

**Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul  
Escola de Engenharia  
Departamento de Engenharia Civil**

**Luísa Lemos Pereira Silva**

**SISTEMA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA  
PRODUÇÃO DE OBRAS RESIDENCIAIS COM ALTO GRAU  
DE PERSONALIZAÇÕES: ESTUDO DE CASO**

Porto Alegre  
2022

**LUÍSA LEMOS PEREIRA SILVA**

**SISTEMA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA  
PRODUÇÃO DE OBRAS RESIDENCIAIS COM ALTO GRAU  
DE PERSONALIZAÇÕES: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheira Civil

**Prof. Carlos Torres Formoso**  
Eng. Civil e M.Sc. em Engenharia (UFRGS)  
PhD pela Universidade de Salford/UK  
Orientador

**Karina Bertotto Barth**  
Eng. Civil e M.Sc. em Engenharia (UFRGS)  
Co-orientadora

Porto Alegre  
2022

**LUÍSA LEMOS PEREIRA SILVA**

**SISTEMA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA  
PRODUÇÃO DE OBRAS RESIDENCIAIS COM ALTO GRAU  
DE PERSONALIZAÇÕES: ESTUDO DE CASO**

Este trabalho de Diplomação foi apresentado e julgado para a obtenção do título de ENGENHEIRA CIVIL para o Professor Orientador da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, co-orientadora e banca examinadora.

Porto Alegre, 2022.

**Prof. Carlos Torres Formoso**

Eng. Civil e M.Sc. em Engenharia (UFRGS)  
PhD pela Universidade de Salford/UK  
Orientador

**Karina Bertotto Barth**

Eng. Civil e M.Sc. em Engenharia (UFRGS)  
Co-orientadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Eng.<sup>a</sup> Fabiana Maria Bonesi de Luca**  
Engenheira Civil (UFRGS)

**Eng.º Douglas Comassetto Hamerski**  
Eng. Civil (URI)  
Mestre em Eng. Civil (UFRGS)

Dedico este trabalho e a caminhada até aqui às pessoas mais importantes da minha vida: Clairton, Deise e Léo.

## AGRADECIMENTOS

Muito obrigado ao professor Formoso e à professora Karina, por me apoiarem e guiarem durante o encerramento deste ciclo maravilhoso e intenso que foi a graduação.

Agradeço profundamente ao meu irmão, por durante todos estes anos ter me apoiado e mostrado que a vida pode ser levada com leveza e seriedade simultâneas. Sem estas características que me transmitiste, a graduação e este trabalho não teriam sido realizados com tanto amor.

Agradeço à minha mãe, por ser minha melhor amiga, meu alicerce e carinho. Foste e sempre serás minha maior inspiração e orgulho. Agradeço, todos os dias, a sorte de ter nascido da mulher mais incrível que já conheci.

Ao meu pai e melhor amigo, minha mais profunda gratidão por sempre me mostrar o caminho do bem, da honestidade e da perseverança. Contigo, pai, aprendi as lições mais importantes da minha vida, que nenhuma graduação é capaz de ensinar: amor e respeito.

À Ana, minha primeira amiga e eterna dupla da UFRGS, uma das pessoas mais especiais que já conheci: obrigado. Espero poder retribuir e agradecer com todo o amor e o carinho que mereces a sorte que é poder te chamar de amiga. Citando-a, agradeço a todos os amigos que a UFRGS me trouxe nesta caminhada e que, sem dúvida, são essenciais para mim.

Às minhas dindas e dindos, avôs e avós: grata por sempre me lembrarem o quanto sou amada.

Aos meus tios, tias e primos: agradeço todos os dias por poder conviver e amar vocês. Muito.

Aos meus queridos colegas de trabalho, que foram incansáveis para me auxiliar: muito obrigado. Não só neste trabalho, mas durante o lindo ciclo de obra que venho trilhando, vocês são peças fundamentais. É um prazer estar com cada um de vocês, todos os dias, aprendendo.

Ao Geovani, obrigado por me dar a oportunidade de trabalhar e estudar sobre a obra mais incrível já feita em Porto Alegre. Retribuirei com todo meu empenho esta oportunidade única.

Obrigado a todos aqueles que foram tão importantes para que minha caminhada, hoje, chegasse até aqui.

“Queriam que ela fosse do lar, mas ela era do ler, com essa liberdade, ela era de onde quisesse ser.”

*(Allê Barbosa)*

## RESUMO

SILVA, L. L. P. **Sistema de Planejamento e Controle da Produção de obras residenciais com alto grau de personalizações: estudo de caso.** 2022. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre.

A indústria da construção, entre as suas competências, entrega de produtos residenciais com características únicas. Neste contexto, a personalização de unidades adquire cada vez mais espaço no mercado de alto padrão. Muitas empresas permitem mudanças nos atributos do produto solicitadas pelos clientes, ainda na fase de construção, trazendo muitos desafios ao planejamento e execução. Neste contexto, o presente trabalho apresenta um estudo de caso realizado em uma obra de alto padrão na cidade de Porto Alegre, com 75% de suas unidades personalizadas, a qual apresentava problemas de atrasos na obra. Foram analisados os planos da obra e o seu avanço físico, e o sistema de Planejamento e Controle da Produção existente. A partir das práticas do sistema Last Planner, particularmente no planejamento de médio prazo, no qual a identificação e remoção de restrições é realizada, e no planejamento baseado em localização, foram identificadas oportunidades de melhoria para obras desta natureza. Estas melhorias incluem a realização do planejamento de médio prazo em duas instâncias (uma operacional e uma estratégica), com auxílio da gestão visual, e do uso de um conjunto mais amplo de indicadores.

**Palavras-chave:** médio prazo; Planejamento e Controle da Produção; *Last Planner System*; *Location-Based Management System*.

## ABSTRACT

SILVA, L. L. P. **Sistema de Planejamento e Controle da Produção de obras residenciais com alto grau de personalizações: estudo de caso.** 2022. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre.

The construction industry, among other competences, delivers residential products with unique characteristics. In this context, the customization of units is more important in the high-end market. Many companies allow changes in the attributes of the product demanded by clients, along the construction phase, bringing several challenges for planning and execution. In this context, this study presents a case study carried out in a high-end market project, from the city of Porto Alegre, with 75% of customized units, which had problems of construction delays. An analysis of the production plans and project progress, as well as of the existing planning and control system was undertaken. schedules designed and carried out, monitoring interfaces and Production Planning and Control were studied. Based on practices of the Last Planner System, particularly on the lookahead planning level in which constraint identification and removal is performed, and on Location-based Planning, improvement opportunities were identified for this type of project. These improvements include carrying out medium-term planning in two levels (one operational and one strategic), with the support of visual management, and the use of an extended set of indicators.

**Keywords:** lookahead planning; Production Planning and Control; Last Planner System; Location-based Planning.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Comparativo entre CPM e Location-Based Management System (LBS). .....	24
Figura 2 – Fluxo realizado na obra em estudo como ciclo de planejamento de curto prazo....	34
Figura 3 – Percentuais de pacotes concluídos (PPC) da obra em estudo. ....	37
Figura 4 – Ranking de ocorrência das 5 causas mais frequentes da não conclusão das atividades para o período analisado.....	38
Figura 5 – Ranking de ocorrência das 5 causas mais frequentes de não conclusão das atividades previstas para o período analisado para uma das empresas.....	41
Figura 6 – Percentuais de avanço físico planejado e executado da obra analisada. ....	43
Figura 7 – Fluxograma de planejamento com foco no médio prazo. ....	45
Figura 8 – Proposta de categorização de restrições das atividades previstas para o médio prazo. ....	48
Figura 9 – Dois exemplos de atividades com restrições a serem removidas para execução....	50
Figura 10 – Restrições das atividades previstas para o médio prazo de acordo com o fornecimento de material necessário para execução.....	51
Figura 11 – Fluxo de aquisição de materiais para a construtora em estudo. ....	53
Figura 12 – Divisão de localizações para acompanhamento de projetos e execução de serviços. ....	55
Figura 13 – Exemplo de painel para acompanhamento de unidades de serviço por localização, referenciando o status de cada uma para acompanhamento. ....	57

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Cronograma das etapas desenvolvidas no trabalho.....	26
Quadro 2 - Relação das unidades do empreendimento e seus projetos. ....	28
Quadro 3 - Cronograma de unidade que teve diversas alterações pós-execução por perda de prazo do cliente.....	30
Quadro 4 - Trecho do planejamento de longo prazo da obra analisada. ....	31
Quadro 5 - Lista de possíveis causas para não conclusão das tarefas previstas na semana. ....	35
Quadro 6 - Exemplo de acompanhamento de atividades realizadas na semana para a obra analisada. ....	36
Quadro 7 - Lista de ocorrências das causas de não conclusão das atividades previstas para o período analisado, por semana. ....	38
Quadro 8 - Lista de ocorrências das causas de não conclusão das atividades previstas para o período analisado para uma empresa.....	40
Quadro 9 - Exemplo de acompanhamento de atividades e restrições no médio prazo. ....	51

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CPM: *Critical Path Method*

CODP: *Customer Order Decoupling Point*

LPS: *Last Planner System*

LBMS: *Location-Based Management System*

PCP: Planejamento e Controle da Produção

PPC: Percentual de Pacotes Concluídos

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO .....	13
1.2	PROBLEMA REAL.....	15
1.3	OBJETIVOS DO ESTUDO .....	16
1.4	PREMISSAS .....	16
1.5	DELIMITAÇÕES .....	16
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	17
<b>2</b>	<b>PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO – REVISÃO</b>	
	<b>BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>18</b>
2.1	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO .....	18
2.2	MÉTODO DO CAMINHO CRÍTICO - CPM .....	19
2.3	LAST PLANNER.....	20
2.4	PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO .....	21
2.5	PLANEJAMENTO BASEADO EM LOCALIZAÇÃO .....	22
<b>3</b>	<b>DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>25</b>
3.1	ETAPAS DO TRABALHO .....	25
3.2	CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO EM ESTUDO .....	26
3.3	CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES E SUAS PERSONALIZAÇÕES .....	28
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>31</b>
4.1	ANÁLISE DO SISTEMA DE PCP EXISTENTE .....	31
4.2	PROBLEMAS GERADOS PELA INADEQUAÇÃO DO PCP.....	42
4.3	PROPOSTA DE MELHORIAS .....	44
<b>4.3.1</b>	<b>Melhorias para o planejamento de médio prazo .....</b>	<b>44</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Planejamento de médio prazo – análise operacional .....</b>	<b>46</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Planejamento de médio prazo – análise estratégica .....</b>	<b>47</b>
<b>4.3.4</b>	<b>Categorização e análise de restrições.....</b>	<b>47</b>
<b>4.3.5</b>	<b>Planejamento e Controle Baseado em Localização .....</b>	<b>54</b>
<i>4.3.5.1</i>	<i>Planejamento Baseado em Localização.....</i>	<i>54</i>
<i>4.3.5.2</i>	<i>Controle Baseado em Localização.....</i>	<i>56</i>
<b>4.3.6</b>	<b>Avaliação das melhorias propostas.....</b>	<b>58</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>60</b>
5.1	CONCLUSÃO.....	60

5.2	RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS ESTUDOS .....	61
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>62</b>



# 1 INTRODUÇÃO

Serão apresentados, neste capítulo, os tópicos iniciais do estudo realizado: contextualização do tema proposto para o trabalho, apresentação dos problemas (oportunidades de aprimoramento), objetivos, premissas, delimitações do estudo e estruturação.

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Segundo Canedo (2013), a residência é um espaço mutante que expressa o estilo de vida dos moradores. Logo, os empreendimentos que propõem todas as unidades habitacionais idênticas são modelos de produto que vêm sofrendo diversas adaptações, dependendo das demandas dos clientes que adquirem cada uma das unidades, para atender cada morador e seu estilo de vida.

A personalização de unidades tem como objetivo proporcionar ao cliente a opção de customizar seu imóvel com características únicas definidas por ele e não necessariamente replicadas para as outras unidades. No segmento de alto padrão, tal prática vem sendo adotada por algumas empresas que proporcionam aos seus clientes a personalização da sua unidade com o empreendimento ainda em fase de desenvolvimento e construção. Isto representa uma oportunidade de aumentar o faturamento de empresas construtoras-incorporadoras, uma vez que os valores dispendidos com as modificações no segmento de alto padrão podem ser elevados. Além disto, o atendimento personalizado para o cliente representa uma oportunidade de criar uma relação de fidelidade entre este e a empresa.

A viabilização de entrega da edificação com algumas personalizações aumenta a complexidade da execução do empreendimento, sendo necessário um sistema mais eficaz de planejamento e controle da produção, para torná-lo viável economicamente para a empresa construtora-incorporadora (BARLOW, 1998; NAIM; BARLOW, 2003; NOGUCHI; HERNANDEZ-VELASCO, 2005; SCHOENWITZ; NAIM; POTTER, 2012 apud AMORIM, 2018).

Podem ser citados como fatores que aumentam a complexidade de execução do empreendimento, vinculados à personalização, o retrabalho gerado pelas modificações solicitadas pós-execução, as frequentes atualizações no planejamento decorrentes das

mudanças de projetos, a alta incerteza relacionada aos prazos de execução, grande variabilidade técnica e a extensão dos prazos de obra, entre outros pontos.

Tendo em vista os impactos que a personalização de unidades pode trazer na etapa de execução do empreendimento, é de suma importância compreender as características deste processo de forma a estabelecer um modelo de Planejamento e Controle da Produção (PCP) que permita reduzir os impactos negativos.

A partir da análise do sistema existente para um empreendimento de alto padrão com elevado grau de personalização das suas unidades em construção na cidade de Porto Alegre, o trabalho propõe a aplicação de melhorias para o PCP em uso na construção deste.

Visando uma gestão satisfatória destas personalizações no PCP, podem ser utilizados métodos que propiciem a análise e remoção de restrições, para que as atividades programadas possam ser realizadas atendendo aos prazos e padrões de qualidade e terminalidade necessários. No presente trabalho, para tal, serão apresentadas práticas de produção enxuta na construção civil – *Lean Construction*.

A produção enxuta é ‘enxuta’ por utilizar menores quantidades de tudo em comparação com a produção em massa: metade do esforço dos operários na fábrica, metade do espaço para fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo (WOMACK; JONES; ROSS. Apud ROTH, 2013).

O sistema *Last Planner*, que propõe a análise e remoção sistemática das restrições intrínsecas em cada atividade, pode ser aplicado com o objetivo de reduzir a variabilidade e a incerteza presentes nos fluxos de trabalho da construção, protegendo a produção dos seus efeitos nocivos (HAMZEH; BALLARD; TOMMELEIN, 2012 apud VARGAS, 2018). Com ele, pode-se projetar com maior efetividade a liberação das atividades para execução dentro do horizonte de médio prazo.

É possível, ainda, melhorar o fluxo de produção com a aplicação de métodos que consideram as unidades habitacionais lotes de execução - como o planejamento e controle por localização.

