



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Curso de Graduação em Engenharia Civil



Thaynara Larissa Souza Correa Lima

Planejamento de Obra: Uma análise por meio da Simulação Monte Carlo, PERT/CPM e Corrente Crítica

Ouro Preto

2022

Planejamento de Obra: Uma análise por meio da Simulação Monte Carlo,
PERT/CPM e Corrente Crítica.

Thaynara Larissa Souza Correa Lima

Trabalho Final de Curso apresentado
como parte dos requisitos para obtenção
do Grau de Engenheiro Civil na
Universidade Federal de Ouro Preto.

Área de concentração: Gestão de Obras

Orientador: Prof. D.Sc. Irce Fernandes Gomes Guimarães – UFOP

Ouro Preto

2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

L732p Lima, Thaynara Larissa Souza Correa.
Planejamento de Obra [manuscrito]: uma análise por meio da
Simulação Monte Carlo, PERT/CPM e Corrente Crítica. / Thaynara Larissa
Souza Correa Lima. - 2022.
127 f.: il.: color., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Irce Fernandes Gomes Guimarães.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola
de Minas. Graduação em Engenharia Civil .

1. Administração de projetos. 2. Administração de projetos -
Cronograma. 3. Administração de projetos - Critical Path Method (CPM).
4. método de Monte Carlo (MMC). 5. Administração de projetos - Program
Evaluation and Review Technique (PERT). I. Guimarães, Irce Fernandes
Gomes. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 621

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Thaynara Larissa Souza Correa Lima

Planejamento de Obra: Uma análise por meio da Simulação de Monte Carlo, PERT/CPM e Corrente Crítica

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Civil

Aprovada em 24 de junho de 2022

Membros da banca

Dr^a Irce Fernandes Gomes Guimarães - Orientadora - Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)
MSc Fernando Antônio Borges Campos - Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)
Eng^a. Tatiane Maga Pereira Mendes - Empresa Hexágono Engenharia
Eng^a. Thársilla Paulino Marchiori - Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG)

Irce Fernandes Gomes Guimarães, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 15/09/2022



Documento assinado eletronicamente por **Irce Fernandes Gomes Guimaraes, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 25/10/2022, às 16:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0417299** e o código CRC **68880C37**.

“Passo a passo. Não consigo pensar em nenhum outro modo de se realizar algo”

(Michael Jordan).

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha mãe, meu pai e minha irmã por terem sonhado esse sonho comigo e por sempre acreditarem em mim, além de todo apoio, carinho e amor.

Além disso, agradeço aos meus amigos pelo apoio, compreensão, carinho e torcida para que isso tudo acontecesse. Vocês fizeram essa trajetória leve e memorável.

Agradecimento especial a gloriosa Escola de Minas e UFOP pelo ensino gratuito e de qualidade que me fazem sonhar cada vez mais alto. Agradeço, também, a Hexágono e a Fundação Renova pelo apoio e colaboração para o desenvolvimento desse estudo, bem como por terem acreditado nele junto comigo.

Por fim, agradeço a minha orientadora professora Irce pelo apoio, acompanhamento e pelos ensinamentos no decorrer desse tempo, foi uma troca imprescindível para execução desse trabalho.

RESUMO

Em virtude da globalização, o mercado da construção civil inovou e buscou metodologias para melhorar a qualidade, diminuir prazos e custos. Sendo assim, surgiu a gestão de projetos composta por metodologias para otimizar os objetivos desejado pelas empresas. Em virtude disso, o presente trabalho busca analisar, por meio das ferramentas PERT/CPM, Corrente Crítica e Simulação Monte Carlo, o desenvolvimento de um planejamento em uma obra de revitalização. Em forma de estudo de caso de um cronograma real na obra de revitalização da Estação Ferroviária Monsenhor Horta. Neste contexto aplicou-se a análise comparativa entre os métodos PERT/CPM, Corrente Crítica e avanço real. Além disso, aplicou-se a análise de risco por meio da Simulação de Monte Carlo para verificação do cumprimento da duração prevista em contrato. Verificou-se que o método da corrente crítica é arriscado para esse tipo de obra devido as incertezas. Além disso, a realização das atividades do telhado em tempo seco e com a quantidade de mão de obra especializada fez com que a percentagem real esteja maior que a percentagem prevista. Ademais, com a identificação do caminho crítico foi possível executar a simulação Monte Carlo expondo que, na proposta para a finalização (semana 14), probabilisticamente, não era possível a finalização da obra em tempo contratual. Por fim, pelo fato de simular e antecipar os resultados, foi proposto a diminuição da folga proposta em cronograma para que haja o cumprimento da duração prevista em contrato sem afetar o custo e o recurso de mão de obra.

Palavras-chaves: Gerenciamento de Projetos, Gerenciamento de Cronograma, PERT/CPM, Método da Corrente Crítica, Caminho Crítico, Simulação Monte Carlo.

ABSTRACT

Due to globalization, the civil construction market has innovated and sought methodologies to improve quality, reduce deadlines, and costs. Thus, project management emerged, composed of methodologies to optimize the objectives desired by companies. In view of this, the present work seeks to analyze, by means of PERT/CPM, Critical Chain, and Monte Carlo Simulation tools, the development of planning in a revitalization project. In the form of a case study of a real schedule in the revitalization Estação Ferroviária Monsenhor Horta, a comparative analysis between PERT/CPM, Critical Chain and real progress was applied. In addition, risk analysis was applied using Monte Carlo Simulation to analyze the compliance with the duration foreseen in the contract. It was verified that the Critical Chain method is risky for this type of work due to the uncertainties. Moreover, the execution of the roofing activities in dry weather and with the amount of skilled labor caused the actual % to be higher than the % predicted. Moreover, with the identification of the critical path it was possible to run the Monte Carlo simulation showing that, in week 14, probabilistically, it was not possible to finish the project in the contractual time. Finally, it was proposed to reduce the gap proposed in the schedule so that there is compliance with the duration provided in the contract without affecting the cost and labor resource.

