

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Luíse Mezacasa Sassi**

**APLICAÇÃO DE MODELO DE GESTÃO DE CUSTOS NA  
CONSTRUÇÃO CIVIL UTILIZANDO DE CURVAS DE  
AGREGAÇÃO DE RECURSOS**

Porto Alegre  
Fevereiro de 2024

**LUÍSE MEZACASA SASSI**

**APLICAÇÃO DE MODELO DE GESTÃO DE CUSTOS NA  
CONSTRUÇÃO CIVIL UTILIZANDO CURVAS DE  
AGREGAÇÃO DE RECURSOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de  
Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia  
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

**Orientadora: Iamara Rossi Bulhões**

Porto Alegre  
Fevereiro de 2024

**LUÍSE MEZACASA SASSI**

**APLICAÇÃO DE MODELO DE GESTÃO DE CUSTOS NA  
CONSTRUÇÃO CIVIL UTILIZANDO CURVAS DE  
AGREGAÇÃO DE RECURSOS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo/a Professor/a Orientador/a e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, fevereiro de 2024

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof.<sup>a</sup> Dra. Iamara Rossi Bulhões (UFRGS)**  
Dra. em Engenharia Civil pela UNICAMP  
Orientador/a

**Prof. Msc. Fabrício Cambraia (UFJF)**  
Doutorando em Engenharia Civil (UFRGS)

**Prof.<sup>a</sup> Msc. Louise Chiarello Amaro (IMED)**  
Doutoranda em Engenharia Civil (UFRGS)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que fizeram parte desse trabalho, em especial às engenheiras que foram minhas referências nas primeiras experiências profissionais, Eng. Juliana e Eng. Bruna, à minha coordenadora Eng. Nadini pela compreensão no final do curso e apoio de sempre.

Também à orientadora desse trabalho, Prof.<sup>a</sup> Iamara, pela dedicação, ajuda e comprometimento.

Agradeço aos meus pais que sempre me incentivaram e apoiaram em todas as decisões que tomei, demonstrando sempre muito amor e orgulho.

Agradeço a minha dinda pelas intermináveis conversas, almoços, caronas e passeios, além do apoio de sempre.

Aos meus amigos desde o primeiro da faculdade, Ana, Milena e Pedro, pelas horas de desabafo, choro, estudos, festas e felicidade, é muito bom ter vocês comigo.

A todos os meus amigos, aqui representados por Andressa, Carol, Rafa e Yuri pela companhia, conversas, apoio e risadas. Amo dividir a vida e as conquistas com vocês.

Ao pessoal da Fun Academia, especialmente aos professores Thom, Victor e Gustavinho que me acompanharam durante a faculdade, escutando meus desabafos, me aconselhando e rindo comigo.

Ao meu namorado Pedro, pela parceria de sempre e por aguentar todos os surtos, nervosismo e choros com muita paciência, amor e carinho. Te amo sempre.

Ao amor da minha vida, minha filha e pet, Lola, pela companhia, abraços, apoio e colo, por me ver chorar incontáveis vezes, nunca sair do meu lado e ter sempre uma festa preparada quando chego em casa depois de um dia cansativo.

Por fim, agradeço à minha vó, por se enxergar em mim e sempre me dizer o quanto tem orgulho disso.

*I stand  
on the sacrifices  
of a million women before me  
thinking  
what can I do  
to make this mountain taller  
so the women after me  
can see farther  
Rupi Kaur*

## RESUMO

Evidenciando a importância da gestão de custos e produção na construção civil e destacando a necessidade de redução de custos para o sucesso financeiro dos empreendimentos, o presente trabalho visa aplicar em uma obra residencial o modelo de gestão de custos proposto por Kern (2005). Inicialmente, enfatizou-se a complexidade do ambiente na construção civil, caracterizado por incertezas e interdependências, demandando ferramentas eficazes de controle. A revisão da literatura aborda os custos da construção, o planejamento da produção e a integração entre as duas disciplinas. Primeiramente, apresenta-se como foi realizada a implementação do modelo de Kern (2005) de planejamento integrado de custos e produção, com a utilização das curvas de agregação de recursos. Na segunda etapa, percebe-se que o modelo permitiu uma análise detalhada do desempenho da obra através da comparação das curvas previstas com as realizadas. O objetivo das curvas é de realizar a análise de atividades que estão comprometendo física e financeiramente, a partir do acompanhamento mensal dos resultados atingidos pela obra estudada. A partir das curvas, procura-se entender as causas dos desvios e fazer a correção de possíveis erros, assim como promover a tomada de decisões futuras mais assertivas embasadas por informações trazidas pela avaliação dos gráficos. Ao longo do estudo foi explorada a aplicação prática do modelo, propondo melhorias e analisando o comportamento da obra em relação aos custos e prazos. Por fim, foi ressaltada a relevância da organização de informações e da interação entre diferentes setores, além da importância de softwares ERP, como o Sienge, para otimização e integração das informações.

Palavras-chave: Construção Civil, Prazos, Custos, Orçamento, Planejamento, Controle, Produção, Produtividade, Curvas de Agregação de Recursos, Cronograma, Valor Agregado, MS Project, Sienge

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do trabalho.....	16
Figura 2- Perdas de insumos.....	26
Figura 3- Modelo de Processo Tradicional .....	29
Figura 4 - Etapas do processo do modelo de produção como fluxo.....	30
Figura 5 - Níveis do planejamento baseado no LPS.....	33
Figura 6 - Indicadores gerados a partir das variações ocorridas no custo e no prazo .....	39
Figura 7- Etapas do trabalho.....	41
Figura 8 - Esquema da edificação.....	42
Figura 9 - Processos do modelo proposto por Kern .....	44
Figura 10 - Exemplo 1 (EAP).....	45
Figura 11 - Exemplo 2 (EAP).....	46
Figura 12 - Fluxograma do Módulo Suprimentos .....	49
Figura 13 – Valores ilustrativos de orçamento e datas do planejamento de acordo com nível 1 da EAP (V01) .....	52
Figura 14 - Curva de avanço financeiro previsto (V01).....	53
Figura 15 - Curva de avanço físico previsto (V01) .....	53
Figura 16 - Cronograma da obra (V01).....	55
Figura 17 – Previsão de avanço físico .....	56
Figura 18 - Exemplo de apresentação de medição no MS Project .....	56
Figura 19 - Cronograma de desembolso da supraestrutura .....	57
Figura 20 – Curva de avanço físico de nov/21 - abr/22.....	59
Figura 21 - Curva de avanço financeiro de out/21 - abr/22.....	59
Figura 22 – Curva de avanço físico nov/21 - jun/22 .....	61
Figura 23 - Curva de avanço financeiro out/21 - jun/22.....	61
Figura 24 - Curva de avanço físico previsto (V02) .....	62
Figura 25 - Curva de avanço financeiro previsto (V02).....	63
Figura 26 – Curva de avanço físico nov/21 - dez/22.....	64
Figura 27 - Curva de avanço financeiro out/21 - dez/22 .....	64
Figura 28 – Curva de avanço físico nov/21 - jun/23 .....	66
Figura 29 - Curva de avanço financeiro out/21 - jun/23.....	66
Figura 30 - Análise da diferença previsto x realizado (mar/22).....	68
Figura 31 - Análise da diferença previsto x realizado (abr/22).....	69
Figura 32 - Análise dos custos das atividades finalizadas (mai/23).....	69
Figura 33 – Curva de avanço físico previsto (V03) .....	70
Figura 34 - Curva de avanço financeiro previsto (V03).....	71
Figura 35 - Curva de avanço físico nov/21 - nov/23 .....	71
Figura 36 - Curva de avanço financeiro out/21 - nov/23.....	72
Figura 37 - Previsão de desembolso dez/23 - abr/24.....	73
Figura 38 - Análise do modelo .....	75

## LISTA DE SIGLAS

BDI – Benefício e Despesas Indiretas

BIM – *Building Information Modeling*

CUB – Custo Unitário Básico

CPM - *Critical Path Method* (Método do Caminho Crítico)

EAP – Estrutura Analítica de Projeto

EAC – Estrutura Analítica de Custos

ERP - *Enterprise Resource Planning* (Planejamento de Recursos Empresariais)

IGLC – *International Group of Lean Construction* (Grupo Internacional do Lean Construction)

LOB – Linha de Balanço

LPS – *Last Planner System* (Sistema Last Planner)

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO .....	15
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
<b>2 CUSTOS DAS CONSTRUÇÕES.....</b>	<b>17</b>
2.1 ESTRUTURA ANALÍTICA DE PROJETO .....	17
2.2 ORÇAMENTO .....	18
2.2.1 Tipos de orçamento .....	19
2.2.2 Classificação dos custos .....	22
2.2.3 Etapas do orçamento operacional .....	23
2.2.4 Análise e fechamento do orçamento .....	27
<b>3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO .....</b>	<b>28</b>
3.1 ETAPAS DO PLANEJAMENTO .....	30
3.2 NÍVEIS DO PLANEJAMENTO.....	32
3.2.1 Planejamento mestre (Longo Prazo) .....	32
3.2.2 Planejamento <i>Lookahead</i> (Médio Prazo) .....	33
3.2.3 Planejamento de competência (Curto Prazo) .....	33
3.3 TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO.....	34
<b>4 GESTÃO INTEGRADA DE CUSTOS E PRODUÇÃO .....</b>	<b>37</b>
4.1 CURVAS DE AGREGAÇÃO DE RECURSOS – MODELO DE KERN (2005) ....	38
<b>5. MÉTODO DE TRABALHO .....</b>	<b>41</b>
5.1 PRINCIPAIS ATIVIDADES REALIZADAS.....	41
5.1.1 Escolha e caracterização da obra .....	41
5.1.2 Dados coletados .....	43
5.2 MODELO PROPOSTO POR KERN (2005) .....	43
5.4.1 Introdução .....	43
5.4.2 Processo de estimativa de custos .....	44

5.2.3 Processo de planejamento e controle de custos .....	46
5.4.4 Desenvolvimento das curvas de agregação de recursos .....	51
<b>6 RESULTADOS .....</b>	<b>52</b>
6.1 CONTROLE DE CUSTOS E DA PRODUÇÃO .....	54
6.1.1 Geração das curvas mensais.....	54
6.1.2 Acompanhamento da obra .....	58
6.1.3 Análise do modelo .....	74
6.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE A EMPRESA RESPONSÁVEL PELA OBRA.....	75
6.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O MODELO (GERAL) .....	75
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>77</b>
REFERÊNCIAS .....	80

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Kern (2005), para o sucesso dos empreendimentos em construção, deve-se buscar redução de custos e melhoria de qualidade. Assim, o sucesso de uma empresa ou produto pode ser medido, pelo retorno financeiro alcançado e o padrão atingido pelo produto. A partir disso, infere-se a enorme importância de saber, previamente, o quanto será desembolsado, para que sejam definidos valores de venda e margens de lucro de determinado produto. Na construção civil não é diferente. O principal problema enfrentado, no entanto, é distinto de outras indústrias. De acordo com Koskela (2000), incerteza, variabilidade, interdependência e complexidade podem ser consideradas como características proeminentes do ambiente da construção civil. Por isso, o controle ao longo do processo se torna consideravelmente mais complicado. Para que se possa controlar um projeto, é preciso ter uma referência para ser usada como base de comparação. Assim, se fazem extremamente necessários a elaboração de documentos confiáveis de orçamento e de planejamento de uma obra.

Orçar é fazer uma previsão dos custos de um empreendimento, o mais próximo possível dos custos reais (OLIVEIRA, 2005). Os orçamentos na construção civil normalmente se dividem entre custos diretos e custos indiretos, sendo os diretos representados pelos custos relativos à construção em si, como materiais e equipamentos, e os indiretos pelos custos administrativos, como compra do terreno ou custos com pessoal de escritório (OLIVEIRA, 2005). Para estimar os custos diretos, os orçamentos tradicionais fundamentam-se em levantamentos quantitativos de projetos e utilizam composições de custos relativas às atividades de transformação da obra, através de coeficientes de consumo para cada insumo da atividade orçada (KERN, 2005). Alguns dos custos indiretos são mais fáceis de serem estimados se a empresa já tiver experiência com outras obras, porém comumente é utilizada uma taxa percentual estimada, o BDI (Benefício e Despesas Indiretas). Segundo Corrêa (2021), o processo de orçamentação é importante não apenas pela estimativa dos custos, mas também para o controle deles, visto que, durante a execução da obra, os custos orçados serão tomados como referência para os custos incorridos.

Já pela perspectiva do planejamento, segundo Formoso (2001), o planejamento é um processo gerencial de tomada de decisão que envolve o estabelecimento de metas e a determinação de meios para atingi-las, porém sua efetividade está diretamente associada ao controle. O

planejamento de longo prazo traz uma visão macro de todo o empreendimento, e quais as atividades que deverão ser realizadas, de forma completa para que a obra seja concluída. O plano de longo prazo trará informações importantes de datas marco de cada atividade, assim como, datas previstas de início e término do empreendimento. Considerando essas informações é possível tomar decisões, estar ciente das restrições e, se necessário, replanejar alguma etapa da obra. O planejamento deve ocorrer de forma cíclica (planejamento, controle, replanejamento, controle e, assim, sucessivamente) até o final da fase de produção do empreendimento (KERN, 2005).

Conforme já citado anteriormente, o ambiente da construção civil possui incertezas e interdependência entre as atividades, por causa de suas características peculiares (KOSKELA, 2000). Portanto, é preciso atuar em diferentes frentes para que seja feito um controle efetivo da obra. Assim, as decisões devem ser tomadas considerando as interdependências que existem entre todas as áreas, a fim de optar por soluções que atendam aos requisitos de todos os especialistas, da melhor forma possível (KERN, 2005).

Portanto, é fundamental que a gestão de custos e da produção assumam um papel de grande importância nos empreendimentos da construção civil. Segundo Kern (2005), a gestão de custos geralmente ocorre através de um simples controle que reporta valores orçados, monitora valores reais e identifica a diferença entre ambos. A gestão de custos e produção tem como objetivos principais, controlar o andamento físico e financeiro das obras. Portanto, precisa ser muito mais que uma comparação entre o que foi orçado o que foi gasto, tentando integrar disciplinas e, impactando diretamente as empresas de construção e incorporação. De acordo com Oliveira (2005) para um resultado lucrativo e sucesso do produto é necessário um estudo minucioso do projeto antes do início da obra e um criterioso e eficiente acompanhamento de custos.

A análise do valor agregado fornece resultados sobre a situação atual do projeto, integrando informações sobre custo e prazo, permite análise de variância e tendências e permite também antever resultado provável do projeto (MATTOS, 2010). As curvas de agregação de recursos podem ser empregadas como ferramenta de controle de empreendimentos, integrando programação da produção e custo com o objetivo de expressar o desenvolvimento do consumo de recursos ao longo do tempo (STALLWORTHY, 1990; HEINECK, 1986; NEALE e NEALE, 1989; KIM e BALLARD, 2001 apud KERN, 2005). Tais recursos utilizados para a composição das curvas podem ser expressos de diferentes formas, porém o denominador comum entre todas

é a expressão em valores monetários. Assim, as curvas de agregação de recursos permitem que seja feita a gestão da obra, trazendo informações do que foi previsto, para determinado período, e o que foi de fato realizado. Tendo em vista a variabilidade e certa imprevisibilidade do processo de construção, é importante que os desvios em relação a custos e prazos sejam rapidamente detectados e os atrasos ou estouros possam ser controlados. A ideia é diminuir os danos periodicamente, para que estes não se acumulem ao fim da obra, e representem grandes variações em relação ao planejado física e financeiramente.

## 1.1. OBJETIVOS DO TRABALHO

Dentro do contexto apresentado, o objetivo deste trabalho é a implementação do modelo de planejamento integrado de custos e da produção proposto por Kern (2005), e, a partir de curvas de agregação de valores, analisar a relação entre o que foi previsto e realizado, física e financeiramente. Mediante esta análise, pretende-se estudar as decisões que foram tomadas para minimização de desvios dessas duas variáveis.

O interesse da autora em explorar esse tema, parte da sua atuação no setor de orçamentos de uma empresa especializada em gestão de custos na construção civil. Sua experiência profissional incluiu outra construtora de Porto Alegre, onde também integrou o mesmo setor. Essa vivência proporcionou uma compreensão aprofundada da importância da gestão de custos e da produção no cenário atual da construção civil.

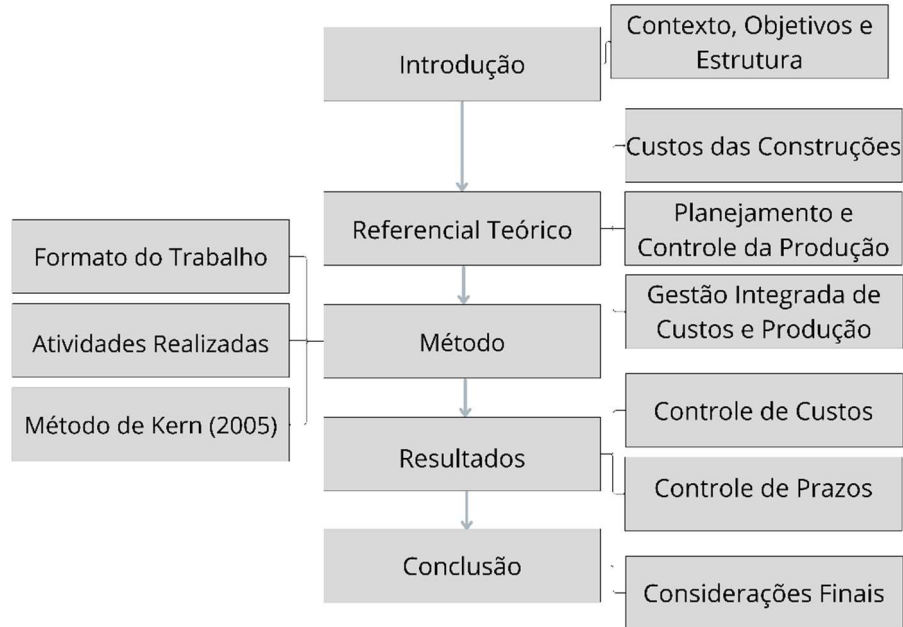
A partir das curvas, visa-se analisar os seguintes itens:

- 1) Análise do comportamento da obra em relação ao custo e prazo
- 2) Análise do modelo Kern (2005) quanto aos aspectos:
  - a. Facilidade
  - b. Relevância
  - c. Dificuldades
- 3) Propor melhorias para empresa: gestão de custo x produção
- 4) Propor melhorias para o modelo aplicado

## 1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho foi desenvolvido conforme a estrutura apresentada na Figura 1:

Figura 1 - Estrutura do trabalho



(fonte: elaborado pelo autor)

O presente trabalho está dividido em sete capítulos, sendo o primeiro (presente), a contextualização do tema, objetivos e estrutura do trabalho. No capítulo dois e três foram trazidas referências bibliográficas acerca dos custos e do planejamento, respectivamente, na construção civil, abordando conceitos relevantes para o trabalho. O capítulo quatro apresenta os conceitos de gestão de custos e integração entre orçamento e planejamento e o capítulo cinco a forma como o trabalho foi desenvolvida, apresentando também o modelo proposto por Kern (2005). No capítulo seis foram discutidos os resultados obtidos com toda a pesquisa, aplicação e análise do modelo e no capítulo sete foram apresentadas as conclusões do trabalho.

## 2. CUSTOS DAS CONSTRUÇÕES

### 2.1. ESTRUTURA ANALÍTICA DE PROJETO

Segundo o PMBOK (2013), a Estrutura Analítica de Projeto (EAP) é o processo de subdivisão das entregas e do trabalho do projeto em componentes menores e mais facilmente gerenciáveis. A Estrutura Analítica de Custos (EAC) é similar à EAP utilizada no planejamento, com a diferença que o foco está na forma como os custos do empreendimento são orçados e organizados (WAYNE, 2013 apud SANTOS, 2018). Na construção civil, trata-se de “quebrar” a obra em partes menores a fim de ter maior controle de tais atividades, tanto dos custos, quanto da produção. Segundo Oliveira (2005), a utilização da EAP é uma maneira de estabelecer uma vinculação padronizada de forma hierarquizada das metas dos vários planos adotados para o planejamento da obra.

A EAP é detalhada em nível dos pacotes de trabalho a serem executados em campo pelos trabalhadores, a EAC é detalhada a nível do custo de cada um desses mesmos pacotes de trabalho. O ideal é que para cada tarefa do planejamento exista um custo associado ao seu desenvolvimento (SANTOS, 2018). Além disso, segundo a autora, as hierarquias dessas estruturas devem corresponder numericamente. Para ela, o Modelo de Pacote de Trabalho ou Work-Packaging Model (WPM) vem sendo aceito como a maneira mais ampla de integrar dados de custo e cronograma, assim, este tipo de modelo elimina a EAC e adiciona dados de custo na EAP. Para esse trabalho, então, a EAC e EAP serão consideradas uma estrutura integrada só, denominada EAP.

Rasdorf e Abudayyeh (1991) *apud* Santos (2018) discutiram em seu trabalho um modelo de integração baseado em pacotes de trabalho, o qual se apoiava na EAP para desmembrar um projeto nesses pacotes. Os mesmos autores consideram que esse tipo de modelo facilita a integração entre custos e planejamento, por utilizar a EAP como um denominador comum. Knolseisen (2003) sugere que, para a definição de um modelo de estruturação deve-se, inicialmente, identificar todas as atividades possíveis de ocorrer, dentro de níveis pré-determinados, e que fazem parte da elaboração orçamentária, bem como do planejamento e controle de obras. Segundo ela, há a preocupação em classificar as atividades dentro destes níveis, por serem elas as responsáveis pelo controle no planejamento e por consumirem recursos de mão de obra, materiais e equipamentos.

## 2.2. ORÇAMENTO

Um dos fatores primordiais para um resultado lucrativo e o sucesso do construtor é uma orçamentação eficiente (MATTOS, 2019). Segundo o autor, a técnica orçamentária envolve a identificação, descrição, quantificação, análise e valorização de uma grande série de itens, requerendo, portanto, muita atenção e habilidade técnica. Para Correa (2021), o orçamento visa prever os custos de uma obra antes mesmo de o início de suas atividades – tendo como referência os projetos e especificações disponíveis. Fazer orçamento, portanto, é prever o custo de uma obra (COELHO, 2015).

Segundo Knolseisen (2003), a partir do orçamento é possível:

- efetuar o levantamento dos materiais e serviços utilizados;
- analisar a viabilidade econômico-financeira, bem como realizar cronogramas físicos ou de execução da obra;
- realizar acompanhamento sistemático da aplicação da mão de obra e materiais para cada etapa das atividades executadas;
- ter conhecimento do número de operários para cada etapa de atividades.