As melhorias propostas para o modelo de PCP podem trazer benefícios tais como um melhor acompanhamento e planejamento financeiro; melhor gestão de contratações, execuções e



compra de materiais; controle mais preciso de qualidade de execução; e, por último, um acompanhamento eficaz do longo prazo (o que resulta num cronograma executável de entrega da obra).

## 1.2 PROBLEMA REAL

O presente trabalho envolve a análise e proposição de melhorias para o modelo de PCP adotado em um empreendimento de alto padrão em construção na cidade de Porto Alegre. O empreendimento escolhido como objeto de análise foi estudado devido à importância da obra para a construtora – uma das obras mais complexas já realizadas pela mesma, devido ao seu elevado grau de personalização – e por causa dos problemas de prazos originados por circunstâncias específicas. A autora atua como assistente técnica de engenharia deste empreendimento.

Foram detectados atrasos decorrentes da ineficácia do modelo de PCP utilizado nesta obra de alto padrão, que resultaram em grandes impactos negativos, tanto financeiros quanto qualitativos, principalmente em relação ao cumprimento do prazo. A partir da análise de etapa de construção do empreendimento, foram identificados problemas como: baixa eficiência na execução, sobrecarga das empresas subcontratadas, alterações frequentes na sequência executiva e entregas não conformes com o padrão de qualidade da empresa construtora.

O empreendimento analisado apresentava um elevado número de modificações solicitadas pelos proprietários para suas unidades habitacionais durante a etapa de construção. O alto grau de personalizações requer que o PCP possua características específicas para esse tipo de empreendimento, diferentemente dos modelos de planejamento utilizados em empreendimentos com maior repetitividade.

A existência de um planejamento de médio prazo deveria proporcionar a análise antecipada de restrições à execução das tarefas. A falta de identificação e remoção antecipada das restrições geradas pelas customizações causava atrasos em diversas execuções de atividades, tais como o atraso na definição e informações construtivas dos projetos personalizados, atraso na solicitação e recebimento de materiais, falta de disponibilidade de mão de obra para execução e falta de conclusão das atividades anteriores que liberam as seguintes.

As restrições em sequência resultavam no atraso de outras atividades – tanto para as unidades que seguem o modelo padrão de projetos propostos pela construtora quanto para as unidades personalizadas pelos clientes. Por consequência, o planejamento tornava-se obsoleto e não factível, tendo de ser revisado para acompanhar a projeção das novas datas de execução dos serviços paralisados; estes, muitas vezes, não executados nos novos prazos propostos por causa das mesmas restrições que impediram sua execução anteriormente.

### 1.3 OBJETIVOS DO ESTUDO

O desenvolvimento do presente trabalho tem como objetivo propor melhorias para o sistema de PCP utilizado na obra em análise, com foco no planejamento de médio prazo. Busca-se melhorar a gestão das restrições decorrentes de personalizações e as restrições para unidades que seguem o padrão estabelecido pela construtora, de maneira que tais restrições possam ser removidas e, por consequência, o planejamento proposto seja exequível e controlado.

Para atender tal objetivo, buscou-se entender e categorizar a natureza destas restrições para a tipologia de obra em análise – identificando problemas decorrentes da falta de gestão das restrições. Além disso, foi analisado o efeito das customizações em obras de alto padrão e seus impactos no planejamento, através da análise de sua interferência no planejamento de médio prazo.

### 1.4 PREMISSAS

Este trabalho tem por premissa inicial que empreendimentos com alto grau de personalização apresentam um elevado nível de complexidade devido às muitas informações necessárias para execução, à gestão de uma grande variedade de projetos e às execuções de processos específicos com prazos distintos em unidades variadas dentro de um mesmo empreendimento.

### 1.5 DELIMITAÇÕES

O desenvolvimento do trabalho será delimitado ao estudo de caso de um empreendimento de alto padrão na cidade de Porto Alegre/RS, da incorporadora e construtora na qual a presente aluna atua como assistente técnica de engenharia no canteiro de obras.

O estudo de caso aliado à proximidade pessoal de quem o desenvolve pode trazer vários benefícios – se relacionado, por exemplo, à facilidade de acesso às informações (muitas vezes informais), ao ambiente que favorece a observação diária dos problemas e à inserção do observador em algumas decisões. Ao mesmo tempo, tal proximidade pode ser prejudicial – se relacionada à pessoalidade com que as informações e análises podem tomar, tendo em vista a proximidade de quem detalha-as com quem executa.

## 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho foi estruturado em seis capítulos.

O capítulo inicial tem como objetivo contextualizar sobre os temas principais abordados. Além disso, traz a apresentação do problema real que originou o estudo, mostra os objetivos a serem atingidos com a pesquisa realizada, as premissas adotadas para realização da pesquisa, a delimitação da análise realizada e a estrutura do trabalho.

O segundo capítulo apresenta a revisão de literatura acerca dos conceitos técnicos que embasaram a análise do sistema de Planejamento e Controle da Produção na obra em estudo e as propostas de melhorias para tal.

O terceiro capítulo apresenta as etapas realizadas para desenvolvimento do trabalho e o empreendimento em estudo.

O quarto capítulo faz uma análise do sistema de PCP em uso na obra, seguido de uma análise dos resultados da aplicação deste modelo. Após, são propostas melhorias para tal PCP, com foco no planejamento de médio prazo. Por último, são abordados os pontos sobre a aplicabilidade destas melhorias na obra estudada.

O quinto capítulo apresenta as conclusões do trabalho realizado e direciona possíveis estudos futuros.

No sexto e último capítulo, são apresentadas as referências bibliográficas que embasaram a pesquisa e as análises realizadas.

## 2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Serão abordados neste capítulo os conceitos teóricos acerca da aplicabilidade de técnicas de Planejamento e Controle da Produção, como o Critical Path Method (CPM), o *Last Planner System* e o *Location-Based Management System*. Além disso, o horizonte de médio prazo de acompanhamento do Planejamento será apresentado e analisado.

### 2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Segundo Isatto et al. (2000), planejamento pode ser definido como um processo gerencial que envolve o estabelecimento de objetivos e a determinação dos procedimentos necessários para atingi-los, sendo eficaz somente quando realizado em conjunto com o controle. Assim, pode-se afirmar que não existe a função controle sem planejamento e que o planejamento é praticamente inócuo se não existe controle (ISATTO et al., 2000). Além disso, para Ballard e Howell (1996 apud BERNARDES, 2021), o planejamento produz metas que possibilitam o gerenciamento dos processos produtivos, enquanto o controle garante o cumprimento dessas metas, bem como avalia sua conformidade com o planejado, fornecendo, assim, informações para a preparação de planos futuros.

Conforme aponta Coelho (2003), a avaliação do Planejamento e controle da Produção (PCP) é constituída de duas etapas: a identificação dos problemas durante o período e o desenvolvimento de alternativas para a resolução dos problemas identificados. Além dos problemas, também devem ser analisadas as decisões tomadas durante o processo de PCP, bem como as consequências destas decisões, e quando identificada nova necessidade de tomada de decisão, deve-se proporcionar meios de garantir que estas decisões sejam realmente implantadas (COELHO, 2003).

Os métodos tradicionais de PCP utilizados na construção civil, fortemente baseados no Método do Caminho Crítico (CPM), vem sendo fortemente criticados na literatura técnica por não levarem em consideração devidamente as interferências entre processos, a variabilidade existente nos mesmos e as incertezas na disponibilidade de recursos, o que faz com que haja excesso de folgas de tempo, aumentando a duração dos empreendimentos (LAUFER; TUCKER, 1987; REDA, 1990; RUSSEL; WONG, 1993; KOSKELA et al., 2014 apud

VARGAS; FORMOSO, 2020). Nesse contexto, merecem destaque dois modelos de PCP que se contrapõem às práticas tradicionais do setor da construção pela introdução de mudanças conceituais: o Sistema *Last Planner* e o Planejamento Baseado em Localização (*Location-Based Planning* ou *Location-based Management*) (VARGAS; FORMOSO; 2020).

Para o caso de empreendimentos que permitem a personalização de unidades, é importante considerar a existência de pontos de desacoplamento relacionados aos pedidos dos clientes (Customer Order Decoupling Point - CODP) dentro do planejamento. De acordo com Wikner (2014 apud FORMOSO; TILLMANN; HENTSCHKE, 2022), o CODP divide as atividades da cadeia de valor naquelas baseadas em previsões de demanda por parte de clientes futuros e aquelas desencadeadas a partir de pedidos de clientes reais. O CODP permite que alguns componentes dos produtos sejam produzidos de forma padronizada (empurrados), enquanto outros podem ser personalizados quando um pedido do cliente é feito (puxados) (RUDBERG; WIKNER, 2004 apud FORMOSO; TILLMANN; HENTSCHKE, 2022). Assim, posicionar o CODP envolve encontrar um equilíbrio adequado entre eficiência, pré-condições técnicas de processo e produto, e atendimento das demandas de flexibilidade por parte do mercado (RUDBERG; WIKNER, 2004 apud FORMOSO; TILLMANN; HENTSCHKE, 2022).

## 2.2 MÉTODO DO CAMINHO CRÍTICO - CPM

O CPM - Critical Path Method, ou Método do Caminho Crítico – foi originalmente criado para empreendimentos do governo americano que tinham como objetivo prioritário cumprir prazos, ao invés de alcançar elevada eficiência na utilização de recursos (BIRREL, 1980, apud BERNARDES, 2021). Foi desenvolvida em 1957 pela empresa Du Pont com objetivo de aplicação nos projetos de engenharia de suas fábricas.

Esta técnica consiste no desenvolvimento de uma rede de atividades, em que se realizam cálculos simples com o intuito de se explicitar as datas de início e término de cada atividade. Os cálculos das datas baseiam-se nas durações estimadas existentes em um banco de dados da empresa ou em planilhas orçamentárias. Após o cálculo das datas, verifica-se, por meio da análise da rede desenhada, qual o sequenciamento de atividades sem folgas de execução. É exatamente por isso que esse sequenciamento é denominado caminho crítico. O atraso em qualquer atividade que esteja nesse caminho pode provocar um atraso na data final de entrega da obra, caso não sejam tomadas medidas para sua recuperação. Dessa forma, mesmo que a análise da rede de atividades demonstre que irá ocorrer um atraso, a gerência da construção pode optar por agregar mais recursos em determinadas fases da obra, de forma a reduzir durações ou, em algumas situações, alterar o sequenciamento de parte das atividades. (BERNARDES, 2021).

Tradicionalmente, mais de 90% das empresas de construção civil nos Estados Unidos utilizam o método CPM para gerenciar seus projetos (LOWE et al., 2012 apud OLIVIERI, GRANJA, PICCHI, 2016).

Uma das principais críticas ao sistema é que o CPM é utilizado primeiramente para reduzir ou controlar a duração dos empreendimentos, em vez de lidar com as restrições dos recursos, a fim de garantir a continuidade do trabalho das equipes ao longo de várias unidades, com o mínimo de conflitos e tempo inativo para as equipes e equipamentos (LOWE et al., 2012 apud OLIVIERI, GRANJA, PICCHI, 2016). Neste método, o trabalho é tratado como uma série de atividades que possuem relações de precedência baseadas no tempo com outras atividades. Cada atividade tem sua duração estimada de forma discreta, não sendo explicitado claramente a alocação física desta e o seu relacionamento com os demais locais, ou seja, não há uma relação baseada em locais entre as atividades (KENLEY; SEPPANEN, 2010).

Assim, um dos problemas principais do CPM são os critérios para alocação de folgas de tempo (*buffers*) nas atividades para proteção da obra em relação à incerteza. Estas são adicionadas a cada atividade, a fim de acomodar potenciais incertezas, causando o efeito de que as atividades sucessoras não são realizadas porque não está claro quando a atividade predecessora será concluída. Como as restrições das atividades não são explicitamente gerenciadas, muitas vezes as atividades não estão prontas para serem iniciadas quando as atividades predecessoras são concluídas (KOSKELA et al., 2014 apud OLIVIERI, GRANJA, PICCHI, 2016).

### 2.3 LAST PLANNER

Desenvolvido por Ballard e Howell (1997), o Sistema *Last Planner* (LPS) de PCP é baseado em princípios da construção enxuta (BALLARD, 2000 apud VARGAS; FORMOSO, 2020). Este sistema divide o PCP em diferentes níveis hierárquicos, como forma de lidar com a variabilidade e a incerteza típicas de empreendimentos de construção. Cada um destes possui funções específicas, objetivando a proteção da produção a partir do aumento da confiabilidade dos planos gerados (BALLARD, 2000 apud BERNARDES, 2021). Tem também como característica o seu caráter colaborativo, nos diferentes níveis gerenciais, envolvendo discussões entre os participantes da obra, com o intuito de assegurar que o trabalho não está esperando pelos trabalhadores e que os trabalhadores não estejam esperando pelo trabalho (KENLEY; SEPPANEN, 2010).

O sistema de controle *Last Planner* é dividido em dois componentes principais: o controle da unidade de produção e o controle do fluxo de trabalho. A função do primeiro componente é gerar, progressivamente, melhores planos, através da aprendizagem contínua e de ações corretivas. Normalmente, as funções deste componente são cumpridas durante a execução do planejamento de curto prazo. O papel do segundo é gerar pró-ativamente o fluxo de trabalho através das unidades de produção, na melhor sequência e custo possível. Normalmente, as funções deste componente são executadas durante o planejamento de médio prazo (BALLARD, 2000 apud COELHO, 2003).

Conforme aponta Ballard (2000 apud COELHO, 2003), a melhoria de qualidade dos planos produzidos a partir do LPS depende da boa definição de pacotes de trabalho, da correta sequência de execução, da definição da quantidade certa de trabalho e da análise prévia da possibilidade de execução.

## 2.4 PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO

O planejamento de médio prazo cumpre o importante papel de vinculação do planejamento de longo prazo com o de curto prazo (BERNARDES, 2021). Com ele, é possível visualizar e projetar as próximas ações de curto prazo, de maneira que elas atendam ao que é esperado para o andamento da obra como um todo dentro do longo prazo. Com a realização do planejamento de médio prazo, as atividades constantes no plano de longo prazo são puxadas e detalhadas, definindo ritmos para cada atividade componente do plano (COELHO, 2003).

Um dos principais papéis do planejamento de médio prazo é a identificação e remoção sistemática de restrições. Dentro do horizonte de médio prazo, analisam-se as atividades e as suas restrições, as quais devem ser removidas, de forma a tornar o planejamento de curto prazo confiável. Este processo é conhecido como proteção da produção (*shielding production*) e resulta na criação de um estoque de pacotes de trabalho executáveis (BALLARD e HOWELL, 1997 apud COELHO, 2003). Estes são executáveis por não possuírem nenhum tipo de restrição à sua execução, estando liberados, portanto, para serem inseridos no plano de curto prazo (BALLARD e HOWELL, 1997 apud COELHO, 2003).

