itens do *quantification*: contém as referências dos elementos que pertencem ao modelo.

A Figura 18 apresenta a tela na qual está selecionado o grupo de paredes do pacote contratado da construtora CONSTD. Nela, verifica-se a quantidade total de paredes contidas no pacote de trabalho e a quantidade total executada pela empresa. Esse tipo de visualização e cálculos foram importantes para a medição dos valores a serem recebidos por alguns subcontratados, uma vez que algumas das métricas eram relacionadas a itens de contrato. No exemplo da Figura 18, as paredes foram representadas em três fases: *concluído* (em verde), *em andamento* (em amarelo)

e *não realizado* (em branco) e para cada metragem a elas indicada, um percentual de medição de contrato era associado.

Figura 18: Integração do modelo BIM e das informações das EAPs



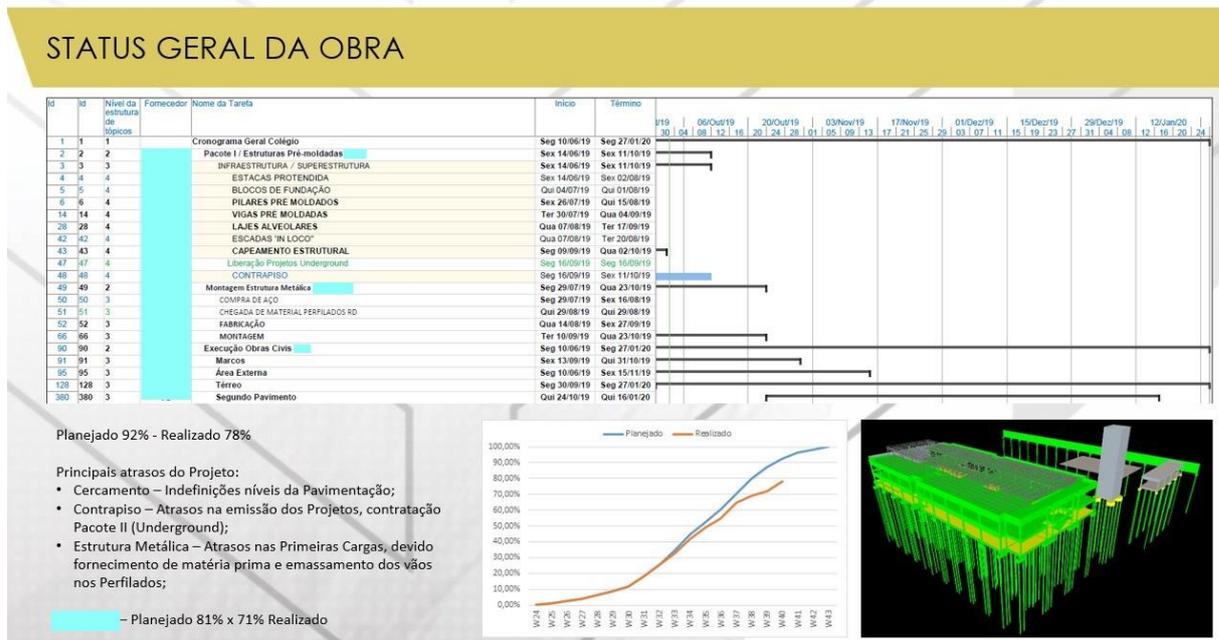
Fonte: elaborado pelo autor

A seleção de cada uma das tipologias dos elementos (como parede, porta e forro) foi realizada através da ferramenta de busca do programa utilizado. Essa seleção só foi possível pois os elementos foram modelados contendo nomes que remetiam a suas tipologias. Os elementos que correspondiam às paredes de gesso no modelo, por exemplo, tinham como formato de nome *tipo_material_espessura_cor*. O programa utilizado permite realizar a seleção de todos os elementos que não foram incluídos em nenhuma categoria dentro da ferramenta de quantificação. Logo, outro aspecto importante percebido pelo pesquisador durante esses encontros foi que a integração das EAPs das construtoras no modelo BIM permitiu que a gerenciadora verificasse com facilidade os elementos que ainda não faziam parte de nenhum escopo.

Além dos aspectos financeiros, as reuniões estratégicas também tinham como objetivo o compartilhamento de informações vinculadas ao planejamento. Com a mesma fonte de informações e classificações por cores explicitadas da ferramenta de quantificação, também fez parte do material apresentado pela gerenciadora ao cliente os percentuais de alguns dos pacotes de trabalho que estavam sendo controlados através dos quantitativos do modelo BIM. A Figura 19 foi usada pela gerenciadora como um dos *slides* de apresentação do andamento geral da obra. Nele foram expostas algumas linhas gerais do cronograma do escopo estrutural, curva S

do planejamento e representação do modelo BIM de acordo com o controle atualizado do mês. Foram retiradas algumas informações do *slide* por questões de confidencialidade.

Figura 19: Slide sobre planejamento apresentado em reunião estratégica



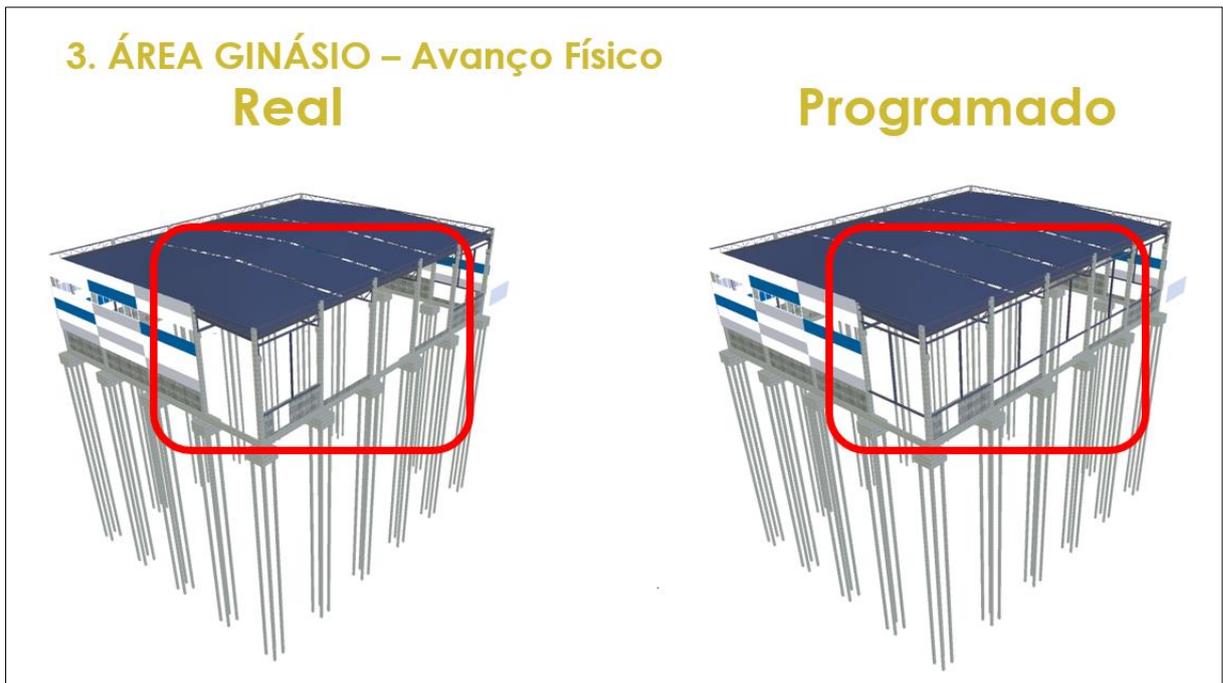
Fonte: elaborado pelo autor

5.1.1.2. Reuniões táticas

Assim como as reuniões estratégicas, as reuniões táticas eram realizadas remotamente, uma vez que alguns dos participantes não estavam alocados no canteiro de obras. As reuniões eram organizadas semanalmente e tinham como público pela construtora CONSTD o engenheiro de produção e a estagiária, pela gerenciadora o gestor de planejamento da obra e o gerente de projeto e pelo cliente também o gestor do projeto.

Os principais objetivos das reuniões táticas eram de compartilhar as atividades semanais que estavam sendo realizadas e possíveis restrições a serem removidas nos próximos dias. Para isso, a gerenciadora usava apresentações contendo tabelas, curvas de andamento do projeto e imagens do modelo BIM. A Figura 20 apresenta uma parte da apresentação na qual são apresentadas duas imagens do modelo BIM, uma delas representando como a edificação do ginásio deveria aparentar conforme cronograma e a outra com seu visual real. Além disso, durante a fase de implantação do canteiro de obras, essas reuniões também foram usadas para definição do layout do canteiro através de simulações modeladas diretamente na obra.

Figura 20: Slide de apresentação do relatório da empresa EPLANE



Fonte: elaborado pelo autor

Durante os encontros eram discutidos os escopos de todas as construtoras. Como os trabalhos das construtoras CONSTA, CONSTB e CONSTC já estavam com seus percentuais de conclusão avançados, o cliente optou por não tornar obrigatória a presença na reunião de seus representantes. Logo, a gerenciadora era responsável pela apresentação dos avanços de cada uma delas, bem como do andamento da obra como um todo. Os trabalhos da construtora CONSTD, que faziam parte do caminho crítico para a finalização do empreendimento A na data acordada, eram os mais discutidos durante a reunião. Para compartilhar o andamento dos trabalhos, os pacotes de trabalho contidos na EAP eram decompostos segundo seu *local* e onde haviam atrasos esses pacotes ainda eram decompostos em processos para que fossem planejadas ações que corrigissem o retardo. A Figura 21 mostra um dos *slides* apresentados pela gerenciadora no qual o cronograma expõe os percentuais de conclusão dos ambientes divididos do empreendimento.

Figura 21: Slide apresentando pacotes de trabalho decompostos em *local*

↳ Cronograma Revisado - 01.01.2020	108 dias	87%	Sex 13/09/19	Ter 04/02/20
↳ 1 Marcos	29 dias	100%	Sex 13/09/19	Qua 23/10/19
↳ 2 Segundo Pavimento	93 dias	89%	Sex 04/10/19	Ter 04/02/20
↳ 2.1 Metade Leste	72 dias	89%	Sex 04/10/19	Sex 10/01/20
↳ 2.1.1 Sanitários	72 dias	90%	Sex 04/10/19	Sex 10/01/20
↳ 2.1.2 Escada e Circulação	29 dias	78%	Sex 22/11/19	Sáb 28/12/19
↳ 2.1.3 Salas de Aula e Laboratórios	44 dias	90%	Seg 11/11/19	Qua 08/01/20
↳ 2.2 Metade Oeste	70 dias	88%	Qua 06/11/19	Ter 04/02/20
↳ 2.2.1 Escada, Elevador e Circulação	61 dias	81%	Qua 20/11/19	Ter 04/02/20
↳ 2.2.2 Sanitários Centro	54 dias	90%	Qua 06/11/19	Qui 16/01/20
↳ 2.2.3 Professores e Cantina	50 dias	90%	Seg 11/11/19	Qua 15/01/20
↳ 2.2.4 Biblioteca	45 dias	89%	Seg 11/11/19	Qui 09/01/20
↳ 2.2.5 Sanitários Oeste	53 dias	88%	Seg 11/11/19	Sáb 18/01/20
↳ 3 Primeiro Pavimento	72 dias	90%	Seg 04/11/19	Ter 04/02/20
↳ 3.1 Metade Leste	51 dias	88%	Seg 04/11/19	Sex 10/01/20
↳ 3.1.1 Sanitários Leste	50 dias	87%	Seg 04/11/19	Qui 09/01/20
↳ 3.1.2 Escada e Circulação	46 dias	77%	Seg 11/11/19	Sex 10/01/20
↳ 3.1.3 Salas de Aula e Refeitório	51 dias	92%	Seg 04/11/19	Sex 10/01/20
↳ 3.2 Metade Oeste	72 dias	90%	Seg 04/11/19	Ter 04/02/20
↳ 3.2.1 Escada, Elevador e Circulação	72 dias	93%	Seg 04/11/19	Ter 04/02/20
↳ 3.2.2 Sanitários Centro	58 dias	85%	Seg 04/11/19	Sáb 18/01/20
↳ 3.2.3 Recepção	47 dias	94%	Seg 04/11/19	Seg 06/01/20
↳ 3.2.4 Cantina	50 dias	99%	Seg 04/11/19	Qui 09/01/20
↳ 3.2.5 Administração	54 dias	90%	Seg 04/11/19	Ter 14/01/20
↳ 3.2.6 Capela	39 dias	88%	Seg 11/11/19	Qui 02/01/20
↳ 3.2.7 Sala Telecomunicações	37 dias	99%	Seg 11/11/19	Sáb 28/12/19
↳ 3.2.8 Sanitários Oeste	57 dias	89%	Seg 04/11/19	Sex 17/01/20
↳ 4 Fachadas e Área Externa	84 dias	70%	Seg 07/10/19	Sáb 25/01/20
↳ 4.1 Prédio Principal	45 dias	86%	Seg 25/11/19	Seg 20/01/20
↳ 4.2 Prédio de Serviço	60 dias	66%	Sex 08/11/19	Sáb 25/01/20
↳ 4.3 Instalações	71 dias	68%	Seg 07/10/19	Sex 10/01/20

Fonte: elaborado pelo autor

5.1.1.3. Reuniões operacionais

As reuniões operacionais eram realizadas diariamente somente entre integrantes da construtora CONSTD. O engenheiro da obra era responsável pelo reforço de atividades críticas que estavam previstas para serem realizadas durante o dia e a estagiária da obra era responsável pela impressão e revisão de um documento que era usado para guiar as ações da semana. No início da semana esse documento era oficialmente entregue ao mestre de obras e aos líderes das equipes contendo os pacotes de trabalho com o nível mínimo de informações que permitisse o executor entender as atividades agregadas e o local no qual ela deveria acontecer. O formato do documento é apresentado na Figura 22.