A elaboração do orçamento se dá com base na discriminação dos serviços a serem realizados, do levantamento dos quantitativos a eles associados e com a definição dos custos unitários oriundos da composição de serviços (SANTOS, 2018). Segundo Coelho (2006), o orçamento deve ser, portanto, bem detalhado e numa planilha constar: descrição dos serviços com suas respectivas unidades de medida e quantidades, composição dos custos unitários envolvendo mão de obra e material, preço unitário de cada serviço e preferencialmente o preço total por item e, finalmente o preço global da obra.

Mattos (2019), discute que o orçamento é basicamente um exercício de previsão, porém com um trabalho bem executado, critérios técnicos bem estabelecidos, utilização de informações confiáveis e bom julgamento do orçamentista, pode-se gerar orçamentos com alto grau de precisão. Segundo o mesmo autor os orçamentos não serão perfeitamente exatos, visto que o verdadeiro custo de um empreendimento é virtualmente impossível de se fixar de antemão, em função das variabilidades e incertezas inerentes à construção, e já discutidas anteriormente.



### 2.2.1. Tipos de Orçamento

A literatura considera, pelo menos, três tipos distintos de orçamento na construção civil: (a) orçamento voltado para viabilidade ou paramétrico; (b) orçamento convencional; e (c) orçamento operacional ou executivo (CABRAL, 1988; BAZANELLI, 2003; KNOLSEISEN, 2003; KERN, 2005; MARCHIORI, 2009 apud SAUER, 2020).

- Orçamento Paramétrico

O orçamento para viabilidade ou paramétrico, é utilizado em fases em que ainda não há projetos completos, tendo por objetivo fornecer um valor aproximado do custo total de um empreendimento (SAUER, 2020). O orçamento paramétrico é muito utilizado como estimativa do custo total de uma obra e seu valor é estimativo, isto é, adjetivo qualificativo que já diz tudo, uma aproximação de meros exercícios de ordem de grandeza (COELHO, 2015). Segundo Oliveira (2005), esse tipo de orçamento baseia-se na aplicação de índices de correção de custos sobre dados históricos ou obtidos em uma obra similar já executada, levando a um valor global. Para a autora, normalmente a técnica consiste em multiplicar o custo unitário médio pela área total prevista, já que nesta fase, normalmente tem-se apenas o anteprojeto.

Segundo Soares (2016), a estimativa de custos é elaborada de duas formas:

- a) a partir de indicadores formados pelos próprios projetos semelhantes já realizados pela empresa;
- b) utilizando Custo Unitário Básico (CUB), indicador muito usado pelas empresas construtoras quando não possui um banco de dados com obras semelhantes. O CUB é um indicador monetário da construção civil, segundo Knolseisen (2003) a maioria das empresas utiliza o CUB como unidade de medida por ser um índice que reflete a variação mensal dos custos da construção civil (materiais de construção e mão de obra).

O autor também salienta que a opção por utilizar o banco de dados de obras realizadas, e não o indicador CUB, vem do fato de que os resultados obtidos com a utilização dos próprios indicadores da empresa refletem em resultados mais próximos da realidade.

Esse tipo de orçamento é utilizado para que se tenha um valor global da obra, podendo ser utilizado para fins de viabilidade, preço de venda ou apenas previsão aproximada de custos, não tendo o detalhamento necessário para fins de controle de custos na fase de construção.

- Orçamento Convencional

No orçamento convencional os itens de custos são organizados de acordo com agrupamentos funcionais, itens de custos de mesma natureza, sob o ponto de vista de sua função no produto edificação, por exemplo: itens de custos relacionados à estrutura, à vedação ou aos acabamentos (SAUER, 2020). Segundo Oliveira (2005), o orçamento é efetuado a partir de composição de custos e pesquisa de preços dos insumos, assim, procura-se chegar a um custo orçado mais próximo ao custo real. A autora salienta que essa pode ser considerada a primeira tentativa de modelagem dos custos para efeitos de sistematização, pela decomposição da obra nos seus diversos serviços, os quais tem quantidades discriminadas e associadas aos seus custos unitários de execução. Esse método de orçamento, porém, não produz valores reais, pois não leva em consideração os métodos construtivos a serem utilizados, nem a duração das atividades, não passando de uma lista de preços estimados de elementos construtivos. (BARNES E THOMPSON, 1971 apud KERN, 2005).

Assim, segundo Oliveira (2005), os itens de trabalho são medidos pela quantidade e agrupados por equipe, independentemente de onde os trabalhos ocorrem ou da dificuldade da sua execução, não espelhando os custos de um serviço em particular, e sim da média geral dos serviços considerados.

- Orçamento Operacional

A noção de orçamento operacional surgiu para adequar as informações fornecidas pelo orçamento convencional aos dados obtidos em obra segundo o conceito de operação, ou seja, toda a tarefa executada por um mesmo tipo de mão de obra, de forma contínua, com início e fim definidos (KERN, 2005). Segundo Santos (2018), o orçamento operacional criará metas ao longo da execução do empreendimento e o controle dessas metas se dará por meio da comparação dos resultados com as metas de orçamento programadas. O orçamento operacional permite também uma maior integração entre os diversos departamentos ou funções da empresa, já que a sua elaboração envolve a participação de vários departamentos, como por exemplo, projetos, suprimentos, financeiro e diretorias. Para Sauer (2020), a principal diferença entre o

orçamento executivo ou operacional e o orçamento convencional é a consideração dos processos de produção, a partir da forma como o planejamento é realizado.

Para Kern (2005), o formato da informação do orçamento operacional é mais detalhado, pois ao invés de orçar apenas as atividades de transformação da obra, são orçadas todas as atividades planejadas da produção. A autora também pontua que é função primordial do orçamento servir de apoio a tomadas de decisões quanto aos métodos de construção, em termos de seus reflexos nos custos do empreendimento.

Segundo Solano (1996) *apud* Oliveira (2005), o orçamento operacional compõe-se de sete partes:

- a) programação da obra via cronograma de Gantt, redes PERT/CPM ou linha de balanço, distinguindo as operações por categoria de mão de obra;
- b) quadro de informações gerais, no qual não constam preços, mas justificativas e descrições que se façam necessárias. Aqui são feitas as especificações dos materiais e a discriminação técnica dos serviços, assim como todas as decisões que resultam no custo apresentado;
- c) operações executadas em obra, seguindo o fluxo da programação, discriminando-se os materiais e a mão de obra, colocando nessa parte os quantitativos e preços;
- d) operações especializadas nas quais se incluem os componentes não executados em canteiro ou que exigem mão de obra especializada para instalação;
- e) equipamentos são quantificados segundo a sua disponibilidade e forma de locação de mercado;
- f) custo financeiro da obra, que se quantificam, por exemplo, o custo de oportunidade do dinheiro investido, ou custo de compras a prazo, ou custo do dinheiro tomado por empréstimo;
- g) despesas como impostos, taxas da obra e seguros.

Os orçamentos operacionais seguem a lógica da operação e da produção, por isso são, muitas vezes, separados nos mesmos lotes considerados no planejamento, como por exemplo, os pavimentos da edificação.

Por fim, segundo Santos (2018), o orçamento operacional traz uma visão mais integrada dos custos com o planejamento da produção, seja na definição dos custos estimados ou no controle dos custos desenvolvidos. A autora conclui que esse orçamento requer uma visão holística das técnicas empregadas, da definição das equipes, da organização espacial da construção e, principalmente, do período de execução das atividades conforme os pacotes de trabalho definidos.

### 2.2.2. Classificação dos custos

Tradicionalmente os orçamentos dividem os custos em diretos e indiretos, considerando como diretos todos os custos facilmente rastreáveis ao objeto de custo (obra) (i.e. materiais, equipamentos, mão de obra e encargos sociais), e como custos indiretos, aqueles dificilmente atribuídos ao objeto de custeio (i.e., custos da administração, impostos etc.) (KERN; FORMOSO, 2004). Segundo Sauer (2020), esses custos podem ser classificados de acordo com dois critérios: modo incidência (diretos ou indiretos) e volume de produção (variáveis e fixos).

- Custos diretos

Os custos diretos são aqueles diretamente associados aos serviços de campo. Representam o custo orçado dos serviços que serão executados, como limpeza do terreno, escavação, fundações, entre outros (MATTOS, 2019). Para estimar os custos diretos, os orçamentos tradicionais fundamentam-se em levantamentos de quantitativos de projetos e utilizam composições de custos relativas as atividades de transformação da obra, através de coeficientes de consumo para cada insumo de atividade orçada (KERN, 2005).

- Custos indiretos

Os custos indiretos são aqueles que não estão diretamente associados aos serviços de campo em si, mas que são requeridos para que tais serviços possam ser feitos (MATTOS, 2019). Para Knolseisen (2003), custos indiretos são aqueles em que se faz necessário um fator de rateio para

a apropriação; apresentam dificuldade para serem atribuídos aos produtos ou às atividades produtivas. Segundo Mattos (2019), nessa fase são dimensionadas as equipes técnicas, de apoio e de suporte e identificadas as despesas gerais da obra. Alguns exemplos de custos indiretos são: projetos, despesas com legalização do terreno, custos com administração da empresa, contabilidade, taxas bancárias etc.

Com relação ao comportamento dos custos, estes podem variar proporcionalmente com o aumento ou redução de volume ou podem não variar com o aumento ou redução de volume.

- Custos variáveis

Custo variável é aquele em que o montante varia proporcional e diretamente com qualquer variação nas quantidades produzidas, ou seja, é constante por unidade de produto. Ex.: materiais, mão-de-obra, impostos e taxas, pagamento dos serviços de empreiteiro. (KNOLSEISEN, 2003). Segundo Kern (2005), os custos variáveis estão intimamente relacionados com a produção e variam diretamente com o nível de produção, crescendo com o aumento do nível de atividade da empresa, como os custos de matéria-prima.

- Custos fixos

Para Formiga (2006), custo fixo é aquele que independente de quantidade produzida, mantém-se praticamente constante no curto prazo. Ou seja, aqueles custos que não variam em função das oscilações na atividade de produção (KNOLSEISEN, 2003). A autora também pontua alguns exemplos de custos fixos, como os salários de pessoal administrativo, aluguel de equipamentos, telefones, seguro de uma fábrica, entre outros.

### 2.2.3. Etapas do Orçamento Operacional

Para Oliveira (2005), algumas das principais etapas da elaboração de orçamento são: discriminação orçamentária, plano de contas, critérios de medição e levantamento de quantitativos e técnicas orçamentárias. A seguir serão discutidas essas etapas levando em conta o trabalho da autora.

- Discriminação orçamentária

Discriminação orçamentária é a relação padronizada dos serviços que podem ocorrer em uma obra, e que serve de memória ao orçamentista para que não esqueça de nenhum item (OLIVEIRA, 2005). A autora pontua que seu objetivo é sistematizar o roteiro a ser seguido na execução de orçamentos, de modo que não seja omitido nenhum dos serviços a serem executados durante a construção, como também aqueles necessários ao pleno funcionamento e utilização do edifício.

- Plano de contas

Segundo Oliveira (2005), o plano de contas é o documento indispensável ao controle de custos do empreendimento, servindo para integrar todos os setores envolvidos no projeto, como engenharia, suprimentos, contratos, planejamento e custos, entre outros setores como contabilidade, seguros. A autora também diz que o plano de contas deverá ser bem definido e seu nível de detalhamento deve ser compatível com as informações do projeto em questão, o grau de detalhe permitirá a geração de relatórios de custo em diferentes níveis, visando a obtenção de informações úteis para posteriores cálculos de amortizações e depreciações.

- Critérios de medição

Os critérios de medição dos serviços são diferentes para cada empresa (OLIVEIRA, 2005). Segundo Coelho (2015), os engenheiros de custos devem estar atentos aos critérios estabelecidos pelos contratantes, ou seja, fazer a devida adequação da formação dos preços dos serviços, no tocante a medição e pagamento. Os critérios de medição devem ser previamente estabelecidos e considerados no orçamento para que não haja erros nem diferenças significativas ao contratar quaisquer serviços. Para Mattos (2019), ao fazer o levantamento de quantidades, é importante que o orçamentista leia com atenção, nas especificações e nos desenhos, quais os critérios de medição e pagamento estabelecidos pelo cliente.

Coelho (2015), traz como exemplo os vãos de paredes, nos quais um banco de composições estabelece critérios de desconto dos vãos, enquanto outros não, fato que poderá levar a um desastroso resultado, caso não seja observado pelo setor de custos da empresa contratada. Os serviços serão medidos pela área de alvenaria executada, em metros quadrados, obtida em apenas uma das faces do plano de parede (inclusive para alvenaria aparente) e serão descontados todos os vãos, quaisquer que sejam as suas dimensões, segundo o ORSE. Já com respeito ao SINAPI, tem-se: utilizar a área líquida das paredes de alvenaria de vedação, incluindo a

primeira fiada. Todos os vãos (portas e janelas) deverão ser descontados. Todavia, o TCPO o critério é descontar apenas a área que exceder a 2 m<sup>2</sup> em cada vão.

- Levantamento de quantitativos e técnicas orçamentárias:

A medição de quantitativos dos diversos serviços normalmente é a etapa mais demorada e trabalhosa de um orçamento, tendo a finalidade de quantificar os serviços a serem realizados (OLIVEIRA, 2005). Segundo a autora, as medidas em escala devem ser feitas preenchendo formulários próprios, que servirão também para o cálculo de pagamento de diversos serviços e para o entendimento dos critérios usados nos cálculos de quantidades e preços.

O levantamento de quantitativos inclui cálculos baseados em dimensões precisas fornecidas no projeto ou em alguma estimativa (MATTOS, 2019). Além de cálculos baseados em medidas de projeto e estimativas, também é possível, nessa fase, fazer a utilização do BIM. Além da possibilidade de extrair automaticamente os dados de quantitativos, as visualizações 3D geradas a partir das informações do BIM também podem fornecer informações importantes, pois permite ao estimador analisar a configuração de desenho do empreendimento de diferentes maneiras (HARTMANN et al., 2012 apud SANTOS, 2018).

Para Mattos (2019), o levantamento de quantitativos se insere dentro da etapa de composição de custos. O autor discute que as composições podem ser unitárias (para itens mensuráveis: medidos em kg, m<sup>2</sup> etc.), ou dadas como verba (quando não se tem uma unidade de serviço mensurável como paisagismo). Mattos (2019) também diz que cada composição de custo contém os insumos do serviço com seus respectivos índices (quantidade de cada insumo requerida para a realização dos encargos sobre a hora-base do trabalhador), as composições podem ser próprias da empresa ou consultadas em bancos de composições disponíveis como TCPO, SINAPI, ORSE, entre outros. É importante ressaltar que o levantamento de quantitativos só deve iniciar após análise criteriosa dos projetos e de todas as informações disponíveis.

Oliveira (2005) discute também em seu trabalho o conceito das perdas, segundo ela, o desperdício de materiais e mão de obra encarecem o produto e estima-se aproximadamente 33% de perda entre os materiais, ou seja, um terço da obra não é efetivamente utilizado e acaba sendo descartado. Mattos (2019), pontua que durante a orçamentação é necessário que o construtor leve em consideração as perdas de material, as quais podem ter diversas origens e só podem ser combatidas ou controladas até certo limite. Oliveira (2005) traz, no entanto, que apesar de

frequentemente associado ao desperdício de materiais, as perdas estendem-se além desse conceito, podendo refletir em outros itens como uso de equipamentos, mão de obra e equipamentos em quantidades superiores às necessárias à produção da edificação, além de execução de tarefas desnecessárias que geram custos e não agregam valor. Deve ser elaborada uma previsão do consumo de materiais com base no orçamento, levando em conta os níveis de perdas existentes, os quais estão sujeitos a diversas fontes de variabilidade, podendo existir índices de perdas distintos para um mesmo serviço (OLIVEIRA, 2005). Mattos (2019) traz um quadro com alguns exemplos de perdas usualmente adotadas nos orçamentos da construção civil, apresentados na Figura 2.

Figura 2- Perdas de insumos

Insumo	Perda	Motivo
Aço	15%	Desbitolamento das barras e pontas que sobram
Azulejo	10%	Transporte, manuseio e cortes para arremates
Cimento	5%	Preparo de concreto e argamassa com betoneira
Cimento	10%	Preparo de concreto e argamassa sem betoneira
Blocos de concreto	4%	Transporte, manuseio e arremates
Blocos cerâmicos	8%	Transporte, manuseio e cortes

(fonte: PINI, 2017c apud MATTOS, 2019)

Para Mattos (2019), somente após os levantamentos e identificação das composições, pode-se realizar a cotação de preços, visto que somente após essa seleção que o orçamentista terá a relação completa de todos os insumos do orçamento. A cotação do preço é muito importante para a precisão de um orçamento de obras e deve ser coletada criteriosamente (OLIVEIRA, 2005). Segundo Mattos (2005), essa etapa consiste na coleta de preços de mercado para os diversos insumos da obra, tanto dos custos diretos quanto dos indiretos. É possível também, que a empresa já possua um banco de dados com os preços de alguns insumos mais utilizados, pode-se então, buscar nessa lista (desde que ela seja frequentemente atualizada) e procurar cotações no mercado apenas para itens com maior relevância dentro do orçamento. Para Oliveira (2005), cerca de 30 a 50 itens tem influência decisiva no custo, o restante tem pouca representatividade. Segundo a autora, aproximadamente 8% dos insumos representam 85% do



custo da obra, assim, esses itens são considerados importantes, enquanto os outros 92% são considerados normais.

#### 2.2.4. Análise e fechamento do orçamento

Segundo Oliveira (2005), quase sempre após elaborar um orçamento é necessário fazer uma análise para avaliação da exatidão, da coerência e da competitividade. Para ela, as duas principais análises a serem feitas são: a análise dos componentes, na qual são discutidos todos os itens que compõe o orçamento, como materiais, mão de obra, equipamentos, índices de produtividade, preços etc. e a análise da curva ABC, a qual, para Coelho (2015), permite de maneira bem prática ser feita a identificação de todos aqueles itens de maior relevância para a obra.

Coelho (2015), traz que a curva ABC é um relatório que representa os diversos materiais e serviços que compõem o preço final da obra, nela são organizados os preços de todos os insumos ou etapas em ordem decrescente, possibilitando a análise dos itens de maior influência no preço final do orçamento. Para este trabalho, são considerados insumos da curva A, itens que representam, somados, até 80% do orçamento; curva B do intervalo de 80 a 95%; e curva C do intervalo de 95 a 100%.

Por fim, a partir de todos os motivos apresentados, constata-se a importância de que o orçamento seja feito com cuidado, respeitando a sequência das etapas e com o envolvimento do maior número possível de setores da empresa (MATTOS, 2019).

### 3. PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

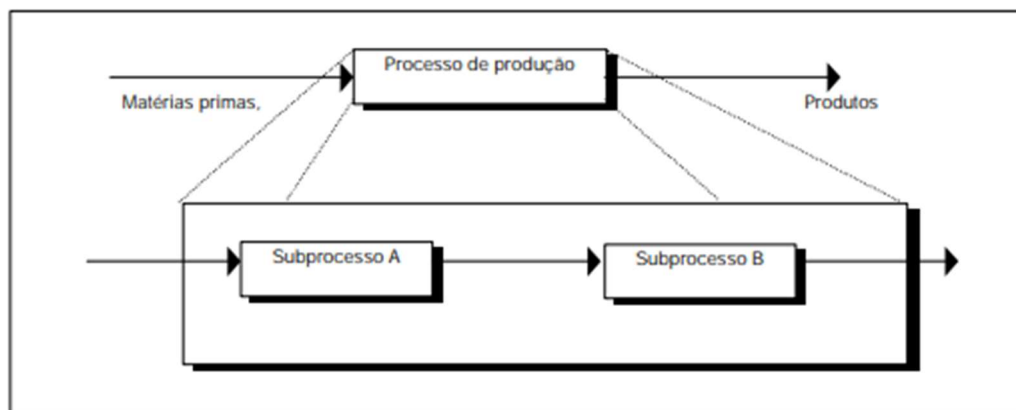
Fazer um bom planejamento é muito importante e não pode deixar de ser feito, em hipótese alguma. O planejamento constitui-se na espinha dorsal de qualquer empreendimento na área de edificações prediais (COELHO, 2015). Segundo Akkari (2003), o papel do planejamento pode variar dependendo da filosofia e necessidade de cada organização, mas o planejamento é sempre um ingrediente essencial para a função gerencial.

Oliveira (2005) discute que em função da competitividade do mercado atual, se faz necessária uma maior eficiência da produção (a qual pode ser medida tanto do ponto de vista da economia de tempo e materiais, quanto pela redução dos problemas, conflitos e imprevistos), para que se maximize os ganhos dos empreendimentos. Dentro desse contexto, o planejamento deve atuar na utilização de técnicas eficazes de gerenciamento, como forma de aumentar a probabilidade de atingir as metas da obra. Para Neto et. Al (2019), uma das formas de se aumentar a eficiência no setor da construção civil é melhorar o processo de planejamento e controle da produção. Nesse sentido, o processo de planejamento e controle da produção passa a cumprir um papel fundamental nas empresas, à medida que ele tem um forte impacto no desempenho da função produção (FORMOSO, 2001).

A partir desse contexto, técnicas utilizadas na indústria manufatureira começaram a ser adaptadas numa tentativa de melhoria do planejamento e controle da produção na construção civil. Segundo Formoso (2001), esse esforço foi marcado pela publicação do trabalho *Application of the new production philosophy in the construction industry* por Lauri Koskela (1992) do Technical Research Center da Finlândia, a partir do qual foi criado o Grupo Internacional pela Lean Construction (IGLC).