Como forma de implantação, o horizonte de tempo a ser monitorado no médio prazo varia com as características da obra, nível de informações disponíveis e modelos de controle em andamento. Segundo Bernardes (2021), pode ocorrer também uma subdivisão desse nível em dois: um menos detalhado abrangendo um horizonte maior, como, por exemplo, de dois a três meses, e um envolvendo a definição de pacotes de trabalho em termos operacionais, com um

horizonte de duas a cinco semanas. Entretanto, conforme aponta Coelho (2003), uma característica é comum a todos os tipos de planejamento de médio prazo: o horizonte de planejamento é maior que o ciclo de controle. Cabe ressaltar ainda que, à medida que o plano de médio prazo passa a ser desenvolvido para horizontes móveis de planejamento, ele passa a ser denominado *lookahead planning* (BERNARDES, 2021).

Segundo Coelho (2003), durante a elaboração do plano de médio prazo, ao serem designadas as tarefas para as semanas seguintes, deve proceder-se a avaliação das necessidades especiais de cada processo. Este procedimento, integrante do processo de análise de restrições, visa a identificar e solucionar previamente possíveis interferências entre equipes e com os equipamentos utilizados por estas para desempenharem as suas tarefas. A distribuição das equipes no tempo e no espaço deve ser tal que evite a ocorrência de movimentações e atividades desnecessárias para o processo e a sequência de execução, sempre que possível, deve evitar o cruzamento de fluxos de processos distintos. (COELHO, 2003).

Durante a execução do planejamento de médio prazo, quando se detecta que determinada tarefa não poderá ser executada conforme inicialmente planejada, ou que outra sequência possibilitará melhores vantagens, tem-se tempo hábil para replanejar esta sequência, sem que ocorram prejuízos à execução das tarefas. Este procedimento somente pode ocorrer em função da flexibilidade oferecida neste nível, no qual se tem a possibilidade de escolher outro caminho de execução e amortecer os eventuais impactos dessas mudanças no planejamento de curto prazo. Nas formas tradicionais de planejamento, como, por exemplo, no caso do CPM, em que as sequências de execução das tarefas são congeladas desde a primeira escolha, esta flexibilidade é mais difícil de ser implementada (TOMMELEIN e BALLARD, 1997 apud COELHO, 2003).

## 2.5 PLANEJAMENTO BASEADO EM LOCALIZAÇÃO

Conforme Kenley e Seppänen (2010), o modelo de Planejamento Baseado em Localização divide a obra em pacotes individuais de trabalhos (atividades) em uma entidade inteira conectada chamada tarefa que representa a agregação de atividades em vários locais. O foco do método está, portanto, na tarefa que se move pelas unidades de produção (locais) e os dados do projeto são relacionados tanto à tarefa quanto ao local (KENLEY; SEPPÄNEN, 2010). Assim, considera-se uma tarefa como a agregação de todas as atividades do mesmo tipo que se repetem



em locais diversos. As tarefas têm requisitos de recursos comuns, mas as quantidades, equipes e produtividade podem variar entre os locais (KENLEY; SEPPÄNEN, 2010).

Existem duas subdivisões principais de métodos baseados em localização, dependendo se o foco está na conclusão contínua de unidades repetitivas (como encontrado na produção repetitiva da fábrica ou projetos lineares), que é fortemente enfatizado na técnica da Linha de Balanço ou, alternativamente, o foco estando na conclusão de locais físicos variáveis (mais típicos em construção comercial) (KENLEY; SEPPÄNEN, 2010).

Para acompanhamento de locais físicos variáveis, conforme apontam Kenley e Seppänen (2010), a ênfase está na execução do trabalho dentro dos locais e na taxa de conclusão sequencial. Depois que um local é concluído, a tarefa continua no segundo local (KENLEY; SEPPÄNEN, 2010). As localizações exigem o estabelecimento de uma estrutura hierárquica de repartição de localização (LBMS) com o consequente benefício de assumir uma realidade física e de organizar o trabalho no local – já que o método está relacionado a um detalhamento físico (ou lógico) do projeto (KENLEY; SEPPÄNEN, 2010).

Esta abordagem facilita a utilização de ferramentas visuais para apresentar os planos, como, por exemplo, a Linha de Balanço, sendo que se busca executar uma atividade por vez em cada zona de trabalho (BØLVIKEN; ASLESEN; KOSKELA, 2015 apud VARGAS; FORMOSO, 2020). Pode-se também mais facilmente buscar a sincronização entre atividades, em que tanto o fluxo do produto é contínuo, como o fluxo de trabalho das equipes não sofre interrupções, o que pode contribuir para a redução do prazo da obra. Balancear, neste contexto, refere-se à criação de um ritmo de trabalho sincronizado e estável, de acordo com a demanda para cada serviço ao longo das zonas de trabalho (FRANDSON; SEPPÄNEN; TOMMELEIN, 2015 apud VARGAS; FORMOSO, 2020).

Na figura 1, adaptada de Vargas (2018), são apresentados pontos importantes de comparativo entre os métodos de Planejamento Baseado em Localização e CPM.

Figura 1 - Comparativo entre CPM e Location-Based Management System (LBS).



Fonte: Adaptado de Vargas (2018).

### 3 DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

A complexidade de cada empreendimento construído varia de acordo com as características inseridas na concepção do produto comercializado. O presente capítulo fará a apresentação das etapas que compreenderam a sequência de estudos realizados neste trabalho, para na sequência detalhar as características e a complexidade relacionadas ao empreendimento analisado.

#### 3.1 ETAPAS DO TRABALHO

Tendo em vista a inserção da aluna no dia a dia da construção do empreendimento, foram realizadas várias conversas informais sobre o planejamento em uso e como este poderia ser melhorado, com toda a equipe de engenharia inserida na construção. Estas conversas despertaram o interesse pela gestão de PCP da obra e deram origem ao tema proposto no presente trabalho.

O trabalho foi dividido em quatro etapas sequenciais. Como etapas iniciais, foi realizada uma análise crítica do Sistema de Planejamento e Controle da Produção existente. Em paralelo à análise do Sistema de PCP, foi realizada uma revisão bibliográfica, analisando sistemas de planejamento existentes, suas formas de representação e principais características.

Para análises iniciais, foram estudados os documentos técnicos do empreendimento – como as informações contidas nas atas de reunião de planejamento realizadas. Aliado a isto, a participação ativa nas reuniões de curto prazo da obra e reuniões da equipe de engenharia proporcionaram uma observação ampla do funcionamento da estrutura produtiva. A observação diária direta da obra e suas etapas também foi realizada, sendo de suma importância para compreender parâmetros como o acompanhamento e produtividade das equipes subcontratadas. Como parte do estudo das características da obra, foram analisadas as suas etapas – o que levou à análise dos indicadores de controle desta, com foco nos problemas resultantes da baixa eficácia avaliada no Sistema de PCP existente.

Ainda no início do trabalho, foi proposto formalmente para o engenheiro civil responsável que fossem implantadas algumas das melhorias propostas no estudo, para obtenção de análise de dados e aferição da aplicabilidade das metodologias, de acordo com seus resultados.

Com base no diagnóstico obtido e na revisão de literatura, foram propostas melhorias ao sistema de PCP da obra em estudo.

Ao término da pesquisa prática foi realizada uma reunião com o núcleo de PCP para apresentação formal das propostas desenvolvidas e das conclusões obtidas, além de discutir possíveis melhorias nas soluções apontadas. Estas mudanças foram apresentadas e discutidas com o engenheiro civil responsável pelo empreendimento, com mais de 9 anos de experiência na construção civil, fazendo parte do corpo de funcionários da construtora também há mais de 9 anos, e com a engenheira civil responsável pela gestão do planejamento de todas as obras da construtora, com mais de 8 anos de experiência no setor de Planejamentos da empresa.

Por último, foram feitas análises em cima das discussões sobre as mudanças propostas com a equipe de PCP da obra, que resultaram num conjunto de melhorias e recomendações para futuros estudos. No quadro 1 é apresentado o cronograma realizado para elaboração do trabalho.

Quadro 1 - Cronograma das etapas desenvolvidas no trabalho.

Mês	dez/21	jan/22				Fev/2022				mar/22				abr/22				mai/22		
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Análise do planejamento existente	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
Revisão bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
Proposição de melhorias										X	X	X	X	X	X	X				
Apresentação para a obra																	X			
Resultados e discussões																		X		
Apresentação final do trabalho																			X	
Correções e reconsiderações																				X

Fonte: Elaborado pela autora.

### 3.2 CARACTERÍSTICAS DO EMPREENDIMENTO EM ESTUDO

O empreendimento analisado e acompanhado no referido trabalho caracteriza-se como uma obra residencial de alto padrão. Com apartamentos que variam entre 387m<sup>2</sup> e 1.614m<sup>2</sup> de área privativa, possui condomínio com amplas áreas de lazer e estacionamentos no térreo e no subsolo, além de sua localização em um bairro de alta valorização imobiliária da cidade de Porto Alegre. O terreno onde o empreendimento está localizado tem saída para as quatro ruas do entorno (todos os lados da quadra), sendo uma destas uma grande avenida da cidade.

Dos 24 apartamentos do empreendimento, somente 6 encontravam-se em construção com a planta e todas as especificações técnicas propostas inicialmente pela construtora. Dos 18 apartamentos restantes, que tiveram algum tipo de personalização, dois possuíam um baixo grau de modificações, sendo suas especificações principais idênticas às propostas pela construtora,

tendo sido modificados três ou menos disciplinas. Quanto aos outros 16 apartamentos, estes possuíam um alto grau de personalizações, ou seja, mudança em mais de três disciplinas, como por exemplo layout das divisórias em alvenaria, pontos elétricos, pontos hidrossanitários, piso aquecido, instalações de ar condicionado, aspiração central, etc).

No final da execução deste trabalho, o empreendimento encontrava-se com todas as unidades em diferentes estágios de construção. Havia unidades em que as etapas de reboco e contrapiso estão prontas. Em contraponto, existia unidades onde ainda estava sendo executada a elevação de alvenarias – sendo esta, no planejamento global da obra, uma das primeiras atividades de cada apartamento pós-conclusão da estrutura. Os diferentes graus de avanço e personalizações de cada uma das unidades sendo construídas serão abordados em maiores detalhes no item 3.2.1.

Como estratégia de negócio e diretriz de venda para os clientes, foi determinado que, a partir da planta padrão proposta pela construtora, os apartamentos poderiam ser adaptados conforme o desejo de seus futuros moradores. As modificações pelos proprietários no empreendimento não poderiam afetar as fachadas, áreas condominiais, áreas de circulação de serviço e circulações comuns e *shafts* nos apartamentos ao longo da torre. Com exceção das áreas anteriormente citadas, quaisquer outras características internas das unidades poderiam ser alteradas pelos proprietários, com o envolvimento do setor de personalizações da empresa construtora.

Na concepção do empreendimento, algumas diretrizes foram apontadas para que o mesmo fosse pensado como um produto adaptável conforme as necessidades de cada cliente. O projeto estrutural, por exemplo, previu um pequeno número de pilares e vigas. Tal diretriz deve-se à facilidade de mudança que os espaços apresentariam sem elementos estruturais imutáveis; propiciando ao cliente a adaptabilidade dos mesmos. Tendo em vista isto, inicialmente foi proposta a construção das lajes de estrutura do empreendimento como sendo em concreto protendido (devido à alta capacidade de carga e esbelteza das estruturas). Entretanto, entendeu-se que a protensão poderia ser um limitante futuro para possíveis modificações solicitadas pelos clientes devido às restrições técnicas para furação das lajes e possíveis impedimentos de mudanças de local dos pontos embutidos nela. Este cuidado com a liberdade de personalização para os clientes desde o princípio foi o ponto chave para a concepção do projeto.

### 3.3 CARACTERÍSTICAS DAS UNIDADES E SUAS PERSONALIZAÇÕES

Conforme citado no item anterior, aproximadamente 75% das unidades em construção apresentam personalizações contratadas pelos proprietários. O quadro 2 apresenta a lista das unidades e a relação de elementos construídos personalizados em cada uma delas.

Quadro 2 - Relação das unidades do empreendimento e seus projetos.

UNIDADE	PROJETOS PERSONALIZADOS																														
	Academia	Adega	Ar condicionado	Aspiração central	Automação	Bar	Calefação	Churrasqueira	Elétrico	Elevador privativo	Escada privada	Forro	Gás	Hidrossanitário	Luminotécnico	Modulações	Paredes aquecidas	Pergolado	Piscina	Piso aquecido	Pisos	Portas	Revestimentos	Rodapé	Sauna	Segurança	SPA				
1	Apartamento padrão																														
2	Apartamento padrão																														
3			x	x	x			x	x			x	x	x	x	x															
4		x	x					x	x			x	x	x	x	x				x									x		
5														x		x															
6	Apartamento padrão																														
7			x					x	x			x	x	x	x	x					x										
8	Apartamento padrão																														
9			x		x			x	x			x	x	x	x	x					x										
10		x	x		x			x	x			x	x	x	x	x				x	x										
11	Projeto não possui diretrizes do cliente																														
12	Apartamento padrão																														
13																															
14		x	x	x	x			x	x			x	x	x	x	x					x										
15		x	x	x	x			x	x			x	x	x	x	x		x													
16			x	x	x			x	x			x	x	x	x	x															
17			x		x			x	x			x	x	x	x	x															
18	Apartamento padrão																														
19			x	x	x			x	x			x	x	x	x	x															
20		x	x	x	x			x	x			x	x	x	x	x															
21		x	x	x	x			x	x			x	x	x	x	x															
22			x	x	x	x		x	x			x	x	x	x	x															
23		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x														
24		x	x	x	x			x				x	x	x	x	x	x														

Fonte: Adaptada da relação de projetos personalizados da obra em estudo, elaborada pela autora.

As caixas marcadas em amarelo referem-se aos projetos personalizados, as caixas em verde aos projetos padrão, em vermelho aos projetos que não possuem diretrizes do cliente e as caixas em branco aos projetos inexistentes. É possível perceber a variedade de projetos e métodos construtivos contemplados nas unidades. Esta variedade e os diferentes momentos de definição das modificações solicitadas por cada unidade, dificultaram a adoção do sequenciamento tradicional de execução de atividades, normalmente adotado em obras repetitivas, com unidades

idênticas padrão. Estas características fazem com que a obra tenha um alto nível de complexidade, o que dificulta a utilização de métodos de planejamento tradicionais na construção civil, baseados no CPM.

A empresa analisada é responsável pela gestão dos projetos de interiores fornecidos por alguns clientes, que definem o escopo da personalização das unidades. Assim, o setor que gerencia as personalizações presta como serviços principais a compatibilização destes projetos, o repasse de modificações e especificações para execução, acompanhamento e execução de cronogramas específicos das unidades e a gestão de custos executivos extras – quando existirem.

Todos estes serviços prestados aos clientes pelo setor de personalizações são realizados por meio da gestão de informações dos projetos modificados em comparação aos projetos padrão. Com a sobreposição de informações disponibilizadas nos projetos dos clientes para execução e as diretrizes padrões de projeto orientadas pela construtora, dá-se a compatibilização destas e sequencial execução. Existem, dentro do setor de gestão dos projetos personalizados, prazos para os clientes fecharem cada etapa de maneira que as modificações solicitadas não alterem o plano de longo prazo proposto pela construtora. Tais prazos nem sempre são seguidos pelos clientes.