Figura 22: Formato do documento utilizado para compartilhamento de informações pela equipe operacional

OBRA <input type="text"/> - MT		9 - 13 /12
RELATÓRIO DE PLANEJAMENTO DIÁRIO - EQUIPE A		
LOCAL	ATIVIDADE	
Cozinha	Pintura de teto	
Cozinha	Instalação das bancadas	
Sanitário Feminino Ala Sul	Instalação de bacias	
Sanitário Feminino Ala Sul	Barras e reparo em rejunte	

Fonte: elaborado pelo autor

Esse documento não era entregue todos os dias, mas era revisado diariamente para alteração em caso de necessidade. Caso houvesse alterações substanciais, o documento era reimpresso ao longo da semana e as alterações eram discutidas entre todos nas reuniões diárias. Nota-se que foi proporcionada pela construtora CONSTD um grau de autonomia ao mestre de obra e seus líderes, pois não se teve como expectativa decompor os pacotes de trabalho com a mesmo grau de detalhamento dos elementos presentes no modelo BIM. A partir dos cronogramas acordados nas reuniões táticas, para realização das reuniões operacionais, a construtora CONSTD ainda desdobrava novamente os pacotes de trabalho em *local* e *elemento*. Como exemplo, o pacote de trabalho apresentado durante a reunião tática como *Sanitários Oeste*, que representava o conjunto de sanitários localizados na área oeste da edificação, foi desdobrado nos locais de *Sanitários Feminino e Masculino Oeste*. Ainda, para poder tornar compreensível às equipes, era realizado o desdobramento no *elemento* que deveria ser trabalho naquele local. Logo, locais como *Sanitário Feminino e Masculino Oeste* ainda foram desdobrados em elementos como *paredes, dutos de climatização e rede frigorígena*, por exemplo, conforme Figura 23. Segundo as equipes executoras, não era necessário detalhar os processos que envolviam os elementos das atividades. Por exemplo, a linha contendo o item *Cerâmica da Parede* já subentendia os processos de preparação da superfície, aplicação da argamassa colante, colocação da cerâmica e rejunte.

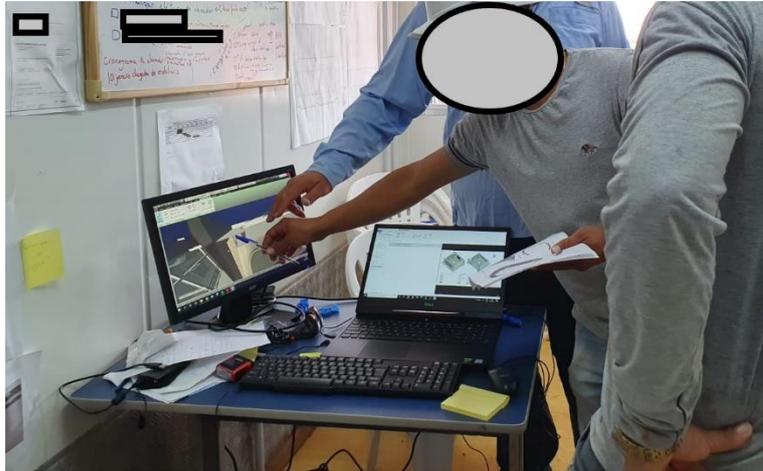
Figura 23: Exemplo de decomposição dos pacotes de trabalho em elemento

1002	3	3.2.8 Sanitários Oeste		58 dias
1003	4	3.2.8.1 Sanitários Feminino e Masculino Oeste		51 dias
1004	5	3.2.8.1.1 Paredes	Paredes	17 dias
1005	5	3.2.8.1.2 Dutos de climatização	BTU - Dutos de climatização	11 dias
1006	5	3.2.8.1.3 Rede frigorígena	BTU - Rede frigorígena	5 dias
1007	5	3.2.8.1.4 Instalações hidráulicas	DSE - Instalações hidráulicas	1 dia
1008	5	3.2.8.1.5 Instalações elétricas de teto	DSE - Instalações elétricas de teto	14 dias
1009	5	3.2.8.1.6 Fiação elétrica	DSE - Fiação elétrica	1 dia
1010	5	3.2.8.1.7 Reboco	Reboco	5 dias
1011	5	3.2.8.1.8 Impermeabilização	Impermeabilização	3 dias
1012	5	3.2.8.1.9 Cerâmica de Parede	Cerâmica de Parede	5 dias
1013	5	3.2.8.1.10 Pingadeira	Pingadeira	1 dia
1014	5	3.2.8.1.11 Esquadrias Fachada	Esquadrias Fachada	6 dias
1015	5	3.2.8.1.12 Paredes Drywall	Parede Drywall	3 dias
1016	5	3.2.8.1.13 Forro Gesso	Forro Gesso	3 dias
1017	5	3.2.8.1.14 Massa Acrílica Forro	Massa Acrílica Forro	3 dias
1018	5	3.2.8.1.15 Pintura Forro	Pintura Forro	2 dias
1019	5	3.2.8.1.16 Luminárias e Acessórios	DSE - Luminárias e Acessórios 1	1 dia
1020	5	3.2.8.1.17 Piso Cerâmico	Piso Cerâmico	3 dias
1021	5	3.2.8.1.18 Bancadas	Bancadas	2 dias
1022	5	3.2.8.1.19 Divisórias Sanitárias	Divisórias Sanitárias	2 dias
1023	5	3.2.8.1.20 Portas	Portas	1 dia
1024	5	3.2.8.1.21 Louças e Metais	DSE - Louças e Metais	1 dia
1025	5	3.2.8.1.22 Limpeza Final	Limpeza Final	1 dia

Fonte: elaborado pelo autor

Por mais que o modelo BIM estivesse integrado com a EAP da construtora CONSTD, o modelo BIM foi usado no nível operacional apenas para esclarecimento de dúvidas sobre detalhes de projeto (*design*). Notou-se que, caso houvesse um alinhamento maior entre gerenciadora e executora, seria possível que o controle diário fosse diretamente compartilhado no modelo BIM que seria posteriormente usado nas reuniões táticas e estratégicas. A Figura 24 é o registro fotográfico de um momento logo após uma das reuniões diárias em que a equipe executora consulta o engenheiro da obra e o modelo BIM para esclarecimento de um detalhe do forro de gesso a ser executado durante o dia.

Figura 24: Registro fotográfico de equipe alinhando detalhe executivo do forro no modelo



Fonte: elaborado pelo autor

5.1.2. Apresentação e análise das entrevistas

Nesse tópico são apresentadas e analisadas as respostas dos entrevistados responsáveis pelos diferentes níveis hierárquicos do planejamento do estudo EE1. Nos itens 5.1.2.1, 5.1.2.2, 5.1.2.3 e 5.1.2.4 foram estratificadas as respostas pelo tópico discutido, para que se tivesse um comparativo de opiniões dos diferentes entrevistados sobre o mesmo tema.

5.1.2.1. Tópicos relevantes do PCP na rotina do empreendimento

Para o nível operacional, foi relatado que o andamento atual e o prazo de conclusão das atividades são as informações mais importantes para a tomada de decisão dos líderes da execução. Como exemplo exposto pelo respondente, a informação sobre o prazo para executar a instalação de uma determinada bancada seria importante para a tomada de decisão sobre prioridades de execução. No nível tático, o termo “prazo de execução” foi abordado pelo respondente em um contexto de menor nível de detalhamento, representando o tempo de execução de determinado pacote de trabalho, não de uma atividade específica como no caso do time operacional. Além do prazo mencionado pelo responsável pela execução, também foi comentada a importância da variável custo no processo de PCP do empreendimento.

No nível estratégico, além dos tópicos pertinentes citados pelo nível tático, o responsável pelo planejamento em um nível estratégico do empreendimento A relatou sobre a importância de se estar sempre alinhados com os objetivos e as metas globais do empreendimento. No caso do empreendimento A, o grande objetivo de data de entrega foi a data de inauguração do edifício escolar.

5.1.2.2. Formato e frequência das informações de PCP

Apesar de todos os respondentes citarem a troca de mensagens instantâneas no celular como um meio de comunicação importante para a rotina do empreendimento A, o responsável pelo nível operacional reforçou a importância do papel impresso para o compartilhamento de informações do PCP com as equipes executoras. Responsáveis pelos níveis tático e estratégico reforçaram a importância do registro via e-mail ou ata de reunião para assuntos mais relevantes.

Com relação à frequência das reuniões de PCP e revisões dos planos de execução da obra, tanto o respondente responsável pelo nível operacional quanto o pelo nível tático afirmaram que a periodicidade do planejamento deve ser diferente daquela do controle. No nível executor, o planejamento da produção deve ser feito no início das semanas e controlado diariamente para que eventuais desvios sejam verificados em um menor tempo. Para o responsável tático, o planejamento deve ser discutido semanalmente, ao passo que o respondente do nível estratégico afirmou que encontros quinzenais são suficientes para alinhar tópicos sobre o PCP.

Para compartilhamento do andamento da obra, respondentes dos níveis operacional e tático citaram a gestão à vista como importante para facilitar o acompanhamento e ajustes no cronograma se necessários. Como exemplos citados estão locais do canteiro de obra onde todos têm acesso, como nas laterais dos escritórios ou sala dos encarregados. O responsável pelo nível estratégico indicou as plataformas de compartilhamento de informações online como a melhor maneira de disseminar as informações referentes ao andamento do empreendimento A.

5.1.2.3. Utilização do BIM para auxílio na tomada de decisões

Todos os respondentes reconheceram que o BIM contribuiu para a tomada de decisões de planejamento durante o empreendimento A. Porém, tanto o nível operacional quanto o estratégico fizeram referência à utilidade do modelo como um elemento 3D que os auxiliou a compreender melhor detalhes de execução e antecipar decisões por meio da compatibilização. Somente o nível tático apontou percepção de valor do BIM no modelo 4D. Essa percepção de valor aconteceu, segundo o entrevistado, devido a diferentes aspectos: (a) melhor integração entre as diferentes equipes, como na interação citada da execução das instalações enterradas e a equipe de montagem da estrutura metálica da cobertura, na qual foi antecipado e resolvido um conflito, (b) esclarecimento de dúvidas sobre o status da obra pelo cliente, que não tinha conhecimento técnicos de obra e (c) extração de quantitativos mais precisos e de maneira mais ágil para facilitar o controle de medições dos contratos.

5.1.2.4. Coesão entre níveis hierárquicos de planejamento

Todos os respondentes afirmaram haver problemas na integração entre as informações operacionais de campo e as estratégicas do empreendimento. O respondente do nível operacional citou uma superficialidade das informações repassadas pelo escritório, sem a agilidade no suporte da tomada de decisões. Segundo ele, as diretrizes de planejamento vindas do escritório não são práticas e parecem distantes do contexto do canteiro. O responsável pelo nível tático indicou que a grande distância entre o canteiro de obras e os escritórios de projetos e planejamento reforçou o ruído de comunicação entre canteiro e escritório. Além disso, o contexto regional também dificultou a tomada de decisões. Segundo o respondente, a capacidade logística, disponibilidade de materiais e mão de obra qualificada foram barreiras encontradas na implantação do empreendimento entre os estados do Rio Grande do Sul e o Mato Grosso.

O responsável pelo planejamento estratégico do empreendimento que percebe as decisões tomadas em campo desconectadas das estratégias globais do empreendimento. Além disso, ele informou não ver retratada em alguns relatórios o andamento atualizado do canteiro. Assim como o respondente do nível operacional, o entrevistado do nível estratégico fez menção à importância das informações repassadas ao canteiro serem práticas para auxiliar na tomada de decisão dos executores e representarem uma sequência otimizada das tarefas a serem desempenhadas.

5.1.3. Considerações sobre o estudo EE1

Ao longo do estudo EE1 foram percebidas pelo pesquisador algumas particularidades do empreendimento A que dificultaram o processo de PCP. Dos desafios relatados pelos planejadores das construtoras presentes no empreendimento A destacam-se:

- a) **A distância da obra para grandes centros urbanos**, o que aumentou o tempo de entrega e a incerteza na previsibilidade da chegada de materiais. As esquadrias, como exemplo, foram transportadas do Rio Grande do Sul para o Mato Grosso por falta de fornecedores na região que atendessem às especificações desejadas.
- b) **O curto prazo entre as etapas de projeto (*design*) e execução**. Devido à rigidez do ano letivo escolar, a data de entrega do empreendimento não pôde ser flexibilizada, então quaisquer atrasos deveriam ser absorvidos e não puderam impactar a data final.

O curto prazo disponível para execução do empreendimento teve como consequência a valorização do processo planejamento, uma vez que decisões como a metodologia construtiva foram alteradas em virtude dos prazos apresentados pelos fornecedores locais. Como exemplo, o projeto executivo havia sido concebido com paredes externas e divisórias em estruturas de *drywall*; porém, devido à incapacidade de fornecedores atenderem aos prazos exigidos, o sistema construído foi alterado para o ICF, cujo fornecedor apresentou prazos de entrega e execução menores.

- c) **Clima da região.** A região do Mato Grosso conta com um período de chuvas intensas entre os meses de setembro e maio, o que precisou ser compatibilizado com o período de execução das instalações das áreas externas.

O processo de planejamento e controle da produção do estudo EE1 apresentou diferentes padrões de decomposição de pacotes de trabalho que eram levados para as reuniões dos diferentes níveis hierárquicos de planejamento. Em um nível estratégico, inicialmente foi feita uma decomposição por locais do empreendimento A para registro das datas finais de entrega dos ambientes, porém durante as reuniões estratégicas, a decomposição predominante dos pacotes de trabalho foi através de processos. Esse tipo de desdobramento foi utilizado pois os pacotes de processo estavam vinculados aos contratos realizados e conseqüente forneciam informações relacionados aos custos da obra. Como necessidade de informação, durante essas reuniões preponderavam as questões financeiras e em alguns momentos eram discutidos os percentuais de conclusão dos pacotes de trabalho em um nível baixo de detalhamento. Com relação à tecnologia BIM, notou-se a utilização do modelo para verificação de pacotes a serem contratados e apoio em algumas medições quando os quantitativos eram feitos através de unidades mais simples como *metro quadrado* ou *unidade*.

Nos planos de execução do nível tático, a decomposição de pacotes de trabalho preponderante que embasou as reuniões foi o desdobramento em *local*. Para alguns casos, nos quais havia algum atraso, era realizada uma decomposição em *processo* para direcionamento de ações de correção. No plano de obra tático, apesar de os pacotes originarem atividades do nível operacional, não se notou durante o processo de PCP do empreendimento A uma interação dos controles realizados pelas equipes executoras e pela gerenciadora. A realização em paralelo dos processos de controle gerou divergências e retrabalhos quando eram preparadas as reuniões

táticas. Nessa hierarquia do planejamento, o BIM, com o modelo 4D, foi importante nos relatórios de andamento para evidenciar as áreas nas quais se estava trabalhando.

No nível operacional, as informações mais compartilhadas durante as reuniões foram as vinculadas aos elementos a serem instalados e seus respectivos locais, sem detalhamento formal dos processos envolvidos. Por isso, as decomposições realizadas a partir dos pacotes apresentados pelo nível tático foram as de *elemento*. Outro aspecto percebido pelo pesquisador foi que por mais que alguns dos pacotes de trabalho estivessem decompostos em um nível de detalhamento similar aos elementos do modelo BIM, não houve abastecimento do modelo com as informações do controle realizado diariamente. O Quadro 7 apresenta os o comparativo dos aspectos percebidos pelo pesquisador pertinentes a cada um dos níveis hierárquicos do planejamento.