Para Formoso (2001), a diferença básica entre a filosofia gerencial tradicional e a Teoria da Lean Production (Teoria da Produção Enxuta) é essencialmente conceitual. O modelo tradicional costuma definir a produção como um conjunto de atividades de conversão, que transformam os insumos (materiais, informação) em produtos intermediários (por exemplo, alvenaria, estrutura, revestimentos) ou finais (edificação). Esse entendimento é o mesmo aplicado e discutido nos orçamentos convencionais, os quais veem o empreendimento apenas como uma sequência de atividades de transformação segmentadas, também denominada fluxo de montagem da edificação. A Figura 3 apresenta o modelo de processo tradicional:

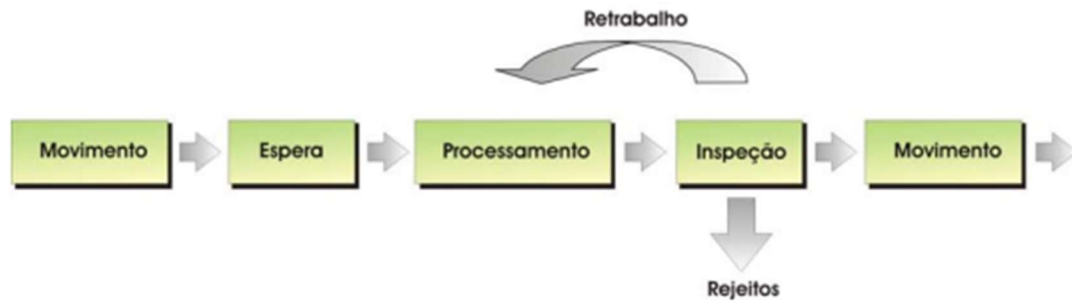
Figura 3- Modelo de Processo Tradicional



(fonte: Formoso, 2001)

Assim, à medida que os sistemas de produção se tornaram mais complexos e os mercados mais competitivos, o modelo de conversão passou a não representar adequadamente os sistemas de produção (FORMOSO, 2001). O modelo de processo da Construção Enxuta, por sua vez, assume que um processo consiste em um fluxo de materiais, desde a matéria prima até o produto final, sendo o mesmo constituído por atividades de transporte, espera, processamento (ou conversão) e inspeção (FORMOSO, 2001). Segundo o autor, o modelo considera que nem todas as atividades agregam valor, e o fato de que essas atividades, denominadas atividades de fluxo, não são explicitadas no modelo tradicional, dificulta sua percepção e prejudica a gestão. Formoso (2001), discute que na Produção Enxuta (Lean Production), o processo pode ser entendido como um fluxo de materiais, desde a matéria prima até o produto final. Nesta lógica, cada processo de produção passa a ser entendido como um conjunto de atividades de transporte, espera, processamento e inspeção (FORMOSO, 2001), como pode ser observado na Figura 4, Akkari (2003), ressalta que a partir desse contexto, passou a interessar a quantidade de tempo consumido em todo o processo produtivo e sua redução passou a ser um importante objetivo.

Figura 4 - Etapas do processo do modelo de produção como fluxo



(fonte: KOSKELA, 2000 apud KNOLSEISEN, 2003)

Para Formoso (2001), além dos conceitos básicos, a Construção Enxuta apresenta um conjunto de princípios para a gestão de processos, os quais estão listados a seguir, com base no trabalho de Koskela (1992):

- a) Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor;
- b) Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes;
- c) Reduzir a variabilidade;
- d) Reduzir o tempo de ciclo;
- e) Simplificar através da redução do número de passos ou partes;
- f) Aumentar a flexibilidade de saída;
- g) Aumentar a transparência do processo;
- h) Focar o controle no processo global;
- i) Introduzir melhoria contínua no processo;
- j) Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões;
- k) Fazer benchmarking.

### 3.1. ETAPAS DO PLANEJAMENTO

O conceito de planejamento como processo pode ser compreendido através do modelo proposto por Laufer & Tucker (1987) apud Formoso (2001), segundo o qual o planejamento é subdividido em cinco etapas principais descritas a seguir:

- Preparação do processo de planejamento

Segundo Santos (2018), a base para a elaboração do processo de planejamento são as características ambiental, tecnológica e organizacional que tornam o empreendimento único, e nessa fase, são tomadas decisões relativas ao esforço e tempo dedicados a cada estágio do planejamento, frequência de atualização, nível de detalhe e grau do planejamento, além da forma como as informações serão coletadas e difundidas, técnicas e ferramentas de programação a serem utilizadas. Nessa etapa, o empreendimento deve ser analisado de acordo com as características que o tornam único (KNOLSEISEN, 2003).

Formoso (2001), enumerou algumas outras decisões que devem ser tomadas nessa etapa, entre elas:

- a) Definição dos principais envolvidos no planejamento e controle e das responsabilidades de cada um;
- b) Níveis hierárquicos a serem adotados e periodicidade dos planos a serem gerados;
- c) Nível de detalhe em cada nível de planejamento e critérios para subdivisão do plano em itens;
- d) Técnicas e ferramentas de planejamento a serem empregadas.

Por fim, nesta etapa, são também tomadas algumas decisões iniciais relativas à produção, as quais condicionam a realização do planejamento nos seus vários níveis, como a definição do plano de ataque à obra e a identificação de restrições à realização das principais atividades (FORMOSO, 2001).

- Coleta de informações

Nesta fase devem ser coletadas todas as informações do empreendimento que serão relevantes para o planejamento. As fontes típicas para a coleta de informações são projetos e especificações, condições do local e do ambiente, tecnologia construtiva, recursos internos e externos para a produção, dados de produtividade das equipes de trabalho e dos equipamentos que serão utilizados, metas e restrições da alta gerência da organização, dos clientes, autoridades externas, leis e exigências do controle de qualidade (SOARES, 2003).

- Elaboração dos planos

Akkari (2003), aponta que nessa fase os dados reunidos na etapa anterior são analisados e servem de base para a elaboração do plano. Nesta etapa são definidas as técnicas de

planejamento a serem utilizadas. Para Formoso (2001), essa é a fase que recebe mais atenção dos responsáveis pelo planejamento, esta atenção está ligada ao fato de que, neste momento, é forjado o produto do processo de planejamento, ou seja, o plano de obra. Segundo Santos (2018), para isso são utilizadas técnicas de planejamento de recursos e programação (Gantt, Linha de balanço, CPM, PERT, entre outros) e são avaliadas suas respectivas implicações de custos (fluxo de caixa e análise de risco);

- Difusão das informações

As informações desenvolvidas a partir da elaboração dos planos necessitam ser difundidas entre os usuários, como, por exemplo, os diversos setores da empresa, os projetistas, os subempreiteiros e os fornecedores de materiais (OLIVEIRA, 2005).

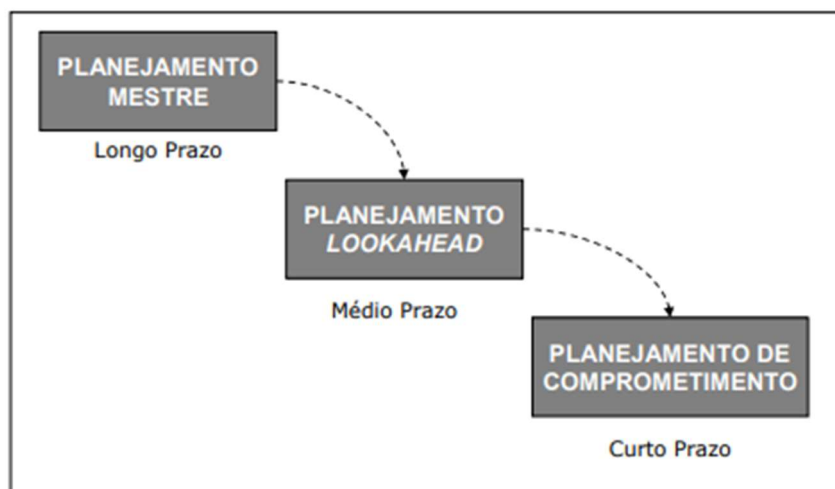
- Avaliação do processo de planejamento

Avaliações periódicas de todo o processo de planejamento são realizadas com base nas informações de controle, o que servirá de base para melhorar o processo de planejamento durante a execução do projeto ou em empreendimentos futuros (SANTOS, 2018). Formoso (2001), diz que para tornar possível a avaliação, é necessária a utilização de indicadores de desempenho, não só da produção propriamente dita, mas também do próprio processo de planejamento.

### 3.2. NÍVEIS DO PLANEJAMENTO

A hierarquização do planejamento é uma das principais formas de proteger a produção contra os efeitos nocivos da incerteza e variabilidade (FORMOSO, 2001). Inserido nos conceitos da Produção Enxuta, encontra-se o Sistema *Last Planner* (ou LPS), o qual pode ser entendido como um modelo de PCP que possui o mecanismo para transformar o que deveria ser feito no que pode ser realizado, formando pacotes de trabalho semanais (BALLARD, 2000 *apud* SAUER, 2020). No sistema *Last Planner*, normalmente o planejamento e controle está dividido em três níveis: planejamento mestre (longo prazo), planejamento *Lookahead* (médio prazo) e planejamento de comprometimento (curto prazo) (MOURA, 2008), conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Níveis do planejamento baseado no LPS



(fonte: adaptado de BALLARD E HOWELL, 1998 apud MOURA, 2008)

### 3.2.1. Planejamento Mestre (Longo Prazo)

O planejamento de longo prazo considera como horizonte de tempo todo o período da obra e, portanto, é aquele que possui maior grau de incerteza associada (KNOLSEISEN, 2003). Logo, os planos, que apresentam a combinação de horizonte de longo prazo com alto grau de detalhamento, tendem a ser pouco eficazes (FORMOSO, 2001).

Segundo Knolseisen (2003), é nesse nível que são tomadas as decisões mais abrangentes e menos detalhadas como quais são os objetivos do empreendimento, que produto deve ser produzido, quais os processos tecnológicos serão utilizados, entre outros. Através deste plano são definidos a data da entrega da obra e seus marcos chave (por exemplo, conclusão das fundações, fim da “obra molhada”, etc.) (FORMOSO, 2001). Segundo Santos (2018) nesse nível também são definidos os ritmos de produção para as equipes e são empregadas técnicas de planejamento (as quais serão discutidas no item 3.3.), com base nessas informações, pode-se gerar um fluxo de caixa mais detalhado do que o que existia no início do empreendimento. A partir dessas informações é, também, definida a programação de compra de recursos, cujo o ciclo de aquisição é longo e possui baixa repetitividade, no qual o lote de compra, geralmente, é o total da quantidade a ser utilizada na construção.

### 3.2.2. Planejamento *Lookahead* (Médio Prazo)

Para Gutheil (2004), no planejamento de médio prazo normalmente considera-se uma janela móvel de tempo, dentro do qual os pré-requisitos das tarefas vão sendo gradativamente realizados. É elaborado para permitir que o gerente consiga identificar as tarefas que podem ser programadas nas semanas seguintes e remova as restrições existentes para a execução delas e assim, caso não consiga remover as restrições, replaneje-las. Por ser um meio termo entre o planejamento de longo prazo e o de curto prazo, normalmente é feito para um horizonte de três meses, sendo realizado mensalmente. A importância da remoção das restrições está relacionada à diminuição das incertezas inerentes ao processo de produção, liberando pacotes de trabalho para sua inclusão no plano de curto prazo (AKKARI, 2003).

### 3.2.3. Planejamento de comprometimento (Curto Prazo)

Segundo Akkari (2003), nesse planejamento, normalmente, o horizonte de tempo considerado são dias ou semanas. Para Knolseisen (2003), no planejamento de curto prazo, o nível de detalhamento tende a ser bastante alto, uma vez que as incertezas tendem a serem bem menores, já que as restrições já foram removidas ou as atividades replanejadas no planejamento de médio prazo. Esse tipo de planejamento tem o papel de orientar diretamente a execução da obra (SANTOS, 2018), por meio da designação de pacotes de trabalho às equipes de produção (BERNARDES, 2001 apud SAUER, 2020). A partir disso, segundo Moura (2008), cada representante das equipes pode contribuir para a elaboração do plano através do seu conhecimento sobre a capacidade da equipe e restrições existentes e também através do estabelecimento de um elo de comunicação entre a gerência da obra e as equipes técnicas responsáveis pelas atividades.

## 3.3. TÉCNICAS DE PLANEJAMENTO

Segundo Correa (2021), o planejamento ou plano é um dos subprocessos do processo de planejamento da produção. Para programar as atividades são utilizadas técnicas de programação, tais como, a rede PERT/CPM, diagrama de barras e linha de balanço para facilitar a visualização da sequência de atividades (SANTOS, 2018). A seguir serão apresentadas algumas das principais técnicas utilizadas.



- Linha de Balanço

Segundo Bernardes (2001), a Linha de Balanço é destinada a empreendimentos com características mais repetitivas e está diretamente relacionada aos conceitos básicos do Lean Construction, já que procura explicitar os ritmos de produção e os fluxos de trabalho, dando mais visibilidade ao processo produtivo. Para Formoso (2001), a técnica apresenta explicitamente o fluxo de trabalho das diferentes equipes da obra, o que facilita a definição dos ritmos, garantindo a continuidade do trabalho das principais equipes de produção, um dos requisitos para o aumento da eficiência das equipes. Essa técnica visa estimar datas marco e definir o número de equipes e seu ritmo de produção, trazendo uma visão macro, de fácil compreensão, manuseio e comunicação. Atualmente usa-se também o Planejamento Baseado em Localização para empreendimentos com características não repetitivas, obtendo-se os mesmos benefícios da Linha de Balanço, tal método é utilizado para planejamento e controle da produção, tem locais como base, utiliza a linha de fluxo como forma de visualização dos planos (KENLEY; SEPPÄNEN, 2010 apud VARGAS, 2018). O método busca aproximar-se de um fluxo contínuo (SACKS, 2016 apud VARGAS, 2018), e na adoção de lotes pequenos, a fim de facilitar o controle da produção e permitindo uma maior aprendizagem ao longo da etapa de controle (VALENTE et al., 2014 apud VARGAS, 2018).

- PERT/CPM

O método do caminho crítico (CPM – critical path method) e de redes PERT de precedência de atividades é uma técnica desenvolvida na década de 70, a qual foi inicialmente desenvolvida, segundo Birrel (1970) apud Bernardes (2001), para empreendimentos do governo americano, contemplando apenas uma visão de prazo, sem considerar melhoras na eficiência e utilização de recursos. Santos (2018), diz que esse método é um sequenciamento de atividades, o qual está relacionado com a elaboração de uma sequência lógica das atividades do projeto, e assim é estabelecida uma dependência entre essas atividades planejadas. Laufer e Tucker (1987) apud Moura (2008) discutem que o sequenciamento do CPM é definido principalmente em função de restrições tecnológicas, enquanto as limitações de recursos raramente são consideradas, destinando-se basicamente a operações sequenciais, não se aplicando à maioria das atividades da construção civil. Para Akkari (2003), um aspecto relevante dessa técnica é a ênfase dada a programação formal do tempo, em detrimento da programação dos recursos e métodos.

- Gráfico de Gantt

O gráfico de Gantt consiste em um gráfico de barras de tempo vs atividades. Segundo Oliveira (2005), ele consiste em um método simples de programação, onde se coloca nas abscissas o tempo e nas ordenadas os serviços, atividades ou etapas. É um método de visualização gráfica de fácil entendimento e de grande utilização. Para Solano (1996) *apud* Oliveira (2005), o método exige alguma experiência visto que apresenta uma lógica sequencial e interdependência dos serviços que muitas vezes seguem estereótipos propostos pelos agentes financeiros ou contratantes.

#### 4. GESTÃO INTEGRADA DE CUSTOS E PRODUÇÃO

No PMBOK (PMI, 2013), o gerenciamento dos custos do projeto inclui os processos envolvidos em planejamento, estimativas, orçamentos, financiamentos, gerenciamento e controle dos custos, de modo que o projeto possa ser terminado dentro do orçamento aprovado. Espera-se que um sistema de gestão de custos, além de determinar custos acurados para produtos e serviços, seja capaz de disponibilizar aos gestores informações úteis e oportunas, que possam servir de base para a tomada de decisões no presente e no futuro (KERN; FORMOSO, 2004). Conforme destacado por Coelho (2015), a gestão de projetos na construção civil envolve as etapas de planejamento, programação, acompanhamento e controle. Nesse contexto, torna-se evidente a necessidade de um monitoramento eficaz conduzido por profissionais especializados, dada a complexidade envolvida na implementação desse sistema durante a execução de uma obra. Enquanto a fase de planejamento contempla o processo de decisão quando são definidos os programas, as metas, os objetivos a serem atingidos e os resultados desejados e atribuídos aos órgãos, o orçamento considera os insumos e os custos atribuídos aos processos e aos produtos da empresa (KNOLSEISEN, 2003).

Kern e Formoso (2004), também afirmam que somente através de um controle integrado entre a produção e custos é possível analisar o impacto do prazo de produção (duração da obra) no custo final do empreendimento. Por exemplo, os custos do empreendimento podem se apresentar adequados, se comparados aos custos estimados no orçamento, no entanto, o andamento da produção pode não alcançar o prazo final, o que fatalmente irá impactar no custo final. Assim, os autores concluem que a essência de um sistema de gestão de custos na construção civil é assinalar a tendência da evolução do empreendimento e avaliar suas implicações em relação ao prazo e custo final, disponibilizando informações que possibilitam ver, de antemão, a tendência do desenvolvimento dos custos e prazos.

Dentro desse contexto, surge como uma ferramenta de gestão de custos, a qual promove a integração entre os indicadores de orçamento e de planejamento, as curvas de agregação de recursos, ou curvas S, discutidas no tópico a seguir.

#### 4.1.CURVAS DE AGREGAÇÃO DE RECURSOS – MODELO DE KERN (2005)

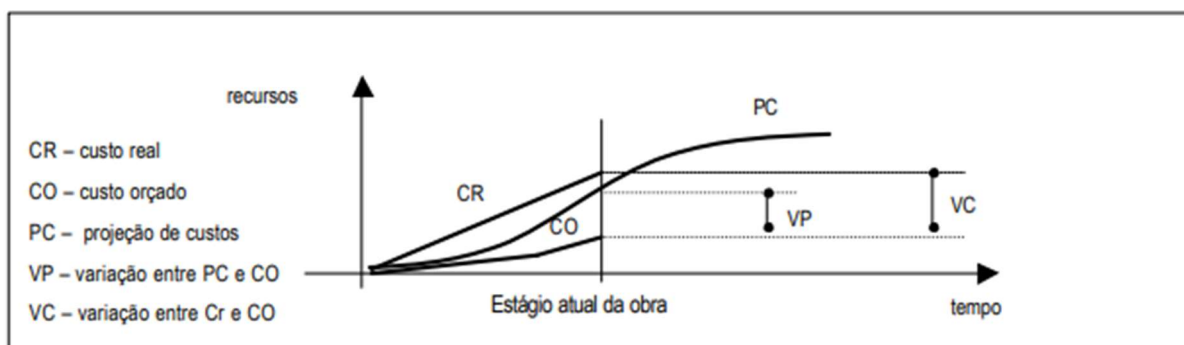
A curva de agregação de recursos consiste em um gráfico de recursos (eixo y) versus tempo (eixo x). Conforme Heineck (1990) *apud* Kern e Formoso (2004), a curva de agregação de recursos consiste na integração do orçamento com uma técnica operacional de planejamento. Segundo Kern (2005), a curva de agregação de recursos pode ser utilizada de duas formas: não cumulativa e cumulativa; sendo que a primeira permite controlar a mobilização de recursos e a intensidade com que estes devem ser alocados na obra e a segunda, também conhecida como curva S, é a integral da primeira, representando o valor acumulado dos recursos do início à conclusão da obra.

Segundo Stallworthy (1980) *apud* Kern (2005), o uso efetivo das curvas com a proposta de controle de empreendimento permite aos gestores:

- a) Gerar respostas rapidamente aos sistemas de gestão empregados, para que as informações possam ser analisadas e embasar a tomada de decisão, enquanto ainda forem relevantes;
- b) Disponibilizar diagnósticos e relatórios regulares e consistentes para indicar mudanças significativas nas estimativas;
- c) Integrar o controle de custos com os demais departamentos da empresa, capacitando a tomada de decisão em relação as estimativas iniciais, avaliando o progresso do empreendimento.

Kern (2005), ilustra as curvas e seus indicadores e variações conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Indicadores gerados a partir das variações ocorridas no custo e no prazo



(fonte: KERN, 2005)

Segundo Kern (2005), a utilização das curvas pode gerar indicadores já discutidos, como o custo real (CR) – custos reais expressados conforme o desempenho da produção num período de tempo específico, o custo orçado (CO) - referente ao custo orçado das atividades a serem desempenhadas nesse período de tempo e a projeção de custo (PC) – que indica o custo orçado das atividades planejadas.

Kern (2005), discute também alguns possíveis usos para essa técnica como:

- Estudos de viabilidade

Utilização através de modelos de simulação, possibilitando avaliar riscos e projetar cenários econômicos (em qual momento o empreendimento passará a dar lucro) em termos de custo e de receita.

- Avaliação de propostas

Análise de concorrências através da simulação dos aspectos de pagamento/parcelamento (econômico) e avanço físico (físico) prometido de cada fornecedor.

- Gestão da produção e avanços físicos

Para Kern (2005), a análise do desenvolvimento do consumo de recursos de um empreendimento pode ser feita sob dois aspectos: gasto e desembolso. Sendo que, para a autora, no primeiro o custo do produto é analisado sem considerar as condições de pagamento, enquanto na segunda controla-se o desembolso resultante da aquisição do produto. Considerando o aspecto dos gastos, através das curvas, consegue-se estabelecer indicadores

quanto a avanços físicos e custos da produção. Para Correa (2021), a diferença temporal que pode haver entre o momento em que um recurso é utilizado no canteiro (gasto) e o momento em que o mesmo é pago aos fornecedores (desembolso) é um ponto importante a ser considerado no sistema de gestão de custos, já que algumas atividades requerem pagamento antes de serem executadas, a exemplo dos elevadores e esquadrias de alumínio, e outros serão pagos apenas após a finalização da atividade a exemplo da mão de obra no geral.

Assim, Kern (2005) aponta que a previsão da utilização dos recursos no âmbito de gasto se baseia na data que o recurso será utilizado em obra, portanto está vinculado ao planejamento da produção, já sob o aspecto de desembolso, baseia-se na data dos pagamentos do respectivo recurso, e, portanto, está vinculada ao planejamento financeiro, impactando no fluxo de caixa da empresa.

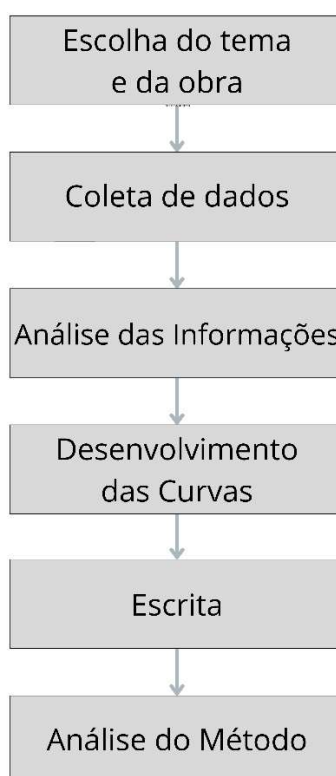
- Controle dos custos e fluxo de caixa

Segundo Kern (2005), o gerenciamento do fluxo de caixa é dinâmico, tendo em vista o ambiente de mudanças e incertezas da construção civil, assim segundo Lowe (1987 apud KERN, 2005), é melhor adotar um método de controle flexível, no sentido de ser facilmente adaptado às mudanças que ocorrem.