O quadro 3 apresenta o cronograma realizado para uma das unidades que teve seus prazos internos atrasados, interferindo no cronograma executivo da obra como um todo. Conforme é possível verificar pelas datas realizadas, a data de aprovação do orçamento para a execução das personalizações solicitadas pelo cliente (destacada em vermelho) se deu posteriormente a diversas instalações já executadas na unidade (destacadas em azul). Tal diferença de prazo resulta na necessidade de refazer a execução de instalações já prontas, o que gera diversas perdas para a obra, como desperdício de mão de obra e materiais.

Quadro 3 - Cronograma de unidade que teve diversas alterações pós-execução por perda de prazo do cliente.

Serviço	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
	<b>Apartamento X</b>	<b>21,52 meses</b>	<b>Qua 07/04/21</b>	<b>Ter 17/01/23</b>
Alvenaria	Marcação de alvenaria - Apartamento X	8 dias	Qua 07/04/21	Sex 16/04/21
Instalações Hidráulicas	Colunas hidráulicas - Apartamento X	11 dias	Seg 21/06/21	Seg 05/07/21
Alvenaria	Elevação de alvenaria casca e serviço - Apartamento X	10 dias	Qui 13/05/21	Qua 26/05/21
Alvenaria	Elevação de alvenaria interna - Apartamento X	10 dias	Qui 13/05/21	Qua 26/05/21
Encunhamento	Encunhamento - Apartamento X	10 dias	Seg 12/07/21	Sex 23/07/21
Lareiras e Churrasqueiras	Dutos lareira e churrasqueira - Apartamento X	3 dias	Seg 07/06/21	Qua 09/06/21
Instalações de Gás	Instalações de gás - Apartamento X	5 dias	Seg 17/05/21	Sex 21/05/21
Instalações de ar condicionado	Instalações de ar condicionado - Apartamento X	7 dias	Qua 29/09/21	Qui 07/10/21
Instalações de ar condicionado	Exaustão - Apartamento X	5 dias	Seg 18/10/21	Sex 22/10/21
Instalações hidráulicas	Redes hidráulicas suspensas interna - Apartamento X	2 dias	Sex 28/05/21	Seg 31/05/21
Instalações hidráulicas	Redes de esgoto suspensas - Apartamento X	5 dias	Seg 13/09/21	Sex 17/09/21
Instalações elétricas	Instalações elétricas na alvenaria - Apartamento X	1,76 meses	Ter 21/09/21	Sex 12/11/21
Impermeabilização	Impermeabilização de box - Apartamento X	11 dias	Sex 15/10/21	Sex 29/10/21
Contramarco e Chumbação	Contramarco e chumbação - Apartamento X	10 dias	Qua 17/11/21	Ter 30/11/21
Reboco Interno	Pré-reboco - Apartamento X	4 dias	Sex 10/12/21	Qua 15/12/21
Reboco Interno	Reboco interno - Apartamento X	8 dias	Qui 03/02/22	Seg 14/02/22
Contrapiso	Contrapiso interno - Apartamento X	5 dias	Ter 12/07/22	Seg 18/07/22
	<b>PRS I Apartamento X</b>	<b>14,9 meses</b>	<b>Ter 26/10/21</b>	<b>Ter 17/01/23</b>
	PRS   Aprovação Orçamento Etapa Civil - X	1 dia	Ter 26/10/21	Ter 26/10/21

Fonte: Cronograma executivo da obra em estudo.



## 4 RESULTADOS

Neste capítulo, dividido em três subitens, serão apresentados os processos de PCP em uso para a obra em estudo, o resultado da aplicação destes - planejamento realizado – e, por último, serão propostas melhorias técnicas nesta gestão de PCP.

### 4.1 ANÁLISE DO SISTEMA DE PCP EXISTENTE

A empresa em estudo utiliza o CPM para o planejamento e controle dos níveis de longo e médio prazo em todas as suas obras. O quadro 4 apresenta um extrato de planilha gerado por meio deste método. O planejamento de longo prazo é elaborado no início da obra, mas, sempre que necessário, é revisado em função de desvios que acontecem na execução da obra.

Quadro 4 - Trecho do planejamento de longo prazo da obra analisada.

Nome da Tarefa	Critica	Duração	Início	Término	Serviço
<b>SERVIÇOS PRÉ-LI</b>	Não	3 meses	15/05/2019	09/08/2019	
Demolição	Não	63 dias	15/05/2019	09/08/2019	Demolição
<b>SERVIÇOS PÓS-LI</b>	Sim	46,52 meses	01/07/2019	21/08/2023	
Emissão LI	Não	1 dia	01/07/2019	01/07/2019	Tramitações
Emissão AERV/TCV	Não	6 dias	15/07/2019	22/07/2019	Tramitações
Decapagem do terreno	Não	10 dias	12/08/2019	23/08/2019	Decapagem
Escavação para provisórias	Não	5 dias	04/07/2019	23/09/2020	Escavação
Instalações provisórias	Não	15 dias	15/07/2019	02/08/2019	Instalações Provisórias
Instalações de canteiro	Não	50 dias	15/07/2019	23/09/2019	Instalações Provisórias

Fonte: Cronograma executivo da obra em estudo.

Por meio do Software Microsoft Project, a obra em análise teve seu planejamento inicial desenvolvido pelo setor de Planejamentos da construtora em conjunto com a equipe de engenharia responsável pela construção do empreendimento. Este planejamento foi baseado no histórico de obras anteriores de padrão e porte similar. O cronograma inicial do empreendimento previa o Habite-se (carta que marca a conclusão da fase de construção) para 1º de julho de 2022. Diversos problemas impactaram esta previsão inicial, alterando a previsão do Habite-se para 30 de dezembro de 2022, o que resulta em uma postergação de praticamente 6 meses em relação ao prazo inicialmente proposto.

O planejamento de médio prazo possui frequência de análise mensal, sendo extraído diretamente do plano de longo prazo por meio de um filtro nas atividades previstas para o trimestre seguinte. Esta projeção é analisada e revisada em reunião mensal que envolve o engenheiro da obra e engenheira responsável do setor de Planejamentos, levando em conta o

fechamento dos percentuais construídos atingidos no mês anterior. O foco desta reunião é, portanto, a análise do avanço físico. Este nível de planejamento não contempla a identificação e remoção sistemática de restrições, assim como não possui um mecanismo *look-ahead*, isto é, um planejamento móvel voltado a analisar dois ou três meses à frente da data atual.

Assim, a rede CPM que representa o plano da obra não contempla os pré-requisitos para a execução das atividades como, por exemplo, os recursos necessários e as condicionantes do local e acesso a este a cada troca de equipes. Apenas apresenta a duração das atividades e as relações de precedência. Em função da falta de análise de restrições, muitos atrasos ocorrem na sequência de atividades previstas no plano.

Para a obra em estudo, podem ser citados como exemplo os problemas ocorridos na sequência de execução do reboco nas unidades. O transporte de materiais de maior peso ou volume, durante a elaboração do presente trabalho, ocorria exclusivamente pelo elevador cremalheira. Para o cenário em que um apartamento está sendo rebocado, é necessário considerar que o abastecimento de argamassa desta equipe trabalhando é realizado por meio do elevador, que também atende outras equipes e frentes de trabalho simultaneamente. Ao término da execução do apartamento, existe a desmobilização da equipe que se desloca para a unidade seguinte, juntamente com todos os equipamentos (tais como maseiras, régua, esquadros, etc.) e materiais que sobraram depositados no ambiente. Esta logística de movimentação das equipes não é contemplada pelo modelo atual de planejamento.

Além disso, em função da utilização do método CPM, a sequência de execução das equipes em suas atividades e locais definidas no plano inicial baseava-se no empreendimento como um todo, considerando o projeto existente. Tendo em vista as mudanças de projetos para cada um dos apartamentos, havia mudanças no sequenciamento das atividades e variações na produtividade alcançada pelas equipes executantes. Também havia variações nos prazos de conclusão para as atividades. Com frequência, foram executadas atividades com prazos mais longos do que o previsto inicialmente. Isto se deve à falta de análise prévia das restrições e pela não consideração do desvio de ritmo atrelado às atividades para cada uma das equipes de trabalho nas unidades específicas.

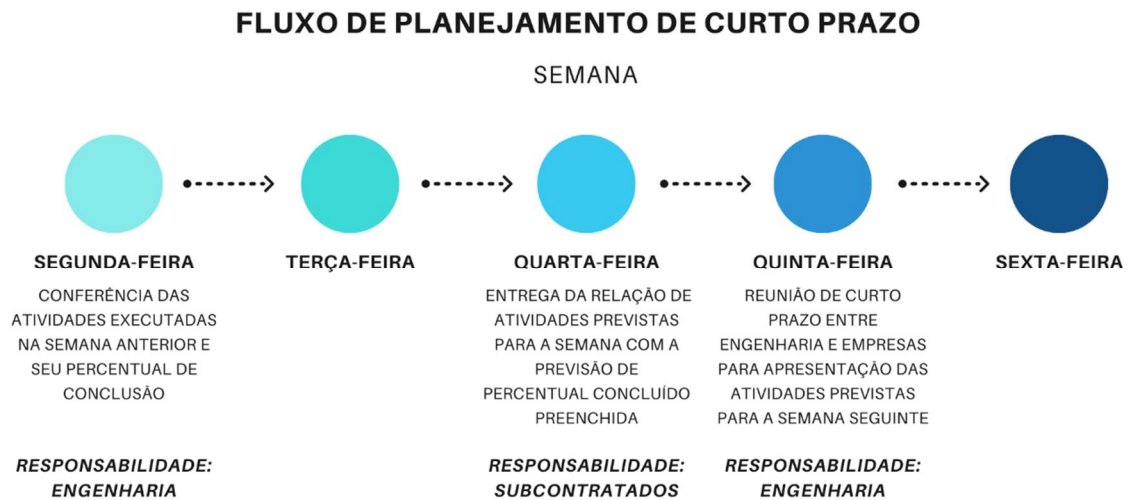
A partir da projeção de atividades listadas para serem executadas em cada uma das unidades durante a reunião de planejamento de médio prazo, extraída do planejamento de longo prazo da

obra, divide-se o planejamento de curto prazo, que tem frequência semanal. Este planejamento tem um caráter participativo, envolvendo representantes das diferentes equipes integrantes na execução das unidades, sendo todas terceirizadas. Na mesma reunião de curto prazo são apresentadas as atividades a serem executadas nas unidades privativas e nas áreas comuns do empreendimento, visto que a maior parte das equipes subcontratadas atua nas duas frentes de trabalho simultaneamente. Esta reunião é realizada no penúltimo dia de cada semana, tendo um caráter de repasse aos empreiteiros das atividades previstas para o próximo período – o que não é uma aplicação satisfatória do sistema *Last Planner*, visto que tal reunião deveria ser utilizada como um acordo de compromissos entre as empresas.

No dia anterior a esta reunião semanal acontece, por parte das empresas prestadoras de serviço, a entrega para a equipe de engenharia da obra da relação de atividades que estão sendo realizadas durante a semana que está em andamento. Esta entrega é feita a partir da cópia do planejamento apresentado para as empresas na reunião da semana anterior, onde estavam previstas as atividades a serem feitas para o período. Cada uma destas atividades que teriam que ter sido executadas dentro da semana em andamento é sinalizada pelo responsável da empresa prestadora de serviços com seu percentual de conclusão previsto e, em caso de não haver 100% de realização, a causa para determinado percentual abaixo do esperado na atividade deve ser indicada.

No início da semana seguinte a obra realiza a revisão dos pacotes que foram programados para terem sido concluídos na semana anterior, analisando cada uma das empresas e o material por elas entregue como previsão de percentuais concluídos. A figura 2 apresenta as atividades referentes ao PCP realizadas pela equipe de assistentes técnicos e subempreiteiros com relação ao planejamento de curto prazo na obra estudada.

Figura 2 – Fluxo realizado na obra em estudo como ciclo de planejamento de curto prazo.



Fonte: Elaborado pela autora.

A análise feita no início de cada semana é realizada por meio da comparação entre o que foi planejado e a relação de atividades que foi realizada por cada uma das empresas, com seus percentuais de conclusão. Em caso de não conclusão, conforme anteriormente citado, tal percentual abaixo do esperado é vinculado à uma causa de não conclusão. O quadro 5 apresenta uma lista de possíveis causas utilizada pela obra.

Quadro 5 - Lista de possíveis causas para não conclusão das tarefas previstas na semana.

<b>Causa</b>	<b>Descrição</b>
1.1	Modificação dos planos
1.2	Descumprimento das condições de qualidade/terminalidade
1.3	Problemas em equipamentos/Mão de obra de transporte
1.4	Falta de previsão/disponibilização de material no local
1.5	Superestimação da produtividade
1.6	Atividade com folga (opção do gestor da obra)
1.7	Má especificação de tarefas
2.1	Baixa produtividade
2.2	Falta de efetivo do empreiteiro
2.3	Tarefa predecessora não cumprida; (Empreiteiro)
2.4	Tarefa predecessora não cumprida; (Terceiros)
3.1	Falta/Atraso na solicitação do material/equipamento/Mão de obra pela engenharia
3.2	Falta/Atraso na solicitação do material/equipamento pelo empreiteiro
3.3	Falta/atraso na contratação do material/equipamento/Mão de obra por setor interno
3.4	Falta/atraso na entrega do material/equipamento
3.5	Rescisão de contrato
3.6	Materiais/equipamentos não conformes ou com defeito
4.1	Paralisação por falta de equipamento de segurança
4.2	Embargo/Interdição da DRT
4.3	Falta de documentação do empreiteiro
5.1	Falta/Alteração de projeto do cliente
5.2	Falta/Alteração de projeto da construtora
5.3	Incompatibilidade entre projetos da construtora
6.1	Condições adversas do tempo
6.2	Condições adversas inesperadas (pandemia, faltas inesperadas, acidentes, etc)
6.3	Interferência do cliente

Fonte: Obra em estudo.

Com base nesta análise acontece o preenchimento da planilha de planejamento, na aba referente à semana anterior, para acompanhamento do curto prazo realizado, conforme exemplo apresentado no quadro 6.