Quadro 7: Quadro resumo dos padrões do estudo EE1

	Critério de desdobramento	Utilização do BIM	Padrão de necessidade de informações	Exemplo de decomposição
Nível Estratégico	Local + Processo	Contrato de pacotes, medições	Financeiro e percentuais globais dos grandes pacotes executados	Obra civil colégio
Nível Tático	Local	Relatórios de andamento dos trabalhos	Percentuais de conclusão dos processos nos locais	Obra civil // banheiro feminino - ala norte
Nível Operacional	Elemento	Compreensão de detalhamento das plantas	Elementos que devem estar concluídos ao final do dia	Obra civil // banheiro feminino - ala norte // Forro de gesso

Fonte: elaborado pelo autor

Durante as reuniões estratégicas, táticas e operacionais, o modelo BIM 4D foi uma fonte de informações em comum, com diferentes utilidades em cada uma das hierarquias. A utilização da mesma base de informações apresenta um grande potencial para a manutenção da consistência dos níveis hierárquicos de planejamento. O modelo foi importante na compatibilização do sequenciamento definido das tarefas para antecipar conflitos entre equipes na hora da execução e também para compartilhar as informações para as partes interessadas, tanto por parte do cliente quanto por parte dos executores. Durante o processo de planejamento, percebeu-se uma dificuldade quando os projetos (*design*) eram atualizados. No formato de arquivo definido no início do projeto para modelagem e troca entre projetistas nem todas as referências de elemento são mantidas quando os elementos do modelo eram exportados no formato *nwc* e a identidade dos elementos era perdida. Logo, o responsável pela integração das EAPs e cronogramas ao modelo BIM relatou que algumas rotinas ainda eram manuais, por exemplo, a associação de uma tarefa a um elemento precisava ser refeita cada vez que o projeto (*design*) de uma disciplina era realizado. A utilização do número identificador único para cada

elemento nesse processo de integração traria mais agilidade e confiabilidade quando houvesse essas atualizações.

A qualificação dos modelos para levantamento de quantitativos e para compatibilização dos projetos (*designs*) não significa, necessariamente, que os modelos estão prontos para serem usados no processo de PCP. Há algumas informações e parâmetros que podem ser inseridos durante o processo de modelagem que auxiliam e agilizam o processo de planejamento e controle da produção nos canteiros de obra. Durante o estudo EE1, foi percebido que caso as EAPs estivessem vinculadas com algum identificador comum ao modelo BIM, as rotinas de integração e atualização do modelo BIM 4D seriam reduzidas, já que tornariam possível a vinculação automática. Além disso, apesar da utilização do modelo BIM ter auxiliado nos processos de medição e controle dos elementos estruturais e arquitetônicos, se percebeu que para a disciplina de instalações o modelo BIM não foi utilizado como fonte de quantitativos. Os responsáveis pelo gerenciamento do modelo BIM relataram que a grande quantidade de elementos e a falta de uma métrica comum dificultaram o controle das EAPs referentes às instalações.

5.2. ESTUDO EMPÍRICO EE2

5.2.1. Apresentação e análise dos dados coletados

Assim como no estudo EE1, antes do deslocamento do pesquisador ao canteiro de obra, a primeira semana do estudo EE2 foi dedicada à compreensão do contexto do empreendimento B. Através de uma reunião de cerca de 2 horas com a responsável pela integração dos planos de execução do empreendimento B, o pesquisador teve acesso aos cronogramas de execução das construtoras envolvidas e alguns documentos de controle, como as curvas de desempenho. Nessa reunião, foi constatado pelo pesquisador que o escopo que mais continha informações e atenção por parte do dono do empreendimento era a montagem dos equipamentos. Logo, esses foram os trabalhos cujo processo de PCP teve mais dedicação por parte do pesquisador.

O cronograma global do empreendimento B continha 13.917 linhas, as quais continham informações das disciplinas de civil, montagem de máquinas, automação, elétrica, meio ambiente e de tubulações. Os planos das diferentes construtoras foram unificados em um único arquivo, através do qual eram indicados os percentuais globais do projeto que era calculado de acordo com fórmulas inseridas no arquivo. Esses percentuais alimentavam as curvas de desempenho do empreendimento que eram compartilhadas em reuniões que são detalhadas

posteriormente. O empreendimento B, diferentemente do empreendimento A, não envolveu a tecnologia BIM no processo de planejamento e controle da produção. Por não haver um entendimento interno dos gerentes de obra acerca do valor que o BIM agrega em uma obra, os modelos BIM se limitaram à visualização 3D do projeto.

Após a semana inicial na qual foram obtidas as informações iniciais sobre o empreendimento B, o pesquisador começou a estruturar a rotina no canteiro de obras para participar das reuniões de PCP. Similarmente ao estudo EE1, o pesquisador teve acesso às três hierarquias de reuniões: *estratégicas, táticas e operacionais*.

5.2.1.1. Reuniões estratégicas

As reuniões estratégicas aconteciam no início dos meses para indicar o andamento da implantação do empreendimento B. Dentre as pessoas que participavam, estavam o corpo de gerentes e membros da diretoria, todos colaboradores integrantes do quadro de funcionários do cliente. As reuniões eram lideradas pelo gerente de projetos que usava apresentações eletrônicas para compartilhar informações sobre o andamento das disciplinas do empreendimento. As principais informações compartilhadas durante essas reuniões eram faróis de atividades críticas (conforme Figura 25), tabelas com resultados financeiros comparados ao orçamento (conforme Figura 26) e linhas do tempo com um baixo grau de detalhamento (conforme Figura 27).

Figura 25: Quadro de atividades críticas do empreendimento B

Entregáveis	LOCAL A	LOCAL B	LOCAL C	LOCAL D	LOCAL E	LOCAL F	LOCAL G	LOCAL H
TAREFA A	100% P1: 28/07	100% P1: 28/07	100% P1: 18/10	100% P1: 11/07	100% P1: 02/09	100% P1: 12/06	N/A	N/A
TAREFA B	100% P1: 16/11	100% P1: 27/08	100% P1: 17/11	100% P1: 10/08	100% P1: 02/10	100% P1: 12/07	100% P1: 04/07	N/A
TAREFA C	100% P1: 30/11	100% P1: 27/08	100% P1: 17/11	100% P1: 10/08	100% P1: 02/10	100% P1: 12/07	100% P1: 04/07	100% P1: 30/10
TAREFA D	100% P1: 16/11	100% P1: 27/08	100% P1: 17/11	100% P1: 18/10	100% P1: 02/10	100% P1: 12/07	100% P1: 04/07	100% P1: 30/10
TAREFA E	100% P1: 21/12	100% P1: 11/10	100% P1: 24/11	100% P1: 17/08	100% P1: 30/10	100% P1: 20/07	100% P1: 07/01	100% P1: 30/10
TAREFA F	100% P1: 30/11	100% P1: 25/11	100% P1: 24/11	100% P1: 15/09	100% P1: 15/09	100% P1: 20/06	N/A	N/A
TAREFA G	70% P1: 16/12	100% P1: 01/09	100% P1: 07/12	N/A	100% P1: 10/09	100% P1: 10/09	N/A	N/A
TAREFA H	89% P1: 01/12	95% P1: 01/09	95% P1: 15/12	100% P1: 10/09	100% P1: 10/09	90% P1: 10/09	N/A	100% P1: 30/10
TAREFA I	95% P1: 31/12	100% P1: 26/09	100% P1: 17/12	100% P1: 20/10	100% P1: 20/10	100% P1: 20/10	100% P1: 15/10	100% P1: 04/12
TAREFA J	100% P1: 16/12	100% P1: 26/09	100% P1: 17/12	100% P1: 20/10	100% P1: 20/10	100% P1: 20/10	N/A	N/A
TAREFA L	100% P1: 15/02	N/A	N/A					
TAREFA M	50% P1: 15/02	N/A	N/A					
TAREFA N	99% P1: 18/12	99% P1: 20/12	99% P1: 15/02	100% P1: 08/11	100% P1: 31/12	100% P1: 01/12	N/A	N/A

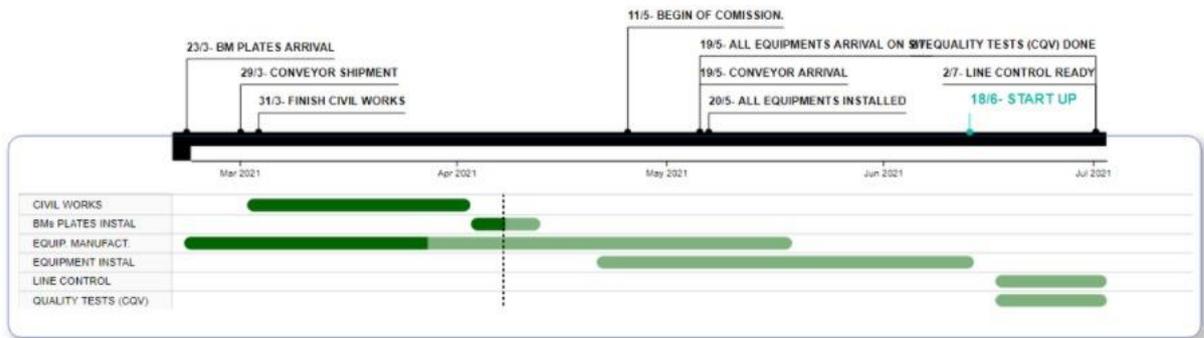
Fonte: elaborado pelo autor

Figura 26: Resultados financeiros apresentados do empreendimento B

	BGT Original USD	BGT Actual USD	Realizado USD	Comprometido USD	Compromissado USD	A Comprometer USD	Tend Fechamento USD	Tend Saldo USD
Project Life	0	0	0	0	0	0	0	0
Ano USD	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: elaborado pelo autor

Figura 27: Cronograma do empreendimento B no nível estratégico



Fonte: elaborado pelo autor

Devido à grande quantidade de pacotes de trabalho do empreendimento B, os dados financeiros que eram expostos nas reuniões estratégicas correspondiam ao empreendimento B inteiro, não de pacotes desdobrados a partir dele. Já para os dados de planejamento foi realizada um desdobramento do tipo *processo*, a partir das quais se originavam os pacotes de trabalhos apresentados na linha do tempo da Figura 27. Os processos críticos passavam por uma decomposição do tipo de *local* para que fosse composta a matriz apresentada na Figura 25.

5.2.1.2. Reuniões táticas

As reuniões táticas eram organizadas semanalmente e tinham como participantes apenas o gerente de projetos e o gerente da montagem de equipamentos como equipes do campo e por parte da equipe corporativa estavam presentes os coordenadores, todos fazendo parte do quadro de colaboradores do cliente. Nessas reuniões, diferentemente das reuniões estratégicas, não era discutido o desempenho financeiro do empreendimento, mas sim apenas o andamento das atividades vinculadas ao plano de execução e as datas de entregas.

O foco da reunião era a análise dos dados do PCP referentes à montagem dos equipamentos da linha de produção para que fossem discutidos apenas os equipamentos que estavam com suas montagens em divergência do que havia sido planejado. A situação de montagem de cada um dos equipamentos era apresentada separadamente, conforme Figura 28, através de um painel realizado com um aplicativo de inteligência de negócios. Cada máquina representava um pacote de trabalho que foi originado do pacote de montagem dos equipamentos. Esse desdobramento se assemelha à decomposição por *elemento*, pois os nomes dos equipamentos representam um trecho da linha de produção. Como exemplo, o equipamento *Cupper* está exposto na Figura 28. Durante as reuniões, para equipamentos que constavam como atrasados, ainda era realizado um desdobramento de *processo* no pacote de trabalho do equipamento. A *Cupper*, na Figura 28, foi desdobrada nas linhas dos processos de *instalação mecânica, elétrica e comissionamento*.

Figura 28: Relatório de instalação dos equipamentos



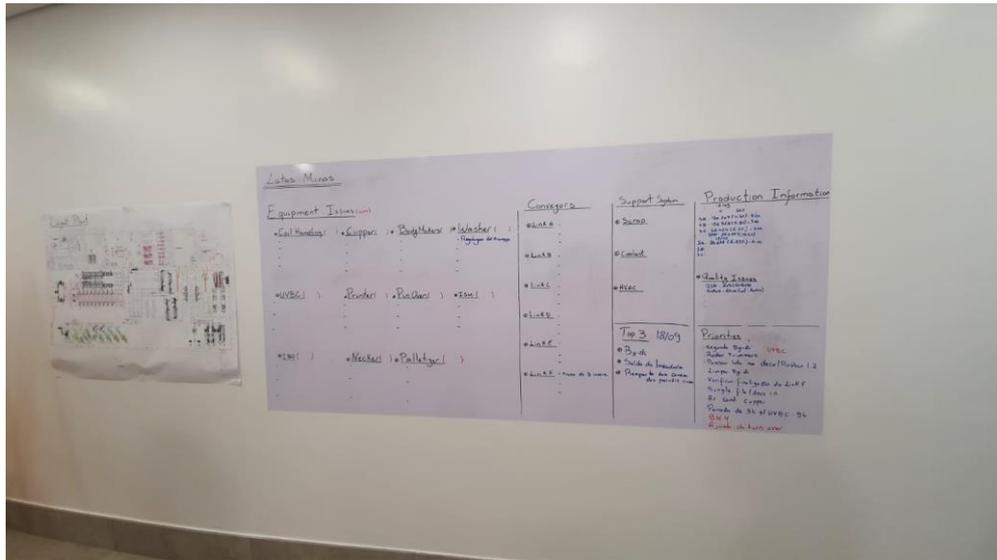
Fonte: elaborado pelo autor

O programa utilizado permitiu a criação de planilhas interativas. As linhas da tabela expostas na Figura 28 podem ser abertas em todos os equipamentos, trazendo mais informações relacionadas aos processos dos equipamentos. A porcentagem global de conclusão da instalação das máquinas era calculada pelo *software* a partir da média ponderada dos pacotes de processos envolvidos em cada equipamento, de acordo com as suas durações. As porcentagens de cada processo eram discutidas e validadas diariamente nas reuniões operacionais.

5.2.1.3. Reuniões operacionais

As reuniões operacionais duravam cerca de 30 minutos e eram realizadas diariamente entre o gerente de montagem e especialistas como quadro de colaboradores do cliente e os montadores e responsável pelo planejamento por parte da contratada. As reuniões eram realizadas em uma determinada sala onde as prioridades do dia e as atividades de uma lista de pendências ficavam registradas em quadros e eram atualizadas todas as manhãs. A sala onde eram realizadas as reuniões operacionais é apresentada na Figura 29.