Keywords: Project Management, Schedule Management, PERT/CPM, Critical Chain Method, Critical Path, Monte Carlo Simulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fases do ciclo de planejamento	7
Figura 2: Processos de um projeto	10
Figura 3: Processos distribuídos no ciclo de vida de um projeto	12
Figura 4: Resultados da aplicação do gerenciamento de projetos.....	13
Figura 5: Diagrama de rede retirado do <i>MS Project</i> ®.....	14
Figura 6: Representação gráfica dos relacionamentos lógicos.....	15
Figura 7: Interface do <i>MS Project</i> ®.....	16
Figura 8: Interface Primavera P6®.....	17
Figura 9: Cronograma gerado no <i>Spider Project</i> ®.....	18
Figura 10: Diagrama PERT – EVOP	19
Figura 11: Cronograma Gantt	19
Figura 12: Curva S – EVOP	20
Figura 13: Gráfico de Gantt	22
Figura 14: Interface do novo Sienge	23
Figura 15: Estrutura Analítica de Projeto (EAP).....	28
Figura 16: Diagrama de rede do cronograma de projeto	30
Figura 17: Rede PERT.....	31
Figura 18: Representação do diagrama integrado de Gantt	35
Figura 19: Passos da Teoria das Restrições	37
Figura 20: Fenômenos superestimação das durações	38
Figura 21: Comparação entre PERT/CPM e Corrente Crítica	39
Figura 22: Controle do Pulmão	40
Figura 23: Distribuição de probabilidade de uma data-alvo	43

Figura 24: Passos para operacionalização do método de SMC	44
Figura 25: Interface de resultados @Risk.....	46
Figura 26: Interface de resultados @Risk.....	46
Figura 27: Passos para operacionalização da SMC no @Risk®.....	46
Figura 28: Interface do software Crystal Ball®.....	47
Figura 29: Diagrama de atividades desenvolvidas na pesquisa	53
Figura 30: Fachada Frontal e Lateral Direita da Estação Ferroviária.....	56
Figura 31: Fachada Lateral Esquerda da Estação Ferroviária.....	56
Figura 32: Fachada Lateral Direita da Estação Ferroviária.....	56
Figura 33: Fragmento do cronograma MS Project®.....	61
Figura 34: Novo cronograma definido com o auxílio da corrente crítica	65
Figura 35: Avanço do cronograma real de obra.....	66
Figura 36: Fachada Posterior e Lateral Direita – Estação Ferroviária	74
Figura 37: Fachada Lateral Direita e Fachada Frontal – Estação Ferroviária.....	74
Figura 38: Parâmetros da distribuição PERT no software @Risk®.....	76
Figura 39: Resultado da modelagem de valores da duração.....	77
Figura 40: Configuração da simulação @Risk®.....	77
Figura 41: Histograma de duração do projeto.....	78
Figura 42: Curva cumulativo ascendente de duração da obra.....	79
Figura 43: Gráfico de tornado e o impacto nas durações	79
Figura 44: Sequenciamento das atividades	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Cálculo da praticabilidade	58
Tabela 2: Cálculo das durações dos serviços.....	59
Tabela 3: Cálculo das durações de acordo com novos coeficientes.....	62
Tabela 4: Comparativo entre as datas	67
Tabela 5: Cálculo da praticabilidade real	68
Tabela 6: Identificação do caminho crítico pelo <i>MS Project</i> ® na semana 14	70
Tabela 7: Informações da simulação Monte Carlo no <i>@RISK</i> ®.....	78
Tabela 8: Principal atividade em desvio de prazo	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Etapas do Gerenciamento de cronograma	25
Quadro 2: Representação gráfica dos relacionamentos lógicos	29
Quadro 3: Informações que podem ser inseridas no Cronograma Integrado Gantt- PERT/CPM.....	34
Quadro 4: Vantagens e desvantagens do cronograma integrado.....	35
Quadro 5: Classificação da metodologia científica	48
Quadro 6: Classificação do presente estudo.	49

LISTA DE SIGLAS

CPM	<i>Critical Path Method</i>
EAP	Estrutura Analítica de Projeto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PAIC	Pesquisa Anual da Indústria da Construção
PERT	<i>Program Evaluation and Review Technique</i>
PMBok	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
PMI	<i>Project Management Institute</i>
SMC	Simulação Monte Carlo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Contextualização do Estudo	1
1.2	Objetivo	2
1.2.1	Objetivos Específicos	3
1.3	Justificativa	3
1.4	Organização deste estudo	4
2	PRINCÍPIOS BÁSICOS DO GERENCIAMENTO DE OBRA.....	5
2.1	Planejamento e Controle de Obra	5
2.2	Gestão de Projetos	9
2.2.1	<i>Software</i> de Gestão de Projetos	13
2.3	Gerenciamento do Cronograma	24
2.4	Metodologias e métricas de Gerenciamento de Projeto	26
2.4.1	Sequenciamento de Atividades	27
2.4.2	As técnicas <i>Program Evaluation and Review Technique</i> e <i>Critical Path Method</i> - PERT/CPM.....	30
2.4.3	Método da Corrente Crítica	36
2.4.4	Simulação Monte Carlo	41
3	METODOLOGIA	48
3.1	Fundamentação Metodológica	48
3.2	Caracterização da Metodologia	49
3.3	Análise da Pesquisa	51
3.4	Desenvolvimento da Pesquisa	51

4	ESTUDO DE CASO	54
4.1	Apresentação da Empresa Contratante.....	54
4.2	Apresentação da Empresa Contratada.....	54
4.3	Apresentação da Obra.....	55
5	RESULTADOS.....	57
5.1	Análise do Cronograma de Obra	57
5.1.1	Cronograma de Obra PERT/CPM.....	57
5.1.2	Cronograma de Obra Corrente Crítica	62
5.1.3	Análise do sequenciamento com o cronograma atualizado	65
5.2	Identificação do Caminho Crítico	69
5.3	Simulação Monte Carlo	75
5.3.1	Implementação da Simulação Monte Carlo.....	75
5.3.2	Análise dos resultados da Simulação Monte Carlo	78
5.3.3	Soluções para os desvios de duração	80
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
7	REFERÊNCIAS.....	85
	Apêndice A – AUTORIZAÇÃO FUNDAÇÃO RENOVA.....	97
	Apêndice B – AUTORIZAÇÃO HEXÁGONO ENGENHARIA	98
	Apêndice C – COEFICIENTES	99
	Apêndice D – CAMINHO CRÍTICO.....	103
	Apêndice E – CRONOGRAMA E GRÁFICO GANTT	105

1 INTRODUÇÃO

O capítulo apresenta a contextualização e apresentação do estudo, os objetivos, bem como a justificativa do uso de ferramentas de Planejamento e Controle para gerenciamento de uma obra.