## 5. MÉTODO DE TRABALHO

O trabalho proposto foi desenvolvido no formato de monografia. O modelo proposto por Kern (2005) foi aplicado em uma obra residencial de alto padrão. O trabalho foi desenvolvido conforme apresentado no delineamento representado na Figura 7:

Figura 7- Etapas do trabalho



(fonte: elaborado pelo autor)

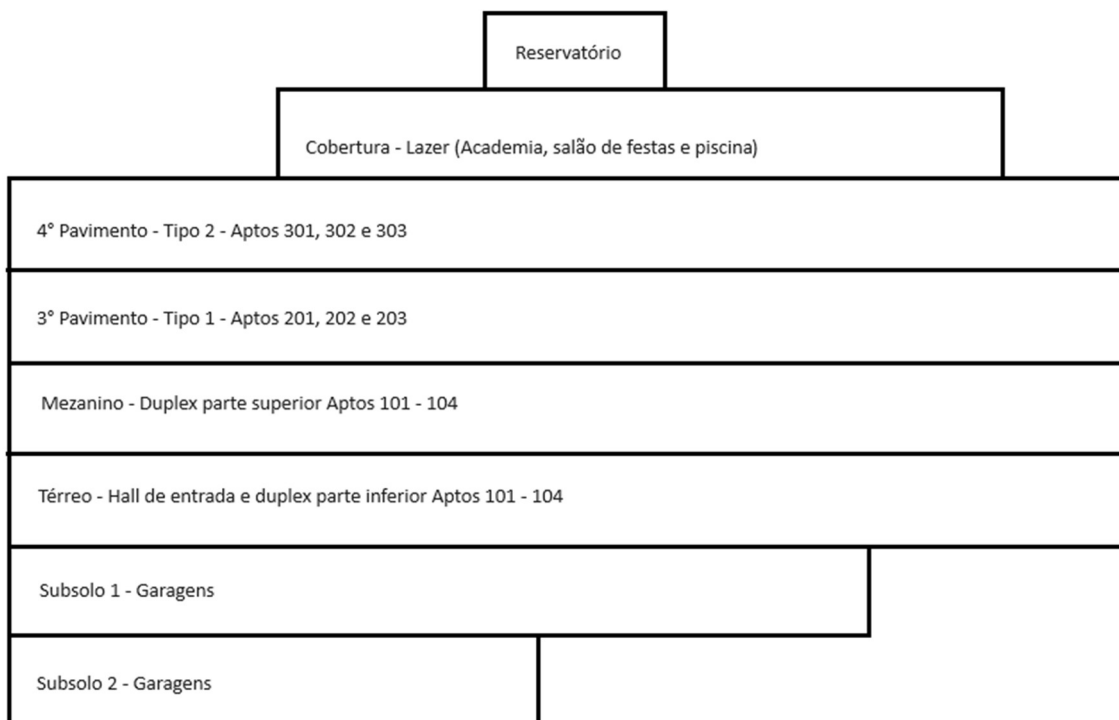
### 5.1.PRINCIPAIS ATIVIDADES REALIZADAS

#### 5.1.1. Escolha e caracterização da obra

A obra foi escolhida pela autora pela sua atuação no setor de orçamentos da empresa, a qual faz toda a gestão de custos (orçamento, planejamento e acompanhamento) de obras dos mais diferentes padrões e dimensões. Sabendo das dores que as empresas sofrem e sendo uma das responsáveis em ajudá-las, além da preocupação da autora com a importância da gestão de custos para os empreendimentos de construção civil.

O empreendimento objeto deste estudo foi um prédio residencial de 10 unidades habitacionais, composto por sete pavimentos, sendo dois de garagens, quatro de apartamentos e um de lazer, conforme representado na Figura 8, que mostra um esquema do prédio:

Figura 8 - Esquema da edificação



(fonte: elaborado pelo autor)

- 2 andares de garagens: Subsolo 1 e Subsolo 2
- Térreo e Mezanino: quatro apartamentos duplex, dois deles possuindo apenas um dormitório no térreo e uma suíte no mezanino e os outros dois com duas suítes no térreo, e uma suíte no mezanino, tendo um deles mais uma área de estar adjacente no mezanino;
- Tipo (2º e 3º pavimentos): três apartamentos de três suítes + um banheiro, com sacada com churrasqueira;
- Cobertura/Lazer: Academia, salão de festas com dois banheiros e piscina com deck.

Com relação ao sistema construtivo, a estrutura foi executada em concreto armado com lajes nervuradas. Para as contenções foi utilizado cortina de concreto armado e para as fundações foram utilizadas estacas raiz, além de sapatas. A vedação foi feita com blocos cerâmicos, e para



os acabamentos dos pisos foram utilizados pisos cerâmicos de 60x60 cm, piso porcelanato 80x80 cm, além de piso vinílico para as áreas dos quartos. Nas fachadas além dos acabamentos em pastilha cerâmica, foram utilizadas também fachadas ventiladas. Nos ambientes nos quais havia forro, foram utilizados o gesso liso com negativos, sancas e cortineiros e forro em madeira. No edifício foram instalados um elevador que atende do subsolo a cobertura e uma plataforma de acessibilidade localizada no térreo. Por fim, na cobertura do prédio foram instalados painéis fotovoltaicos.

O prazo inicial para a construção definido seria de 24 meses, com início em outubro de 2021 e final em setembro de 2023.

### 5.1.2. Dados Coletados

Para a realização do trabalho usou-se dados referente ao planejamento e orçamento do empreendimento. Esses dados foram consultados no arquivo que a empresa mantém com informações de cada obra. Os arquivos estavam organizados em planilhas em Excel e documentos de word. Também foram coletadas informações diretamente com quem trabalhou no controle de custos e produção da obra e com o engenheiro responsável pelo empreendimento.

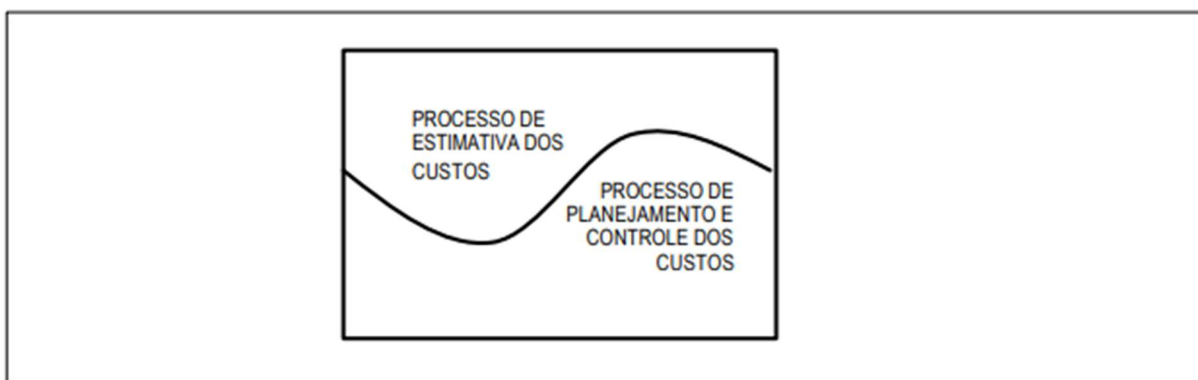
## 5.2. MODELO PROPOSTO POR KERN (2005)

### 5.2.1. Introdução

Para Kern (2005), o planejamento e controle de custos é um processo gerencial que deve ocorrer durante todas as fases do empreendimento, envolvendo diferentes setores da construtora; o principal objetivo atrelado a ele é servir de apoio para tomadas de decisão a partir da geração de informações relativas ao custo do empreendimento, assim buscando garantir o atingimento de metas financeiras, de prazo, de qualidade etc. O modelo destaca alguns tipos de decisão que podem vir a se basear nas informações geradas, como decisões de projetos, produção, contratos, fornecedores, entre outros.

Dentro do modelo, são considerados dois processos principais, o processo de estimativa de custos e o processo de planejamento e controle de custos, conforme ilustrado na Figura 9:

Figura 9 - Processos do modelo proposto por Kern



(fonte: KERN, 2005)

O modelo propõe a atualização das estimativas dos custos quando necessário, além do planejamento desses custos em relação ao tempo, visando a previsão do fluxo de caixa. Ademais, entende-se que o controle deve ser realizado em tempo real, monitorando desvios de custos e buscando a sua redução através de novas decisões como por exemplo, negociações com fornecedores ou melhorias no processo de produção.

Assim, segundo Kern (2005), o modelo busca considerar as características de incerteza, variabilidade e complexidade da construção civil para que se utilize um sistema dinâmico e flexível, capaz de sofrer atualizações rápidas. Esse capítulo ilustrará o modelo proposto por Kern (2005) e como ele foi utilizado e adaptado para o presente trabalho. A seguir será descrito o método para realização do trabalho e como eles foram utilizados no contexto dessa obra.

### 5.2.2. Processo de Estimativa de Custos

Segundo Kern (2005) e conforme já foi descrito no capítulo 2, as estimativas de custo iniciam junto ao início do projeto, sendo desenvolvidas várias versões delas ao longo do processo, conforme tem-se atualizações e definições acerca de métodos construtivos, acabamentos etc. tornando o orçamento uma meta móvel ao longo do tempo. O modelo propõe quatro passos para a realização da estimativa de custo: preparação do processo (definição de quem será o responsável, no caso desse trabalho, foi contratada uma empresa terceirizada); coleta de informações (estudo dos projetos, métodos construtivos, formas de contratação, equipamentos, etc); realização do orçamento (descrita a seguir); difusão das informações (para as outras partes do processo – diretores, obra, suprimentos, etc).

Para o trabalho, foi usado somente o orçamento operacional, versão que foi utilizada para o desenvolvimento das curvas de agregação de valores bases para comparação durante a fase de produção da obra. Assim, iniciou-se com a estrutura do projeto (EAP), a qual foi utilizada tanto para o orçamento quanto para o planejamento, e após essa etapa foi desenvolvida a estimativa de custos (orçamento) já em sua fase operacional.

O Software ERP utilizado pela empresa para esse empreendimento foi o Sienge. Dentro dele, a EAP é composta por quatro níveis hierárquicos, começando com o nível um, que representa a atividade de um modo mais agregado e, à medida que os números crescem, cresce também o nível de detalhamento contemplado por eles. Para o Sienge, os quatro níveis estão divididos em:

- 1- **Célula Construtiva:** foram utilizados os números de um a 27, para elementos menos detalhados. exemplos: 1- supraestrutura, 2 - alvenaria;
- 2- **Etapa:** subdivisões do nível 1, numerados como 1.1, 1.2... 2.1, 2.2. exemplos: 1.1: formas, 2.1: assentamento alvenaria
- 3- **Subetapa:** subdivisões do nível 2; itens específicos, os quais (em sua maioria) foram “abertos” considerando os pavimentos da edificação. exemplos: 1.1.1: formas – térreo, 2.1.1: assentamento alvenaria – térreo;
- 4- **Serviços /composições:** subdivisões do nível 3; onde irão ser adicionados os insumos ou composições auxiliares e suas quantidades que irão efetivamente constituir e precificar o orçamento. exemplos: 1.1.1.1: formas em madeirite para vigas, 2.1.1.1: assentamento alvenaria de blocos cerâmicos 9x19x19 cm com argamassa estabilizada

Nas Figuras 10 e 11 estão apresentados exemplos das estruturas usados pelo orçamento:

Figura 10 - Exemplo 1 (EAP)

05	SUPRAESTRUTURA
05.001	FORMAS
05.001.004	FORMAS - TÉRREO
05.001.004.001	* Formas para VIGAS em Madeirite Plástico 1,10x2,20 m - 18 mm / Reaproveitamento 2x

(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 11 - Exemplo 2 (EAP)

<b>06</b>	<b>ALVENARIAS E VEDAÇÕES</b>
<b>06.002</b>	<b>ASSENTAMENTO ALVENARIA</b>
<b>6.002.001</b>	<b>ASSENTAMENTO ALVENARIA - TÉRREO</b>
<b>6.002.001.001</b>	* Alvenaria de Vedação com Blocos Concreto Celular com Argamassa Estabilizada, incluso Vergas e Contravergas - 10x30x60 cm

(fonte: elaborado pelo autor)

O Sienge utiliza esses níveis para as apropriações de orçamento, que são a indicação que se tem de onde o custo, informado pela nota do pedido ou pela medição do contrato, está inserido no orçamento. Por exemplo, se a compra foi feita para alvenaria do térreo, é nesse item que ela deve ser apropriada, visto que a informação das curvas de avanço financeiro que serão apresentadas no capítulo 4 é extraída de relatórios dessas apropriações.

Para a definição dessa estrutura e de todos os itens que estariam presentes no projeto, foi feita uma reunião com a gestão da empresa e da obra e analisado o projeto como um todo, considerando todas as fases, itens, métodos construtivos, materiais e equipamentos que seriam utilizados ao longo da obra. Após essa análise foram tomadas as decisões em relação as divisões da EAP e assim foi acordado que o nível de apropriação da obra no software Sienge seria o nível três (SUBETAPA). O nível de apropriação da obra pode variar de acordo com o domínio de gestão de cada empresa; a nível de Subetapa, é necessário que se possua algum conhecimento do orçamento para que sejam apropriados os custos corretamente, seguindo a EAP e como cada custo foi considerado no orçamento.

A orçamentação, para esse trabalho, visou sua gestão e controle, por isso será citado apenas o orçamento operacional, conforme já apresentado anteriormente. A primeira versão do orçamento operacional foi elaborada na ERP Sienge a partir dos projetos executivos disponíveis no período. Estes custos foram então lançados no Sienge em suas respectivas subetapas da EAP. Esses dados foram coletados, utilizados e adaptados para sua utilização no desenvolvimento das curvas de agregação de valores.

### 5.2.3. Processo de planejamento e controle de custos

Segundo Kern (2005) nessa segunda parte do processo, a partir do orçamento operacional objetiva-se estimar quando os custos irão ocorrer, envolvendo assim vários setores da empresa para que se faça essa programação de recursos. O modelo propõe que os procedimentos devem

ocorrer de forma cíclica – planejamento, controle, replanejamento, controle... até o término do empreendimento. Além disso, assim como na estimativa de custos, são propostos seis passos para esse processo: preparação do processo (definição de quem será o responsável, no caso desse trabalho, foi contratada uma empresa terceirizada); coleta de informações (estudo dos projetos, métodos construtivos, formas de contratação, equipamentos...); preparação dos planos (atualização das estimativas de custo e realização do planejamento); difusão das informações (para as outras partes do processo – diretores, obra, suprimentos...); controle dos planos (descrito nos capítulo 4); avaliação do processo (ao final do empreendimento, visando a melhoria dos processos).

A técnica de planejamento de longo prazo utilizado para o desenvolvimento do planejamento foi a linha de balanço (LOB), a qual foi elaborada no Microsoft Excel e inserida no MS Project para facilitar a extração de informações. A construtora já possuía a data de início da obra, informada como 02/11/2021. A partir dos dados de planejamento coletados, as datas foram utilizadas para o desenvolvimento das curvas base para o avanço físico da obra.

Para o controle de custos, o modelo proposto por Kern (2005), sugere que as curvas de agregação de recursos sejam utilizadas como ferramenta principal do processo de planejamento e controle de custos, principalmente pelo fato de permitir a integração dos custos estimados com o prazo de utilização (gasto) e o prazo de pagamento (desembolso). Assim, é proposto que o foco de utilização seja no planejamento e controle do fluxo de caixa, considerando os desembolsos, a partir do planejamento da produção e programação dos recursos.

A seguir será descrito como foi feito o controle e fluxo de informações inseridas no Sienge durante a fase de construção e como foram desenvolvidas as curvas base (desenvolvidas antes do início da obra) para comparação e as curvas referentes ao controle dos custos e da produção (as quais serão analisadas e discutidas no capítulo 4).

- ERP Sienge

O software ou ERP Sienge foi o escolhido pela empresa para o controle e acompanhamento do projeto no geral. Para esse trabalho, foram utilizados os módulos de engenharia, suprimentos e suporte à decisão, sendo que os dois primeiros são efetivamente utilizados operacionalmente e o último é mais utilizado para extração de relatórios, os quais serão discutidos mais a fundo a seguir. Assim, operacionalmente, tem-se os seguintes itens:

#### a) Engenharia

É no módulo engenharia que encontramos todos os itens relacionados aos documentos de orçamento e planejamento, sendo que esses dois podem ser inseridos e modificados nesse módulo. Os principais itens utilizados pelo presente trabalho foram os de orçamento, de planejamento e de acompanhamento, nos primeiros, foram inseridas as versões do orçamento operacional e do planejamento desenvolvidas, e no módulo de acompanhamento foram feitas as medições mensais do avanço físico da obra.

Dentro desse módulo, também é possível editar as datas de entrega e pagamento dos insumos, portanto, caso tudo esteja atualizado corretamente, ao tirar relatórios sob o aspecto de desembolso, esses serão fiéis ao que será praticado. Esse módulo é onde estão todas as informações que serão utilizadas como base, ou previstas, na parte de controle de custos e da produção.

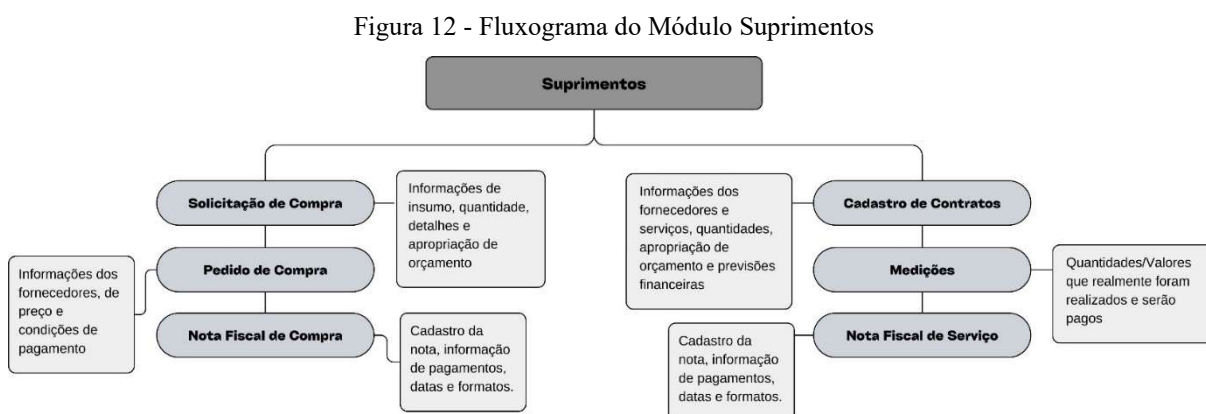
#### b) Suprimentos

Principal módulo onde são inseridas as informações a serem levantadas dos custos incorridos (já realizados e pagos – como alguma compra de material paga em datas anteriores a tiragem dos relatórios) e comprometidos (já se sabe que será pago, porém ainda não foi efetivado o pagamento – como parcelas futuras de algum material ou medição de algum contrato de mão de obra). É nesse módulo que se concentram as solicitações de compras cadastradas normalmente pela obra (onde são inseridos os insumos, detalhes, quantidades e feitas as apropriações de onde esses materiais serão utilizados de acordo com o que foi orçado), as quais são encaminhadas ao setor específico de compras que efetiva esse pedido e negocia com fornecedores, cadastrando os pedidos de compra. Após esses passos, no ato do recebimento do material é necessário que seja feito o cadastro da nota fiscal, o qual será discutido no módulo específico, para que então seja realizado o pagamento por parte do setor financeiro.

As solicitações de compra funcionam, em sua maioria, para insumos de material; para a mão de obra, tem-se os contratos. Os contratos são cadastrados após a negociação com os empreiteiros, dentro deles são cadastradas informações acerca da quantidade e preço unitário de cada serviço que serão prestados pelos fornecedores específicos (os quais já devem ter todas as informações cadastradas no sistema), além de índices como o CUB (o qual pode ser considerado para reajustes mensais) e feitas as apropriações referentes aos serviços que serão

prestados por eles de acordo com a EAP de orçamento. Além dessas informações, também são cadastradas as previsões de pagamento de cada contrato, item que também impactará nas previsões pela óptica do desembolso.

Na Figura 12 tem-se um fluxograma das informações cadastradas no Sienge.



(fonte: elaborado pelo autor)

### c) Relatórios Utilizados

Para o controle efetivo dos custos e da produção da obra, é imprescindível que todos os processos descritos anteriormente sejam feitos com atenção e estejam corretos em suas previsões financeiras e apropriações de orçamento. Somente assim, serão extraídas informações verdadeiras dos relatórios. Os relatórios descritos a seguir podem ser encontrados para extração dentro do módulo suporte à decisão.

- **Custo por Nível**

Esse relatório traz informações em colunas do custo orçado total para cada item do orçamento, além de valores medidos, valores comprometidos, saldo disponível e tendência do orçamento (a qual deve ser bem analisada pois pode conter informações não verdadeiras).

Dentro desses itens, o custo orçado corresponde aos valores do orçamento que foi inserido no módulo de engenharia, ou seja, são os valores base para comparação com as outras colunas. Os valores medidos são referentes ao que já foi pago efetivamente pela empresa, já possuindo nota fiscal e passado sua data de pagamento; já os valores comprometidos são a soma dos valores medidos com itens que ainda serão pagos, mas já se sabe que serão gastos, como pedidos de compra ainda sem nota, parcelas futuras de compras, previsões financeiras de contratos etc.

Esse item representa todos os valores que já foram apropriados em cada respectiva subetapa do orçamento. A coluna do saldo ou verba disponível é a subtração do valor orçado menos o valor comprometido, representando quanto ainda não foi gasto ou apropriado em relação ao item orçado.

É a partir da análise desse relatório que se tem os custos incorridos, ou seja, o quanto já foi gasto dentro do que foi orçado, respectivamente em cada subetapa do orçamento, assim como o que ainda não foi gasto, mas já se sabe que em algum momento será desembolsado. Ao final da obra, também é possível fazer a análise de quais itens “estouraram” dentro do orçamento, e assim fazer a retroalimentação do mesmo, identificando o que levou a situação de estouro ou de economia, para que nos próximos orçamentos seja possível ter mais assertividade dentro desses itens de maior desvio.

- Analítico por apropriação de obra

Dentro desse relatório é possível analisar todos os títulos e previsões de pagamento (tudo que foi apropriado) que estão vinculados a cada item do orçamento. Essa análise é necessária para que, caso algum item esteja muito acima ou muito abaixo do esperado, possa se confirmar que todos os dados de valores estão corretos e que tudo foi apropriado na subetapa certa. Assim é possível fazer a verificação de todos os valores apresentados no relatório de custo por nível.

Os relatórios do Sienge podem ser configurados de acordo com a informação que se deseja deles, esse relatório, por exemplo, pode ser configurado para mostrar os títulos e previsões ordenados pelo período de pagamento, facilitando a análise das curvas pela óptica do desembolso.