Figura 29: Sala do planejamento do empreendimento B



Fonte: elaborado pelo autor

No quadro eram segregados todos os equipamentos e para cada um deles eram desdobrados os pacotes de trabalho que seriam foco no dia. Esses pacotes de trabalho tinham como origem uma decomposição dos *processos* de instalação elétrica, mecânica e comissionamento em sub processos. Devido à quantidade de sub processos envolvidos na instalação de um equipamento, não eram todos que estavam formalmente registrados em um plano de execução; porém, eles eram registrados nos quadros na medida que não tinham mais restrições para serem executados. Como exemplo de sub processo de um equipamento, é possível citar a ligação de um disjuntor de um painel de comando, que é um dos sub processos envolvidos na instalação elétrica de um equipamento.

Em paralelo às reuniões, mas ainda no nível operacional, o gerente de montagem dos equipamentos realizava a distribuição de tabelas impressas contendo indicadores gerais de progresso e informações sobre quais equipamentos deveriam estar prontos no final daquela semana. Segundo ele, o compartilhamento desse documento era necessário pois a quantidade de dados era muito grande e a rotina de obra não permitia que todos os especialistas tivessem tempo para realizar a análise adequada de suas atividades. As informações desses relatórios tinham como base a decomposição de pacotes de trabalho com um nível de detalhamento um pouco menor do que as informações que constavam no quadro diário, mas maior do que as apresentadas nas reuniões semanais. Conforme constatado, além da diferença de meio de divulgação, que no caso era impresso, o fornecimento desse relatório curto permitia que os

especialistas soubessem as atividades focos da semana que deveriam ser cumpridas pelas equipes de montagem. Um dos exemplares desse relatório foi apresentado na Figura 30.

Figura 30: Exemplo de relatório impresso entregue semanalmente aos especialistas

EQUIPAMENTO	% PARA STARTUP	ITEM FALTANTE
200 Handling 1.1 Instalação	100%	-
Casting Press Instalação 1.1	100%	-
Inductor - Motor 1.1	100%	-
Inductor - Motor 1.2	100%	-
Inductor - Motor 1.3	100%	-
Inductor - Motor 1.4	100%	-
Inductor - Motor 1.5	100%	-
Inductor - Motor 1.6	100%	-
Inductor - Motor 1.7	100%	-
Inductor - Motor 1.8	100%	-
Inductor - Motor 1.9	100%	-
Inductor - Motor 1.10	100%	-
Inductor - Motor 1.11	100%	-
Inductor - Motor 1.12	100%	-
Inductor - Motor 1.13	100%	-
Inductor - Motor 1.14	100%	-
Inductor - Motor 1.15	100%	-
Inductor - Motor 1.16	100%	-
Inductor - Motor 1.17	100%	-
Inductor - Motor 1.18	100%	-
Inductor - Motor 1.19	100%	-
Inductor - Motor 1.20	100%	-
Inductor - Motor 1.21	100%	-
Inductor - Motor 1.22	100%	-
Inductor - Motor 1.23	100%	-
Inductor - Motor 1.24	100%	-
Inductor - Motor 1.25	100%	-
Inductor - Motor 1.26	100%	-
Inductor - Motor 1.27	100%	-
Inductor - Motor 1.28	100%	-
Inductor - Motor 1.29	100%	-
Inductor - Motor 1.30	100%	-
Inductor - Motor 1.31	100%	-
Inductor - Motor 1.32	100%	-
Inductor - Motor 1.33	100%	-
Inductor - Motor 1.34	100%	-
Inductor - Motor 1.35	100%	-
Inductor - Motor 1.36	100%	-
Inductor - Motor 1.37	100%	-
Inductor - Motor 1.38	100%	-
Inductor - Motor 1.39	100%	-
Inductor - Motor 1.40	100%	-
Inductor - Motor 1.41	100%	-
Inductor - Motor 1.42	100%	-
Inductor - Motor 1.43	100%	-
Inductor - Motor 1.44	100%	-
Inductor - Motor 1.45	100%	-
Inductor - Motor 1.46	100%	-
Inductor - Motor 1.47	100%	-
Inductor - Motor 1.48	100%	-
Inductor - Motor 1.49	100%	-
Inductor - Motor 1.50	100%	-
Inductor - Motor 1.51	100%	-
Inductor - Motor 1.52	100%	-
Inductor - Motor 1.53	100%	-
Inductor - Motor 1.54	100%	-
Inductor - Motor 1.55	100%	-
Inductor - Motor 1.56	100%	-
Inductor - Motor 1.57	100%	-
Inductor - Motor 1.58	100%	-
Inductor - Motor 1.59	100%	-
Inductor - Motor 1.60	100%	-
Inductor - Motor 1.61	100%	-
Inductor - Motor 1.62	100%	-
Inductor - Motor 1.63	100%	-
Inductor - Motor 1.64	100%	-
Inductor - Motor 1.65	100%	-
Inductor - Motor 1.66	100%	-
Inductor - Motor 1.67	100%	-
Inductor - Motor 1.68	100%	-
Inductor - Motor 1.69	100%	-
Inductor - Motor 1.70	100%	-
Inductor - Motor 1.71	100%	-
Inductor - Motor 1.72	100%	-
Inductor - Motor 1.73	100%	-
Inductor - Motor 1.74	100%	-
Inductor - Motor 1.75	100%	-
Inductor - Motor 1.76	100%	-
Inductor - Motor 1.77	100%	-
Inductor - Motor 1.78	100%	-
Inductor - Motor 1.79	100%	-
Inductor - Motor 1.80	100%	-
Inductor - Motor 1.81	100%	-
Inductor - Motor 1.82	100%	-
Inductor - Motor 1.83	100%	-
Inductor - Motor 1.84	100%	-
Inductor - Motor 1.85	100%	-
Inductor - Motor 1.86	100%	-
Inductor - Motor 1.87	100%	-
Inductor - Motor 1.88	100%	-
Inductor - Motor 1.89	100%	-
Inductor - Motor 1.90	100%	-
Inductor - Motor 1.91	100%	-
Inductor - Motor 1.92	100%	-
Inductor - Motor 1.93	100%	-
Inductor - Motor 1.94	100%	-
Inductor - Motor 1.95	100%	-
Inductor - Motor 1.96	100%	-
Inductor - Motor 1.97	100%	-
Inductor - Motor 1.98	100%	-
Inductor - Motor 1.99	100%	-
Inductor - Motor 1.100	100%	-

Fonte: elaborado pelo autor

5.2.2. Apresentação e análise das entrevistas

Assim como no item 5.1.2 referente ao estudo EE1, nesse tópico foram apresentadas as respostas dos entrevistados durante o estudo EE2. As entrevistas foram segregadas por assuntos para facilitar comparação entre respostas de diferentes níveis hierárquicos.

5.2.2.1. Tópicos relevantes do PCP na rotina do empreendimento

Similarmente ao estudo anterior, o representante pelo nível operacional afirmou ser necessário o esclarecimento com detalhes das atividades a serem executadas com uma antecedência que permita a discussão entre as equipes envolvidas na execução para diminuição de conflitos. Para os níveis tático e estratégico, além de indicadores como os percentuais de conclusão dos grandes pacotes de trabalho, os custos envolvidos no empreendimento e o andamento do projeto quando comparado ao que foi determinado na linha de base do cronograma também foram expostos como informações essenciais para o planejamento e controle do empreendimento.

5.2.2.2. Formato e frequência das informações de PCP

Todos os respondentes informaram que as reuniões presenciais e as mensagens instantâneas via celular são importantes meios para a discussão e disseminação de informações do PCP do empreendimento B. Porém, cada representante dos níveis hierárquicos do planejamento entende necessária uma frequência diferente para os encontros. Para o respondente do nível operacional, as reuniões de controle devem ser realizadas diariamente para que, caso necessário, sejam realizadas semanalmente as alterações no plano de execução. Já os responsáveis pelos níveis tático e estratégico entenderam que uma revisão mensal dos planos de execução seria suficiente para garantir a atualização dos cronogramas globais.

Com relação ao local de exposição das informações do PCP do empreendimento B, todos os respondentes afirmaram que foi fundamental a utilização de um ambiente único para registro dos acordos do planejamento e controle da produção durante o empreendimento B. A designação de uma sala exclusiva com quadros para registrar eventos do PCP centralizou as informações e permitiu que todos tivessem as mesmas informações.

5.2.2.3. Coesão entre níveis hierárquicos de planejamento

Todos os respondentes afirmaram perceber falta de conexão entre as informações dos diferentes níveis hierárquicos do planejamento, cada entrevistado tendo explicitado um motivo diferente. O nível operacional percebeu uma falta de clareza tanto nas informações divulgadas para organização das atividades antes de serem executadas quanto nos indicadores de controle compartilhados após os pacotes de trabalho serem realizados. O respondente do nível tático indicou uma falta de organização entre os executores e ausência de clareza dos projetos e contratos firmados pelas equipes estratégicas. No nível estratégico, a ausência de compreensão dos indicadores de performance e de objetivos comuns entre os níveis hierárquicos prejudicou a visão holística para compreensão de todos sobre o que é importante para a satisfação das condições de sucesso do empreendimento B.

5.2.3. Considerações sobre o estudo EE2

Assim como no estudo EE1, o estudo EE2 apresentou diferentes padrões de decomposição dos pacotes de trabalho e de necessidade de informação para cada nível hierárquico do planejamento. Em níveis estratégicos, as informações citadas como importantes de serem compartilhadas foram o desempenho financeiro da obra e os indicadores de desempenhos globais com um baixo nível de detalhamento. Essas informações vinculadas ao PCP foram

originadas a partir da decomposição dos pacotes de trabalho em *processos*. Os principais indicadores que fizeram a conexão entre o nível estratégico ao tático era o percentual global dos processos e alguns marcos; porém, não havia vínculo explícito entre as relações financeiras discutidas entre gestores e as atividades concluídas em campo.

Nas reuniões táticas, os avanços do empreendimento eram compartilhados através da decomposição do processo de *montagem dos equipamentos* em *elementos*. Os equipamentos ainda que apresentavam atraso com relação ao cronograma eram decompostos em *processos* para discussão do plano de ação específica para recuperação. A atualização da condição da montagem era realizada através de uma tabela com atualização automática que tinha como base de dados uma planilha eletrônica que era diariamente atualizada nas reuniões diárias. O pesquisador percebeu que esse era o principal ponto de contato entre os níveis operacional e tático.

O modelo das reuniões operacionais se diferenciava das demais. Esses encontros eram realizados em um ambiente específico e os compromissos firmados eram registrados fisicamente nos quadros disponíveis nas salas. Além das informações dos quadros, a distribuição de materiais impressos reforçou a importância que elementos de comunicação físicos tiveram durante a execução do empreendimento B. As informações contidas tanto nos quadros quanto nos relatórios entregues aos especialistas eram desdobradas a partir dos *processos de instalações mecânicas, elétricas e comissionamento*. O Quadro 8 apresenta um compilado dos padrões de critérios para desdobramento dos pacotes de trabalho e de necessidades de informações verificados durante o estudo EE2.

Quadro 8: Quadro resumo dos padrões do estudo EE2

	Critério de desdobramento	Padrão de necessidade de informações	Exemplo de decomposição
Nível Estratégico	Processo	Financeiro e percentuais globais dos grandes pacotes executados	Instalação dos equipamentos
Nível Tático	Elemento (equipamentos)	Elementos que apresentam atraso com relação cronograma inicial	Instalação dos equipamentos // Impressora de rótulos
Nível Operacional	Processo (devido ao grande número de elementos)	Processos a serem realizados no dia, atividades não críticas prontas a serem executadas	Instalação dos equipamentos // Impressora de rótulos // Instalação elétrica

Fonte: elaborado pelo autor

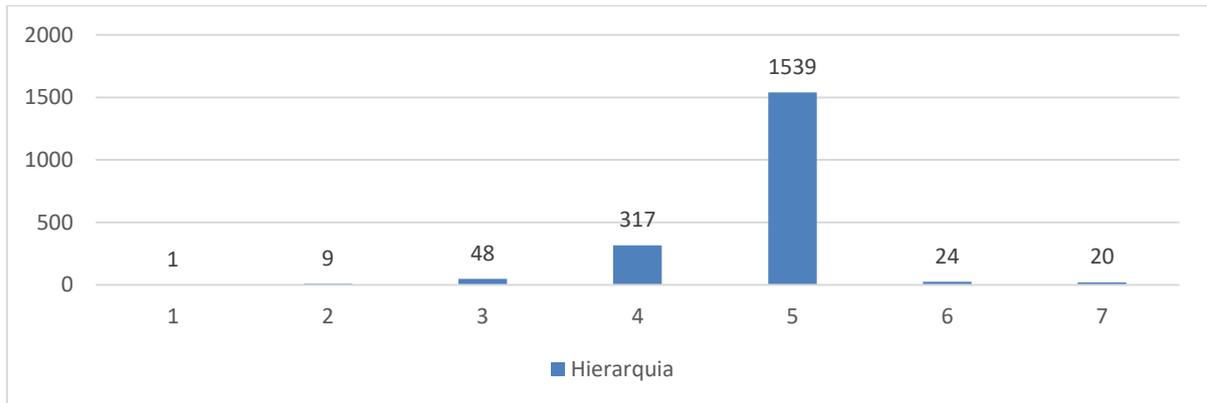
5.3. ESTUDO EMPÍRICO EE3

5.3.1. Apresentação e análise dos dados coletados

O estudo EE3 teve como objeto de estudo um cronograma que conteve 1.958 linhas e contemplou a obra de quatro torres e uma área periférica. O objetivo do estudo foi o de mapear e classificar as decomposições realizadas nos pacotes de trabalho e realizar uma ferramenta que possibilitasse a organização dinâmica dessas informações em diferentes níveis de detalhamento.

Toda tarefa, a exceção da tarefa mãe, foi originada a partir da decomposição de uma outra. Conforme descrito no item 4.5.1 do método do presente trabalho, essas decomposições foram classificadas em *processo* ou *produto*, o qual ainda foi detalhado como *local* e *elemento*. A Figura 31 apresenta a compilação do número de decomposições por nível hierárquico do plano de obra do estudo EE3.