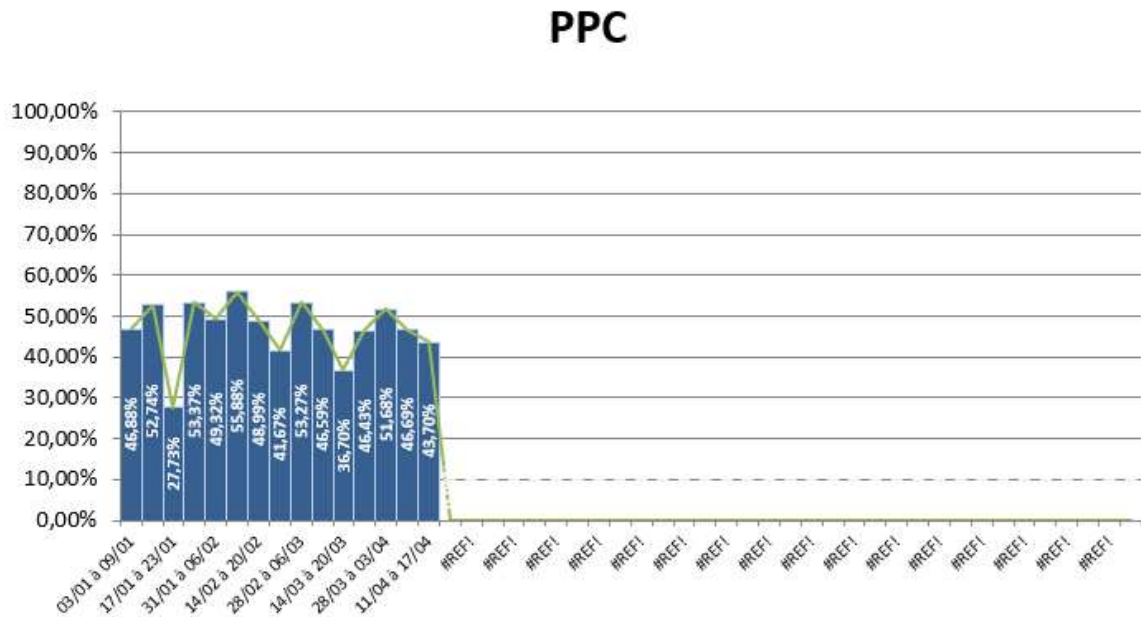
Quadro 6 - Exemplo de acompanhamento de atividades realizadas na semana para a obra analisada.

Empreiteiro	Pavto	Tarefas / Pacotes de Trabalho	Início	Fim	Duração	Semana							10	Início	03/01/2022				
						07/03/2022										13/03/2022			Data: 03/05/2022
						S	T	Q	Q	S	S	D				% Exec	Causas		
X	14º	Reboco Externo - Parte 2/2	7-mar	10-mar	4	P	x	x	x	x					100%				
						E													
X	15º	Reboco Externo - Parte 1/2	9-mar	11-mar	3	P			x	x	x				50%	1.5			
						E													
X	10º	Pré-reboco Laje Superior Fachada - 10º pav	7-mar	7-mar	1	P	x								0%	2.2			
						E													
X	11º	Pré-reboco Laje Superior Fachada - 11º pav	8-mar	8-mar	1	P		x							0%	2.2			
						E													
X	9º	Reboco Laje Superior Fachada	8-mar	11-mar	4	P		x	x	x	x				0%	2.2			
						E													

Fonte: Planilha de curto prazo da obra em estudo.

Com base nesta análise, são gerados gráficos informativos sobre a realização de pacotes previstos para o período, que haviam sido recentemente implantados na obra em estudo, ainda durante a realização deste trabalho (figura 3).

Figura 3 – Percentuais de pacotes concluídos (PPC) da obra em estudo.



Fonte: Obra em estudo.

Pode-se observar, com base nos percentuais apresentados na figura 3, que a obra em estudo apresenta um resultado baixo de PPC. Do período entre 3 de janeiro de 2022 e 17 de abril de 2022, apenas durante 5 semanas as atividades planejadas apresentaram atingimento dos percentuais executados acima de 50%, sendo que em nenhuma das semanas tal número ultrapassou 55,88%.

Com base na lista de causas referente à não conclusão de atividades, eram gerados gráficos de ocorrência de tais causas, conforme segue no quadro 7 e figura 4. Nos exemplos a seguir, estão relacionadas as causas elencadas em ordem decrescente de ocorrências para a semana de 28 de fevereiro de 2022 a 06 de março de 2022, na qual o PPC atingido foi de 53,27%.

Quadro 7 - Lista de ocorrências das causas de não conclusão das atividades previstas para o período analisado, por semana.

Semana		28/02 à 06/03		
<b>Classificar</b>				
Causa	Descrição	Nº Ocorrências	%	% Acum
2.1	Baixa produtividade	15	24%	24,19%
1.1	Modificação dos planos	8	13%	37,10%
6.3	Interferência do cliente	7	11%	48,39%
2.4	Tarefa predecessora não cumprida; (Terceiros)	6	10%	58,06%
6.2	Condições adversas inesperadas (pandemia, faltas inesperadas, acidentes, etc)	6	10%	67,74%
1.5	Superestimação da produtividade	5	8%	75,81%
3.2	Falta/Atraso na solicitação do material/equipamento pelo empreiteiro	4	6%	82,26%
6.1	Condições adversas do tempo	4	6%	88,71%
3.4	Falta/atraso na entrega do material/equipamento	4	6%	95,16%
2.2	Falta de efetivo do empreiteiro	2	3%	98,39%
5.2	Falta/Alteração de projeto da construtora	1	2%	100,00%

Fonte: Obra em estudo.

Figura 4 – Ranking de ocorrência das 5 causas mais frequentes da não conclusão das atividades para o período analisado.

RANKING DE CAUSAS	
2.1 - Baixa produtividade	- 24 %
1.1 - Modificação dos planos	- 13 %
6.3 - Interferência do cliente	- 11 %
2.4 - Tarefa predecessora não cumprida; (Terceiros)	- 10 %
6.2 - Condições adversas inesperadas (pandemia, faltas inesperadas, acidentes, etc)	- 10 %

Fonte: Obra em estudo.

Analisando as causas elencadas pode-se perceber que elas não especificam de maneira clara a origem dos problemas que resultaram na não conclusão das atividades. Este é um problema que ocorre durante a implementação do sistema *Last Planner* em algumas obras, sendo que neste caso as causas representam apenas justificativas para não conclusão das atividades previstas. Com base na semana do exemplo, a causa mais frequente aponta que a produtividade das equipes executando as tarefas foi baixa para o período – mas não houve um diagnóstico da origem desta produtividade abaixo do previsto.



O segundo item mais frequente, de modificação dos planos, não define com clareza porque ocorreram estas modificações. Em análise sistemática das atividades sinalizadas com esta causa para o período do exemplo, foi possível perceber que as alterações de sequência executiva apresentaram relação direta com as mudanças de projetos solicitadas pelos clientes. Com frequência que varia de acordo com os proprietários, são realizadas reuniões das equipes de projetistas de cada unidade em que são encaminhadas as solicitações de mudanças de execução acerca de definições técnicas e de produto. Tais mudanças resultam na indisponibilidade de execução de determinados serviços em algumas unidades por períodos específicos, o que não é identificado de forma sistemática no planejamento de médio prazo. Tendo em vista que o planejamento das atividades para os apartamentos personalizados não é baseado no conceito de pontos de desacoplamento, estas pausas não englobadas no planejamento resultam, então, na modificação de sequências de atividades previstas inicialmente, visto que as equipes executoras necessitam ser deslocadas para outras frentes de trabalho, enquanto aguardam as definições de projeto para seguir a execução das atividades originalmente programadas. A modificação dos planos, em geral, é vinculada às atividades que não são nem iniciadas na semana – tendo, assim, o percentual de 0% de conclusão.

O terceiro item, de interferência do cliente, não detalha de maneira clara qual foi a interferência que resultou na não realização completa da tarefa prevista, nem por que motivo isto aconteceu apenas quando a atividade estava sendo executada. Pela análise realizada para a semana de exemplo, constatou-se que esta causa vincula as atividades iniciadas que precisaram ser interrompidas durante a execução – não podendo ser, assim, concluídas no prazo proposto, mas apresentando percentual de conclusão acima ou igual a 25%. Em análise qualitativa das atividades do período classificadas nesta causa, foi possível observar que as interrupções ocorreram em função de modificações de definições e complementação das especificações dos projetos dos clientes. Constatou-se que os itens precisaram ter a execução interrompida por fatores como a falta de compatibilização de projetos, que precisaram ser revisados e modificados durante a execução, e falta de informações para conclusão da execução originadas da falta de especificações do proprietário. Por exemplo, em uma unidade personalizada faltou a especificação de modelos de bacias sanitárias no memorial do cliente. Isto impediu o término da execução dos banheiros pela equipe de instalações hidráulicas.

Pode-se afirmar que a falta de uma análise detalhada de restrições no planejamento de médio prazo resulta na falta de confiabilidade dos planos gerados para o período; o que, por consequência, resulta no baixo PPC.

Além da análise de todas as atividades por semana, tendo em vista que todos os serviços executados são prestados por empresas terceirizadas, a obra também implantou recentemente – durante a realização deste trabalho - a análise dos percentuais de causas de não cumprimento por prestadores de serviços, conforme quadro 8 e figura 5. O intuito desta análise visa, além do mapeamento de frentes de trabalho que estão apresentando interferências e atrasos para os subcontratados, desenvolver um banco de informações sobre as empresas prestadoras de serviços que, para futuras obras, possa gerar quantitativos de produtividade e qualidade dos fornecedores de mão de obra.

Quadro 8 - Lista de ocorrências das causas de não conclusão das atividades previstas para o período analisado para uma empresa.

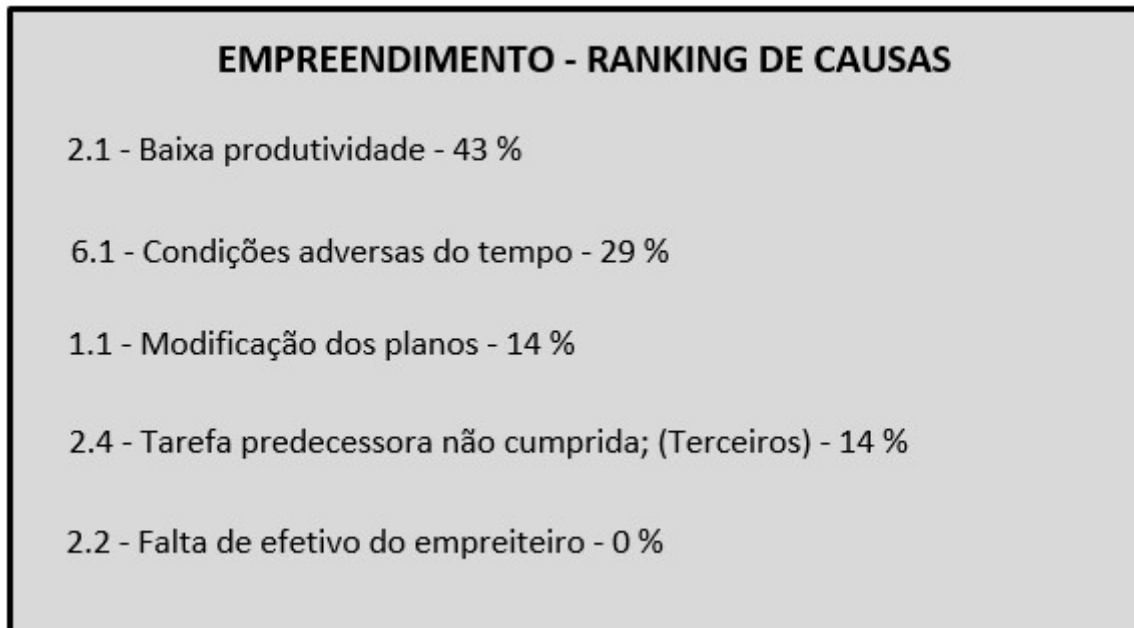
<b>Semana</b>	28/02 à 06/03				<b>Classificar</b>
<b>EMPREITEIRO</b>	EMPRESA X				

<b>Causa</b>	<b>Descrição</b>	<b>Nº Ocorrências</b>	<b>%</b>	<b>% Acum</b>
<b>2.1</b>	Baixa produtividade	3	43%	42,86%
<b>6.1</b>	Condições adversas do tempo	2	29%	71,43%
<b>1.1</b>	Modificação dos planos	1	14%	85,71%
<b>2.4</b>	Tarefa predecessora não cumprida; (Terceiros)	1	14%	100,00%

Fonte: Obra em estudo.

Figura 5 – Ranking de ocorrência das 5 causas mais frequentes de não conclusão das atividades previstas para o período analisado para uma das empresas.



Fonte: Obra em estudo.

Nas causas elencadas por empresa subcontratada, para o exemplo em análise, a produtividade também está elencada como a maior causa de não conclusão do planejado. Entretanto, não há o detalhamento do porquê tais equipes não foram produtivas. Novamente, a causa não está vinculada à origem do problema.

Após, como segundo item mais frequente, está apresentado condições adversas do tempo – um item amplo, que não fornece um diagnóstico de porque as condições climáticas impactaram na execução dos serviços. Conforme análise, constatou-se que essa causa está relacionada às atividades feitas em áreas descobertas que não podem ter interferência da chuva durante sua execução. Tal impacto poderia ser evitado caso fossem pensadas e propostas antes da previsão de execução do serviço algumas medidas alternativas de proteção destas áreas descobertas, por exemplo.

O terceiro item mais frequente é a modificação dos planos, cuja causa não está diretamente vinculada ao desempenho dos empreiteiros, mas se origina na gestão de projetos ou definições por parte dos clientes, conforme anteriormente detalhado.

O quarto e último item relacionado como causa para o empreiteiro do exemplo se refere à tarefa predecessora não cumprida por terceiros – ou seja, outra empresa prestadora de serviços que

não concluiu a atividade anterior. Pela falta de rastreabilidade do problema que originou a não execução dos serviços das empresas responsáveis pelas atividades anteriores, justificar a não execução de um empreiteiro com a não execução do anterior indica a ineficácia na identificação e remoção de restrições no sistema de PCP existente. Para o período do exemplo, tal causa foi atribuída a atividades das outras empresas que também foram previstas para a semana em análise, e ficaram classificadas como não concluídas – não tendo, assim, no decorrer da semana, liberado o ambiente para a atividade seguinte iniciar.

Estes gráficos e percentuais analisados permitem uma avaliação inicial dos principais condicionantes que justificaram a não-conclusão das atividades previstas, mas não fornecem a vinculação destes com a causa dos problemas. Desta forma, é gerada uma ampla base de dados sem informações funcionais que propiciem a tomada de decisão gerencial acerca do planejamento subsequente, sem identificar e trabalhar em cima dos maiores e mais recorrentes problemas e restrições nas atividades do planejamento – sejam eles por causa de condições relacionadas à construtora, aos clientes ou às empresas prestadoras de serviço.

## 4.2 PROBLEMAS GERADOS PELA INADEQUAÇÃO DO PCP

Durante as diferentes etapas construtivas já realizadas no empreendimento, alguns itens foram de impacto significativo para o atraso na projeção inicialmente estimada de término da obra.