1.1 Contextualização do Estudo

A indústria da construção civil brasileira, de acordo com a Pesquisa Anual da Indústria da Construção, PAIC, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas – IBGE, gerou cerca de 288 bilhões de reais em incorporações, obras e serviços. Nesta perspectiva, “A construção civil tem um papel fundamental nos programas de investimento e no novo ciclo de crescimento que se pretende para o Brasil” (TEIXEIRA; CARVALHO, 2006).

Diante dessa realidade, “O crescimento do setor fez com que as construtoras passassem a traçar estratégias capazes de acompanhar as mudanças e as demandas da área” (TORRES; PIMENTEL, 2022). Ou seja, ferramentas estão sendo inseridas a fim de aumentar a qualidade das entregas, reduzir prazos e desperdícios. Por conseguinte, há a redução de custos dos projetos.

A implementação do gerenciamento de projetos torna-se um desafio devido a multidisciplinaridade das atividades e, principalmente, devido a interdependência entre elas em um mesmo projeto. Sendo assim, o guia PMBok® - *Project Management Body of Knowledge* - enfatiza que um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado único, por isso possui duas etapas bem definidas: início e término.

Contudo, o gerenciamento pode adotar fases entre o início e o fim, as mais comuns são: planejamento, execução, monitoramento e controle. Por conseguinte, o sucesso do projeto deve estar relacionado a concretização dos seus objetivos, o cumprimento dos prazos, custos, escopo, bem como a qualidade do gerenciamento (LOPES, 2018).

Segundo Barbosa Júnior (2009), o êxito do projeto está relacionado ao conhecimento de técnicas de gerenciamento que auxiliam no planejamento e controle das obras. Posto isto, é possível encontrar na literatura ferramentas que otimizam prazos, custos e acompanhamento das atividades relacionadas ao projeto. Dentre as ferramentas disponíveis, as mais utilizadas são: Método da Corrente Crítica, (*Program Evaluation and Review Technique/ Critical Path Method* (PERT/CPM) e a Simulação Monte Carlo a qual prevê incertezas da execução dos projetos.

O método da Corrente Crítica, apresentado pelo físico Eliyahu M. Goldratt, foi estruturado a partir da Teoria das Restrições e de acordo com Silva (2010) é exposta como uma alternativa ao caminho crítico. As incertezas dos projetos fazem com que as durações das atividades sejam amplificadas para proporcionar segurança, reafirmando estimativas pessimistas dos planejadores. Sendo assim, o Método da Corrente Crítica veio para administrar as durações das atividades levando em conta os recursos disponíveis objetivando a redução drásticas de prazos.

Já o PERT e CPM são ferramentas combinadas que identificam através de uma rede de atividades o caminho crítico, ou seja, aquele(s) roteiro(s) que consome(m) maior tempo em todo projeto (VERGARA; TEIXEIRA; YAMANARI, 2017).

Por fim, a Simulação Monte Carlo (SMC) é uma ferramenta probabilística que usa da amostragem artificial para operar sistemas complexos com diversas iterações. Neste caso, a SMC utiliza das incertezas e dos riscos para gerar os resultados de um cronograma possível (PMI, 2017).

Em suma, é importante salientar que, com o auxílio dos *Softwares*, a visualização e acompanhamento das atividades foram facilitadas e integradas, proporcionando visão global e rápida de relatórios e indicadores que expõe a realidade das atividades fazendo com que a tomada de decisões seja baseada em dados.

1.2 Objetivo

O objetivo desse estudo é analisar, por meio das ferramentas PERT/CPM, Corrente Crítica e Simulação Monte Carlo, o desenvolvimento de um planejamento em uma obra de revitalização.

1.2.1 Objetivos Específicos

A fim de satisfazer o objetivo geral, estratificou-se os seguintes objetivos específicos:

1. Revisar a literatura sobre as ferramentas de sequenciamento de atividade como PERT/CPM, método da corrente crítica e simulação Monte Carlo;
2. Avaliar, por meio do PERT/CPM e corrente crítica, o planejamento e sequenciamento de atividades em uma obra, bem como a identificação do caminho crítico.
3. Executar a simulação Monte Carlo no cronograma da obra;
4. Analisar os resultados obtidos a partir das ferramentas adotadas e propor possibilidades de otimização de prazos a partir do método PERT/CPM.

1.3 Justificativa

O desenvolvimento da indústria da construção civil se intensificou em virtude do aumento da competitividade, da busca por inovação por parte do consumidor, da globalização e da velocidade com que novas tecnologias vêm surgindo. Dessa forma, as empresas têm investido em gestão e controle dos seus processos, a fim de reinventarem e lucrarem.

Diante disso, o processo de planejamento e controle passou a ocupar um espaço fundamental nas empresas, uma vez que “A deficiências no planejamento e no controle estão entre as principais causas da baixa produtividade do setor, de suas elevadas perdas e da baixa qualidade de seus produtos.” (MATTOS, 2019).

É importante salientar que em obras de pequeno e médio porte o planejamento, na maioria dos casos, é desprezado ou até mesmo inexistente e os serviços são executados no improviso. Contudo, é sabido que o planejamento bem executado auxilia na garantia da perpetuidade da empresa a partir de tomadas de decisões certas pelos gerentes (MATTOS, 2019).

Ademais, o presente estudo tem como finalidade a análise do planejamento de uma obra utilizando as ferramentas PERT/CPM, Método da Corrente Crítica e Simulação Monte Carlo. Como também, evidenciar a importância da integração entre

as empresas e os estudos encontrados na literatura a fim de otimizar resultados e processos.

1.4 Organização deste estudo

- Capítulo 1: Abordagem introdutória do conteúdo a partir do referencial teórico, bem como os objetivos, justificativa e estrutura.
- Capítulo 2: Abordagem da revisão bibliográfica sobre os conceitos de planejamento e controle de obra, gestão de projetos, gerenciamento de cronograma, sequenciamento de atividades por projeto, método de gestão PERT/CPM, Corrente Crítica e Simulação Monte Carlo.
- Capítulo 3: Abordagem da metodologia adotado no estudo de caso com o auxílio de *softwares* para execução do planejamento e gestão, bem como da ferramenta para simulação de Monte Carlo.
- Capítulo 4 e Capítulo 5: Apresentação do estudo de caso e os resultados obtidos a partir da análise, por meio do PERT/CPM e Corrente Crítica do planejamento da obra. Além disso, identificação do caminho crítico e execução da simulação de Monte Carlo.
- Capítulo 6: Apresentação das considerações finais, como também, sugestões de otimização de prazos a partir das metodologias estudadas e verificação das satisfações dos objetivos adotados.