Figura 31: Número de decomposições por nível

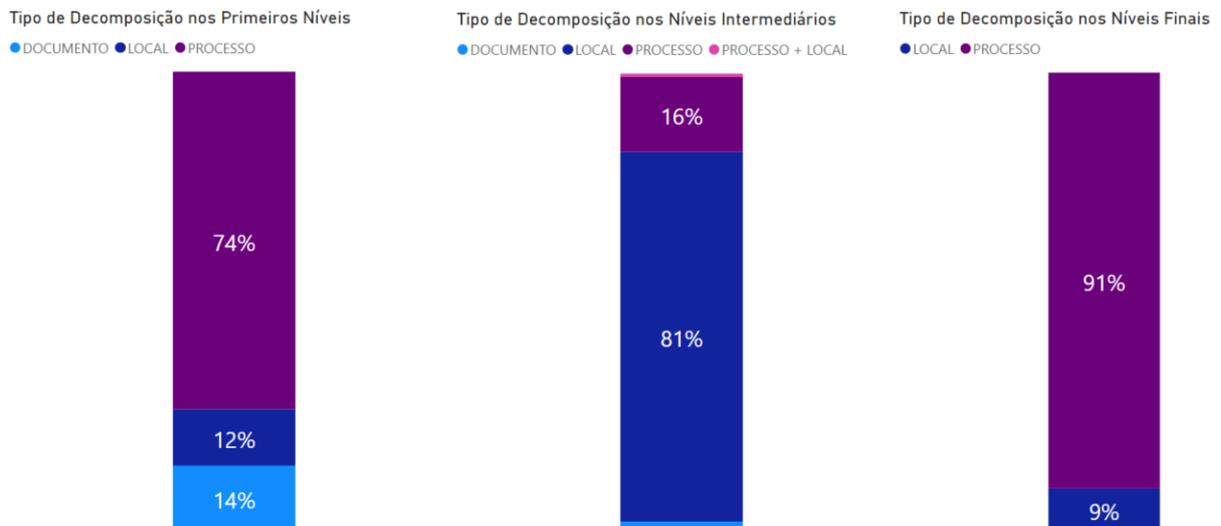


Fonte: elaborado pelo autor

Nota-se que nos níveis hierárquicos menores e maiores a quantidade de decomposições é expressivamente menor do que o número de decomposições dos níveis 4 e 5. Como a cada decomposição é criada uma tarefa, o número de decomposições é diretamente proporcional ao número de atividades criadas.

A estratificação das tipologias de desdobramento dos pacotes de trabalho por faixa hierárquica de planejamento é apresentada na Figura 32. As 3 faixas foram definidas com base nos 6 níveis (do 2 ao 7, conforme Figura 32) que foram originados de uma decomposição. As três faixas definidas foram: (a) *primeiros níveis* (hierarquias 2 e 3), (b) *níveis intermediários* (hierarquias 4 e 5) e (c) *níveis finais* (hierarquias 6 e 7).

Figura 32: Tipologia de decomposição por nível hierárquico do plano de execução

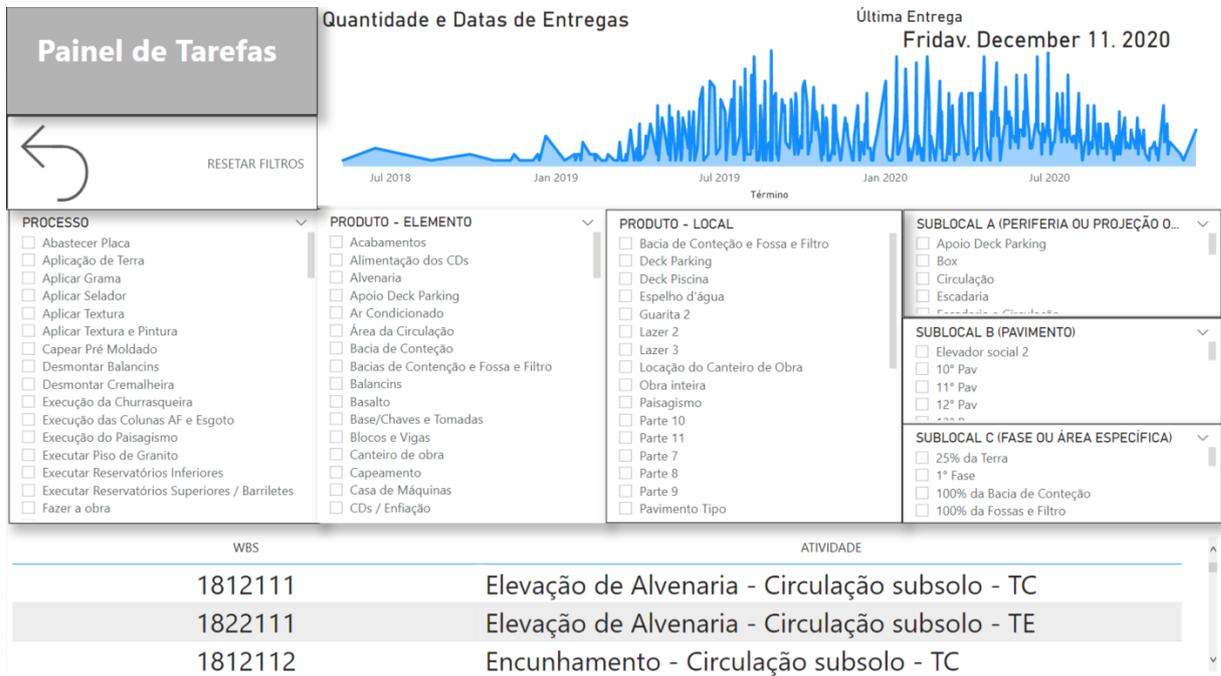


Fonte: elaborado pelo autor

As decomposições do tipo *processo* foram expressivamente majoritárias nos níveis iniciais e finais de hierarquia. Porém, nos níveis intermediários, onde há maior número de tarefas, a decomposição por *local* foi a maior utilizada.

A criação de EAPs paralelas de *processo* e *produto* (elemento e local) ao plano de obra permitiu a criação de uma ferramenta, cuja tela inicial é apresentada na Figura 33. A combinação de um processo e um produto dá origem a uma atividade, a qual é representada por um código único na EAP original.

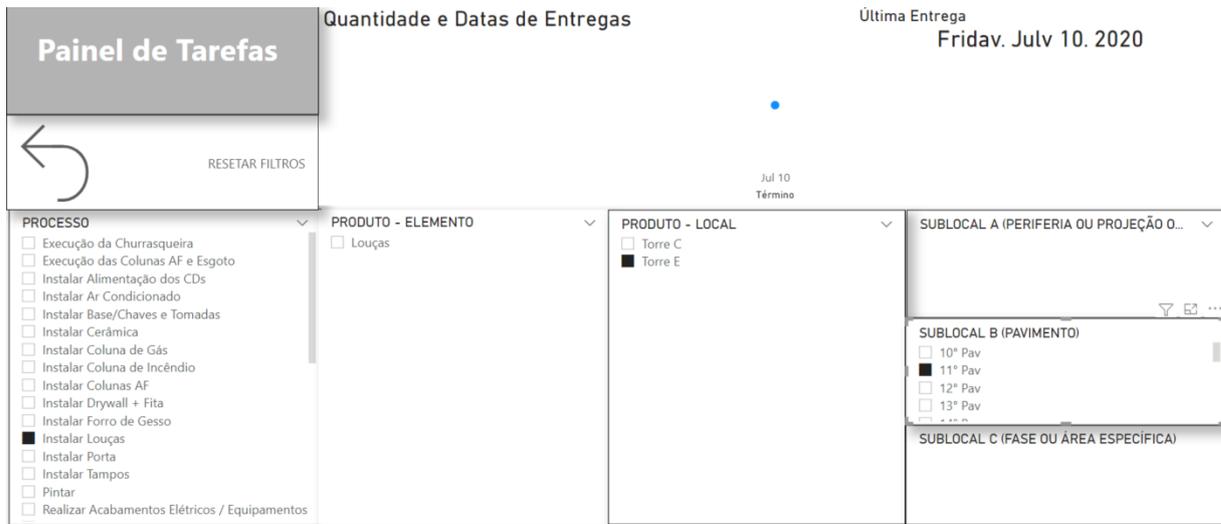
Figura 33 Tela inicial da ferramenta criada em programa de inteligência de negócios



Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 34 apresenta o exemplo no qual é realizada a seleção de um processo e um local. No exemplo, foram selecionados o processo *Instalar Louças* e os respectivos locais *Torre E* e *Sublocal B (Pavimento)*. A informação de elemento não foi necessária pois seria redundante, tendo em vista que o único elemento vinculado ao processo *Instalar Louças* é *Louças*.

Figura 34: Tela do programa de inteligência de negócios com seleção de processo e produto

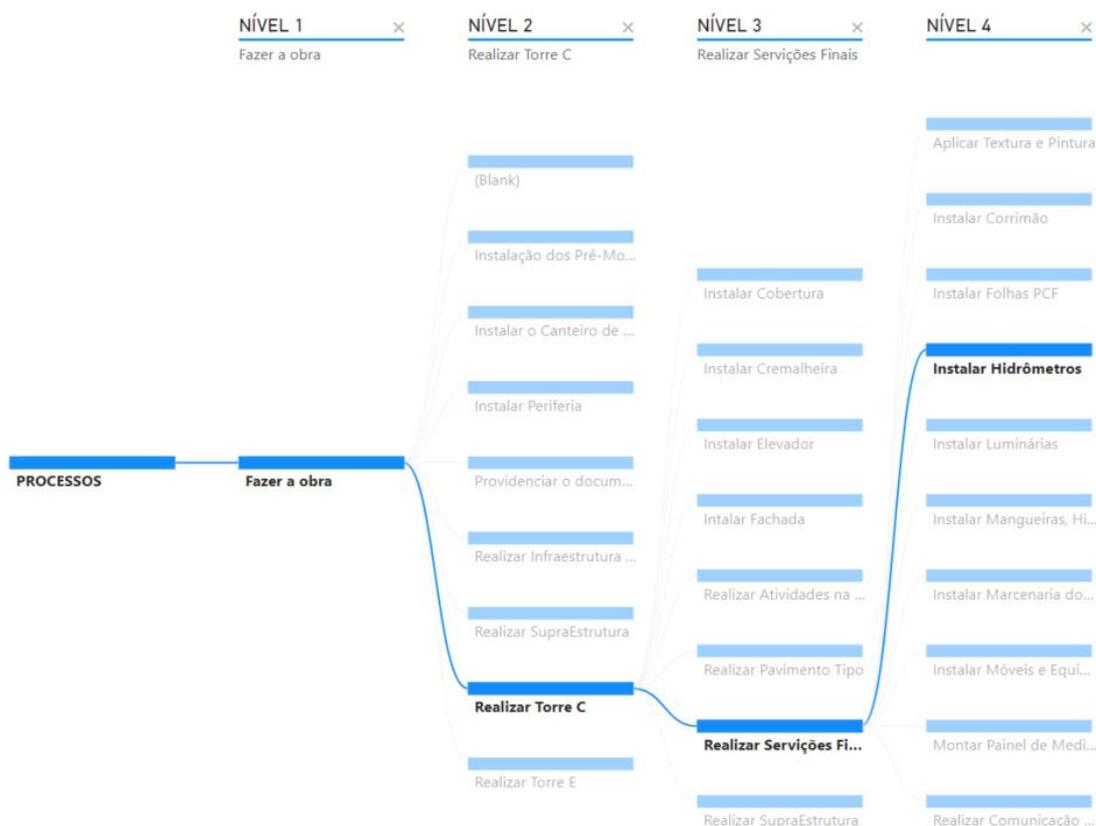


Fonte: elaborado pelo autor

No caso de não serem selecionados ambos *processo* e *local*, a ferramenta filtrará todos os elementos vinculados a um desses parâmetros. Por exemplo, caso só seja selecionado um local do empreendimento, serão visualizados na ferramenta todos os processos que são realizados no local selecionado.

Outra análise realizada para a melhor compreensão das decomposições realizadas através do programa de inteligência de negócios foi a criação de árvores de decomposição dos processos. A partir da organização e vinculação entre níveis hierárquicos, foi possível a criação de uma rede que vincula desde o nível mais abrangente ao mais específico. A Figura 35 representa a árvore de decomposição de *processos*, de acordo com o plano de execução estudado no estudo EE3.

Figura 35: Árvore de decomposição de processos do estudo EE3



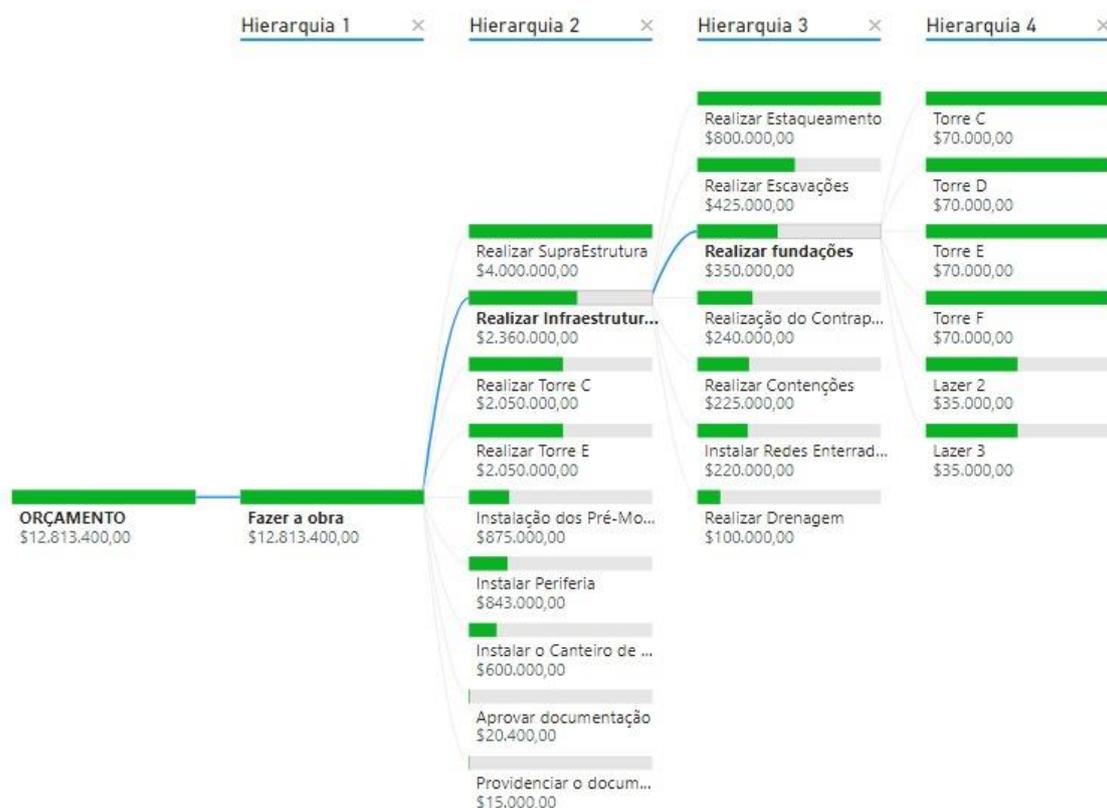
Fonte: elaborado pelo autor

Além dos gráficos apresentados, uma vez que processos e produtos foram vinculados às atividades e organizados em planilhas virtuais, são diversas as possibilidades de gestão da informação. Outras possibilidades de análise surgem ao atrelarmos informações de custo às atividades envolvidas. Essa análise é importante para o presente trabalho pois observou-se nos estudos empíricos EE1 e EE2 que níveis gerenciais têm como padrão de necessidade de informação a situação financeira do empreendimento. Logo, o pesquisador adicionou custos fictícios às atividades do plano de obra do estudo EE3 para simular a possibilidade de tais análises. Essa vinculação foi feita diretamente através da mesma planilha virtual usada para extração dos gráficos apresentados no presente item.