A partir de uma análise dos fechamentos mensais realizados pela obra com o setor de Planejamentos, foi possível diagnosticar que a grande maioria dos itens que apresentaram atraso poderiam ter tido menor impacto com aplicação de análise e remoção de restrições em sequência para cada etapa. Entre as restrições que existiram e impactaram diretamente o planejamento houve atraso na entrega de projetos, falta de compatibilização entre as disciplinas e informação insuficiente nos projetos existentes. Podem ser citados como principais serviços impactados por tais restrições, em ordem cronológica:

- Atraso na etapa de supra estrutura, causado por diversos problemas de desenvolvimento de projetos que resultaram na dificuldade de compras de materiais;
- Atraso na contratação de mão de obra subcontratada, gerado principalmente pela insuficiência de informações nos projetos existentes de instalações elétricas, instalações hidráulicas, impermeabilização e instalações de ar condicionado, entre outros. A falta de desenvolvimento

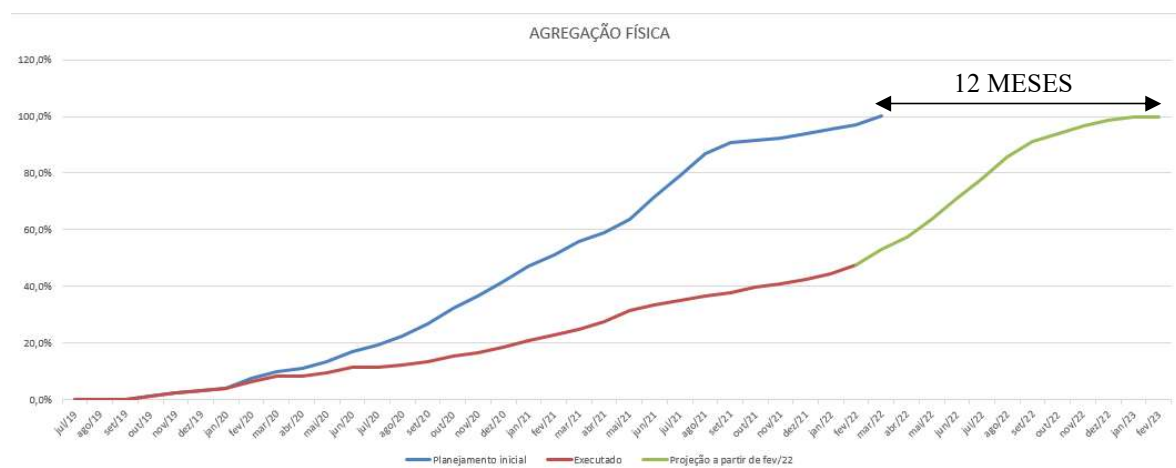
de tais projetos não permitiu às potenciais empresas subcontratadas, na época, orçarem para executar corretamente as atividades desde o princípio;

- Paralisações e diminuição das jornadas de trabalho devido à pandemia pela COVID-19, que resultou em perdas consideráveis da produtividade prevista para o período;
- Atraso causado pelo alto índice de modificações nos projetos personalizados e insuficiência de informações executivas tanto nos projetos personalizados quanto nos padrões, dificultando a conclusão de atividades para liberação dos serviços posteriores.

Além da análise de restrições, que poderia mapear muitas interferências e minimizá-las, para o caso dos projetos e especificações dos clientes, poderiam ter sido inseridos no planejamento das unidades privativas personalizadas pontos de desacoplamento. Isto permitiria que o planejamento englobasse os períodos necessários para os clientes fornecerem as diretrizes e informações completas para execução.

Os atrasos existentes na obra são evidenciados pela curva de agregação apresentada na figura 6 para a obra em questão. No gráfico, a curva azul refere-se à projeção planejada inicialmente para a obra; a curva em vermelho refere-se à execução para os meses entre julho de 2019 e janeiro de 2022; e a curva em verde os percentuais planejados a partir de fevereiro de 2022, de acordo com os percentuais executados até janeiro de 2022.

Figura 6 – Percentuais de avanço físico planejado e executado da obra analisada.



Fonte: Obra em estudo.

Foi possível verificar, de acordo com a projeção das curvas anteriores, que o avanço físico da obra cresceu de maneira mais lenta do que o inicialmente previsto. Isso ocorreu principalmente por causa dos problemas anteriormente apontados como causa dos atrasos.

A partir da análise da curva de percentuais executados e projetados e análise das principais causas de atrasos já ocorridos a partir do cronograma original, foi constatado que a obra apresenta como ponto central de desafio para o desenvolvimento de um planejamento eficaz o alto grau de complexidade introduzido pelas constantes modificações dos projetos. Isto se origina no elevado grau de personalização das unidades com frequentes mudanças de projeto por parte dos clientes.

Assim, a complexidade relacionada às personalizações resulta em muitas restrições, as quais podem trazer a necessidade de alteração no sequenciamento de execução dos serviços nas unidades, atrasos na entrega de materiais e na contratação de mão de obra. Tais itens ocasionam interrupções nos processos, resultando na falta de confiabilidade do sistema de PCP.

Foi possível mapear os seguintes pontos de fragilidade na aplicação do uso exclusivo de CPM ao empreendimento estudado: (a) o método em utilização não contempla, de maneira visual e simultânea, os processos em cada uma das unidades e seus sequenciamentos distintos; (b) as restrições para unidade não são analisadas de forma sistemática antes da execução; e (c) o CPM não propicia o uso da gestão visual para controlar atividades e a conclusão de lotes de trabalho (áreas). Isto resulta em diversos problemas no planejamento, tais como a sobreposição do trabalho de diferentes equipes no mesmo espaço, atividades inacabadas e atrasadas, pendências em cadeia e falta de controle da entrega dos serviços concluídos pelos subempreiteiros contratados.

## 4.3 PROPOSTA DE MELHORIAS

### 4.3.1 Melhorias para o planejamento de médio prazo

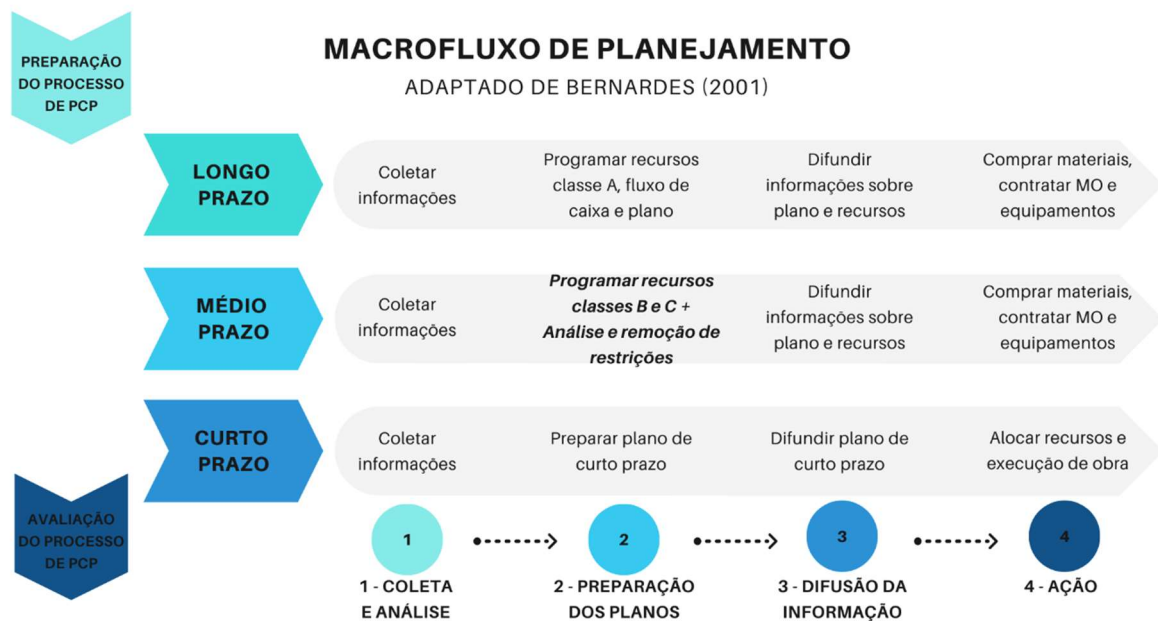
A partir das definições constantes no capítulo de revisão bibliográfica quanto às divisões de níveis de planejamento em horizontes de análise, em conjunto com as informações coletadas acerca do empreendimento estudado, foram identificadas oportunidades de melhorias no PCP. Estas melhorias serão propostas com o objetivo de adaptar o sistema existente ao contexto de

empreendimentos com alto grau de complexidade, devido ao elevado número de personalizações em cada uma das unidades construídas.

Tendo em vista a obra em estudo já possui uma rotina de planejamento de curto prazo – conforme abordado no capítulo 4.1, que apresenta a análise do fluxo existente com possíveis melhorias para tal acompanhamento – e com base nos níveis de informações disponíveis do planejamento de longo prazo, o foco principal das melhorias é no horizonte de médio prazo. Para isto, são propostas duas instâncias de análise do planejamento: (a) restrições cuja remoção demanda menores prazos e depende mais diretamente do trabalho da equipe gerencial da obra; e (b) restrições cuja remoção requer prazos mais longos e o envolvimento de outros setores da empresa e níveis hierárquicos mais altos em relação à gerência da obra.

A partir disto, propõe-se uma nova sequência de fluxo de análise e acompanhamento de PCP para o médio prazo. Com base em definições propostas por Bernardes (2001), que permitem representar as atividades do PCP, foi produzido o fluxograma apresentado na figura 7. Esta nova configuração do PCP pode tornar mais eficaz a identificação e a remoção sistemática de restrições de maneira antecipada, podendo contribuir para aumentar o PPC consideravelmente, além de proporcionar melhores resultados no médio e longo prazo.

Figura 7 – Fluxograma de planejamento com foco no médio prazo.



Fonte: Adaptado de Bernardes (2001).

Ainda, propõe-se também a utilização de planejamento e controle baseado em localização, sendo sua aplicação combinada com a análise e remoção de restrições nas mesmas instâncias de análise do planejamento de médio prazo propostas.

O uso de ambas metodologias de planejamento pode proporcionar, além da melhora no fluxo das atividades e rotinas de planejamento e execução, a geração de indicadores importantes para complementação das informações de acompanhamento para a obra. Podem ser citados, como possíveis indicadores para análise da eficácia do planejamento proposto: (a) o Índice de Remoção das Restrições (IRR) - razão entre o número de restrições removidas sobre o de restrições identificadas no prazo, (b) os tipos de restrições mais frequentes e os responsáveis pela remoção das mesmas, o que pode gerar informações úteis para futuros planos de médio prazo, e (c) um controle de terminalidade – proporcionando o acompanhamento do percentual de tarefas concluídas com terminalidade e do avanço físico com terminalidade.

#### **4.3.2 Planejamento de médio prazo – análise operacional**

O nível hierárquico mais baixo de planejamento de médio prazo, denominado de análise operacional, tem como objetivo principal acompanhar os pacotes de trabalho da obra dentro de um horizonte mais curto para remoção de restrições. Neste período, espera-se que a análise de restrições englobe as atividades previstas em um horizonte próximo, de maneira a dar continuidade à sua execução.

A análise neste horizonte tem como principais objetivos: identificar e remover restrições causadas por interferências entre diferentes equipes nas suas frentes de trabalho, planejar o fornecimento de materiais de rápida obtenção, definir a distribuição de mão de obra entre as diferentes zonas de trabalho, planejar os fluxos logísticos internos para abastecer as diferentes zonas de trabalho de maneira organizada e prever possíveis antecipações de definições finais por parte dos clientes.

Para o presente trabalho, a partir da análise das reuniões mensais da equipe de engenharia no nível gerencial que faz a gestão dos planejamentos de longo e médio prazo e reuniões semanais dos assistentes que desenvolvem o planejamento de curto prazo, propõe-se um horizonte de cinco semanas para este nível operacional de planejamento de médio prazo, sendo a primeira



semana a do planejamento de curto prazo e as quatro semanas seguintes tendo como base os percentuais de execução previstos no planejamento mensal.

### **4.3.3 Planejamento de médio prazo – análise estratégica**

A análise estratégica do planejamento de médio prazo visa à ampliação do horizonte de análise para incluir as etapas seguintes da obra, de forma a analisar restrições que requerem mais prazo para serem removidas, em comparação às identificadas na análise operacional.

Esta instância de acompanhamento tem como objetivo antecipar possíveis interferências de projeto e execução que causem grande impacto no prazo e no custo do empreendimento. Para isto, são analisados os relatórios vindos das rodadas de compatibilização entre os projetos personalizados, desenvolvidos pela equipe de personalizações da empresa, a serem executados pela obra. Outro objetivo importante da instância de análise estratégica é estruturar o abastecimento de materiais que demandem pedidos com antecipação maior de prazo, logística de recebimento complexa, custo elevado de compra e armazenamento em obra por longos períodos. Também representam pontos importantes a serem atendidos por este nível de planejamento a obtenção de especificações e diretrizes de clientes que demandem aprovações orçamentárias, o início de atividades que necessitem maior tempo de preparação e o planejamento logístico de tarefas e subcontratados.

Para a obra analisada, tendo em vista o fluxo de aprovação de projetos em execução, o número de alterações demandadas pelos clientes e a especificidade dos acabamentos, propõe-se a implantação de um acompanhamento de cinco meses de análise – sendo, o primeiro, o mês referente ao planejamento operacional de médio prazo.

### **4.3.4 Categorização e análise de restrições**

A partir da revisão de literatura de Bernardes (2001) e da análise dos principais materiais em uso na obra estudada, o presente trabalho propõe a categorização de restrições apresentada na figura 8, descritas a seguir.

Figura 8 – Proposta de categorização de restrições das atividades previstas para o médio prazo.



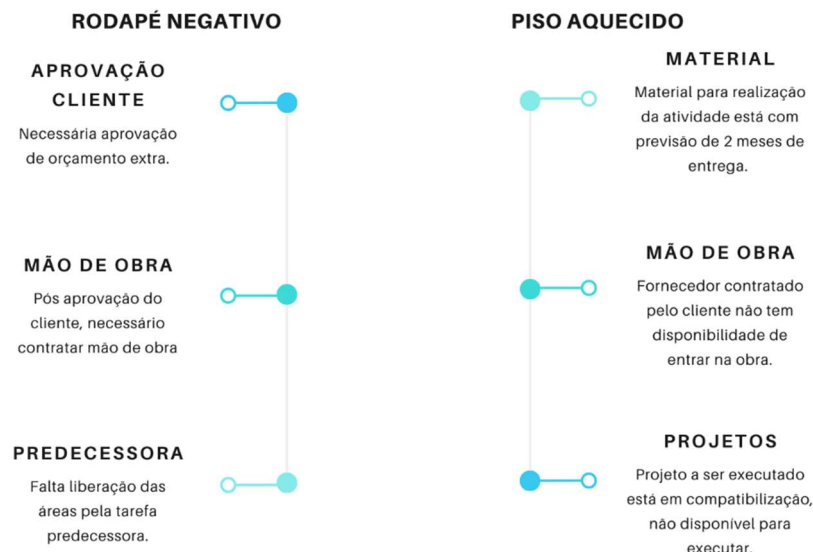
Fonte: Elaborado pela autora.