2 PRINCÍPIOS BÁSICOS DO GERENCIAMENTO DE OBRA

O capítulo apresenta a abordagem da revisão bibliográfica sobre os conceitos de planejamento e controle de obra, gestão de projetos, gerenciamento do cronograma, metodologias e métricas de gerenciamento de projetos. Além disso, conceitua as técnicas de PERT/CPM, Método da Corrente Crítica e a Simulação Monte Carlo.

2.1 Planejamento e Controle de Obra

A indústria da construção civil em busca de inovação para satisfazer as exigências do mercado, isto é, reduzir custos e aumentar a competitividade, vem adaptando conceitos e métodos desenvolvidos para o setor industrial por meio do planejamento e controle de produção (BERNARDES, 2021).

Segundo o mesmo autor, é importante salientar que nem todos os conceitos se adaptam bem a operação da construção civil acarretando, assim, modelos de baixo rendimento. Dessa forma, é necessário que haja a adequação desses conceitos as peculiaridades da construção civil.

Diante disso, Ackoff (1976) define planejamento como um futuro almejado e os meios para conquistá-lo, sendo assim, a tomada de decisão está diretamente ligada com o planejamento, uma vez que, as tomadas de decisão definem o cumprimento das metas.

Desde a década de 90, Tommelein e Ballard (1997) já afirmavam que o planejamento é definido com a identificação de atividades, e logo em seguida, seleção e hierarquização para que a execução seja feita de forma eficiente.

O planejamento, definido por Syal *et al.* (1992), é o resultado de um conjunto de ações necessárias para transformar o estágio inicial em um final almejado a partir de tomadas de decisões. Além disso, a evolução do empreendimento pode ser contabilizada e analisada pelo controle de produção.

Ademais, o planejamento e controle segundo Formoso (1991), é “o processo de tomada de decisão que envolve o estabelecimento de metas e dos procedimentos necessários para atingi-las, sendo efetivo quando seguido de um controle”.

González (2008) afirma que o planejamento na construção civil é definido como:

“Organização para a execução, e inclui o orçamento e a programação da obra. O orçamento contribui para a compreensão das questões econômicas e a programação é relacionada com a distribuição das atividades no tempo.”

Contudo, o planejamento tem sido resumido pela construção civil como o resultado de geração de programação e/ou cronograma geral de obra. Diante disso, os empreendimentos do setor têm sofrido com planejamentos ineficientes e com o baixo desempenho da produção (BERNARDES, 2021).

Por conseguinte, as deficiências no planejamento e controle acarretam consequências para a obra e, principalmente, para a empresa executante. Uma vez que, estouram o prazo e orçamento e causam indisposição com o cliente que podem chegar ao litígio jurídico (MATTOS, 2019). Sendo assim, o mesmo autor afirma que as causas das deficiências podem ser:

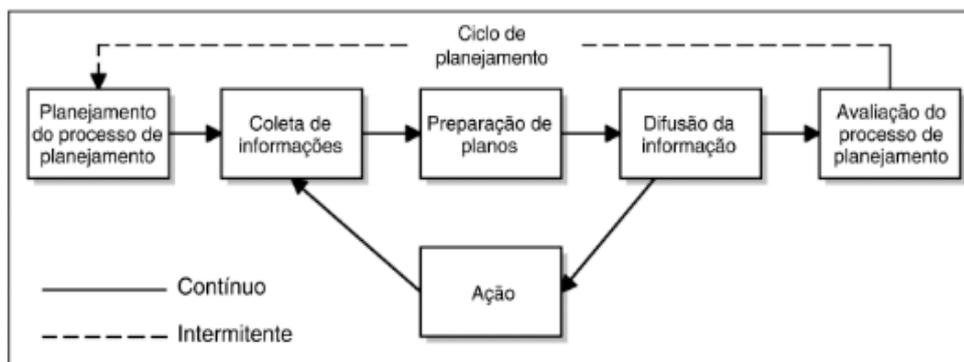
- **Planejamento e Controle em um único setor:** muitas vezes o planejamento é feito de forma isolada apenas para cumprir requisito perante ao cliente e, muitas vezes, não são apresentados ao setor de produção. Além disso, para o planejamento acontecer, ele precisa ser controlado e assim gerar indicadores para monitoramento das equipes de campo. É a partir dele que se tem a consciência da sua efetividade e/ou necessidade de replanejamento.
- **Planejamento informal:** quando o planejamento é confundido com as ordens dadas pelo engenheiro de campo ao encarregado de obra, isso faz com que a essência da visão a longo prazo do planejamento seja perdida pelo imediatismo das atividades. Tal atitude acarreta na subutilização do recurso humano e material disponível, bem como a comunicação ineficiente entre os setores da empresa.
- **Incertezas nos parâmetros:** devido a variabilidade imposta pela construção civil, isto é, a distinção entre os projetos entregues, normalizou a não rastreabilidade das incertezas e a não verificação. Diante deste cenário, o planejamento bem feito vem incorporando tais incertezas e, assim, proporciona cenários realistas que auxiliam nas

decisões, ou seja, os desperdícios e a informalidade não são mais aceitos no mercado.

O planejamento e controle é parte essencial do sucesso de uma obra e indicador de desempenho de uma empresa, posto isto, deve-se usar toda a potencialidade que ele tem.

Nesse sentido, o planejamento, de acordo com Formoso (1999), pode ser dividido em duas dimensões: vertical e horizontal. Sendo assim, Bernardes (2021) afirma que na dimensão horizontal é onde ocorre o processo de execução do planejamento, que pode ser dividido em cinco etapas, conforme Figura 01 e detalhamento de cada parte do fluxograma apresentado:

Figura 1: Fases do ciclo de planejamento



Fonte: BERNARDES, 2021

Planejamento do processo de Planejamento: esta fase ocorre em períodos específicos da empresa, isto é, no início de um novo projeto ou em alguma fase importante de replanejamento. É aqui que ocorre a definição do quão detalhado e controlado será o planejamento adotado para a obra. Além disso, é quando ocorre a análise das características, qual o nível de planejamento será empregado, bem como da criação da EAP – Estrutura Analítica de Partição de Projeto.