A adição de informações de custo à árvore das atividades presentes no plano de obra do estudo EE3 resulta no gráfico da Figura 36. Nele, não foram apresentados apenas processos ou produtos, seguindo a decomposição original realizada no plano de obra. Como exemplo, o orçamento global do empreendimento corresponde ao processo de *fazer a obra*. Esse é então decomposto em processos, como a *realizar Infraestrutura*, que é desdobrada em processos que a compõe, a exemplo de *realizar as fundações*. Por fim, na hierarquia 4 do plano de obra é

adicionada a informação de local ao processo de *realizar as fundações*. Como cada uma dessas atividades está vinculada a um valor monetário, os desdobramentos das tarefas são acompanhados pelo desdobramento dos custos.

Figura 36: Árvore de decomposição de tarefas com custos do estudo EE3



Fonte: elaborado pelo autor

A visualização do gráfico de árvore estruturada também é possível a partir da compilação dos custos nos processos e produtos. Na Figura 37 são organizados retângulos com cores diferentes representando os locais do empreendimento C. Cada um dos retângulos é preenchido com retângulos menores que representam os processos realizados nesses locais. Cada um dos retângulos, tanto os referentes aos locais quanto o referente aos processos, tem uma área proporcional ao custo especificada para cada um. No exemplo da Figura 37, as torres são os locais de maior orçamento e a realização da supra estrutura representa o processo de maior

Quadro 9: Quadro resumo dos padrões do estudo EE3

	Critério de desdobramento	Exemplo de decomposição
Nível Estratégico	Processo	Instalação dos Pré-moldados
Nível Tático	Local	Instalação dos Pré-moldados // Térreo - 2º Pav
Nível Operacional	Processo	Instalação dos Pré-moldados // Térreo - 2º Pav // Caapeamento pré-moldado

Fonte: elaborado pelo autor

Quando ocorre uma decomposição em uma tarefa, uma informação é adicionada a ela. Nota-se que a decomposição não é mais necessária quando todas as informações de *produto* e *processo* estão entendidas. Não significa, no entanto, que a realização dos dois tipos de decomposição é necessária, há processos e elementos que só acontecem em um determinado local da obra, o que torna redundante uma das informações.

A separação do cronograma em EAPs de *Processo* e *Produto* possibilitou a criação de uma ferramenta que, a partir da seleção de um determinado processo ou produto da EAP, fosse indicada uma tarefa específica. Essa tarefa específica tem um código único que faz referência às decomposições realizadas e a ordem na qual ela se encontra. O código único pode ser importante para vínculo do planejamento com o BIM, pois alguns softwares permitem a inserção de códigos para os elementos do modelo. Além disso, essa separação das EAPs, mantendo o vínculo inicialmente colocado no cronograma de projeto, permite que sejam verificados quais processos estão vinculados a determinados locais ou elementos.

Além das informações de *produtos* e *processos* vinculadas às tarefas, nos dois primeiros estudos de caso se observou uma necessidade de informações vinculadas ao custo da obra em um nível estratégico. O estudo EE3 propôs que o desdobramento dos custos da obra acompanhasse aquele realizado nos pacotes de trabalho. Esse vínculo permite o compartilhamento do controle, ou seja, possibilita que tanto os avanços dos trabalhos importantes para o nível tático quanto a evolução do executado em termos de orçamento tenham a mesma fonte de dados.

5.4. PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES

Conforme apresentado na revisão de literatura do presente trabalho e respostas dos entrevistados, a manutenção do nexo entre níveis hierárquicos do planejamento é um problema ainda pouco explorado e que tem reflexos práticos nos empreendimentos analisados. As

diretrizes apresentadas nesse item são resultado das análises das fontes de evidência exploradas nos três estudos empíricos e da literatura disponível.

Os três estudos empíricos foram complementares em seus objetivos. Os estudos EE1 e EE2 permitiram a imersão do pesquisador no contexto de PCP de obras que possuíam responsáveis definidos por cada uma das hierarquias do planejamento. O período no qual o pesquisador esteve na obra possibilitou a percepção das diferentes **necessidades de informações de cada um dos níveis do planejamento**. O estudo EE1 em particular expôs o pesquisador a um processo de PCP que utilizou o BIM como um dos principais meios de compartilhamento de informações, possibilitando a exploração do **potencial do BIM no desdobramento dos pacotes de trabalho**, o qual ainda foi analisado no estudo EE3 como possibilidade de integração das informações de *produto* (elemento e local) ao modelo. No estudo EE3 foi realizada uma análise quantitativa dos **critérios de decomposições dos pacotes de trabalho** do plano de obra do empreendimento C que complementou as percepções qualitativas obtidas nos estudos EE1 e EE2. Além dessa análise, no estudo EE3 também foi desenvolvida de uma ferramenta para análise das informações oriundas da divisão da EAP em estruturas paralelas contendo *processo, elemento e local*.

As análises dos estudos de caso foram guiadas pelos objetivos geral e específicos do trabalho. A partir delas e das informações coletadas na literatura foram consolidadas as diretrizes que foram expostas nesse tópico e que compõe as contribuições do presente trabalho.

Com relação aos critérios de decomposições dos pacotes de trabalho, **devem-se realizar os desdobramentos dos pacotes de acordo com o controle que será realizado durante o empreendimento**. Em todos os estudos de caso analisados os níveis estratégicos desdobraram inicialmente seus pacotes de trabalho em *processos*. Nos estudos EE1 e EE2 foi verificado que esse tipo de decomposição foi realizado devido ao controle dos contratos pertinente a essa hierarquia. Como exemplo, o pagamento da empresa contratada para realizar as instalações dos equipamentos do empreendimento B estava atrelado diretamente ao percentual do processo *instalar equipamentos* concluído. As informações necessárias para essa primeira decomposição estavam disponíveis logo no início das contratações da execução do empreendimento, pois necessitam de um baixo grau de detalhamento. No entanto, apesar de pacotes como os operacionais terem alto grau de detalhamento, eles não dispunham de informações suficientes para serem desdobrados no início da execução do empreendimento. Como ainda não estava

definido pelas equipes de campo como seria realizado o controle das atividades que compunham os grandes pacotes de trabalho, o desdobramento de alguns ainda necessitou de retrabalhos nos planos de obra para se adequarem às novas informações de modelos e execução. Essa situação foi evidenciada durante o empreendimento A, na alteração do método construtivo das paredes, que, devido às restrições do tempo de execução apresentados pelos fornecedores locais, foi alterado de paredes de gesso para a método de paredes de ICF. Essa alteração resultou na perda de todo o trabalho realizado para decompor os pacotes de trabalho vinculados às paredes, pois a montagem do novo método construtivo era consideravelmente diferente do anterior. Logo, **é importante que o desdobramento dos pacotes de trabalho ocorra ao longo do processo de PCP, levando em consideração a participação das equipes de campo para decomposições nos níveis táticos e operacionais, sendo realizadas o mais tarde possível para que a quantidade de informações sobre o pacote em questão seja maior.** O estudo EE3 explorou a decomposição dos pacotes de trabalho nos três parâmetros que constituem uma tarefa: *processo, local e elemento*. Nele, observou-se que **o desdobramento de um pacote de trabalho entre dois níveis hierárquicos do planejamento pode ser realizado desdobrando qualquer uma das três variáveis (*processo, local ou elemento*), de acordo com as informações disponíveis, não se restringido a somente uma delas.** Corroborando, a eficácia dessa diretriz está diretamente vinculada à existência de uma padronização do vocabulário que componha as hierarquias dos *processos, locais e elementos*. A ausência de uma ferramenta como um dicionário com termos padrões de termos no planejamento e controle de um empreendimento pode gerar a duplicidade de informações devido à pequenas divergências de gramática.

Para a avaliação do potencial do BIM no auxílio do desdobramento dos pacotes de trabalho visando aprimorar a integração entre níveis de planejamento, foram utilizadas as fontes de evidência dos estudos EE1 e EE3. No estudo EE1, no qual o modelo BIM foi utilizado como fonte de informações para o planejamento e controle da produção, os *processos* que foram desdobrados na EAP a partir da tarefa geral da obra foram vinculados aos arquivos BIM específicos das disciplinas. Logo, **com um nível baixo de detalhamento já foi possível realizar o planejamento das contratações no nível estratégico de maneira satisfatória.** Como exemplo, no estudo EE1 todos os elementos do modelo BIM de instalações estavam em um arquivo específico da disciplina e seu conjunto total estava vinculado à linha da EAP com base na qual a empresa instaladora foi contratada. Conseqüentemente, quando esse procedimento foi aplicado com todos os contratos realizados, houve um grupo de elementos do

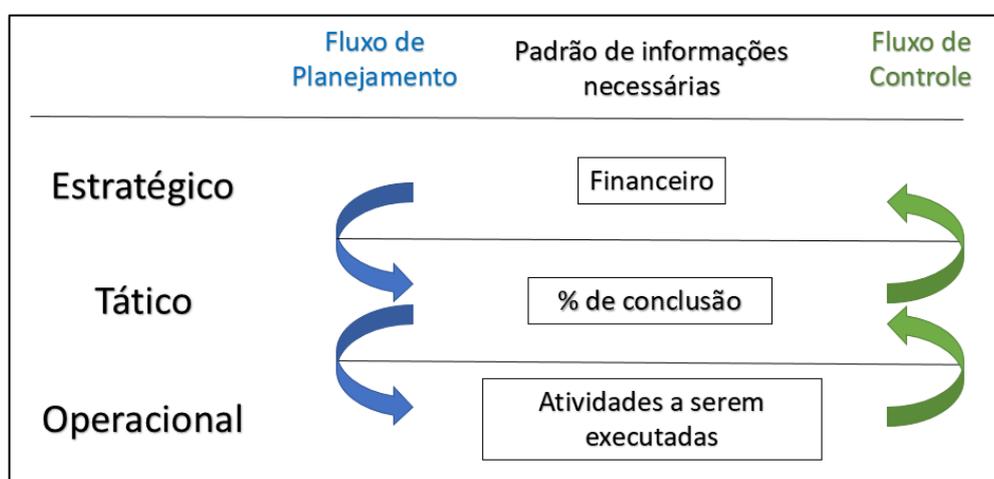
modelo que não pertencia à nenhuma linha da EAP, o que significa que os mesmos ainda estavam pendentes de contratação. Para que esse vínculo entre EAP e modelo BIM seja feito de maneira mais ágil e precisa, **é importante que a seleção dos elementos no modelo BIM seja realizada de forma automática**, por meio de codificação padronizada ou através de modelos BIM diferentes, como no caso do estudo EE1. No caso da utilização de codificação específica, **deve-se idealmente defini-la na etapa de elaboração dos modelos**, para que o parâmetro já seja inserido no momento da modelagem pelas equipes de projeto (*design*).

Apesar do modelo BIM ter se mostrado relevante para o nível estratégico na contratação dos pacotes de trabalho do estudo EE1 e no compartilhamento de algumas informações de projeto e plano de execução dos níveis tático e operacional, **a adição de informações de custo que acompanhem o desdobramento dos pacotes de trabalho, conforme explorado no estudo EE3, tem potencial de aumentar a coesão entre as informações de planejamento e controle entre os níveis hierárquicos do planejamento**. Esse vínculo é importante e deve ser realizado, pois ele representa o nexo entre as necessidades de informação dos níveis estratégicos com os demais. Assim, o controle duplicado do trabalho realizado pelo campo e do orçamento teórico consumido (desconsiderando perdas) pode ser reduzido, já que seria possível executá-lo através de uma única fonte de informação.

Devido à participação do pesquisador nas rotinas de PCP e às entrevistas realizadas com os responsáveis pelos empreendimentos A e B, os estudos EE1 e EE2 foram importantes para análise das necessidades de informação de cada um dos níveis hierárquicos do planejamento. Os diferentes públicos apresentaram diferentes padrões dos tipos de informação e também dos meios e frequências que elas deveriam ser atualizadas. Tanto no estudo EE1, quanto no estudo EE2, os representantes do nível estratégico e tático preferiram meios digitais para registro e compartilhamento de informações financeiras e de conclusão dos grandes pacotes de trabalho sobre do PCP dos empreendimentos, ao passo que os representantes dos níveis operacionais de ambos os estudos de caso valorizaram a utilização de documento físicos que os acompanhavam nos locais de execução. Para que os documentos de planejamento e controle da produção sejam percebidos pelos públicos como úteis, **eles precisam não só trazer as informações necessárias para aquele nível hierárquico, mas também estarem no formato adequado**. Além disso, para que as informações não resem restritas àquele determinado nível hierárquico, **a ferramenta usada para controle do andamento das atividades, seja ela uma tabela ou gráficos, deve conter elementos que alimentem o controle do nível hierárquicos superior**.

No estudo EE2, os percentuais de conclusão validados nas reuniões diárias relacionados a cada um dos pacotes de trabalho da montagem dos equipamentos eram os mesmos que alimentavam as tabelas que geravam os gráficos de inteligência de negócios utilizados pelos níveis táticos e estratégicos. As informações de planejamento e controle da produção nos estudos EE1 e EE2 seguiram o fluxo apresentado na Figura 38. Nela, as informações de planejamento são desdobradas para os níveis hierárquicos inferiores, os quais devem através de seus instrumentos de controle compartilhar elementos que alimente as ferramentas do nível hierárquicos superiores.

Figura 38: Fluxo de informações entre níveis apresentado nos estudos EE1 e EE2



Fonte: elaborado pelo autor

Durante os estudos empíricos, principalmente no EE2, no qual a estrutura organizacional do planejamento estava mais definida, foi observada a necessidade de formalização das informações que fizeram interface entre os níveis de planejamento para manutenção da atualização e coerência dos dados. Em algumas reuniões do EE2, mesmo nas quais representantes de dois dos níveis hierárquicos estavam presentes, a ausência de ferramentas formais de PCP como planos ou gráficos de indicadores aumentou a margem de interpretação dos resultados esperados. É importante que **as interfaces entre os níveis de planejamento mostradas na Figura 38 sejam realizadas através de ferramentas únicas de fácil compreensão para os dois níveis envolvidos, tanto no planejamento quanto no controle.** Vale ressaltar que a formalização não deve vir com excesso de burocracias, como também observado por Formoso (1999).