- Mão de obra: refere-se à análise relacionada com as restrições do período de contratação de fornecedores para execução de serviço, ou ainda para disponibilidade das equipes contratadas em realizar a atividade;
- Meio ambiente: restrição que vincula o local para execução da atividade. Trata-se do espaço físico e adequação deste para a realização do serviço, com a infraestrutura necessária – como água, energia, limpeza, segurança, etc.;
- Predecessoras: restrição ligada à liberação e conclusão das demais atividades anteriores no ambiente da atividade em análise e à sequência executiva necessária para a realização desta;
- Projetos: vínculo com a liberação do projeto para execução, com as informações necessárias e compatibilizações realizadas;
- Aprovação cliente: neste caso, a restrição está vinculada à atividade caso seja personalizada no apartamento. Este item contempla o período de liberação do cliente para execução, incluindo aprovação orçamentária - se existir;

- Método de execução: em caso de serviços que necessitem técnicas diversificadas para realização da atividade, esta restrição vincula as definições necessárias para correta execução – como, por exemplo, caso sejam necessárias revisões de procedimentos não contemplados em normas ou cadernos técnicos da empresa construtora;
- Máquinas e equipamentos: refere-se a atividades que demandem a contratação de determinadas máquinas ou equipamentos específicos. Ainda, inclui períodos nos quais seja necessária a programação do uso de determinadas máquinas que também estejam sendo utilizadas em outras atividades.

Esta subdivisão inicial de restrições tem como objetivo propiciar o mapeamento, dentro dos períodos de análise propostos, dos *lead times* mínimos necessários para que a atividade em questão tenha todas as restrições a ela vinculadas solucionadas antes do início previsto na programação. Além disso, algumas das atividades analisadas podem possuir outras restrições, que não tenham sido citadas no presente trabalho. Para liberação da atividade no momento de mapeamento de restrições, é importante compreender a relação de interdependência existente entre elas. Pode ser necessária a liberação em sequência definida destas para que a atividade seja executada conforme planejada. A figura 9, a seguir, exemplifica duas atividades com restrições distintas a serem removidas. A primeira – rodapé negativo – apresentando sequenciamento definido de remoção e a segunda – piso aquecido – com as três restrições dependentes, mas sem ordem exata de necessidade de liberação.

Figura 9 – Dois exemplos de atividades com restrições a serem removidas para execução.



Fonte: Elaborado pela autora.

Caso a soma dos *lead times* para remoção das restrições vinculadas à determinada atividade sobreponha o tempo planejado para preparação e início desta, pode-se considerar o adiamento dela para as últimas semanas constantes do médio prazo (último mês), de forma que o prazo para poder remover tais restrições seja estendido – categorizando tal atividade como vermelha.

Em caso de categorização da atividade como contendo restrições que, com os *lead times* somados para liberação destas, não ultrapassem o período proposto de análise estratégica de médio prazo, mas sejam maiores do que o período que compreende a análise operacional de restrições, a mesma pode ser classificada como amarela. Neste caso, dependendo das restrições e do prazo destas, estipula-se o horizonte para removê-las de maneira que o planejamento, quando proposto para execução, compreenda a atividade liberada para ser executada.

Caso a atividade não apresente nenhuma restrição, ou apresente restrições de *lead times* curtos, esta fica caracterizada como sendo verde, de forma que pode ser planejada dentro do horizonte de análise operacional de médio prazo para remoção de restrições. O quadro 9 exemplifica a análise proposta e sua escala de cores.

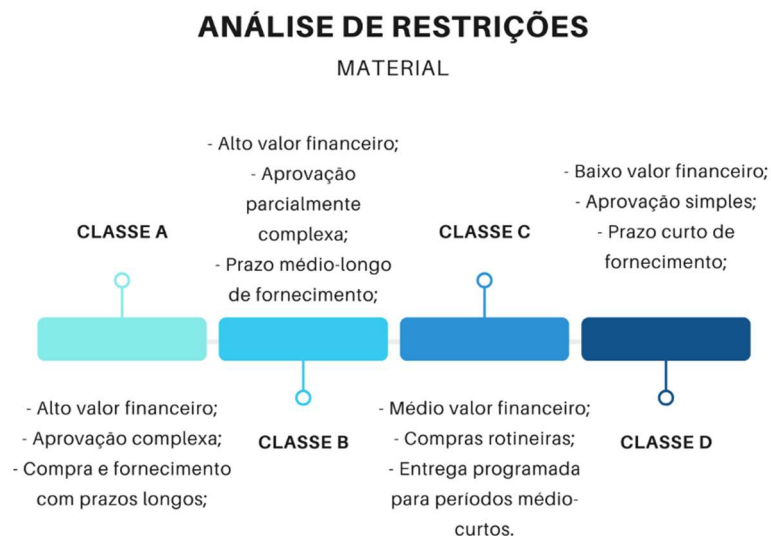
Quadro 9 - Exemplo de acompanhamento de atividades e restrições no médio prazo.

SERVIÇO	PREVISÃO INÍCIO	PREVISÃO TÉRMINO	RESTRIÇÕES
<b>Apartamento 2A</b>			
Contrapiso interno - Apartamento 2A	30/03/2022	12/04/2022	SEM RESTRIÇÕES.
Montagem CD's e enfição - Apartamento 2A	13/04/2022	25/04/2022	SEM RESTRIÇÕES.
Impermeabilização de sacada e floreira - Apartamento 2A	20/04/2022	29/04/2022	MATERIAL E MÃO DE OBRA.
Drenagem para floreira - Apartamento 2A	27/04/2022	09/05/2022	PROJETOS, MATERIAL E MÃO DE OBRA.
Abastecimento de terra para floreira - Apartamento 2A	09/05/2022	15/05/2022	PROJETOS, MATERIAL, MÃO DE OBRA E MEIO

Fonte: Adaptado do cronograma da obra em estudo.

Além das restrições e categorizações vinculadas às condicionantes de projetos, especificações e execução, também são propostas classificações de restrições quanto aos prazos para aquisição de materiais para execução de determinada atividade. A categorização apresentada na figura 10 partiu da definição proposta por Bernardes (2001), sendo adaptada no presente trabalho para a obra em análise de acordo com os seus materiais e horizontes de análise de médio prazo propostos.

Figura 10 – Restrições das atividades previstas para o médio prazo de acordo com o fornecimento de material necessário para execução.



Fonte: Elaborado pela autora, adaptado de Bernardes (2001).

A seguir, segue descrição de cada categoria:

- Restrições classe A: são aquelas atribuídas aos materiais de alto valor financeiro, com pedidos de aprovação complexa – seja com o cliente e/ou com a empresa executora – e prazo extenso

para fornecimento, disponibilidade e entrega. Em geral, pedidos que vem da sinalização de necessidade do planejamento de longo prazo da obra. Precisam da aprovação de cargos altos para liberação da compra - diretoria técnica e financeira. Pode ser citada, como exemplo, a compra de piscinas para as unidades personalizadas;

- Restrições classe B: enquadram-se como pedidos também de alto valor financeiro, mas com solicitação e aprovação menos onerosa do que os pedidos de classe A, assim como sua entrega em obra. Tais pedidos também passam por análises e aprovações processuais, mas apresentam menos dificuldade de disponibilidade e menor período de entrega do que os de classe A. Além disso, para sua liberação, não necessariamente precisam da autorização de diretores, podendo ser autorizado pela gerência de obra e gerência do setor de compras. Nesta classe, enquadra-se a compra de lotes cerâmicos importados para as unidades personalizadas, por exemplo;

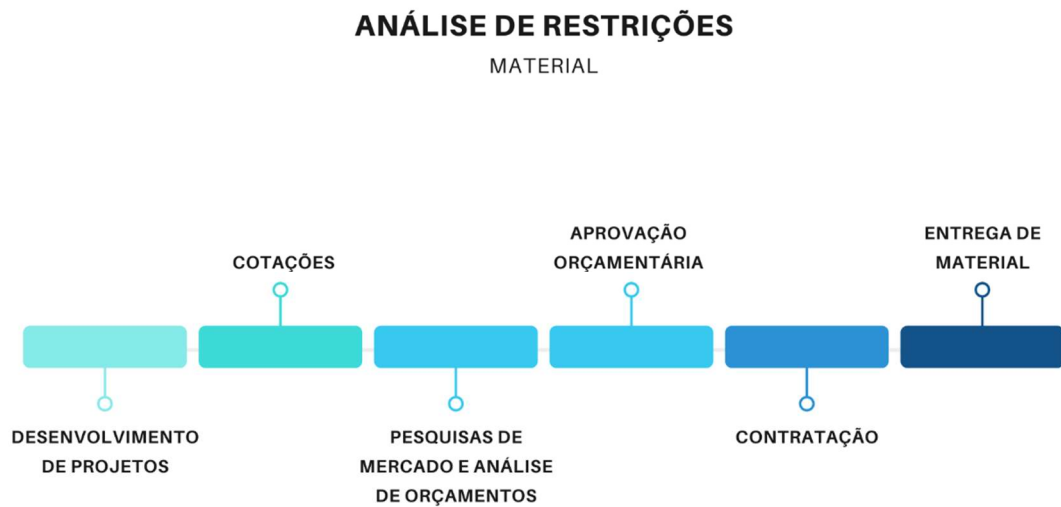
- Restrições classe C: são aquelas vinculadas aos pedidos realizados com relativa frequência, mas de valor considerável, que necessitem antecedência de períodos médios para sua solicitação. São pedidos feitos a partir da análise operacional de médio prazo, com horizontes mais curtos de aquisição, mas ainda dentro do médio prazo. A compra de materiais elétricos, como Caixas de Distribuição (CDs) para as unidades, por exemplo;

- Restrições classe D: são compras vinculadas ao dia a dia da execução de serviços em obra – como argamassas, blocos e areia –, com entrega programada dentro de períodos curtos. Sua aprovação para pedido, compra e entrega pode ser feita pelo engenheiro da obra, em conjunto com gerência do setor de compras.

A ampliação das classes apresentadas neste trabalho em relação às propostas inicialmente por Bernardes (2001) – que propôs somente as classes A, B e C – deve-se às especificidades dos itens personalizados das unidades do empreendimento e do valor elevado que tais compras podem apresentar. Assim, a subdivisão em quatro classes destas compras amplia as faixas de valores propostas para a vinculação como restrições; propiciando uma visão mais efetiva de quando tais itens devem ser comprados e entregues.

Como partes integrantes do processo de aquisição de material para execução de determinada atividade, as etapas pelas quais é esperado que a maioria dos materiais siga de fluxo padrão na empresa em estudo para ser entregue na obra se apresentam conforme figura 11.

Figura 11 – Fluxo de aquisição de materiais para a construtora em estudo.



Fonte: Elaborado pela autora.

Podem haver fluxos complexos diferentes que definam a aquisição e entrega de determinado material em obra, não contemplados necessariamente pelas etapas demonstradas na figura 11.

Como restrição, a principal variável entre as classes de materiais propostas anteriormente é a duração de cada uma das etapas para liberação e entrega do material em obra. Em uma análise simplificada, estipula-se que os materiais de Classe A sejam os que necessitam o maior prazo para aquisição e entrega – vindos do planejamento de longo prazo; os de classe B tenham prazo longo, mas menor do que os de classe A – vindos da análise estratégica do planejamento de médio prazo; os de classe C tenham entrega mais simples e rápida do que os de classe B, mas ainda façam parte do planejamento de médio prazo, só que partindo da análise operacional; e, por último, os de classe D, que caracterizam-se como pedidos rotineiros de obra e podem partir do planejamento de curto prazo.

Com o objetivo de complementar a análise e remoção de restrições para execução do planejamento, a análise da classe de aquisição dos materiais para execução é parte importante para compreender o período necessário para liberação da atividade. Os materiais de classe A e B enquadram-se como restrições de remoção demorada, tendo seu processo iniciado assim que adentrarem o horizonte de análise estratégica de médio prazo. Os materiais de classe C, entretanto, podem ter sua aquisição vinculada ao horizonte de análise operacional de médio

prazo, visto seu prazo intermediário para aquisição e entrega. Os materiais de classe D podem ser solicitados conforme adentrem o horizonte do planejamento de curto prazo, sendo considerados restrições de rápida remoção.

#### **4.3.5 Planejamento e Controle Baseado em Localização**

O PCP por localização, aliado à implementação da análise e remoção sistemática de restrições, propicia melhoras significativas para a obra. Dentre elas, podem ser destacadas, conforme literatura de referência abordada no capítulo 2, um melhor fluxo das atividades entre os ambientes, melhora no controle de terminalidade das atividades e uma melhor gestão de prazos. Além disso, torna-se facilitado o acompanhamento das equipes subcontratadas e a qualidade entregue em suas atividades para cada uma das áreas.

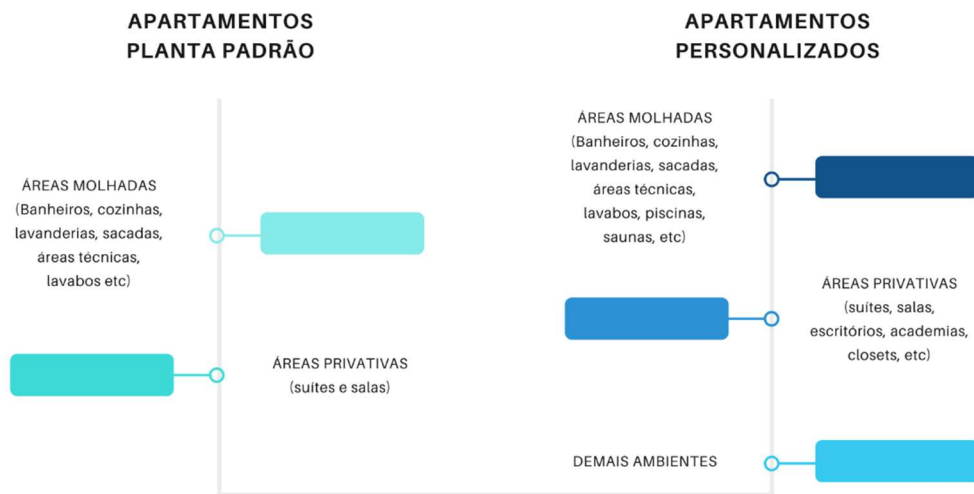
O planejamento por localização pode acontecer paralelamente ao Last Planner; o uso das duas técnicas de planejamento, combinadas, pode direcionar as atividades de forma que se obtenha um melhor fluxo de trabalho entre as equipes e os locais. Neste caso, propõe-se que a análise de planejamento por localização seja realizada, de maneira macro – por apartamento -, dentro da instância de análise estratégica de médio prazo. Na instância operacional de planejamento de médio prazo, propõe-se que o planejamento por localização oriente o fluxo das equipes nas subdivisões internas dos apartamentos, que serão melhor detalhadas a seguir.

##### *4.3.5.1 Planejamento Baseado em Localização*

A partir da distribuição de apartamentos existente no empreendimento estudado – poucas unidades com grandes áreas privativas – e da especificação de serviços em cada uma, propõe-se a divisão do controle baseado em localização a partir das características de cada uma das áreas agrupadas – e, por consequência, dos serviços constantes nestas. A figura 12 exemplifica uma possível divisão de localização proposta para o empreendimento em análise.



Figura 12 – Divisão de localizações para acompanhamento de projetos e execução de serviços.



Fonte: Elaborado pela autora.

A macro divisão separa em primeiro nível os apartamentos, diferenciando os com “planta padrão” dos “personalizados”. Esta primeira divisão em zonas de trabalho leva em conta a similaridade de atividades entre os apartamentos. Propõe-se com isto a obtenção de um fluxo ininterrupto de trabalho para as equipes e também um controle de conclusão de atividades por zonas de trabalho. Assim, as atividades poderiam ser planejadas considerando lotes menores cujas restrições foram analisadas e removidas nas instâncias de análise propostas. Este acompanhamento e planejamento das atividades para os apartamentos pode ser incluído na análise estratégica de médio prazo, realizada com um horizonte de 5 meses.