- **Coleta de Informações:** ocorre a coleta de informações que o planejamento necessita para criá-lo, isto é, contratos, projetos, especificações técnicas, informações do canteiro, escolha de execução e suas tecnologias, índice de produtividade, equipamentos e mão de obra e, por fim, as metas estabelecidas. É a fase para identificação das variáveis e usada para mitigar incertezas.
- **Preparação de Planos:** é nesta fase que se dispõe de maior empenho da equipe de planejamento, é a definição das metodologias de planejamento como por exemplo: PERT/CPM e Corrente Crítica. Dessa forma, independente da ferramenta escolhida, ela deve ser hierarquizada em níveis de planejamento pois influencia diretamente na alocação dos recursos do canteiro.
- **Difusão da Informação:** é nessa fase que se expõe o planejamento para os interessados, isso se dá tanto na sede quanto no canteiro. É importante salientar que essa informação precisa ser difundida de forma clara e concisa para cada agente do processo, isto é, a informação deve conter apenas o necessário para cada pessoa.
- **Avaliação do processo:** por fim, esta etapa ocorre em períodos específicos na organização, uma vez que é mais efetivo ao final de cada etapa da obra ou quando há a necessidade de replanejamento. É nela que ocorre a avaliação do processo de planejamento e nas tomadas de decisões realizadas, pode-se utilizar indicadores globais de desempenho da obra.

Já o planejamento na dimensão vertical, de acordo com Lustosa *et al* (2008), é agrupado em três diferentes níveis: estratégico, tático e operacional. Sendo assim, os autores afirmam que, o nível estratégico as informações de demanda estão muito agregadas e em uma obra é quando se define o escopo e as metas em um determinado período, geralmente estão relacionadas ao planejamento a longo prazo.

Já o nível tático define-se os meios e as limitações para se alcançar as metas, é aqui que ocorre o treinamento e recrutamento da mão de obra, bem como a

identificação dos recursos necessários. Por último, o nível operacional está ligado as tomadas de decisão a curto prazo para execução das metas.

Ademais, na Figura 1, observa-se que o ciclo de replanejamento que pode ser visto a partir da coleta de informações, uma vez que é nesse processo que ocorre a identificação dos desvios das metas e identificação das causas (BERNARDES, 2021).

Por fim, ter um planejamento e controle de obras efetivo faz com que o gestor tenha bases confiáveis para as tomadas de decisões, conforme ressaltado por Rocha e Castro (2019), o processo de planejamento é contínuo que necessita de monitoramento e análise crítica no decorrer do projeto.

2.2 Gestão de Projetos

A globalização econômica fez com que a competitividade empresarial aumentasse e assim as empresas, visando a perpetuidade no mercado, tem buscado meios para se destacarem a partir dos seus resultados. Sendo assim, as construtoras viram no estudo de viabilidade, no planejamento orçamentário e nos cronogramas bem elaborados uma vertente para acompanhar o desempenho das suas obras (BORGES, 2013).

Por conseguinte, o mesmo autor evidencia que mercado vem cobrando com mais frequência o acompanhamento e a rastreabilidade dos serviços para que haja maior controle dos processos. Dessa forma, o movimento global vem causando transformações no modo como a gestão de projetos é executada.

Contudo, o gerenciamento de projeto não é recente, a exemplo, tem-se as Pirâmides de Gizé, a Muralha da China e O Taj Mahal. As obras supracitadas são resultados de trabalho de líderes e gerentes que aplicaram práticas, princípios, processos, ferramentas e técnicas de gerenciamento de projetos (PMBok®,2017). Mas foi a partir do século XX que se buscou o reconhecimento da prática de gerenciamento de projetos.

É importante ressaltar que as empresas começaram a lidar com seu negócio e com atividades rotineiras como se fossem projetos (KERZNER, 2017). Dessa forma, o Guia PMBok® (2017), define projeto como um esforço temporário destinado para a

criação de um produto, serviço ou resultado único, ou seja, uma atividade com início, meio e fim.

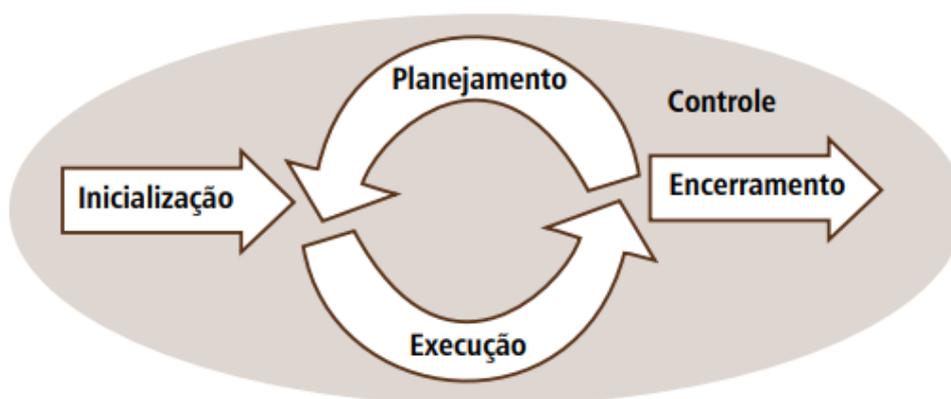
Diante disso, o conceito de gerenciamento de projetos é vasto e pode ser definido, de acordo com Guia PMBok® (2017), como a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto afim de cumprir os seus requisitos.

Além do mais, Vargas (2005) define gerenciamento de projetos como

“Um conjunto de ferramentas gerenciais que permitem que a empresa desenvolva um conjunto de habilidades, incluindo conhecimento e capacidade individuais, destinados ao controle de eventos não repetitivos, únicos e complexos, dentro de um cenário de tempo, custo e qualidade predeterminados”.

Sendo assim, Cândido et al. (2012) na Figura 02 e no detalhamento de cada fase nela apresentada, ilustra o gerenciamento de projetos que, de acordo com o Guia PMBok® (2017), envolve cinco etapas para chegar ao término, sendo que nenhuma das etapas podem ser excluídas, mas não estão limitadas a apenas essas.

Figura 2: Processos de um projeto



Fonte: CÂNDIDO et al., 2012.