Alguns outros relatórios do Sienge podem ser interessantes para outras análises de orçamento e planejamento. Por exemplo, para o *lookahead* (planejamento de médio prazo), é importante a remoção de restrições, sendo uma delas a necessidade de que os materiais já estejam comprados e disponíveis nas datas previstas para início do serviço. O Sienge assim, disponibiliza um relatório de insumos por subetapa, o qual traz, para cada subetapa da EAP, todos os insumos que serão necessários para a realização das atividades, possibilitando aos responsáveis que verifiquem se já está tudo encaminhado.

#### 5.2.4. Desenvolvimento das curvas de agregação de recursos



#### a) Curvas base

Após a finalização do orçamento e do planejamento, foi desenvolvido o cronograma físico-financeiro, o qual apresenta as curvas base do avanço físico e financeiro pela óptica do desembolso, ou seja, tenta ao máximo se aproximar dos valores reais que serão gastos mês a mês, levando em consideração parcelas, adiantamentos e previsões. Para a montagem do cronograma, cada atividade do planejamento foi vinculada a uma subetapa do orçamento, atribuindo assim, um valor monetário para cada pacote de trabalho representado pela EAP. Kern (2005), sinaliza que o planejamento e controle do fluxo de caixa deve focar nos custos mais significativos do empreendimento. Assim, com a participação dos setores de suprimentos e diretoria da empresa, foi desenvolvida a programação dos recursos, e, a partir da compilação de todos os dados e estimativas, obteve-se uma previsão de desembolso mensal em relação a esta obra.

Um ponto a ser considerado é que para o desenvolvimento desse cronograma, é ideal que se saibam as formas de pagamento usualmente adotadas e se façam os ajustes necessários, por exemplo, os elevadores, em sua maioria, iniciam seu parcelamento meses antes da sua instalação, portanto é possível que se crie um pacote de atividades apenas para o pagamento dos elevadores, o qual não terá avanço físico atrelado a ele, apenas para fins de desembolso. O mesmo pode acontecer com revestimentos cerâmicos ou com o aço, que podem ser adquiridos como um todo para a obra de uma vez só e parcelados ao longo dos meses, quando serão utilizados apenas mais à frente.

#### b) Curvas de controle

As curvas de controle foram desenvolvidas a partir das medições mensais feitas pela empresa contratada. Para tal, todos os meses foram extraídos e analisados os relatórios descritos de Custo por Nível e Analítico por Apropriação de Obra, além de outros auxiliares que podem ser úteis como Contas a Pagar, Contas Pagas, entre outros. De posse desses relatórios, são inseridos os valores extraídos em uma planilha padrão do Microsoft Excel, onde também se insere o avanço físico calculado pelo MS Project e onde já estão inseridos os dados das curvas base, gerando assim as curvas de avanço físico e de avanço financeiro previstos versus realizados.

## 6. RESULTADOS

O primeiro resultado obtido foram os documentos oficiais de orçamento e planejamento, os quais a primeira versão está ilustrada na Figura 13, na qual está apresentada o nível 1 da EAP, juntamente com os custos (os quais foram multiplicados por um certo coeficiente para ilustrar os valores) e as datas de início e fim de cada um dos itens apresentados.

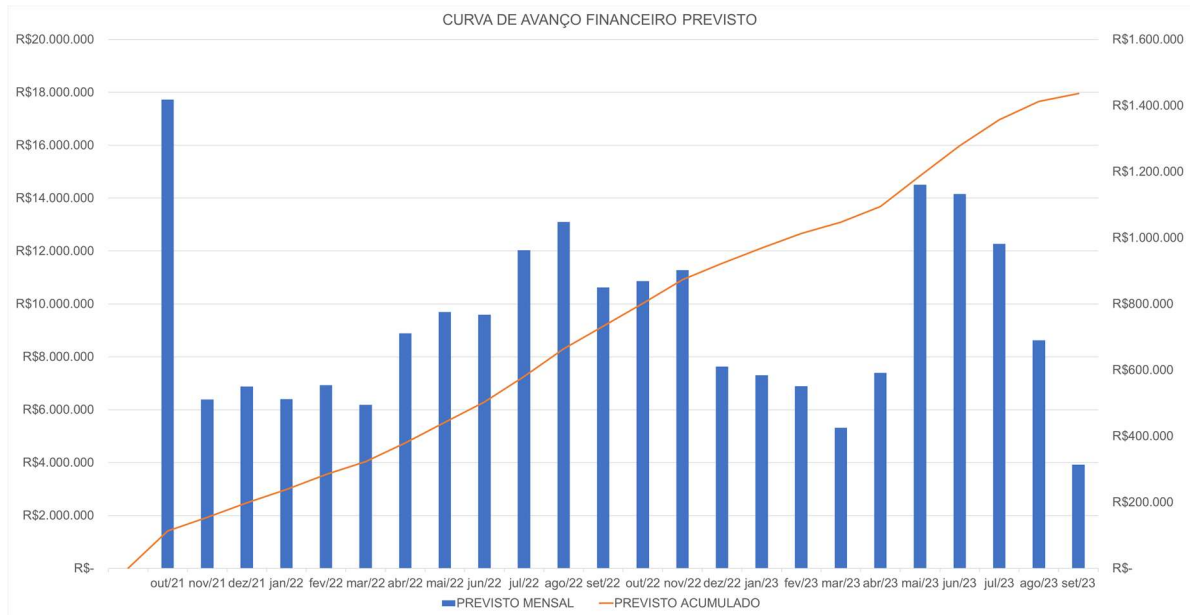
Figura 13 – Valores ilustrativos de orçamento e datas do planejamento de acordo com nível 1 da EAP (V01)

ITEM	DESCRIÇÃO	ORÇADO	DATA INÍCIO	DATA FIM
1	INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS   MANUTENÇÃO CANTEIRO	R\$ 640.116,93	02/11/2021	28/09/2023
2	MOVIMENTAÇÕES DE TERRA	R\$ 494.998,58	01/11/2021	11/02/2022
3	CONTENÇÕES	R\$ 687.066,62	02/11/2021	31/01/2022
4	FUNDAÇÕES	R\$ 151.923,65	19/01/2022	28/02/2022
5	SUPRAESTRUTURA	R\$ 3.175.349,91	01/03/2022	04/11/2022
6	ALVENARIAS E VEDAÇÕES	R\$ 984.760,92	11/05/2022	15/11/2022
7	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E TELEFÔNICAS	R\$ 584.578,13	15/08/2022	18/09/2023
8	INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS	R\$ 397.449,36	15/08/2022	29/11/2022
9	INSTALAÇÕES PREVENTIVO (PCI   SPDA)	R\$ 88.141,64	15/08/2022	18/11/2022
10	INSTALAÇÕES GLP	R\$ 42.073,50	15/08/2022	12/01/2023
11	INSTALAÇÕES CLIMATIZAÇÃO E EXAUSTÃO	R\$ 167.838,47	26/08/2022	26/10/2022
12	REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA	R\$ 1.501.845,00	30/08/2022	13/02/2023
13	IMPERMEABILIZAÇÕES	R\$ 384.528,81	11/11/2022	26/04/2023
14	COBERTURAS	R\$ 13.337,18	03/03/2023	16/03/2023
15	REVESTIMENTOS CERÂMICOS	R\$ 877.148,28	30/11/2022	12/06/2023
16	FORROS	R\$ 100.162,34	02/01/2023	24/03/2023
17	ELEVADORES	R\$ 262.500,00	28/09/2022	28/02/2023
18	PINTURAS	R\$ 495.188,57	02/01/2023	30/08/2023
19	ESQUADRIAS (METÁLICAS, VIDRO E MADEIRA)	R\$ 1.915.397,06	04/05/2023	04/08/2023
20	REVESTIMENTOS COMPLEMENTARES	R\$ 408.030,45	23/02/2023	10/05/2023
21	INSTALAÇÕES COMPLEMENTARES	R\$ 339.690,00	11/05/2022	20/06/2023
22	LOUÇAS E METAIS	R\$ 66.627,81	15/05/2023	12/08/2023
23	MOBILIÁRIO ÁREAS COMUNS, PAISAGISMO E DECORAÇÃO	R\$ 340.021,01	08/09/2023	28/09/2023
24	LIMPEZA DE OBRA	R\$ 81.441,99	30/06/2023	28/09/2023
25	CONTINGÊNCIAS   EVENTUAIS NÃO ORÇADOS	R\$ 285.000,00	01/11/2021	28/09/2023
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 14.485.216,16</b>	<b>01/11/2021</b>	<b>28/09/2023</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

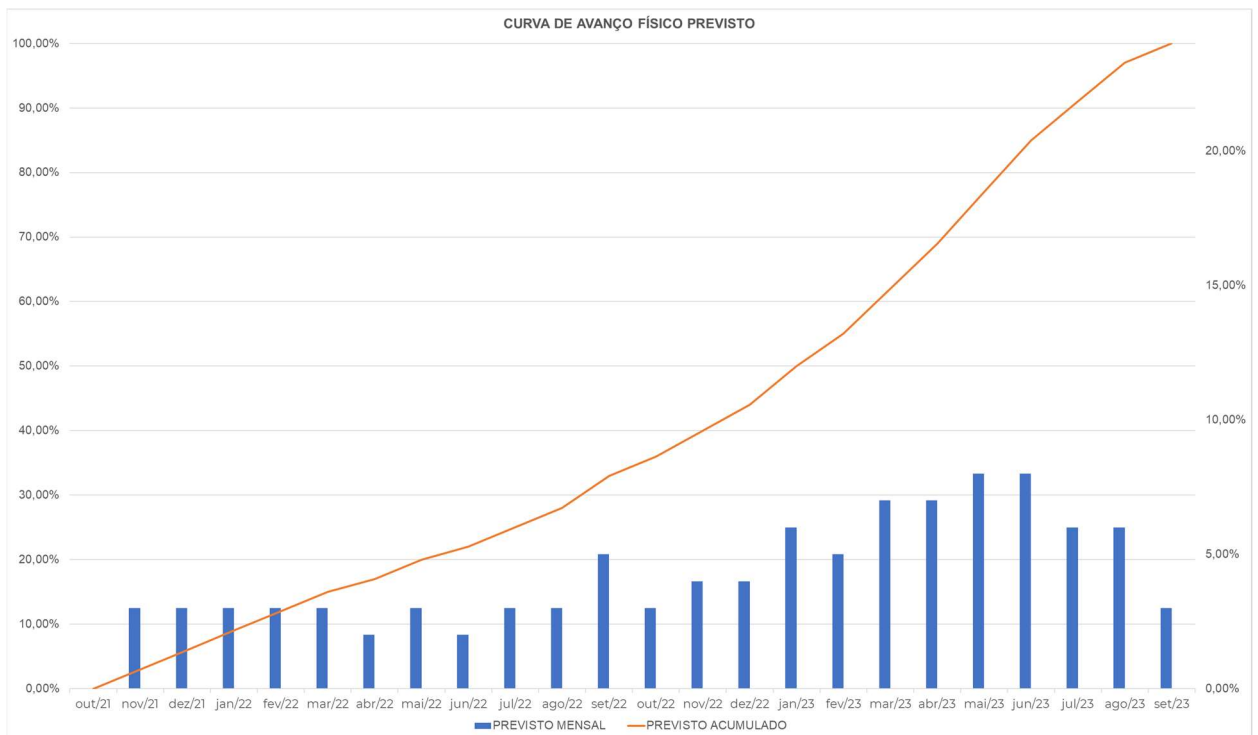
A partir dos valores representados na Figura 13, com o auxílio do MS Project e das datas estipuladas pela linha de balanço foi possível fazer as curvas base de avanço financeiro representada na Figura 14 e de avanço físico representada na Figura 15.

Figura 14 - Curva de avanço financeiro previsto (V01)



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 15 - Curva de avanço físico previsto (V01)



(fonte: elaborado pelo autor)

A curva de avanço financeiro mostra uma diferença de aproximadamente R\$ 3.500.000,00 em relação a tabela de orçamento, visto que na curva estão considerados também os custos indiretos como compra do terreno e gastos com escritório e pessoal da empresa.

Considerando o prazo do presente trabalho, as curvas de avanço serão analisadas até o mês de novembro de 2023, independente do percentual atingido até este período.

## 6.1. CONTROLE DE CUSTOS E DA PRODUÇÃO

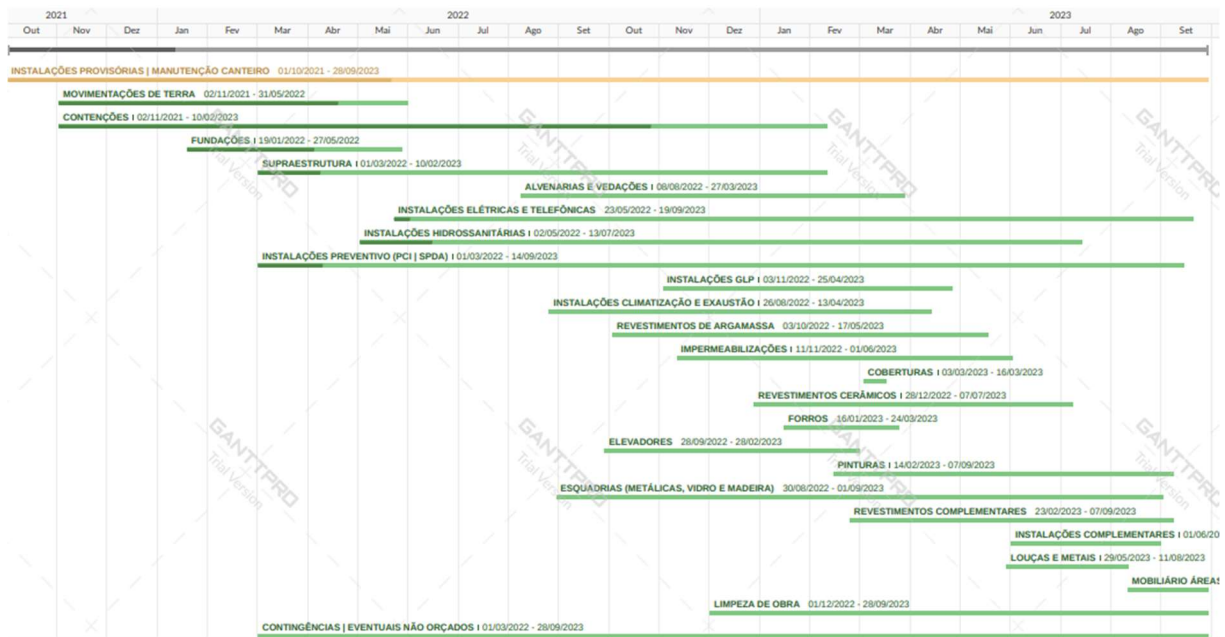
Este capítulo irá apresentar os resultados do modelo de controle de custos e da produção, utilizando a sobreposição das curvas de agregação de recursos planejada, representada na Figura 14 e na Figura 15, e as reais, que foram medidas mês a mês. Isso permitiu aos responsáveis avaliar mensalmente o status da obra em relação ao prazo e aos custos, tomar decisões gerenciais com base no andamento físico futuro e garantir o cumprimento das datas e metas planejados ou replanejar e ajustar caso necessário. O método envolve o cálculo comparativo das curvas de agregação de recursos planejada e real, utilizando planilhas em Excel.

### 6.1.1. Desenvolvimento das curvas mensais

Para gerar as curvas de andamento físico, foram copiadas as colunas de Início, Término e % Concluído do MS Project para uma planilha do Excel. A planilha, com base nessas informações, calcula o percentual da obra realizada até a data da medição e, sob a perspectiva de gastos, gera a curva de agregação de recursos real, abrangendo o período desde o início da obra até a data da medição. O desenvolvimento das curvas de avanço financeiro foi feito com o auxílio de planilhas de excel e os dados inseridos saíram dos relatórios extraídos da ERP Sienge já apresentados no capítulo 5. Estas curvas são de extrema importância para que a empresa saiba o quanto está sendo gasto com a obra e o quanto ela terá que desembolsar nos próximos meses, se terá o capital necessário, ou se será necessário fazer empréstimos ou realizar a venda de apartamentos para que o fluxo de caixa continue saudável.

Para as curvas de andamento físico, com base nas datas apresentadas pela Figura 13 tem-se uma ideia das datas adotadas para o cronograma da obra, o qual deve se comportar conforme a Figura 16.

Figura 16 - Cronograma da obra (V01)



(fonte: elaborado pelo autor)

A partir do das datas de início e término de cada atividade do cronograma, determina-se a distribuição do percentual concluído previsto acumulado de cada atividade da obra, chegando-se assim nos percentuais mensais de avanço previsto para cada mês da obra, representados na Figura 17.

Figura 17 – Previsão de avanço físico

mês	Previsto	Acumulado
nov/21	3,00%	3,00%
dez/21	3,00%	6,00%
jan/22	3,00%	9,00%
fev/22	3,00%	12,00%
mar/22	3,00%	15,00%
abr/22	2,00%	17,00%
mai/22	3,00%	20,00%
jun/22	2,00%	22,00%
jul/22	3,00%	25,00%
ago/22	3,00%	28,00%
set/22	5,00%	33,00%
out/22	3,00%	36,00%
nov/22	4,00%	40,00%
dez/22	4,00%	44,00%
jan/23	6,00%	50,00%
fev/23	5,00%	55,00%
mar/23	7,00%	62,00%
abr/23	7,00%	69,00%
mai/23	8,00%	77,00%
jun/23	8,00%	85,00%
jul/23	6,00%	91,00%
ago/23	6,00%	97,00%
set/23	3,00%	100,00%

(fonte: elaborado pelo autor)

As medições da obra foram feitas mensalmente utilizando o MS Project, o qual calcula automaticamente o percentual da obra que foi concluído ao final de cada medição, conforme são inseridas as datas de início e término real das atividades conforme exemplificado na Figura 18.

Figura 18 - Exemplo de apresentação de medição no MS Project

Nome de tarefa	Data de início	Data final	Duração	Progresso
2 <input type="checkbox"/> MOVIMENTAÇÕES DE TERRA	02/11/2021 09:00	08/04/2022 11:00	114d	98%
2.1 DEMOLIÇÕES, LIMPEZA DE TERRENO E LOCAÇÃO DE OBRA	02/11/2021 09:00	24/11/2021 11:00	17d	100%
2.2 DETONAÇÃO DE ROCHAS	22/11/2021 09:00	08/04/2022 11:00	100d	100%
2.3 SERVIÇOS DE TERRAPLANAGEM	17/11/2021 09:00	28/02/2022 11:00	74d	95%

(fonte: elaborado pelo autor)

Para controlar o trabalho em progresso, as medições possuem critérios pré-estabelecidos como por exemplo, caso o forro de gesso do pavimento inteiro não esteja pronto, mede-se percentualmente o número de apartamentos concluídos; não é medido, porém, o percentual

pertencente a apartamentos em andamento. Dentro desse contexto, tem-se três categorias de atividades:

- Atividade não iniciada: ainda não teve início ou não foi concluído nenhum percentual significativo seguindo os critérios estabelecidos. Caso a atividade tenha sido planejada para ter início antes da data da medição, seu atraso deve ser explicado.
- Atividade em andamento: atividade iniciada com seu percentual calculado medido. Possui data de início (anterior à data da medição) mas ainda não possui data de fim.
- Atividade concluída: atividade possui data de início e fim anteriores a data da medição. Também é possível saber o quanto foi gasto nela.

Para as curvas de andamento financeiro, foi utilizada a óptica do desembolso, ou seja, os custos estão distribuídos conforme seus pagamentos, e não sua respectiva execução.

Na Figura 19 será apresentada a distribuição do desembolso da atividade de supraestrutura como um exemplo do que foi feito para todas as atividades consideradas na obra, lembrando que os valores considerados não são reais.

Figura 19 - Cronograma de desembolso da supraestrutura

<b>SUPRAESTRUTURA</b>		Acumulado	%	% Acumulado
mar/22	R\$ 207.642,61	R\$ 207.642,61	10%	10%
abr/22	R\$ 353.771,10	R\$ 561.413,71	17%	27%
mai/22	R\$ 400.328,99	R\$ 961.742,70	19%	46%
jun/22	R\$ 317.283,99	R\$ 1.279.026,69	15%	61%
jul/22	R\$ 394.297,23	R\$ 1.673.323,92	19%	79%
ago/22	R\$ 367.709,16	R\$ 2.041.033,08	17%	97%
set/22	R\$ 71.211,36	R\$ 2.112.244,44	3%	100%
total	R\$ 2.112.244,44	R\$ -	100%	

Fonte: elaborada pelo autor

Assim, a cada mês de medição, conforme já feito no avanço físico, foram extraídos relatórios analíticos de apropriações e de custo por nível por obra do Sienge, a fim de calcular o valor total gasto naquele mês e gerar a curva de avanço financeiro realizada, ou seja, o quanto já foi desembolsado naquele mês. O relatório analítico de apropriações por obra apresenta todos os valores que estão comprometido no Sienge (tanto custos já pagos quanto previsões de pagamento. Os custos incorridos aparecem na coluna de comprometidos realizados, quando a

data de pagamento for anterior a data do relatório, e os valores cujas datas de pagamento são posteriores a data do relatório são apresentados na coluna de comprometidos não realizados. Tais valores provêm de previsões de pagamento, como parcelas a serem pagas ou contratos que ainda serão medidos, entre outros.

No custo por nível tem-se um resumo do analítico de apropriações, porém com o adicional da coluna representando os valores orçados, possibilitando a comparação entre o previsto, realizado e comprometido.

A partir do cálculo do que foi realizado, e o que ainda se tem a realizar, é possível projetar a tendência do orçamento, assim prevendo se a obra seguirá dentro do que foi orçado, terá economia ou estouro.