O Quadro 10 apresenta o consolidado das diretrizes propostas. Além disso, nele foram vinculados os objetivos específicos aos quais as diretrizes se referem e os estudos que foram utilizados como fontes de referência.

Quadro 10: Resumo das diretrizes

Diretriz	Objetivo específico	Fonte de evidência
Devem-se realizar os desdobramentos dos pacotes de acordo com o controle que será realizado durante o empreendimento	Critérios de decomposições dos pacotes de trabalho	EE1 e EE2
é importante que o desdobramento dos pacotes de trabalho ocorra ao longo do processo de PCP, levando em consideração a participação das equipes de campo para decomposições nos níveis táticos e operacionais, sendo realizadas o mais tarde possível para que a quantidade de informações sobre o pacote em questão seja maior.	Critérios de decomposições dos pacotes de trabalho	EE1 e EE2
O desdobramento de um pacote de trabalho entre dois níveis hierárquicos do planejamento pode ser realizado desdobrando qualquer uma das três variáveis (<i>processo, local ou elemento</i>), de acordo com as informações disponíveis, não se restringido a somente uma delas	Critérios de decomposições dos pacotes de trabalho	EE3
É importante a existência de uma padronização do vocabulário que componha as hierarquias dos <i>processos, locais e elementos</i> .	Critérios de decomposições dos pacotes de trabalho	EE3
Em um nível baixo de detalhamento já é possível realizar o planejamento das contratações no nível estratégico de maneira satisfatória	Potencial do BIM na melhora da interface entre níveis do planejamento	EE1
É importante que a seleção dos elementos no modelo BIM seja realizada de forma automática através de codificação que deve ser idealmente definida na etapa de elaboração dos modelos	Potencial do BIM na melhora da interface entre níveis do planejamento	EE1
A adição de informações de custo que acompanhem o desdobramento dos pacotes de trabalho, conforme explorado no estudo EE3, tem potencial de aumentar a coesão entre as informações de planejamento e controle entre os níveis hierárquicos do planejamento	Potencial do BIM na melhora da interface entre níveis do planejamento	EE3
Os documentos de planejamento e controle da produção sejam percebidos pelos públicos como úteis, eles precisam não só trazer as informações necessárias para aquele nível hierárquico, mas também estarem no formato adequado	Necessidades de informação de cada um dos níveis hierárquicos do planejamento	EE1 e EE2
A ferramenta usada para controle do andamento das atividades, seja ela uma tabela ou gráficos, deve conter elementos que alimentem o controle do nível hierárquicos superior.	Necessidades de informação de cada um dos níveis hierárquicos do planejamento	EE2
É importante que as interfaces entre os níveis de planejamento sejam realizadas através de ferramentas únicas de fácil compreensão para os dois níveis envolvidos, tanto no planejamento quanto no controle.	Necessidades de informação de cada um dos níveis hierárquicos do planejamento	EE2

Fonte: elaborado pelo autor

6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho teve como objetivo geral propor diretrizes para o desdobramento de pacotes de trabalho através de múltiplos níveis de planejamento de um empreendimento de construção visando promover a integração e coerência desses níveis hierárquicos. Para que fosse alcançado o objetivo do trabalho, ainda buscou-se responder a três perguntas específicas: (a) *Quais critérios devem ser seguidos para fins de desdobramento de um pacote de trabalho, visando assegurar a coerência do fluxo de informações entre níveis de planejamento?* (b) *Como o BIM pode auxiliar no desdobramento dos pacotes de trabalho visando aprimorar a integração entre os níveis de planejamento?* e (c) *Quais as necessidades de informação para os diferentes níveis de planejamento?*

Com relação à primeira questão de pesquisa, baseado nos três estudos empíricos concluiu-se que níveis de planejamento mais estratégicos tendem a decompor os pacotes de trabalho em *processos*. Níveis de planejamento táticos apresentaram uma maior representatividade das decomposições em *produto* (local ou elemento). Já níveis operacionais dos estudos empíricos não apresentaram um padrão único de desdobramento das atividades; porém, os pacotes de trabalho foram decompostos majoritariamente em *processos* (no caso dos estudos de caso EE2 e EE3) e em *elementos* (no caso do estudo EE1). Percebeu-se ainda que o tipo de desdobramento realizado nos pacotes de trabalho pelos diferentes níveis hierárquicos do planejamento depende da informação a ser utilizada para o controle da produção. Por exemplo, a decomposição em *processos* realizada nos estudos analisados facilitou o controle financeiro do empreendimento pelas equipes dos níveis estratégicos pois as medições acordadas em contratos estavam vinculadas à execução de processos pelas empresas contratadas.

No contexto da segunda questão de pesquisa, foi constatado que o BIM teve contribuições no processo de PCP percebidas pelos representantes dos diferentes níveis hierárquicos dos estudos analisados através das entrevistas realizadas. Porém, foi verificado que ainda há um potencial a ser explorado para que o modelo BIM possa atender às necessidades das informações de todos os níveis hierárquicos e ser utilizado como fonte única de informações, tornando o fluxo de informações de planejamento e controle mais coeso. A possibilidade de utilização do formato padronizado IFC para representação e *processos* e *produtos* das tarefas de um projeto tem potencial de ser um aspecto chave para a manutenção da integração das informações em um

modelo centralizado de informações BIM ou em modelos que compartilhem informações entre si de maneira complementar.

No tocante à terceira questão de pesquisa, ao longo dos estudos empíricos foram identificados e descritos os diferentes padrões de necessidades de informações para os diferentes públicos dos níveis hierárquicos do planejamento. Apesar de algumas informações terem se mostrado relevantes apenas para um determinado público, como por exemplo informações de custo, é fundamental que as variáveis estejam associadas para que haja integração entre os níveis hierárquicos e evitar dissociação entre os sistemas de PCP e custeio. Uma simulação desse vínculo foi realizada no terceiro estudo empírico.

Em síntese, o problema de pesquisa apresentado no presente trabalho foi respondido através da exploração e análise de três estudos de caso. Cada um dos estudos esteve inserido em um contexto diferente que permitiu análises complementares relacionadas ao desdobramento dos pacotes de trabalho. As reflexões realizadas com base nas evidências dos estudos empíricos resultaram na criação de diretrizes que devem ser observadas durante os processos de PCP para manutenção da coesão de informações entre os níveis hierárquicos de planejamento. Apesar das limitações da presente pesquisa, espera-se que as reflexões e análises trazidas pelo trabalho tenham contribuído para a discussão da importância da manutenção da consistência das informações do PCP entre níveis hierárquicos do planejamento de empreendimento da construção civil.

6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir da lacuna de literatura e dos objetivos apresentados nesse trabalho, sugere-se as seguintes recomendações para futuros trabalhos:

- a) Pesquisar a aplicação da decomposição dos pacotes de trabalho de forma progressiva ao longo do processo de PCP, evitando o detalhamento excessivo das tarefas em estágio iniciais do empreendimento;
- b) Investigar a utilização do BIM na decomposição progressiva dos pacotes de trabalho;
- c) Explorar com mais profundidade a interação entre a decomposição dos pacotes de trabalho e o sistema de custeio de um empreendimento;

- d) Investigar a possibilidade de vínculo dos *processos* das tarefas ao modelo BIM.

REFERÊNCIAS

ACKOFF, Russell. A concept of corporate planning. **Long Range Planning**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 2–8, 1970. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0024-6301\(70\)90031-2](https://doi.org/10.1016/0024-6301(70)90031-2). Acesso em: 11 ago. 2021.

ADEYEMI, Aderemi; MASALILA, Keabetswe. Delay Factors and Time-Cost Performance of Construction Projects in Gaborone City Council, Botswana. **Journal for the Advancement of Performance Information and Value**, [s. l.], v. 8, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.37265/japiv.v8i1.46>

ADHIKARI, Sanjeev; MEADATI, Pavan; BAEK, Minsoo. The implementation of bim application in university teaching: Case study of construction management program. *In:* , 2020. **ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings**. [S. l.]: American Society for Engineering Education, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.18260/1-2--35337>

AIYETAN, Olatunji *et al.* A systems thinking approach to eliminate delays on building construction projects in South Africa. **Acta Structilia: Journal for the Physical Development Sciences**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 19–39, 2011.

ALADAG, Hande; DEMIRDÖGEN, Gökhan; ISIK, Zeynep. Building Information Modeling (BIM) Use in Turkish Construction Industry. *In:* , 2016. **Procedia Engineering**. [S. l.]: Elsevier, 2016. p. 174–179. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.520>

ANGELIM, Vanessa Lira *et al.* Planejamento de médio prazo: panorama de sua aplicação na construção civil. **Ambiente Construído**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 87–104, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000100364>. Acesso em: 13 mar. 2021.

ATKINSON, Roger; CRAWFORD, Lynn; WARD, Stephen. Fundamental uncertainties in projects and the scope of project management. **International Journal of Project Management**, [s. l.], v. 24, n. 8, p. 687–698, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2006.09.011>. Acesso em: 11 ago. 2021.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding Production: Essential Step in Production Control. **Journal of Construction Engineering and Management**, [s. l.], v. 124, n. 1, p. 11–17, 1998. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9364\(1998\)124:1\(11\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9364(1998)124:1(11)). Acesso em: 11 ago. 2021.

BALLARD, Glenn. Lean Project Delivery System. **Lean Construction Institute: White Paper No. 8**, [s. l.], v. 2000a, p. 1–7, 2000a. Disponível em: <http://www.leanconstruction.org/pdf/WP8-LPDS.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2021.

BALLARD, Glenn. Phase Scheduling. **Lean Construction Institute: White Paper No. 7**, [s. l.], v. 2000, 2000b.

BALLARD, Glenn; TOMMELEIN, Iris. Current Process Benchmark for the Last Planner System. **Lean Construction Journal**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 57–89, 2016. Disponível em: https://leanconstruction.org.uk/wp-content/uploads/2018/10/Ballard_Tommelein-2016-Current-Process-Benchmark-for-the-Last-Planner-System.pdf%0Ahttps://www.leanconstruction.org/media/library/id58/Target_Value_Design_Current_Benchmark.pdf. Acesso em: 13 mar. 2021.

BALLARD, Herman Glenn. The Last Planner System Of Production Control. [s. l.], n. May, 2000c.

BALLESTEROS-PÉREZ, Pablo *et al.* Forecasting the project duration average and standard deviation from deterministic schedule information. **Applied Sciences (Switzerland)**, [s. l.], v. 10, n. 2, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app10020654>

BERNARDES, Maurício Moreira e Silva. Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção. **Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS**, [s. l.], p. 310, 2001. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/13718>. Acesso em: 18 mar. 2021.

BIOTTO, Clarissa Notariano. **Método de Gestão da Produção na Construção Civil com Uso da Modelagem BIM 4D**. 175 f. 2012. [s. l.], 2012. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/101197>. Acesso em: 26 nov. 2021.

BUCHTIK, Liliana. **Secrets to Mastering the WBS in Real-World Problems**. [S. l.]: Project Management Institute, 2010.

BUILDINGSMART. **Industry Foundation Classes (IFC) - buildingSMART International**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/>. Acesso em: 14 ago. 2021.

CEREZO-NARVÁEZ, Alberto *et al.* Integration of cost and work breakdown structures in the management of construction projects. **Applied Sciences (Switzerland)**, [s. l.], v. 10, n. 4, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app10041386>

CHUNG, Chen Hua; KRAJEWSKI, Lee J. Planning horizons for master production scheduling. **Journal of Operations Management**, [s. l.], v. 4, n. 4, p. 389–406, 1984. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0272-6963\(84\)90023-8](https://doi.org/10.1016/0272-6963(84)90023-8)

CROTTY, Ray. The Impact of Building Information Modelling: Transforming Construction.

Construction Management and Economics, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 183–185, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01446193.2012.655250>. Acesso em: 4 out. 2021.

DAVE, Bhargav *et al.* Suggestions to improve lean construction planning. *In:* , 2015. **Proceedings of IGLC 23 - 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction: Global Knowledge - Global Solutions**. [S. l.: s. n.], 2015. p. 193–202. Disponível em: www.iglc.net. Acesso em: 9 out. 2021.

DE ALMEIDA, Pedro Rodrigues; ZAFRA SOLAS, Manuel; RENZ, Andreas. **Shaping the Future of Construction: A Breakthrough in Mindset and Technology Prepared in collaboration with The Boston Consulting Group**. [S. l.: s. n.], 2016. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report_.pdf. Acesso em: 13 jun. 2021.

DEMIRKESEN, Sevilay; OZORHON, Beliz. Measuring Project Management Performance: Case of Construction Industry. **EMJ - Engineering Management Journal**, [s. l.], v. 29, n. 4, p. 258–277, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10429247.2017.1380579>. Acesso em: 8 ago. 2021.

DIXIT, Saurav *et al.* **Evolution of studies in construction productivity: A systematic literature review (2006–2017)**. [S. l.]: Ain Shams University, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2018.10.010>

EASTMAN, CHARLES M; CHUCK EASTMAN, PAUL TEICHOLZ, RAFAEL SACKS, Kathleen Liston. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers**. [S. l.: s. n.], 2011. *E-book*.

FORMOSO, Carlos Torres *et al.* **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. [S. l.]: UFRGS. Escola de Engenharia/NORIE, 1999. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/198813>. Acesso em: 11 ago. 2021.

FROESE, Thomas *et al.* Industry foundation classes for project management - A trial implementation. *In:* , 1999. **Electronic Journal of Information Technology in Construction**. [S. l.: s. n.], 1999. p. 17–36. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283041731_Industry_foundation_classes_for_project_management_-_A_trial_implementation. Acesso em: 24 nov. 2021.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. **São Paulo**, [s. l.], v. 5, n. 61, p. 16–17, 2002. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/mauriciofacanha/ensino-superior/redacao-cientifica/livros/gil-a.-c.-como-elaborar-projetos-de-pesquisa.-sao-paulo-atlas-2002./view>. Acesso em: 18 set. 2021.

GLEDSON, Barry J.; GREENWOOD, David. The adoption of 4D BIM in the UK construction industry: An innovation diffusion approach. **Engineering, Construction and Architectural Management**, [s. l.], v. 24, n. 6, p. 950–967, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2016-0066>

HAMZEH, Farook R; BALLARD, Glenn; TOMMELEIN, Iris D. Improving construction work flow - The connective role of lookahead planning. *In:* , 2008a. **Proceedings of IGLC16: 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction**. [S. l.: s. n.], 2008. p. 635–646. Disponível em: <http://p2sl.berkeley.edu>. Acesso em: 11 out. 2021.

HAMZEH, Farook R; BALLARD, Glenn; TOMMELEIN, Iris D. Improving construction work flow - The connective role of lookahead planning. *In:* , 2008b. **Proceedings of IGLC16: 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction**. [S. l.: s. n.], 2008. p. 635–646. Disponível em: <http://p2sl.berkeley.edu>. Acesso em: 28 nov. 2021.