- **Inicialização:** É a etapa de estudo de viabilidade do projeto, ou seja, levantamento das necessidades físicas, financeiras e de recursos humanos requeridos para finalização do projeto. A partir disso, a alta gerência da autorização ou não a execução do projeto. Por fim, é resultado da etapa a

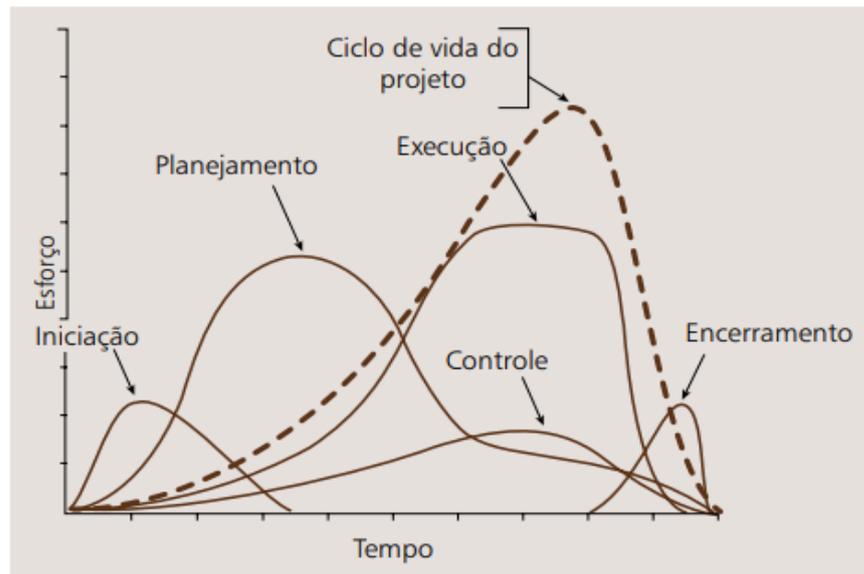
elaboração de propostas, seleção de projetos, aprovação dos clientes e autorização para início.

- **Planejamento:** É nessa etapa que se define os caminhos a serem seguidos para que haja a conclusão do projeto conforme acordado com o cliente. É importante ressaltar que a complexidade do planejamento está diretamente ligada ao tamanho do projeto. Além disso, o planejamento é dinâmico no decorrer do projeto, sendo assim, é de suma importância o gerente e a equipe ficarem atentos a sua atualização. Por fim, é resultado dessa etapa a definição da equipe de planejamento, o detalhamento do escopo do cliente, as estratégias de execução, a elaboração da EAP – Estrutura Analítica do Projeto, o cronograma e o cálculo de custo.
- **Execução:** É nessa etapa que grande parte do orçamento está ligada, ou seja, onde ocorre a realização e a finalização dos serviços. Além disso, aqui pode ocorrer mudanças, e caso aconteça, deve ser documentada e o planejamento alterado. Por fim, é fruto dessa etapa o gerenciamento da execução, distribuição de informações, garantia da qualidade, desenvolvimento e controle de equipe.
- **Controle:** Essa etapa engloba todo o processo de projetos e o torna exequível. Nela ocorre a percepção de problemas e proporciona base para a tomada de decisão para contorná-lo. Além disso, é aqui que ocorre a garantia de qualidade do projeto e se o planejamento está sendo seguido. Por fim, são resultados dessa etapa o controle do desempenho, monitoramento e controle de riscos, controle da qualidade, gerenciamento de equipes e das partes interessadas.
- **Encerramento:** Parte do pressuposto que todos os contratos feitos para execução do projeto estão formalmente finalizados e assim iniciasse o processo de avaliação de desempenho. Permite a elaboração de um portfólio de aprendizado para ampliar o conhecimento da empresa e alimentar o sistema gerencial e administrativo para projetos futuros.

Na Figura 03, é possível perceber como cada uma das etapas citadas anteriormente acontece de forma distinta e em conjunto. É importante salientar que

cada projeto tem características únicas e modelo de desenvolvimento particulares entre si.

Figura 3: Processos distribuídos no ciclo de vida de um projeto

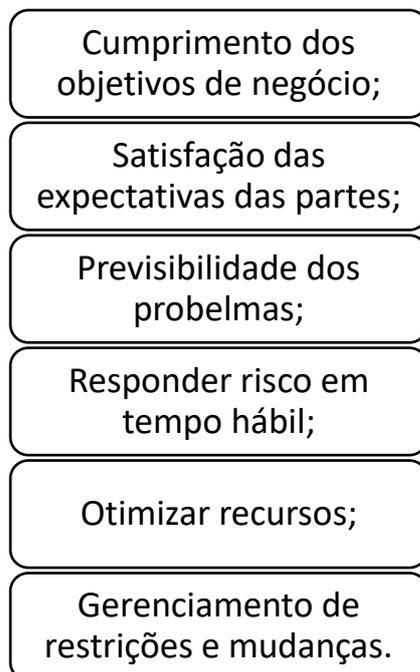


Fonte: Cândido *et al.*, 2012.

Posto isto, a prática do gerenciamento de projetos tem-se mostrado eficiente em entregar os projetos no prazo e no orçamento definido anteriormente (VARGAS, 2015). O mesmo autor sinaliza que a versatilidade do gerenciamento é sua característica mais vantajosa, uma vez que ele não fica restrito a projetos de alta complexidade e custo.

Ademais, a aplicação efetiva do gerenciamento de projetos proporciona às empresas, conforme Figura 04(PMBok®, 2017):

Figura 4: Resultados da aplicação do gerenciamento de projetos



Fonte: Baseado no PMBok®, 2017.

Em suma, o mercado é dinâmico e acelerado e a gestão eficiente é o modo de criar valor e benefícios a empresas, uma vez que seu corpo colaborativo estará apto à orçamentos cada vez mais apertados, prazos menores, recursos escassos e com mudanças tecnológicas.

2.2.1 Software de Gestão de Projetos

De acordo com Sommerville (2011), *softwares* são “programas de computador e documentação associada. Produtos de *software* podem ser desenvolvidos para um cliente ou para o mercado global”. Além disso, o mesmo autor evidencia que o sistema de *software* é composto por programas separados, arquivos de configuração que são usados para fazer o programa funcionar.