### 6.1.2. Acompanhamento da obra

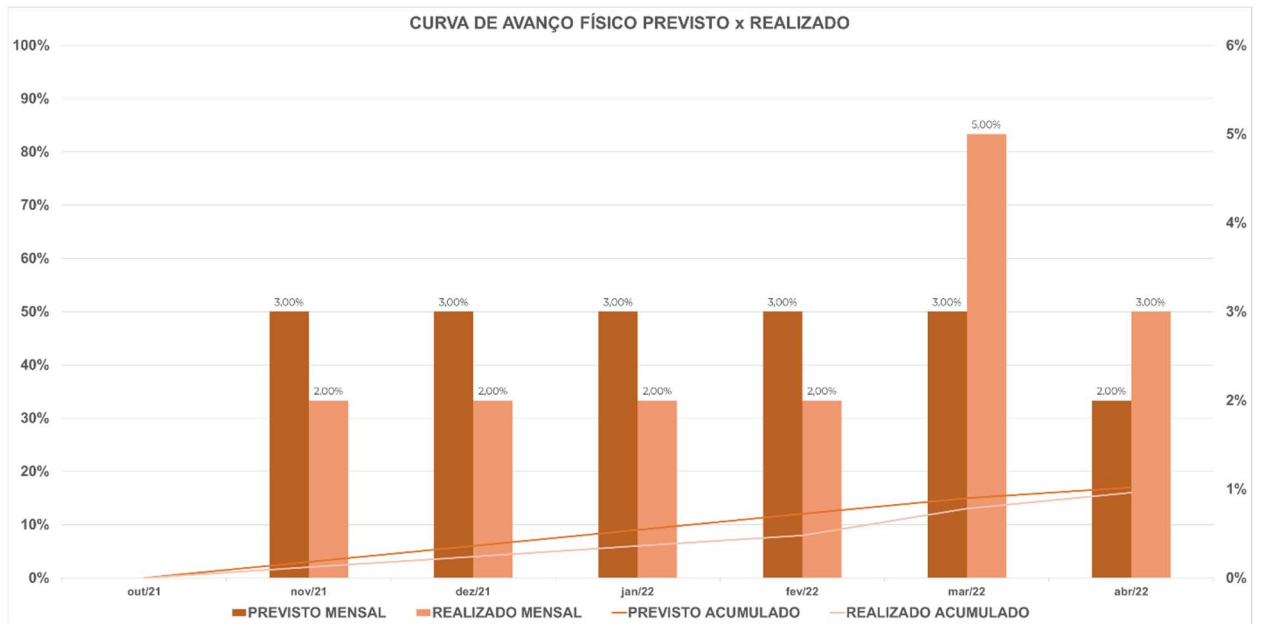
A seguir serão apresentadas as curvas de avanço físico e financeiro realizadas sobrepostas às curvas previstas. Aqui serão apresentadas curvas a cada seis meses de obra conforme a figura 20 para que não se estenda demasiadamente. Depois do gráfico serão mencionadas as informações e decisões mais relevantes que foram apontadas, explicadas e geridas pelos gráficos dentro de cada mês. Por fim, também é apresentada a tendência do orçamento ao final de cada análise. A tendência do orçamento é calculada com base na previsão feita para todos os grupos, conforme exemplificado na Figura 19 no qual se calcula o quanto já foi desembolsado nos meses passados e o quanto se tem de previsão para os próximos meses. A soma desses valores, caso menor do que o valor previsto, significa uma tendência positiva do orçamento, ou seja, uma economia, a obra gastará menos do que o previsto para realização de tal atividade ou da obra toda.

Para esse trabalho assumiu-se que todas as apropriações, previsões de pagamento e lançamentos de notas fiscais estavam corretos, porém esse é um ponto de atenção na aplicação desse modelo, visto que se os valores não tiverem sido inseridos e apropriados corretamente no Sienge, podem haver distorções.

- Análise novembro de 2021 a abril de 2022 (6 meses)

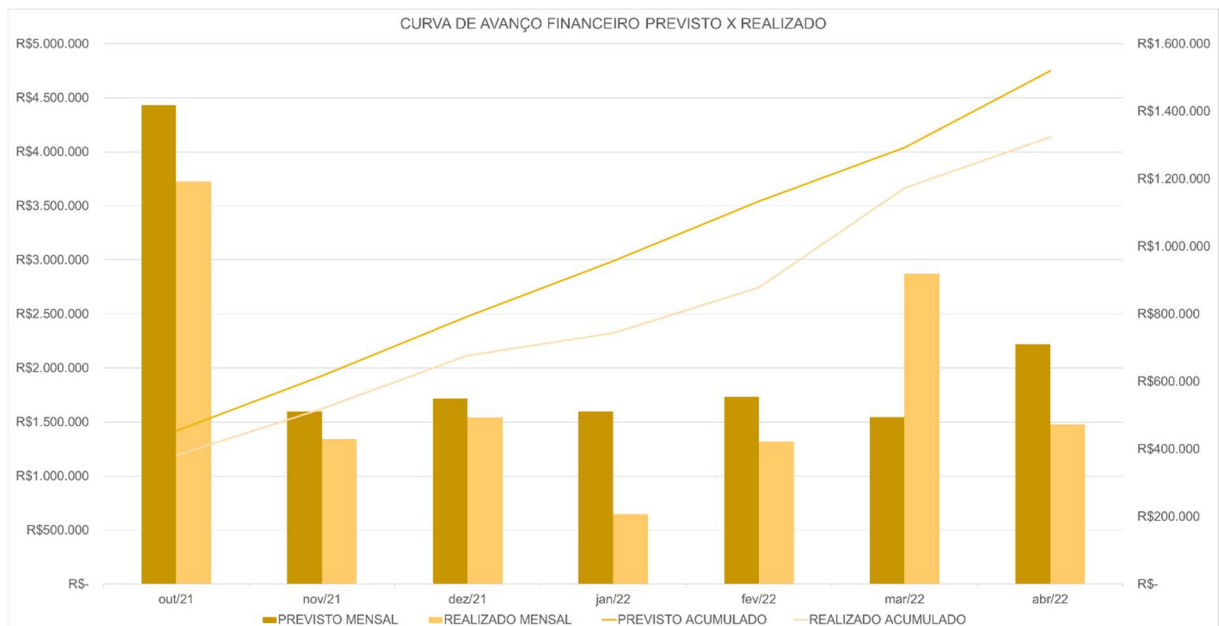


Figura 20 – Curva de avanço físico de nov/21 - abr/22



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 21 - Curva de avanço financeiro de out/21 - abr/22



(fonte: elaborado pelo autor)

Conforme pode ser inferido pelo gráfico, os primeiros quatro meses tiveram a produtividade abaixo do esperado. Nesse período de obra, tinha-se planejado as atividades de movimentações de terra, construção das instalações provisórias, contenção, fundação e início da supraestrutura (com isso o início das instalações de SPDA). O previsto era que se avançasse 3% em cada mês,

meta que não foi atingida. O problema foi gerado, principalmente, por causa de rochas encontradas no solo que não haviam sido previstas anteriormente pela sondagem contratada, atrasando assim, as demais atividades, as quais dependiam da finalização da movimentação de terra para que se tivesse frentes de trabalho. Nessa situação, percebe-se uma das vantagens das curvas de agregação de valor, pois desde o primeiro mês de obras já era sabido que os primeiros meses teriam atraso. Assim, a partir desse cenário foi montado um plano de recuperação de prazo, no qual a laje do subsolo 1 seria dividida em dois, diminuindo o tamanho do lote para que se abrissem mais possibilidades de início de atividades. O prazo para recuperação do atraso seria até abril/22.

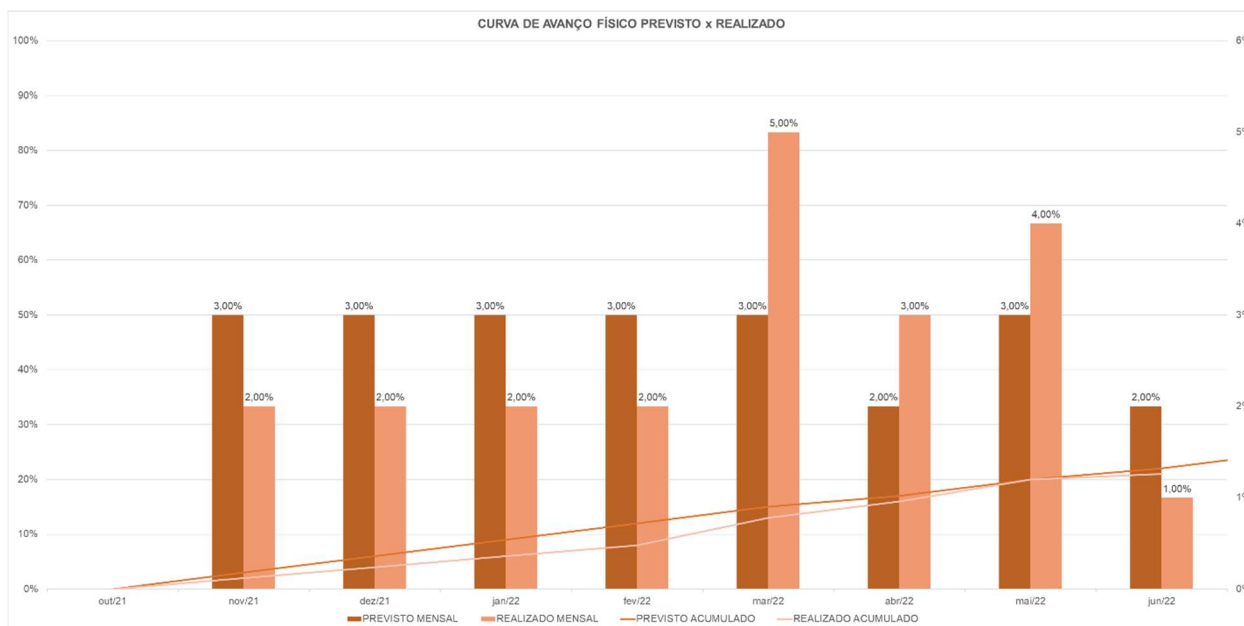
No mês de março, no entanto, já é possível ver que a obra produziu 2% mais do que o previsto para o mês, seguindo o plano de recuperação e tentando buscar a diferença no percentual acumulado, porém ficando ainda atrás do percentual que já deveria ter sido concluído (no plano inicial) até aquele mês. No mês de abril, apesar de também produzir a mais do que o planejado para aquele mês, ainda é possível perceber um atraso de 1% comparado ao cronograma inicial, a obra conseguiu alcançar 16% de percentual concluído, porém o previsto era de 17%.

Na análise da curva financeira, o mês de outubro, apesar de antes do início oficial das atividades na obra, foi considerado pela compra do terreno, o qual foi dada uma entrada menor do que o previsto. Nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro, percebe-se que a obra gastou menos do que o esperado, que nem sempre é um bom sinal. Fica claro que em março, porém, foi acrescentado o custo com as detonações de rocha, o qual não estava previsto no orçamento, causando um gasto além do esperado. As previsões apontavam, após o mês de abril, uma tendência de 8% de economia em relação ao orçamento original. É preciso lembrar, porém, que a obra estava atrasada, e por isso alguns custos que estariam previstos ainda não haviam sido realizados, podendo levar a empresa a acreditar em uma falsa economia. Esse é um dos motivos pelos quais as análises financeiras e de custos não podem ser feitas sem integração com as análises físicas, portanto serão apresentadas em conjunto.

- Análise maio e junho 2022

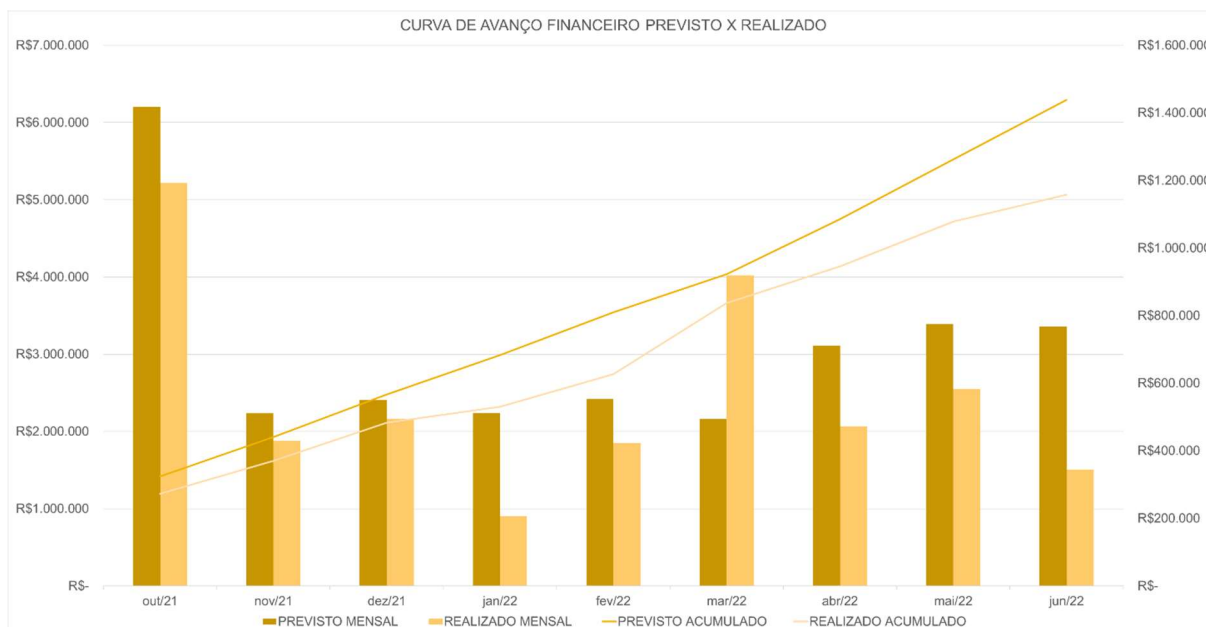
Na Figura 20 está apresentado os 6 primeiros meses já analisados, mais os percentuais dos meses de maio e junho de 2022, quando foi necessário fazer uma nova versão do cronograma.

Figura 22 – Curva de avanço físico nov/21 - jun/22



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 23 - Curva de avanço financeiro out/21 - jun/22



(fonte: elaborado pelo autor)

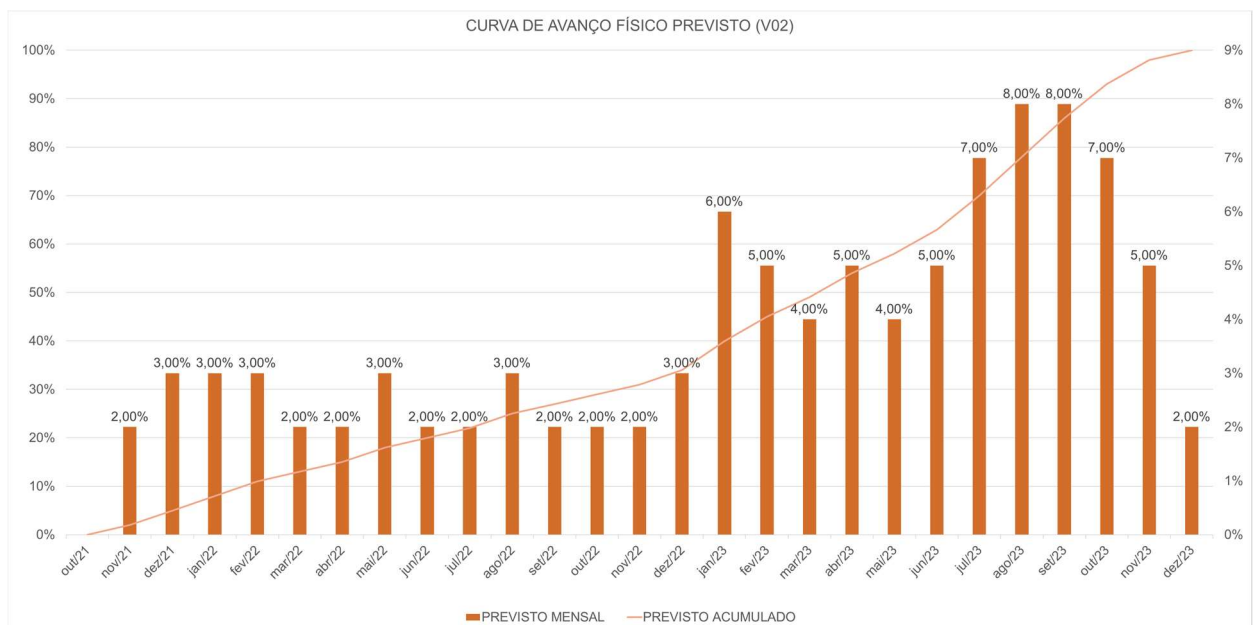
No mês de maio se seguiu o ritmo dos meses anteriores e foi possível recuperar mais um pouco do atraso dos primeiros meses de obra. No mês de junho, porém, houve um atraso na entrega do material da supraestrutura, problema que impediu os colaboradores de avançar nas suas atividades. Por isso, ao final do mês foi constatado um atraso em relação as atividades previstas para o mês, aumentando ainda mais a diferença pré-existente entre o percentual acumulado

concluído e planejado. Percebeu-se também, que apesar de o atraso representar apenas 1% do percentual previsto, a atividade de supraestrutura estava com um atraso de 5%. Ao final do mês, pelo peso carregado pela atividade de supraestrutura e o atraso já considerável, foi decidido que seria necessário replanejar as atividades e aumentar o prazo de execução da obra.

Pela óptica dos custos, nos meses de maio e junho estavam sendo pagos itens de movimentação de terras, contenções, fundações, supraestrutura, vigilância da obra, orçamento e planejamento, além de ter sido fechado o contrato dos elevadores, um dos mais relevantes da obra. A forma de contratação, da maior parte da mão de obra, foi como empreitada com uma única empresa, portanto o contrato será medido conforme a atividades realizadas pela empresa. A obra, porém, continuava em atraso, por isso os desembolsos continuaram abaixo do previsto. Ao final do mês de junho, o orçamento apresentava uma tendência de 1,3% de economia.

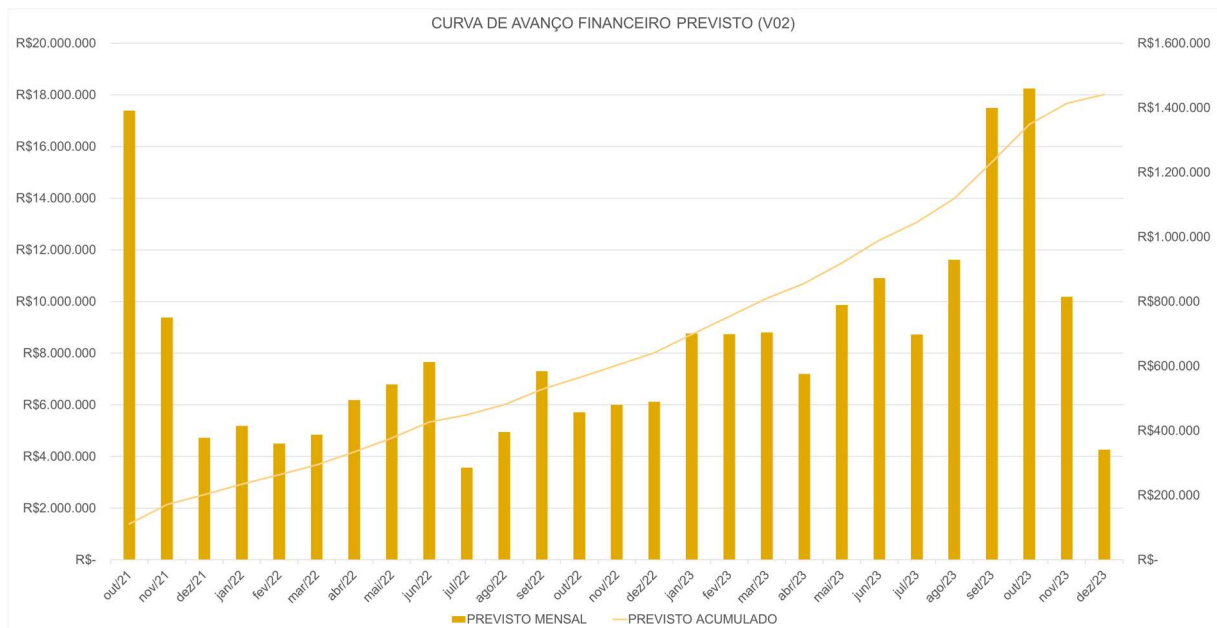
Pela necessidade do replanejamento, ao final do mês de junho foram geradas novas curvas de avanço físico e financeiro previstas, apresentada na Figura 24 e na Figura 25, considerando a data de fim da obra para dez/23.

Figura 24 - Curva de avanço físico previsto (V02)



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 25 - Curva de avanço financeiro previsto (V02)



(fonte: elaborado pelo autor)

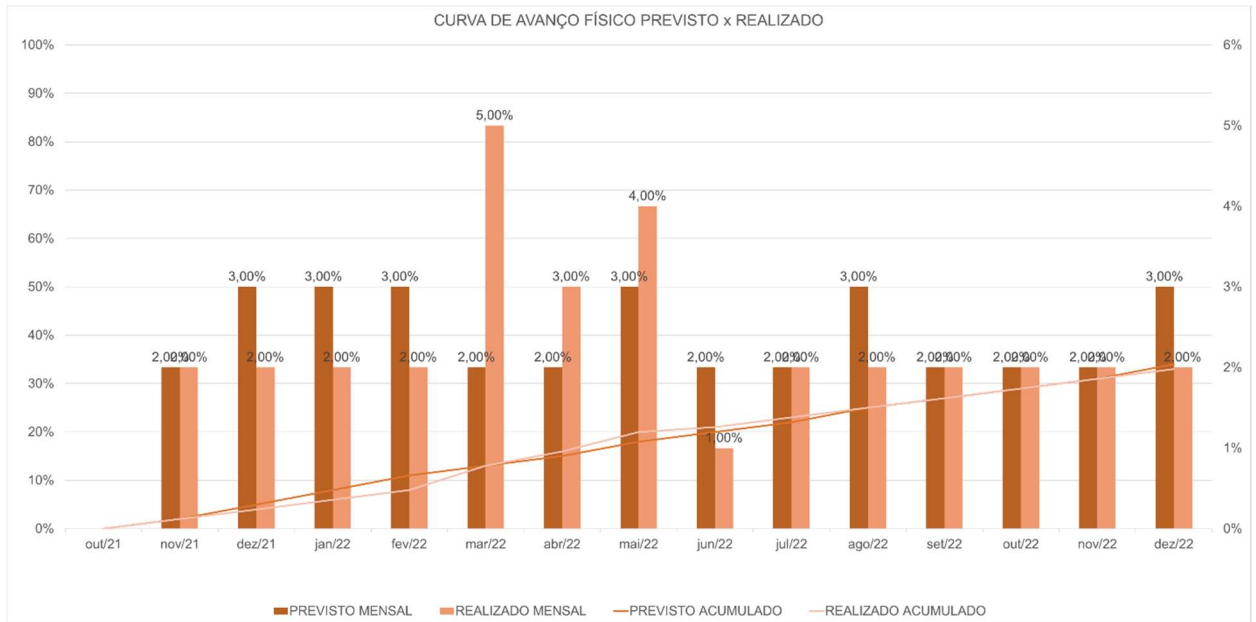
É possível perceber que com o replanejamento da curva física pode haver alterações nos meses anteriores, visto que o gráfico é modificado considerando o atraso da obra para que as atividades não realizadas sejam passadas a frente e o percentual acumulado não ultrapasse 100%,

A partir do replanejamento, já estavam consideradas as previsões de pagamentos do empreiteiro da mão de obra no Sienge, assim como o contrato do elevador, trazendo mais assertividade ao cronograma e aos relatórios extraídos, evidenciando a importância de atualizações das curvas base ao longo da obra.