HEIGERMOSER, Daniel *et al.* BIM-based Last Planner System tool for improving construction project management. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 104, p. 246–254, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.019>

HOLMSTRÖM, Jan; KETOKIVI, Mikko; HAMERI, Ari Pekka. Bridging practice and theory: A design science approach. **Decision Sciences**, [s. l.], v. 40, n. 1, p. 65–87, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00221.x>

HONCHARENKO, Tetyana *et al.* Transform approach for formation of construction project management teams based on building information modeling. *In:* , 2021. **CEUR Workshop Proceedings**. [S. l.: s. n.], 2021. p. 11–21.

HOPP, Wallace J.; SPEARMAN, Mark L. **Factory Physics**. Third Edited. [S. l.]: Waveland Press, Inc, 2008. *E-book*.

HORMAN, Michael J. *et al.* Using buffers to manage production: a case study of the Pentagon Renovation Project. **Proceedings of the 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, [s. l.], n. July 2015, p. 13p., 2003.

HOWELL, Greg; BALLARD, Glenn. Implementing Lean Construction: Improving downstream performance. *In:* LEAN CONSTRUCTION. [S. l.: s. n.], 1997. p. 115–129. *E-book*.

HUANG, Yu-Lin; IBBS, C. William; YAMAZAKI, Yusuke. Time-Dependent Evolution of Work Packages. *In:* , 2017. **9th ISARC International Symposium on Automation and Robotics in Construction**. [S. l.]: International Association for Automation and Robotics in Construction (IAARC), 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.22260/isarc1992/0054>

IBRAHIM, Y M *et al.* Semi-automatic development of the work breakdown structure (WBS) for construction projects. **Proceedings of the 4th International SCRI Research Symposium, Salford, UK**, [s. l.], p. 133–145, 2007.

KÄHKÖNEN, Kalle *et al.* New Construction Management Practice Based on the Virtual Reality Technology. *In: 4D CAD AND VISUALIZATION IN CONSTRUCTION*. [S. l.]: Taylor & Francis, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1201/9780203971123.ch4>

KALUGIN, Yu B. Reasons of delays in construction projects. **Magazine of Civil Engineering**, [s. l.], v. 74, n. 6, p. 61–69, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.18720/MCE.74.6>

KEMMER, Sérgio L *et al.* Medium-term planning: Contributions based on field application. *In: , 2007a. Lean Construction: A New Paradigm for Managing Capital Projects - 15th IGLC Conference*. [S. l.]: International Group for Lean Construction, 2007. p. 509–518. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/7123>. Acesso em: 14 mar. 2021.

KEMMER, Sérgio L *et al.* **MEDIUM-TERM PLANNING: CONTRIBUTIONS BASED ON FIELD APPLICATION** *Proceedings IGLC*. [S. l.]: International Group for Lean Construction, 2007b. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/7123>. Acesso em: 13 mar. 2021.

KENLEY, Russell; SEPPÄNEN, Olli. Location-based management of construction projects: Part of a new typology for project scheduling methodologies. *In: , 2009. Proceedings - Winter Simulation Conference*. [S. l.: s. n.], 2009. p. 2563–2570. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/WSC.2009.5429669>. Acesso em: 26 nov. 2021.

KERZNER, Harold. **Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling**. [S. l.]: John Wiley & Sons, Ltd, 2017.

KOSKELA, Lauri. An exploration towards a production theory and its application to construction. **VTT Publications**, [s. l.], n. 408, 2000a. Disponível em: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>. Acesso em: 6 ago. 2021.

KOSKELA, Lauri. An exploration towards a production theory and its application to construction. **VTT Publications**, [s. l.], n. 408, 2000b. Disponível em: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/2150>. Acesso em: 11 ago. 2021.

KOSKELA, Lauri. **Application of the new production philosophy to construction**. [S. l.: s. n.], 1992. v. *72E-book*.

KOSKELA, Lauri; HOWELL, Gregory. The underlying theory of project management is

obsolete. [s. l.], n. Morris 1994, p. 1–16, 2002.

KOSKELA, Lauri; HUOVILA, Pekka. On Foundations of Concurrent Engineering. **Concurrent Engineering in Construction CEC'97.**, [s. l.], 1997.

KPMG. Climbing the curve. **2015 Global Construction Project Survey**, [s. l.], p. 1–36, 2015. Disponível em: kpmg.com/building

KRAIEM, Zaki M.; DIEKMANN, James E. Concurrent Delays in Construction Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, [s. l.], v. 113, n. 4, p. 591–602, 1987. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9364\(1987\)113:4\(591\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9364(1987)113:4(591))

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, [s. l.], 1987. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01446198700000023>

LAUFER, Alexander; DENKER, Gordon R; SHENHAR, Aaron J. Simultaneous management: The key to excellence in capital projects. **International Journal of Project Management**, [s. l.], v. 14, n. 4, p. 189–199, 1996. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0263-7863\(95\)00091-7](https://doi.org/10.1016/0263-7863(95)00091-7)

LEACH, Lawrence P. **Critical Chain Project Management, Third Edition - Lawrence P. Leach - Google Books**. [S. l.: s. n.], 2014. *E-book*.

LUCKO, Gunnar; ALVES, Thaís Da C.L.; ANGELIM, Vanessa Lira. Challenges and opportunities for productivity improvement studies in linear, repetitive, and location-based scheduling. **Construction Management and Economics**, [s. l.], v. 32, n. 6, p. 575–594, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01446193.2013.845305>. Acesso em: 26 nov. 2021.

MARCHESAN, Paulo Renato Colp. Modelo Integrado de Gestão de Custos e Controle da Produção para Obras Civas. [s. l.], 2001.

MEHRAN, Donya. Exploring the Adoption of BIM in the UAE Construction Industry for AEC Firms. *In:* , 2016. **Procedia Engineering**. [S. l.]: Elsevier, 2016. p. 1110–1118. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.144>

MELLES, B.; WAMELINK, J.W.F. **Production control in construction: Different approaches to control, use of information and automated data processing**. 1993. - Delft University Press, [s. l.], 1993. Disponível em: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A76a252fa-a12c-4919-8bc9-7d7baa07cd51>. Acesso em: 11 ago. 2021.

NAHMIA, Steven *et al.* **Production and Operations Analysis**. Sixth Edited. [S. l.]: Me Graw Hill, 2008.

NAWAZ, Ahsan; SU, Xing; NASIR, Ibrahim Muhammad. BIM Adoption and Its Impact on Planning and Scheduling Influencing Mega Plan Projects- (CPEC-) Quantitative Approach. **Complexity**, [s. l.], v. 2021, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2021/8818296>. Acesso em: 11 jul. 2021.

OLIVEIRA, Paulo Vinícius de Oliveira. Implementação de um processo de programação de obras em uma pequena empresa. [s. l.], 2000. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/78756>. Acesso em: 12 ago. 2021.

PEREZ, Athena Maria; GHOSH, Somik. Barriers faced by new-adopter of Last Planner System®: a case study. **Engineering, Construction and Architectural Management**, [s. l.], v. 25, n. 9, p. 1110–1126, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/ECAM-08-2017-0162>

PMI. A Guide To The Project Management Body of Knowledge PMBOK Guide Sixth Edition. [S. l.: s. n.], 2017. ISSN 0009-4978.v. 6E-book.

POLLACK, Julien; HELM, Jane; ADLER, Daniel. What is the Iron Triangle, and how has it changed? **International Journal of Managing Projects in Business**, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 527–547, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJMPB-09-2017-0107>

PORWAL, Atul; HEWAGE, Kasun N. Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 31, p. 204–214, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.12.004>

RECK, Raquel Hoffmann. Proposta de Método para Integração da Simulação De Eventos Discretos e Visualização BIM 4d no Projeto Do Sistema De Produção. [s. l.], 2013. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/127908>. Acesso em: 29 maio 2021.

REINHARDT, Jan; AKINCI, Burcu; GARRETT, James H. Navigational Models for Computer Supported Project Management Tasks on Construction Sites. **Journal of Computing in Civil Engineering**, [s. l.], v. 18, n. 4, p. 281–290, 2004. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0887-3801\(2004\)18:4\(281\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0887-3801(2004)18:4(281)). Acesso em: 24 nov. 2021.

REINHARDT, Jan; GARRETT, James H.; AKINCI, Burcu. Framework for Providing Customized Data Representations for Effective and Efficient Interaction with Mobile Computing Solutions on Construction Sites. **Journal of Computing in Civil Engineering**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 109–118, 2005. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0887-3801\(2005\)19:2\(109\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0887-3801(2005)19:2(109)). Acesso em: 24 nov. 2021.

ROSENFELD, Yehiel. Root-Cause Analysis of Construction-Cost Overruns. **Journal of Construction Engineering and Management**, [s. l.], v. 140, n. 1, p. 04013039, 2014. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000789](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000789)

SEMPLE, Cheryl; HARTMAN, Francis T.; JERGEAS, George. Construction Claims and Disputes: Causes and Cost/Time Overruns. **Journal of Construction Engineering and Management**, [s. l.], v. 120, n. 4, p. 785–795, 1994. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9364\(1994\)120:4\(785\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9364(1994)120:4(785))

SIMON, Herbert A. Does Scientific Discovery Have a Logic? **Philosophy of Science**, [s. l.], v. 40, n. 4, p. 471–480, 1973. Disponível em: <https://doi.org/10.1086/288559>. Acesso em: 23 out. 2021.

SOARES, Ac; BERNARDES, Mms; FORMOSO, Ct. Improving the production planning and control system in a building company: Contributions after stabilization. **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, 10, [s. l.], p. 1–12, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228408831_Improving_the_production_planning_and_control_system_in_a_building_company_Contributions_after_stabilization. Acesso em: 12 ago. 2021.

SRIYOLJA, Z.; HARWIN, N.; YAHYA, K. Barriers to Implement Building Information Modeling (BIM) in Construction Industry: A Critical Review. *In:* , 2021. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. [S. l.]: IOP Publishing Ltd, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/738/1/012021>. Acesso em: 11 jul. 2021.

STEEL, Jim; DROGEMULLER, Robin; TOTH, Bianca. Model interoperability in building information modelling. **Software and Systems Modeling**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 99–109, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10270-010-0178-4>. Acesso em: 13 ago. 2021.

STUMPF, Annette L. *et al.* Object-Oriented Model for Integrating Construction Product and Process Information. **Journal of Computing in Civil Engineering**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 204–212, 1996. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0887-3801\(1996\)10:3\(204\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0887-3801(1996)10:3(204)). Acesso em: 24 nov. 2021.

SWEIS, G. *et al.* Delays in construction projects: The case of Jordan. **International Journal of Project Management**, [s. l.], v. 26, n. 6, p. 665–674, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2007.09.009>

TAYLOR, Frederick Winslow. The principles of scientific management. *In: NINETEENTH-CENTURY DESIGN*. [S. l.]: Dover Publications, 2021. v. 2, p. 370–376. Disponível em: <https://doi.org/10.4324/9780203703380-2>

TEICHOLZ, Paul. Labor-Productivity Declines in the Construction Industry : Causes and Remedies. **researchgate.net**, [s. l.], p. 1–13, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Paul_Teicholz/publication/259105147_AECBytes_Viewpoint-v0/links/02e7e529fbdefa7956000000/AECBytes-Viewpoint-v0. Acesso em: 8 ago. 2021.

TOLEDO, Mauricio; OLIVARES, Katherine; GONZÁLEZ, Vicente. Exploration of a lean-BIM planning framework: A last planner system and BIM-based case study. *In:* , 2016. **IGLC 2016 - 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction**. [S. l.: s. n.], 2016. p. 3–12. Disponível em: www.iglc.net. Acesso em: 11 out. 2021.

TOMEK, Radan; KALINICHUK, Sergey. Agile PM and BIM: A Hybrid Scheduling Approach for a Technological Construction Project. *In:* , 2015. **Procedia Engineering**. [S. l.]: Elsevier Ltd, 2015. p. 557–564. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.108>

TUMI, Saleh Al Hadi; OMRAN, Abdelnaser; PAKIR, Abdul Hamid Kadir. Causes of Delay in Construction Industry in Libya. **The International Conference on Economics and Administration**, [s. l.], n. November, p. 265–272, 2009. Disponível em: <http://conference.faa.ro>. Acesso em: 6 set. 2021.

WESZ, Josana G.B.; FORMOSO, Carlos T; TZOTZOPOULOS, Patrícia. Design process planning and control: Last planner system adaptation. *In:* , 2013. **21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2013, IGLC 2013**. [S. l.: s. n.], 2013. p. 365–374.

WILLIAMS, T M. The need for new paradigms for complex projects. **International Journal of Project Management**, [s. l.], v. 17, n. 5, p. 269–273, 1999. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(98\)00047-7](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(98)00047-7)

WITTHOEFT, Sven; KOSTA, Isidora. Shaping the Future of Construction. Inspiring innovators redefine the industry. **World Economic Forum (WEF)**, [s. l.], n. February, p. 1–96, 2017. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_Inspiring_Innovators_redefine_the_industry_2017.pdf. Acesso em: 13 jun. 2021.

YANG, Jyh Bin; CHU, Mei Yi; HUANG, Kuei Mei. An empirical study of schedule delay causes based on Taiwan's litigation cases. **Project Management Journal**, [s. l.], v. 44, n. 3, p. 21–31, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/pmj.21337>. Acesso em: 8 ago. 2021.

YIN, Robert K. **Case Study Research: Design and Methods**. [S. l.: s. n.], 2003. *E-book*.

ZIDANE, Youcef J.T.; ANDERSEN, Bjorn. The top 10 universal delay factors in construction projects. **International Journal of Managing Projects in Business**, [s. l.], v.

11, n. 3, p. 650–672, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJMPB-05-2017-0052>

APÊNDICE A: ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA

Roteiro de Entrevista Semiestruturada

Empresa:

Nome:

Cargo:

Data da Entrevista:

- 1) Quais são os tópicos relevantes de planejamento na sua rotina para tomada de decisões?
- 2) Qual o formato/meio de compartilhamento da informação do planejamento você acha mais relevante?
- 3) Com qual frequência você acha importante realizar a revisão do seu planejamento do projeto?
- 4) Qual a frequência de reuniões de planejamento você acha ser necessária?
- 5) Onde você pensa ser o melhor lugar para as informações de planejamento estarem expostas para todos?
- 6) O modelo BIM ajudou em alguma tomada de decisão de planejamento? Qual?
- 7) Você nota uma falta da conexão entre as informações mais operacionais (execução no canteiro) com as informações mais globais da obra (andamento geral / caminhos críticos)?
- 8) Qual o principal problema percebido por você na conexão entre as informações de planejamento da obra (operacional) e o do escritório (gerencial)?