Dessa forma, os *softwares* são aliados para o gerenciamento de projetos na construção civil uma vez que facilitam as rotinas diárias, evitam erros humanos e aumentam a produtividade dos processos. Além disso, eles concentram em um único local as informações de um determinado projeto.

Por conseguinte, alguns *softwares* são utilizados na construção civil para o gerenciamento do seu planejamento são:

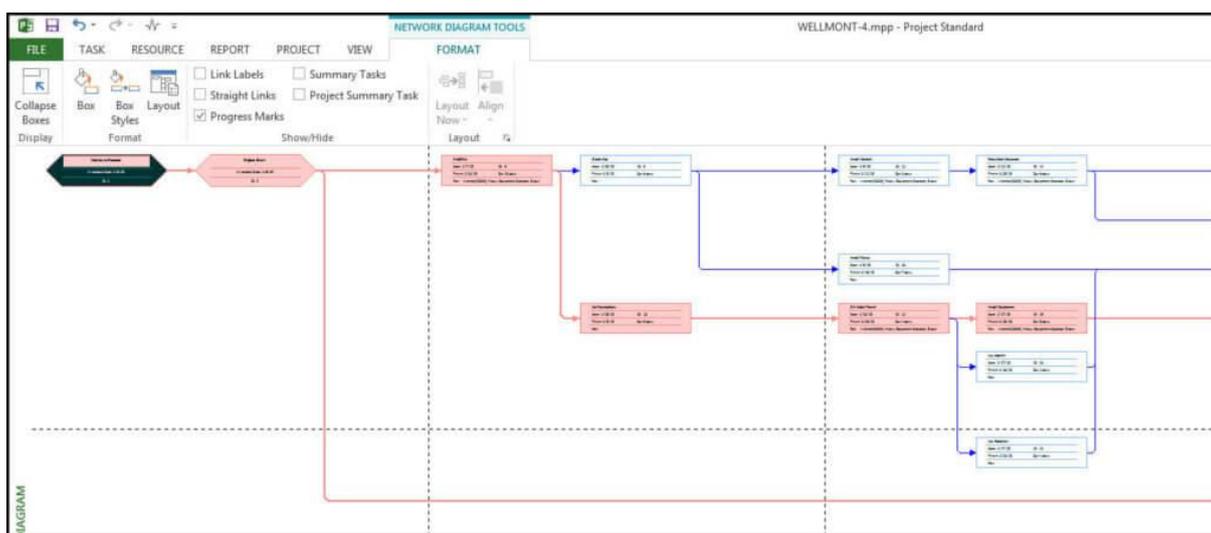
- **MS Project®**

O *Microsoft Project®*, *MS Project®*, foi desenvolvido pela empresa americana *Microsoft Corporation* com sua primeira versão lançada em 1985 com o objetivo de auxiliar no gerenciamento e planejamento de projetos (AKKARI, 2003). Nos dias atuais, o *software* é disponibilizado na sua versão 16.0.6741.2048 e, ainda, conta com a versão online que oferece o gerenciamento por meio da nuvem.

Dessa forma, ele é um *software* de gerenciamento de projeto que permite ao planejador a execução e controle do projeto alinhado ao PMBok®. Além disso, ele é o mais utilizado no mercado para gerenciamento de projetos devido a sua versatilidade e interface com outros programas.

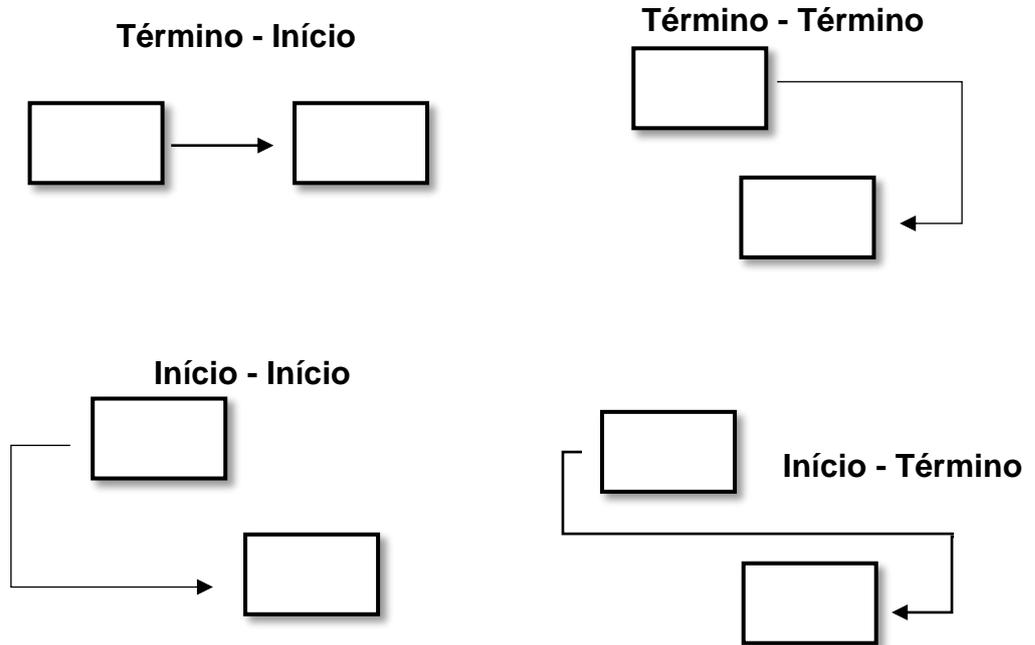
É importante salientar que este *software* se baseia em diagrama de rede, no qual as tarefas são criadas em blocos e interligadas formando uma rede, tal ferramenta é exemplificada na Figura 5. Além disso, esse recurso trabalha nas relações de início-término, término início, início-início, término-término entre as atividades, conforme Figura 6.

Figura 5: Diagrama de rede retirado do *MS Project®*



Fonte: Academia do Consultor, 2022.