- Análise julho a dezembro de 2022

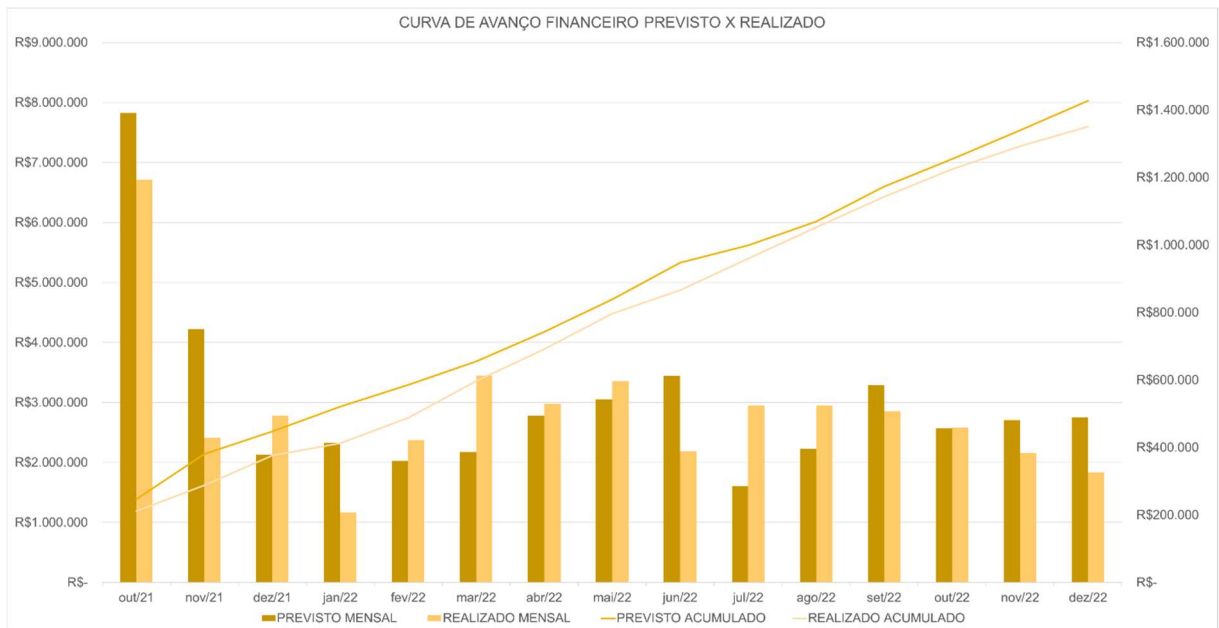
A próxima curva, apresentada na Figura 22, será considerada do início da obra até dezembro de 2022, com a análise a seguir focada nos meses de julho a dezembro de 2022.

Figura 26 – Curva de avanço físico nov/21 - dez/22



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 27 - Curva de avanço financeiro out/21 - dez/22



(fonte: elaborado pelo autor)

Com a análise do gráfico, percebe-se que com o replanejamento efetuado já no mês de julho foi possível igualar o percentual previsto. A análise, porém, não pode ser feita tão superficialmente, pois ao reparar a nível de serviços, foi percebido que a supraestrutura ainda está atrasada em 2%, o que foi “compensado” no percentual total pela produção acima do previsto das

instalações hidrossanitárias. No mês de agosto e setembro a supraestrutura conseguiu recuperar parte do previsto, porém ainda finalizou o mês de setembro 1% atrasada. Houve atraso também nas impermeabilizações das garagens, deixando o percentual abaixo do previsto. O atraso na supraestrutura continuou e se agravou para 4%, ocasionando também atraso também nas alvenarias e vedações, ficou previsto para o mês de outubro então a finalização das atividades em atraso, além da finalização das alvenarias e instalações do subsolo 1, concretagem da cobertura e início da alvenaria do térreo. No mês de novembro através de novos planos buscados pela análise das curvas, foi possível buscar o atraso nas atividades, ficando apenas 1% atrasada a estrutura, compensada novamente pelas instalações hidrossanitárias e nesse mês pelas impermeabilizações, as quais avançaram além do previsto. Percebe-se, por fim, que no mês de dezembro ocorreu novamente uma produção abaixo do esperado para o período, ocasionado, principalmente, pelo atraso da alvenaria. Itens como alvenaria do subsolo 1, do térreo e do mezanino já deveriam estar concluídos e ainda estavam em execução; também estava previsto que a impermeabilização do subsolo 2 estivesse concluída, e não estava.

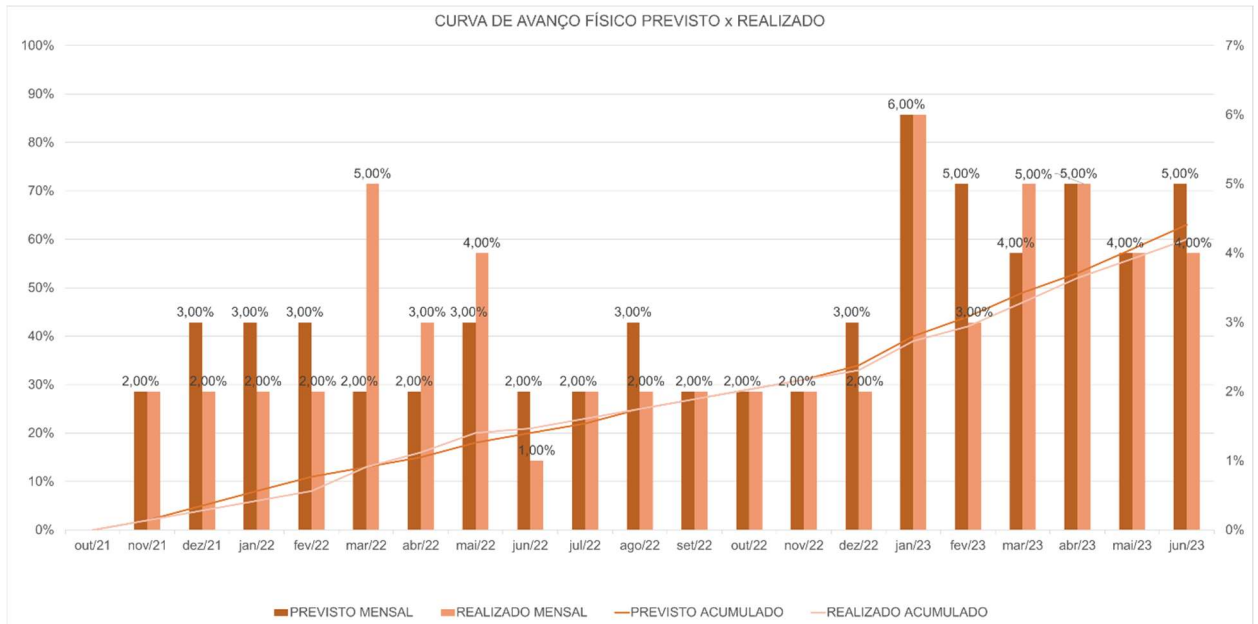
Como a obra já estava com prazo estendido, por hora não foi necessário replanejar toda a curva novamente, apenas atividades pontuais como reforço nas equipes de alvenaria para que se recuperasse as atividades nos próximos meses.

Na análise da curva financeira, do mês de setembro, apesar de ainda abaixo da curva, foi possível perceber um estouro nas instalações de SPDA, pois o orçamento previa aproximadamente R\$ 10.000,00 para o item, e a obra já havia gastado em torno de R\$15.000,00, diferença que foi notada pelo relatório de custo por nível. No mês de outubro também foi possível perceber estouros nos itens de tapumes e manutenção de obra, os quais foram orçados por meses de obra e já estava 102% realizado. Foi possível perceber também que a supraestrutura apresentaria estouro, visto que o prazo inicial de execução era de sete meses e foi passado para onze meses, aumentando o tempo que a obra necessitaria ficar com o escoramento e as cubetas, itens que foram alugados e pagos por tempo de utilização. Também é previsível o aumento dos custos com o aumento dos prazos, visto os custos como contas de água, de luz, salários da equipe, entre outros. Ao final do mês de dezembro a tendência do orçamento era de 3,3% de economia, porém a obra continuava com o avanço físico abaixo do planejado, por isso continuava abaixo realizando financeiramente abaixo do esperado, provocando esta tendência de economia.

- Análise janeiro a junho de 2023

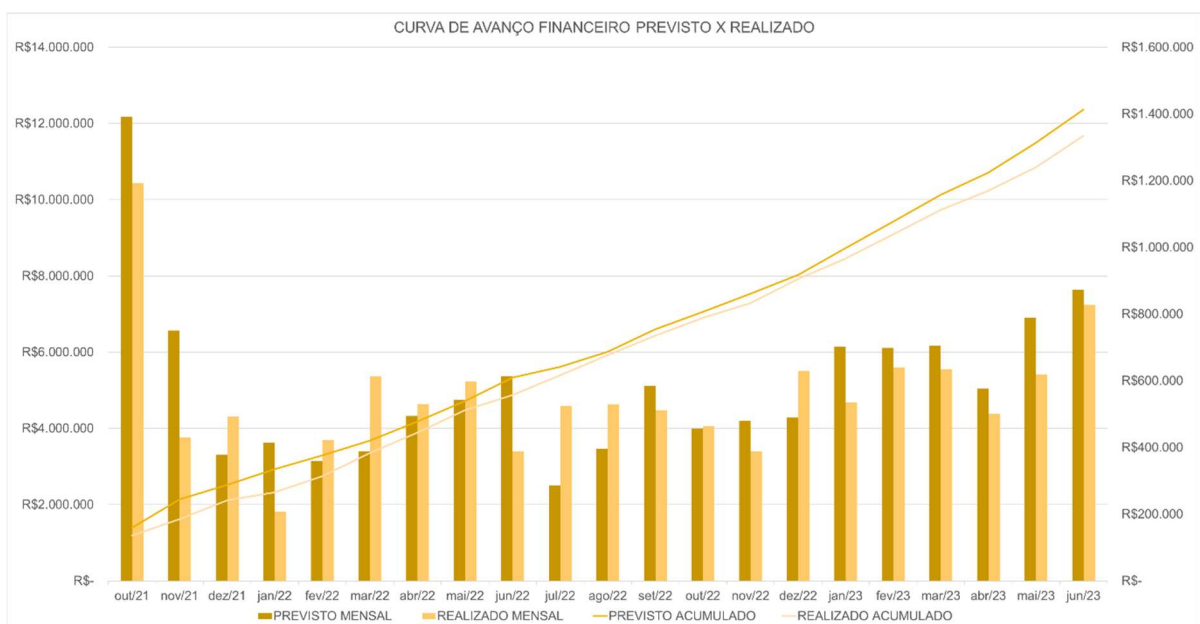
A Figura 28 e Figura 29, apresentam, respectivamente as curvas de avanço físico e de avanço financeiro desde o início da obra e contempla os meses de janeiro a junho de 2023, os quais serão analisados nesse tópico.

Figura 28 – Curva de avanço físico nov/21 - jun/23



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 29 - Curva de avanço financeiro out/21 - jun/23



(fonte: elaborado pelo autor)



Na curva física, percebe-se que em janeiro de 2023 a obra conseguiu atingir o percentual previsto para o mês, alguns serviços como alvenaria, instalações elétricas, hidráulica e de climatização já carregavam atrasos, e viraram ponto de atenção. Foi explicado pelo engenheiro, no entanto, que havia sido conversado com os contratados responsáveis por essas instalações e as de gás que elas seriam realizadas mais a frente, porém ainda dentro do prazo estipulado pelo replanejamento. No mês de fevereiro consta mais um atraso em relação ao planejado, deixando a obra com 42% realizado contra 44% que estavam previstos.

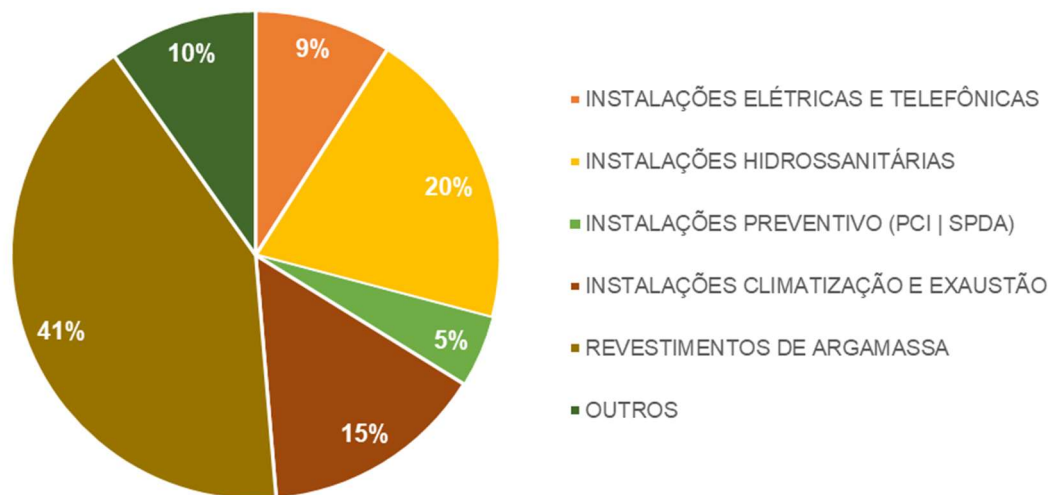
O atraso além das instalações já mencionadas e explicadas, deu-se pelo atraso na alvenaria, o qual atrasou a mudança do local do canteiro de obras para dentro do empreendimento, impossibilitando a finalização de um dos lados da contenção. Além disso, com o “atraso” das instalações não foi possível iniciar os revestimentos argamassados. No mês de abril foram adiantadas atividades como o telhamento da cobertura, também foi decidido, baseado nos atrasos, que o contrapiso da obra seria bombeado, para ganho de tempo e agilidade na atividade. No mês de junho foi constatado atraso de 1% em relação ao percentual previsto, apesar de atividades como os revestimentos da fachada, cobertura e esquadrias estarem adiantadas, ainda havia atraso nas instalações. Consequentemente foram atrasadas as atividades de revestimentos de argamassa, impermeabilizações e forros de gesso.

As instalações de gás ainda não haviam começado, porém conforme conversado com o engenheiro da obra, essa seria uma atividade rápida, já que as prumadas seriam feitas todas em uma única vez, e não iria comprometer a evolução do cronograma. No mês de junho, ainda não haviam começado, porém, os forros e as pinturas, apesar de já terem avançado mais do que o previsto as coberturas e a decoração das áreas comuns. As contenções foram finalizadas e a alvenaria tinha como pendência apenas os shafts das prumadas internas.

Em relação ao avanço físico, no mês de março foi feito um levantamento da diferença dos valores previstos e realizados baseados na curva de avanço financeiro, e percebeu-se que a maioria dizia respeito aos itens que estavam atrasados, conforme apresentado pela Figura 30.

Figura 30 - Análise da diferença previsto x realizado (mar/22)

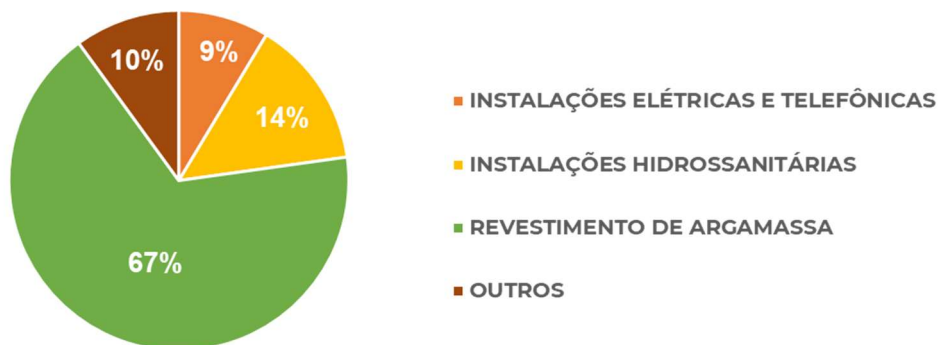
## Análise da diferença previsto x realizado



(fonte: elaborado pelo autor)

Conforme discutido anteriormente, percebe-se que a principal diferença se dá nos revestimentos de argamassa, atividade que ficou atrasada em função do atraso das instalações elétricas. É evidente também, que esses valores não foram economias em relação aos valores orçados, e sim atrasos no andamento físico das atividades, portanto eles ainda serão desembolsados e é importante salientar que esses desembolsos estavam distribuídos ao longo dos meses. Assim, como não foram pagos dessa forma, se o prazo da obra for mantido, começarão a acumular e a empresa deve estar preparada para realizar esses pagamentos de maneira menos diluída, elevando os desembolsos mensais. No mês de abril foi fechado e lançado no Sienge o contrato de instalações de climatização e exaustão, e as instalações de preventivo avançaram um pouco, mantendo a diferença dos valores focada nos revestimentos de argamassa e nas instalações elétricas e hidrossanitárias, as quais representam, somadas, quase 90% da diferença entre os valores previstos e realizados, conforme apresentado na Figura 31.

Figura 31 - Análise da diferença previsto x realizado (abr/22)



(fonte: elaborado pelo autor)

Dentre os serviços que estavam 100% concluídos, no mês de maio fez-se uma análise das principais diferenças, apresentada na Figura 32.

Figura 32 - Análise dos custos das atividades finalizadas (mai/23)

GRUPO SERVIÇO   ETAPA	PREVISTO	REALIZADO	SALDO	DIFERENÇA [%] REALIZADO X PREVISTO
<b>MOVIMENTAÇÃO DE TERRA</b>	<b>R\$ 494.998,58</b>	<b>R\$ 473.807,49</b>	<b>R\$ 21.191,09</b>	<b>-4%</b>
DEMOLIÇÕES, LIMPEZA DE TERRENO E LOCAÇÃO DE	R\$ 37.500,00	R\$ 87.620,33	-R\$ 50.120,33	134%
DETONAÇÃO DE ROCHAS	R\$ 307.498,58	R\$ 236.469,33	R\$ 71.029,24	-23%
SERVIÇOS DE TERRAPLANAGEM	R\$ 150.000,00	R\$ 142.000,80	R\$ 7.999,20	-5%
DRENAGEM TERRENO	R\$ -	R\$ 7.717,04	-R\$ 7.717,04	-
<b>CONTENÇÕES</b>	<b>R\$ 687.066,62</b>	<b>R\$ 801.717,46</b>	<b>-R\$ 114.650,84</b>	<b>17%</b>
ESTACAS RAIZ	R\$ 190.294,71	R\$ 232.053,86	-R\$ 41.759,15	22%
VIGAS DE COROAMENTO	R\$ 74.894,12	R\$ 64.137,92	R\$ 10.756,20	-14%
VIGAS SOLIDARIZAÇÃO	R\$ 16.232,16	R\$ 51.231,00	-R\$ 34.998,84	216%
CORTINAS DE CONCRETO   MUROS DE ARRIMO (SUB	R\$ 196.823,45	R\$ 375.318,32	-R\$ 178.494,88	91%
CORTINAS DE CONCRETO   MUROS DE ARRIMO (SUB	R\$ 208.822,19	R\$ 78.976,37	R\$ 129.845,82	-62%
<b>FUNDAÇÕES</b>	<b>R\$ 151.923,65</b>	<b>R\$ 162.741,38</b>	<b>-R\$ 10.817,73</b>	<b>7%</b>
SAPATAS E PILARES ARRANQUE   SUBSOLO 2	R\$ 119.482,26	R\$ 133.607,58	-R\$ 14.125,32	12%
SAPATAS E PILARES ARRANQUE   SUBSOLO 1	R\$ 32.441,39	R\$ 29.133,80	R\$ 3.307,59	-10%
<b>SUPRAESTRUTURA</b>	<b>R\$ 3.175.349,91</b>	<b>R\$ 3.711.829,79</b>	<b>-R\$ 536.479,88</b>	<b>17%</b>
FORMAS	R\$ 347.126,90	R\$ 275.225,94	R\$ 71.900,96	-21%
CUBETAS	R\$ 70.729,50	R\$ 181.958,37	-R\$ 111.228,87	157%
ARMAÇÃO	R\$ 950.508,47	R\$ 727.677,72	R\$ 222.830,75	-23%
CONCRETAGEM	R\$ 556.044,30	R\$ 616.648,55	-R\$ 60.604,25	11%
ESCORAMENTO E TRAVAMENTO	R\$ 122.796,71	R\$ 419.150,07	-R\$ 296.353,37	241%
MÃO DE OBRA SUPRAESTRUTURA	R\$ 1.128.144,05	R\$ 1.491.169,15	-R\$ 363.025,10	32%
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 4.509.338,75</b>	<b>R\$ 5.150.096,11</b>	<b>-R\$ 640.757,37</b>	<b>14%</b>

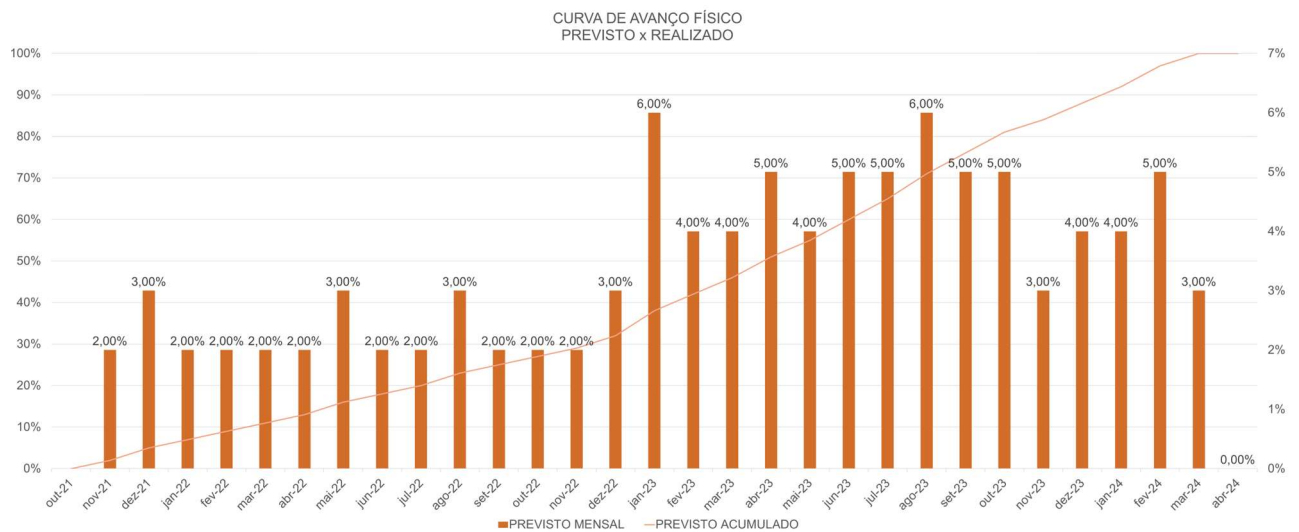
(fonte: elaborado pelo autor)

Percebe-se que, apesar dos desembolsos menores do que o previsto mensalmente, dentro das atividades finalizadas, tem-se um estouro de 14% em relação ao orçamento. Essa grande diferença, conforme mencionado anteriormente, pode ser notada nas cubetas e escoramento

(Figura 32), devido ao aumento do prazo de execução da supraestrutura. Nesse mês foi fechado o contrato de brises e da fachada ventilada, que apesar de não aparecerem nas curvas pois ainda não haviam sido pagos, foram contratados com valores abaixo dos valores orçados, representando uma redução na tendência do orçamento. Ao final do mês de junho a tendência era de 2,8% de economia.