Além da divisão entre as unidades personalizadas e as unidades de projeto padrão, estipulou-se a divisão interna dos ambientes por áreas molhadas, áreas privativas e demais ambientes (apenas no caso das unidades personalizadas, que podem conter outras áreas). Esta subdivisão agrupa as áreas internas de acordo com seu número de atividades e volume de trabalho. O objetivo é separar a sequência de atividades de acordo com as necessidades técnicas e especificidades de cada uma nos apartamentos. Neste caso, espera-se que tal divisão interna do fluxo das atividades seja realizada na análise operacional de médio prazo.

Este destaque para as áreas molhadas é importante pelo fato de que os proprietários dos apartamentos personalizados tendem a realizar muitas modificações nas mesmas; como por

exemplo, a alteração nas especificações dos acabamentos cerâmicos e a inclusão de banheiras e louças especiais. Na planta padrão, proposta pela construtora, existe somente a espera hidráulica para instalação futura de banheira (colocada à critério do cliente). A inclusão de banheiras ainda no período de construção resulta na personalização e suplementação de área a ser impermeabilizada. A impermeabilização, por sua vez, altera a espessura de reboco a ser considerada em contato com a proteção. Durante a sequência, as execuções podem ter seu fluxo alterado – dependendo do tipo de impermeabilização, a camada de reboco precisa entrar antes ou depois desta.

Tais informações, suas sequências executivas e prazos para tais variam de acordo com a subdivisão de áreas molhadas – entre os apartamentos padrões e os personalizados, com suas características.

#### *4.3.5.2 Controle Baseado em Localização*

A divisão proposta para Planejamento Baseado em Localização permite a realização de um controle por localização nos horizontes de longo, médio e curto prazo. A partir do planejamento proposto por zonas, podem ser desenvolvidas ferramentas de controle e monitoramento que auxiliem na tomada de decisão quanto ao status da produção, tais como:

- Controle de interferências: a partir da análise da execução das tarefas por ambiente, é possível identificar interferências técnicas entre processos, o que pode afetar a produtividade das equipes nos serviços realizados. Ao realizar a análise de tais interferências, pode-se evitar possíveis atrasos resultantes da redução de produtividade;
- Controle de terminalidade: tendo em vista o alto volume de modificações solicitadas pelos clientes, o Planejamento Baseado em Localização e a redução dos lotes de execução permitem monitorar o status dos serviços em suas respectivas áreas e mapear as falhas que resultaram na não-conclusão do serviço. Desta forma, o acompanhamento dos serviços se torna mais claro, o acompanhamento do PPC semanal mais exato e o mapeamento de pendências de execução e modificações a serem feitas organizado. Isto auxilia, para modificações posteriores, na estimativa dos prazos de execução e no controle de versão dos projetos executados. Além disso, tendo em vista que o custo das modificações realizadas pode ser de responsabilidade da construtora ou do cliente, o controle de terminalidade pode auxiliar nesta divisão. Como escopo padrão de contrato, na obra analisada, as empresas terceirizadas executam os serviços e, depois

de entregues, quaisquer modificações de projeto ou especificações técnicas acarretam aditivos de contrato e custos extras, para o cliente ou para a empresa. Com o controle atualizado de status das atividades em cada localização, em sobreposição às informações disponíveis nos projetos vigentes, o controle de tais custos adicionais, se existirem, torna-se mais fácil.

Além dos pontos citados como objetivos principais, é importante salientar que o acompanhamento e controle dos serviços por localização permite avaliar as empresas prestadoras de serviços – tanto em qualidade quanto prazo, segurança, limpeza, etc. –, visto o mapeamento de ocupação de cada uma das áreas por cada equipe. Estas informações podem gerar dados de subempreiteiros a serem utilizados nas futuras contratações da construtora.

Com o auxílio de gestão visual, conforme exemplo da figura 13, podem ser sinalizadas, para cada um dos locais, as atividades com restrição de execução, atividades em execução, concluídas, com pendências a corrigir, com restrição de material, etc. Pode-se ainda, aliado aos planejamentos de médio e curto prazo, melhorar a estimativa de prazos para realização de determinadas atividades, a partir de informações mapeadas como estimativa de ritmo das equipes de trabalho e possíveis desvios, se existirem. Além disso, também é possível prever as atividades que têm alta probabilidade de serem efetivamente concluídas no prazo e acompanhar a remoção de restrições.

Figura 13 – Exemplo de painel para acompanhamento de unidades de serviço por localização, referenciando o status de cada uma para acompanhamento.

SERVIÇO	ITEM	APARTAMENTO 1			APARTAMENTO 2		
		ÁREAS MOLHADAS	ÁREAS PRIVATIVAS	DEMAIS AMBIENTES	ÁREAS MOLHADAS	ÁREAS PRIVATIVAS	DEMAIS AMBIENTES
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	PONTOS DE ÁGUA		-	-		-	-
	PONTOS DE ESGOTO		-	-		-	-
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	ELÉTRICA DE TETO						
	ELÉTRICA DE PAREDE						
	ELÉTRICA DE PISO						

LEGENDA:

CONCLUÍDA	RESTRICÇÕES - EXEC	EM EXECUÇÃO	A CORRIGIR	RESTRICÇÕES - MAT	NÃO INICIADA
-----------	--------------------	-------------	------------	-------------------	--------------

Fonte: Elaborado pela autora.

Utilizando e aplicando os conceitos de controle de status de cada local, é possível ampliar o acompanhamento da obra como um todo. Conforme exemplo acima, demonstrado na figura 13, podem ser utilizadas planilhas de apoio que propiciem o acompanhamento do serviço por localização, para cada apartamento. O controle de atividades por localização permite o controle de fluxo das atividades a serem executadas e das interferências destas, além de auxiliar para

que se tenha um efetivo controle de terminalidade e de restrições; de maneira que as atividades não resultem em atrasos e perdas no cronograma de longo prazo da obra.

#### 4.3.6 Avaliação das melhorias propostas

Até o término da presente pesquisa, haviam sido implantadas somente as análises do planejamento de curto prazo sinalizadas ao longo do trabalho como em uso para a obra estudada. As propostas de melhorias para o médio prazo, foco principal de estudo, não foram implantadas até a presente data, mas foram discutidas em uma reunião de apresentação do estudo realizado.

A reunião, realizada entre a aluna responsável pelo estudo, o engenheiro civil responsável pelo empreendimento e a engenheira civil responsável pelo planejamento, teve como tópicos principais de discussão: (a) a aplicabilidade do sistema *Last Planner* para obras de alto padrão; (b) a relação de liberação de recursos, contratações e seus *lead times*; (c) o cronograma realizado com as equipes de mão de obra para as obras de alto padrão; (d) as duas instâncias de planejamento propostas pelo trabalho; e (e) as personalizações e os impactos que elas tiveram na realização dos serviços.

A aplicabilidade dos métodos de planejamento, independe de quais sejam, está ligada diretamente à regularidade de acompanhamento e controle dos mesmos. Conforme discutido na reunião, foi apontado por ambos engenheiros que o maior desafio relacionado à implantação de melhorias no PCP existente com o sistema *Last Planner* é a mudança na estrutura de gestão das obras para que estas passem a priorizar a realização do planejamento de médio prazo – foco do presente estudo –, que não é feito atualmente.

Com relação à liberação de recursos, contratações e *lead times* envolvidos, foi sinalizado pelos engenheiros que as contratações mais demoradas para serem realizadas – as que possuem um maior número de processos envolvidos – são dos serviços que apresentam as restrições mais complexas de serem removidas para execução e, em geral, também são de maior valor financeiro. Foi apontada, como exemplo, a contratação e a instalação de esquadrias. Para efetuar a contratação, são necessários projetos bem detalhados, especificações técnicas e de produto definidas, prazos para instalação planejados, cronograma de compra de materiais realizado, entre outros itens. Todas estas são restrições que necessitam longos períodos para serem solucionadas. Por isto, para liberação de tais restrições conforme cronograma de execução

planejado, estas precisam fazer parte do horizonte de médio prazo na instância de análise estratégica de restrições. Foi sinalizada a relação próxima destas contratações e seus prazos com a complexidade de execução dos serviços aos quais elas estão vinculadas – conforme exemplo das esquadrias, anteriormente citado, onde a complexidade da contratação, valor financeiro e a complexidade de execução são todos altos. Tendo em vista estes pontos, a relação de classes propostas para as restrições de materiais no presente trabalho foi considerada coerente.

Com relação à mão de obra, os engenheiros sinalizaram a dificuldade de equipes qualificadas e regularizadas juridicamente para contratação e execução dos serviços necessários. A partir disto, sinalizaram como a contratação e início da execução dos serviços, em muitos casos, acaba não seguindo o planejado. Na maioria dos serviços, isto ocorre porque tais execuções ficam vinculadas à disponibilidade das empresas contratadas em realizar as atividades, não sendo considerada a necessidade destas empresas de estarem aptas a seguirem o cronograma planejado e necessário para execução da obra. Como solução, foi citada a possibilidade de agregar mais de um fornecedor de cada serviço e materiais às execuções. A gestão de duas ou mais equipes realizando o mesmo serviço pode agregar mais complexidade à gestão financeira e de qualidade, mas também podem ocorrer ganhos de produtividade consideráveis, conforme apontado pelos engenheiros.

Quanto às duas instâncias de análise do planejamento de médio prazo propostas, ambos engenheiros consideraram os prazos coerentes com as restrições a serem removidas para cada período. Também consideraram o acompanhamento e controle destes exequível.

Por último, ambos engenheiros sinalizaram a dificuldade de conciliar a gestão das personalizações com o cronograma de execuções de serviços para cada empresa contratada. Como um dos maiores desafios, citaram a dificuldade para atender à terminalidade exigida para entrega das unidades. Isto resulta em um número considerável de quebras de contrato por parte das empresas contratadas, que tendem a não concluir as atividades acordadas, visto o número de trabalhos executados repetidas vezes – por causa das modificações existentes.

Como observação final, obtida com base na reunião realizada para apresentação do estudo para a equipe responsável pela gestão da obra em análise, constatou-se a necessidade de priorizar uma parte fixa semanal de tempo para realizar as análises envolvidas na preparação e acompanhamento do planejamento para que este seja efetivo e usual.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta a conclusão obtida com o desenvolvimento do presente trabalho e, após, faz considerações para possíveis futuros estudos.

### 5.1 CONCLUSÃO

A partir das análises apresentadas ao longo do presente trabalho, foi possível constatar como a falta do planejamento de médio prazo, com análise prévia das atividades a serem realizadas, suas restrições e o resultado esperado destas, resulta na baixa realização de serviços e ineficácia do sistema de planejamento como um todo.

Foi possível, também, relacionar a importância do planejamento de médio prazo com a realização dos pacotes previstos no curto prazo. Ainda, foi observada a importância do acompanhamento destes resultados, para posterior análise e tomadas de decisão acerca de em quais áreas são necessárias melhorias a serem realizadas para que o planejamento e a execução andem lado a lado.

Além disso, no âmbito dos empreendimentos de alto padrão com elevado grau de complexidade pelo alto número de personalizações, pode-se entender como as interferências destas na cadeia de execução em sequência resultam em um número maior de restrições – se comparado a empreendimentos com unidades repetitivas construídas – que, se não forem solucionadas, geram atrasos de toda a produção.

Assim, como melhorias para o planejamento do empreendimento estudado, foram propostas: a implantação de um sistema de planejamento de médio prazo com duas instâncias de análise de restrições, sendo uma para análise operacional e outra para análise estratégica; classificação e separação das restrições de execução e material, com *lead times* distintos e horizontes vinculados a cada uma destas; e, por último, implantação do Planejamento e Controle Baseado em Localização, que pode melhorar o planejamento e acompanhamento de atividades e status, para cada uma das áreas definidas.

## 5.2 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS ESTUDOS

Como sugestões para futuros estudos, a partir das análises e dados obtidos no presente trabalho, são propostas:

- Pesquisas que propiciem a análise dos *lead times* envolvidos em cada uma das restrições para projetos com alto grau de personalizações – por categorias de recursos e serviços;
- Pesquisas sobre ritmos de produção das equipes para empreendimentos com elevado grau de personalização nas unidades;
- Pesquisas de análise da relação de planejamento de empreendimentos com elevado grau de personalização e ferramentas BIM, com estudo da sua aplicabilidade;
- Pesquisas sobre o impacto financeiro por atrasos decorrentes da não aplicação de sistemas de planejamento com foco em análise de restrições para empreendimentos de alto padrão com unidades personalizadas.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, L.G. **Análise de práticas relacionadas à gestão da produção para apoiar a customização em massa em empreendimentos habitacionais.** 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, 2018.

BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas da construção civil.** Tese (Dissertação de Doutorado) – UFRGS/PPGEC, 2001.

BERNARDES, Maurício Moreira Silva. **Planejamento e Controle da Produção para Empresas de Construção Civil.** Grupo GEN, 2021. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521637424/>. Acesso em: 30 jan. 2022.

CANEDO, N. R. M. **Flexibilização de projetos mediante a análise do perfil sociodemográfico do consumidor do mercado imobiliário.** Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil. Goiânia, 2013.

COELHO, H. O. **Diretrizes e Requisitos para o Planejamento e Controle da Produção em Nível de Médio Prazo na Construção Civil.** 2003. Tese (Dissertação de Mestrado) – UFRGS/PPGEC, 2003.

ISATTO, Eduardo Luis et. alii. **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na: Construção Civil.** --Porto Alegre, SEBRAE/RS, 2000.

KENLEY, R.; SEPPÄNEN, O. **Location-based management for construction: planning, scheduling and control.** London: Spon Press, 2010.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction.** Espoo: VTT Building Technology, 2000.

OLIVIERI, H.; GRANJA, A. D.; PICCHI, F. A. **Planejamento tradicional, Location-Based Management System e Last Planner System: um modelo integrado.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 265-283, jan./mar. 2016.

PILLER, F. Mass customization: reflections on the state of the concept. **Flexible Services and Manufacturing Journal**, v. 16, n. 4, p. 313–334, 2005.

ROTH, Gregory Felipe. **Princípios da construção enxuta em obras de Habitação de Interesse social: estudo de caso em Curitiba-PR.** Curitiba, UTFPR, 2013.

FORMOSO, C. T.; HENTSCHKE, C. S.; TILLMANN, P.A. **Guidelines for the Implementation of Mass Customization in Affordable House-Building Projects.** Sustainability, 2022, 14, 4141. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su14074141>. Acesso em: 03 mai. 2022.



VARGAS, F. B. de; **Método para planejamento e controle da produção baseado em zonas de trabalho e BIM**. 2018. Tese (Dissertação de Mestrado) – UFRGS/PPGEC, 2018.

VARGAS, F. B. de; FORMOSO, C. T. **Método para planejamento e controle da produção baseado em zonas de trabalho com o apoio de BIM**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 129-151, jan./mar. 2020.