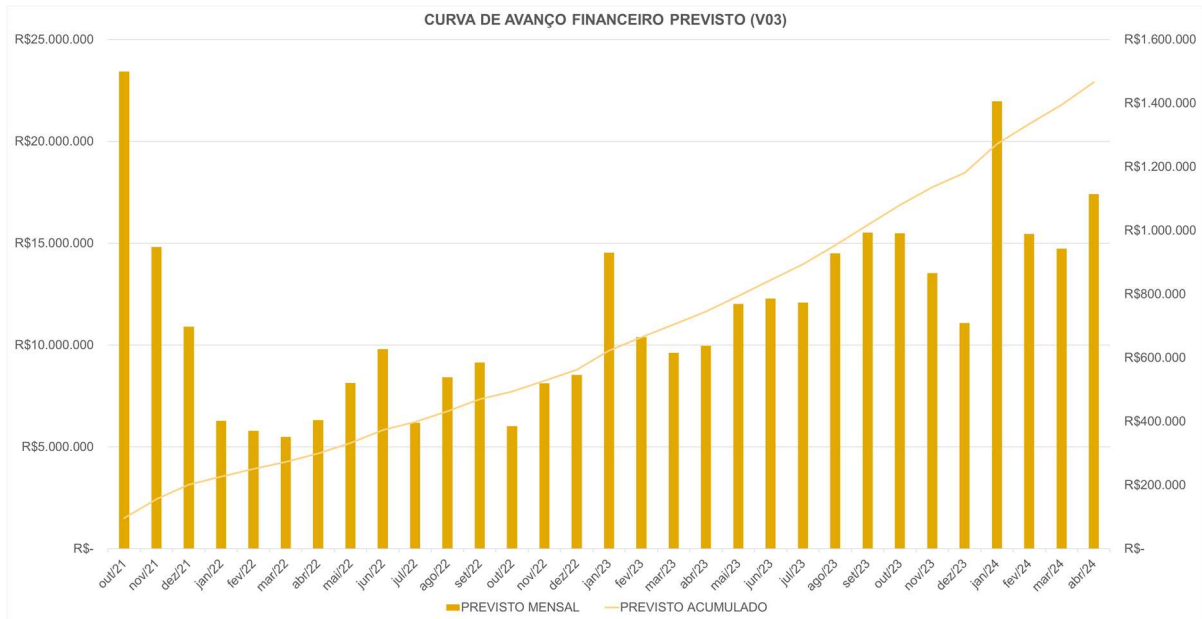
Nos dois meses seguintes foi definido que os atrasos no cronograma físico não conseguiriam ser recuperados até o prazo considerado de dezembro de 2023, visto que apesar de estarem conseguindo evoluir com as atividades de instalações, estas atrasaram outras atividades como impermeabilização, revestimentos de argamassa, conseqüentemente as pinturas e assim por diante. Portanto, foi feito um novo replanejamento, e geradas novas curvas, com data final agora para março de 2024, conforme apresentado na Figura 33 e na Figura 34.

Figura 33 – Curva de avanço físico previsto (V03)



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 34 - Curva de avanço financeiro previsto (V03)

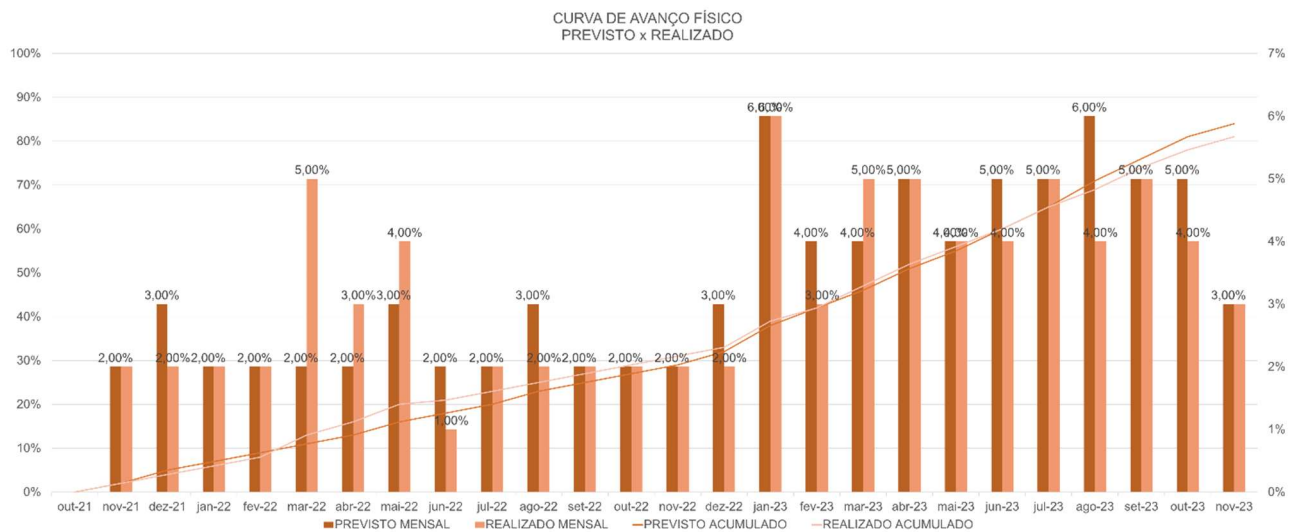


(fonte: elaborado pelo autor)

- Análise junho a novembro de 2023

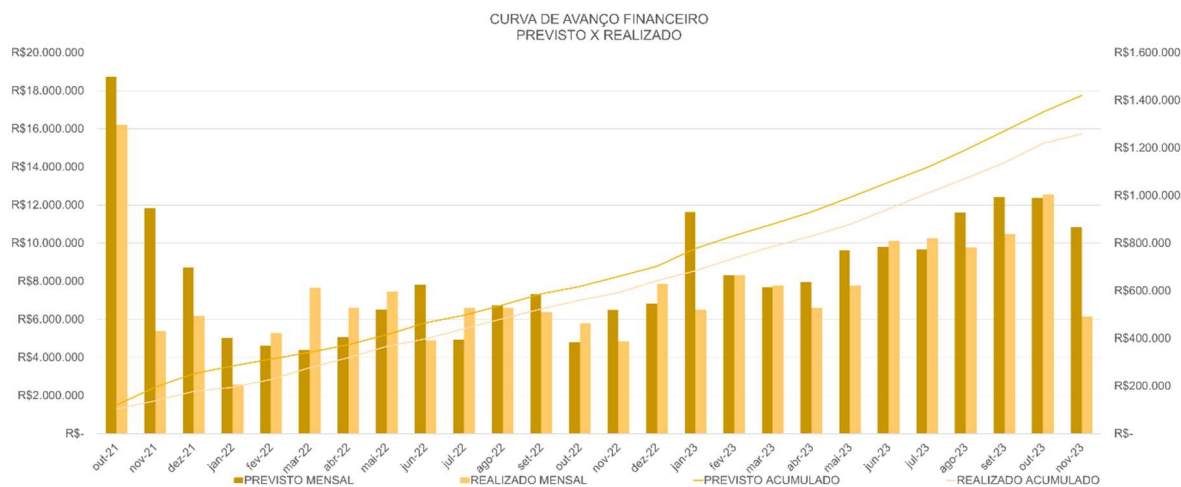
A partir dessa curva, será apresentada a curva até a última medição feita, de novembro de 2023, na Figura 35 e na Figura 36, e descritos as análises dos últimos meses assim como os próximos passos para que a obra finalize dentro deste novo prazo.

Figura 35 - Curva de avanço físico nov/21 - nov/23



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 36 - Curva de avanço financeiro out/21 - nov/23



(fonte: elaborado pelo autor)

Pela observação do gráfico de avanço físico, percebe-se que a produção do mês de julho atingiu o previsto para o mês. As instalações avançaram bastante, conforme o engenheiro havia previsto, porém os revestimentos argamassados e impermeabilizações, atividades importantes para liberação de frentes de trabalho de acabamentos como pintura, forros e revestimentos cerâmicos, ainda estavam atrasadas em consequência do atraso anterior das instalações. Algumas outras atividades não conseguiram estar 100% concluídas devido a outros fatores, como as alvenarias que ainda estavam com 98% do percentual concluído, visto uma pequena parte do subsolo onde ainda estavam sendo armazenados materiais e não foi possível movê-los. No mês de agosto foi feita uma tentativa de replanejamento mantendo a data final como dezembro de 2023. Foi discutido com os empreiteiros da obra se seria possível recuperar o atraso, visto que mantendo o prazo anterior, estimava-se eles teriam de produzir o equivalente a seis meses (de acordo com o cronograma inicial) em quatro (para que a data fosse mantida). Assim, foi decidido que, nessa nova versão, já apresentada nas Figuras 33 e 34, não ocorreria um replanejamento total das atividades, e sim uma extensão de prazo de atividades dentro do cronograma.

Ao final do mês de novembro, mesmo com a extensão do prazo, o previsto acumulado era de 84% e o realizado de 81%. Como última consideração, foi conversado com a equipe de engenharia da obra, a qual acredita que este novo prazo será cumprido e os serviços que seriam realizados no mês de dezembro são:

- Finalização dos revestimentos cerâmicos internos (apartamentos)

- Primeira demão de pintura (total)
- Floreiras (estrutura)

Para os meses de janeiro, fevereiro e março ficaram faltando:

- Revestimentos cerâmicos externos, das garagens e das escadarias
- Retoques de pintura
- Esquadrias de alumínio da cobertura, escadarias e garagens
- Finalização das impermeabilizações e acabamentos
- Instalação dos brises e revestimentos em ACM
- Limpeza da obra

Analisando a curva financeira, percebe-se que no mês de julho foi detectado um estouro no item de impermeabilizações dos banheiros. Ao rastrear a diferença, foi percebido que o contrato fechado não apresentava a mesma solução considerada em orçamento, vindo daí a discrepância nos valores. Além disso, as instalações de gás também tiveram o contrato fechado com valor acima do que foi orçado. Ao final do mês de novembro, fez-se um levantamento dos principais estouros da obra, que foram atribuídos a supraestrutura, impermeabilizações, instalações de gás e hidrossanitárias. Contudo, ao final do mês de novembro a tendência do orçamento era de 1% de economia, principalmente pelo contrato de esquadrias, brises e fachadas ventiladas, os quais foram contratados com valores abaixo dos valores orçados.

Na Figura 37 será apresentado os valores atualizados de desembolso para os próximos meses da obra.

Figura 37 - Previsão de desembolso dez/23 - abr/24

<b>PREVISÃO DESEMBOLSO</b>	
<b>MÊS</b>	<b>DESEMBOLSO</b>
dez-23	R\$ 853.167,95
jan-24	R\$ 1.549.647,01
fev-24	R\$ 1.132.458,32
mar-24	R\$ 1.086.049,73
abr-24	R\$ 2.861.045,44
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 7.482.368,44</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

O valor do desembolso que ocorrerá em abril (Figura 37), mês em que a previsão é de que a obra já esteja finalizada, é pelo pagamento de serviços que serão executados em março e, também, de um empréstimo que a empresa retirou e deve ser pago com a finalização do empreendimento.

### 6.1.3. Análise do modelo

Ao medir o andamento da obra com o MS Project e gerar as curvas de agregação de recursos, é possível realizar o acompanhamento da obra como um todo e visualizar atrasos, adiantamentos e avanços. O modelo tem relativa dificuldade no primeiro momento, principalmente na montagem da planilha para extração das curvas e gráficos, porém após o término da planilha padrão, percebeu-se relativa facilidade nos meses seguintes para fazer as atualizações. É possível perceber também a importância de se analisar tanto os percentuais de avanço mensais quanto os percentuais acumulados e os percentuais a nível de serviços do cronograma, a fim de estar sempre a par de possíveis atrasos e do efeito da bola de neve. É notável que as curvas não conseguirão prevenir problemas como atraso na entrega dos materiais, nem a presença de rochas no terreno, porém com elas pode-se acompanhar os atrasos gerados pelas incertezas do canteiro de obras e replanejar, com novas curvas, novos prazos ou com novos métodos de execução, conforme foi feito com o contrapiso. Percebeu-se que o modelo foi de grande relevância no acompanhamento físico da obra, possibilitando os replanejamentos e mantendo as equipes avisadas dos atrasos.

Do ponto de vista financeiro, o modelo permite a análise e acompanhamento como um todo dos custos da obra. Tanto dos custos incorridos, quanto da tendência do orçamento, conforme apresentado. Conforme apontado na análise do controle de prazos, há alguma dificuldade na criação das planilhas inicialmente, porém após esse obstáculo, é fácil manuseá-las e fazer sua atualização mês a mês. Aplicando o modelo proposto, é possível perceber quais os itens que estão estourados em relação ao orçamento, e quais estão gerando economia, análise importante para a retroalimentação dos orçamentos para futuras obras. O modelo permite a tomada de decisões, como por exemplo, se é necessário a venda de apartamentos para cobrir os custos dos próximos meses, a partir da análise do fluxo de caixa comparada com a previsão de desembolso da obra. É nítido também a necessidade de atualizações constantes ao orçamento para que as curvas reflitam dados verdadeiros. Outro ponto importante de ser novamente mencionado, é que os lançamentos do Sienge precisam estar corretos para que toda a análise faça sentido e os



dados analisados sejam verdadeiros. O resumo de apontamentos em relação ao modelo pode ser observado na Figura 38.

Figura 38 - Análise do modelo

Item	Análises	
<b>Dificuldades</b>	Criação da planilha	Assertividade dos lançamentos no Sienge
<b>Facilidades</b>	Atualizações da planilha	Análise dos gráficos
<b>Relevância</b>	Visualização de atrasos, adiantamentos, avanços, estouros, economias	Tomar providências em relação aos atrasos, estouros

(fonte: elaborado pelo autor)

## 6.2. CONSIDERAÇÕES SOBRE A EMPRESA RESPONSÁVEL PELA OBRA

Ao final do período estudado, percebeu-se que a empresa teve alguma responsabilidade pelos atrasos que surgiram na obra. Primeiramente a sondagem não deve ter sido feita da forma correta, visto que não previu rochas grandes no terreno, além de que os primeiros atrasos na supraestrutura se deram pela falta de material na obra, o qual deveria ter sido comprado com bastante antecedência e com folga na entrega. Sobre as instalações que também foram item de grande relevância para as extensões de prazo da obra, é visível que apesar de ter sido considerado o prazo das instalações, não foi considerado o atraso que viria por consequência dessa atividade, evidenciando a importância de ela ter sido concluída no prazo. Percebeu-se pelas conversas, porém que a empresa tem interesse em melhorar seu processo e diversificar suas formas de gestão, apostando na gestão de custos e da produção, ainda que se tenha um longo caminho pela frente.

## 6.3. CONSIDERAÇÕES SOBRE O MODELO (GERAL)

A partir da análise da obra e da empresa, recomenda-se além da aplicação deste método a combinação dele com um sistema de planejamento e controle da produção mais imediatos, como os planejamentos de médio e curto prazo. A partir da aplicação dessas outras ferramentas é possível se ter um controle mais focado em atividades que acontecerão nos próximos meses, semanas ou dias para que se reduza os problemas como falta de material ou de mão de obra. Concluiu-se que o modelo é de grande relevância para uma análise do todo da obra, mês a mês, trazendo informações valiosas que podem ser consideradas para fluxo de caixa da empresa e

replanejamento de atividades, considerando a incerteza apresentada pela construção civil, porém, recomenda-se a combinação de métodos para que se esteja sempre a par dos problemas e para que eles possam ser antecipados para que não causem impactos no cronograma ou nos desembolsos.

## 7. CONCLUSÃO

O trabalho atingiu os objetivos propostos ao realizar a aplicação do modelo de Kern, que constituiu na elaboração de um conjunto de curvas de agregação de recursos. Essas curvas foram geradas a partir dos dados oriundos do orçamento e do planejamento inicial, bem como do monitoramento mensal do andamento da obra. A partir desse acompanhamento, a cada mês foram comparadas as curvas físicas e financeiras previstas com as realizadas, e tomadas decisões importantes para o resultado da obra baseadas nas análises que os gráficos proporcionaram aos responsáveis do setor de controle e de execução da obra. A ferramenta permitiu visualizar o andamento da obra em relação ao planejamento inicial, projetar desembolsos futuros e identificar a necessidade de replanejamentos.

É inegável a necessidade do uso das ferramentas de gestão de custos e da produção na construção civil. Percebe-se pelo volume de informações associadas a execução das obras que é necessária uma organização extensa delas para que não se percam e não sejam ignoradas, tanto a nível de micro gerenciamento quanto de macro. Outro fator relevante é a necessidade de interação entre diferentes setores dentro da empresa como orçamento, planejamento, controle de obra, produção, suprimentos, qualidade, financeiro, contabilidade entre outros. Assim, softwares ERP como Sienge, os quais promovem essa interação e otimização das informações são de extrema relevância para empresas da construção, e se bem utilizados podem produzir indicadores e armazenar informações importantes. O trabalho destacou a importância da gestão de custos e da produção, evidenciando que elas trazem informações importantes para o gerenciamento da obra, possibilitando a tomada de decisões como mudança de métodos construtivos ou o replanejamento das atividades.

Em resumo, foi apresentado um método para o controle de prazos, utilizando a linha de balanço e o MS Project, e um método para o controle de custos, baseado no software Sienge. Ambos os métodos envolvem a comparação das curvas de agregação de recursos previstas e realizadas. Essa abordagem permitiu uma visão abrangente do progresso da obra e do custo efetivo até o momento, além de possibilitar a projeção do seu avanço físico e da tendência de custo nos meses subsequentes. Essa análise capacita a empresa a examinar prazos e custos para tomar decisões gerenciais estratégicas visando o sucesso do empreendimento. Ao identificar problemas, torna-se possível propor melhorias nas atividades operacionais e produtivas. A implementação do modelo requer a integração entre o orçamento e o planejamento da produção,

sendo facilitada quando o orçamento é orientado para aspectos operacionais conforme foi feito neste empreendimento.

## REFERÊNCIAS

- AKKARI, A. M. P. **Interligação entre o planejamento de longo, médio e curto prazo com o uso do pacote computacional MSProject**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 146 páginas. 2003.
- BERNARDES, M. M. e S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 310 páginas. 2001.
- COÊLHO, R. S. de A. **Orçamento de obras na construção civil**. São Luís, 2015.
- COÊLHO, R. S. de A. **Planejamento e controle de custos nas edificações**. São Luís: UEMA Editora, 2006.
- CORRÊA, J. V. A. **Estudo de método de controle de custos e prazos em obras de construção civil através da utilização de curvas de agregação de recursos previstas e realizadas**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade do Rio Grande do Sul. 81 páginas. 2021.
- FORMOSO, C.T. **Lean Construction: Princípios básicos e exemplos**. Porto Alegre. UFRGS. 2001.
- FORMOSO, C.T. **Planejamento e Controle da Produção em Empresas de Construção**. Porto Alegre, 2001, UFRGS.
- GUTHEIL, K. O. **Desenvolvimento de sistemas de planejamento e controle da produção em micro-empresas de construção civil, com foco no planejamento integrado de várias obras**. Dissertação de Mestrado. Universidade do Rio Grande do Sul. 140 páginas. 2004.
- ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T.; DE CESARE, C. M.; HIROTA.; E. H. & ALVES, T. C. L. **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Porto Alegre, SEBRAE/RS, 2000. Série SEBRAE Construção Civil, Vol. 5.
- KERN, A. P. **Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 234 páginas. 2005.
- KERN, A. P.; FORMOSO, C. T. **Integração dos setores de produção e orçamento na gestão de custos de empreendimentos de construção civil**. Revista Tecnologia, [S. l.], v. 25, n. 1, p. 11-17, Fortaleza, 2004.
- KNOLSEISEN, P. C. **Compatibilização de orçamento com o planejamento do processo de trabalho para obras de edificações**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. 122 páginas. 2003.
- KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 2000, 296 f. Thesis (Doctor of Technology), Technical Research Centre of Finland – VTT. Helsinki, 2000.

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras**. 1. ed. (2ª tiragem) São Paulo: Pini, 2010.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras**. (3ª edição) São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

MOURA, C. B. **Avaliação do impacto do Sistema Last Planner no desempenho de empreendimentos da construção civil**. Dissertação de Mestrado. Universidade do Rio Grande do Sul. 170 páginas. 2008.

NETO, A. I., WADA, K. S., SCHAURICH, G. F. S., RIBEIRO, D. G. F. **Diagnóstico do planejamento e controle de obras em empresas da construção civil de Curitiba e região metropolitana**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Paulo. Não paginado. 2019.

OLIVEIRA, I. de B. F. **Integração do orçamento com o planejamento e controle da produção utilizando software ERP: pesquisa aplicada em empresa construtora da cidade de Porto Alegre/RS**. Dissertação de Mestrado. Universidade do Rio Grande do Sul. 193 páginas. 2005.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, INC (PMI). **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos** (Guia PMBOK®). Project Management Institute. 5ª ed. 2013.

RASDORF, W. J., & ABUDAYYEH, O. Y. **Cost-and schedule-control integration: Issues and needs**. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 117(3), p. 486-502, 1991.

SANTOS, M. C. F. **Método para Integração do Orçamento, Planejamento e Acompanhamento da Produção com Apoio de Building Information Modeling**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal da Bahia. 209 páginas. 2018.

SAUER, N. **Integração da Gestão de Custos ao Planejamento e Controle da Produção baseado em Localização na Construção com apoio de BIM**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 179 páginas. 2020.

SOARES, A. C. **Diretrizes para a manutenção e aperfeiçoamento do processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 139 páginas. 2003.

SOARES, D. L. **Análise de variações de custo entre orçado e executado em obras de construção civil de uma empresa de Porto Alegre**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade do Rio Grande do Sul. 126 páginas. 2016.

DE VARGAS, F.B. **Método para Planejamento e Controle da Produção baseado em Zonas de Trabalho e BIM**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 180 páginas. 2018.