Figura 6: Representação gráfica dos relacionamentos lógicos



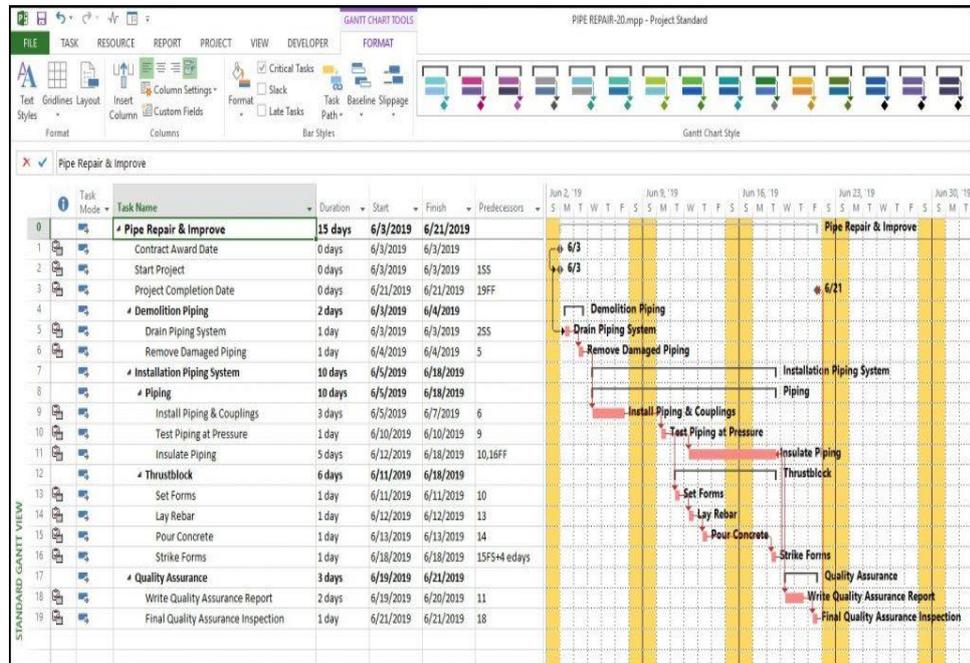
Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Outra ferramenta dentro do *software* é a definição de níveis hierarquizados, isto é, tarefas resumo que auxiliam na criação de uma EAP – Estrutura Analítica de Projeto. Por fim, este recurso computacional possui recursos de relatórios padrões e permite que o usuário crie o seu próprio que facilitam a análise do gestor.

Ademais, uma das ferramentas encontrada no *MS Project®* é a identificação do caminho crítico que na Figura 07 é identificado na cor vermelha no gráfico de Gantt.

Em suma, de acordo com Akkari (2003), o *MS Project®* utiliza o Método do Caminho Crítico – CPM para gerenciar as tarefas, os recursos e os custos resultantes. Por fim, de acordo com Prado e Marques (2017) a simplicidade da interface do *software* sempre atraiu usuários mesmo em empresas que já utilizavam outros programas.

Figura 7: Interface do MS Project®



Fonte: Labone (2022)

- **Primavera P6®**

O *software* Primavera P6® foi desenvolvido pela empresa Primavera Systems Inc em 1983, contudo em 2009 a Oracle a adquiriu e hoje é a responsável pelo programa (ALMEIDA *et. al*, 2014). Além disso, o sistema do Primavera baseia-se no Project Management Institute – PMI, ou seja, no gerenciamento de projetos (PÉREZ, 2014).

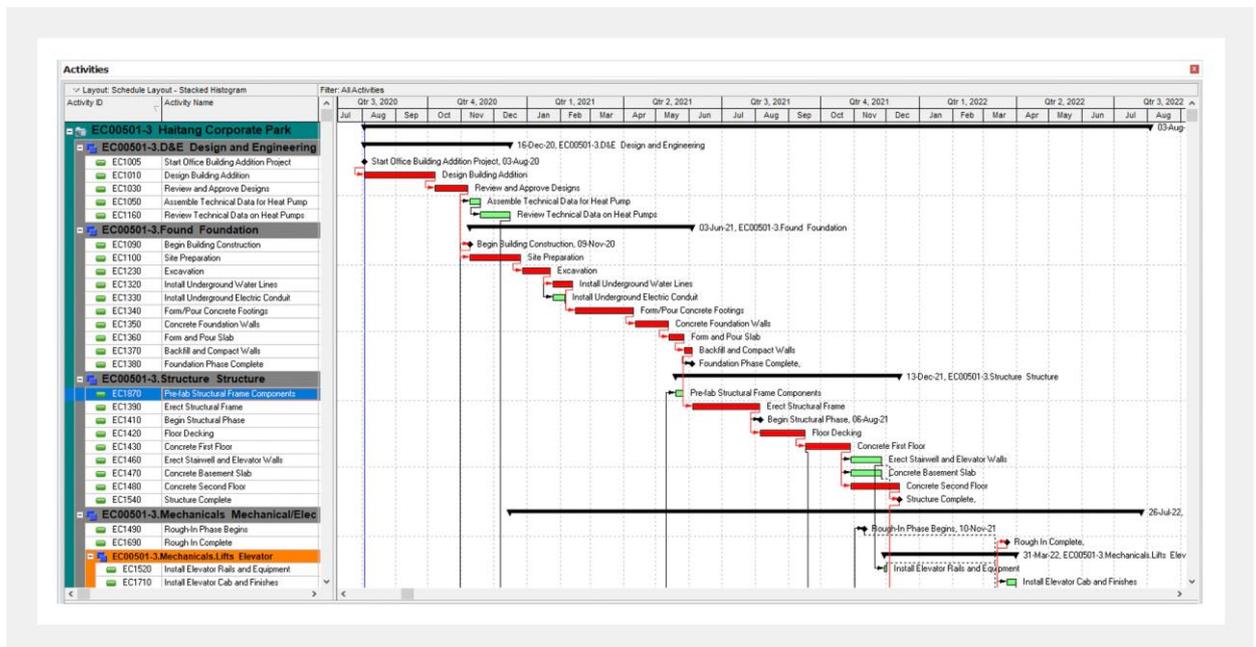
Além disso, o mesmo autor sinaliza, o *software* é utilizado para planejar e gerenciar projetos de engenharia, mineração, construção civil e energia a fim de viabilizar a otimização de tempo, custo, escopo e da qualidade exigida.

É importante salientar que este *software* foi criado para lidar com projetos de grande porte que possuem muitas atividades, por conseguinte, proporciona flexibilidade nas etapas de planejamento, execução e controle da obra.

Ademais, na Figura 8, exemplo da interface do Primavera®, o caminho crítico é identificado pela cor vermelha no gráfico de Gantt.

Por fim, com todas as funcionalidades, ele tem como objetivo o aumento da produtividade durante o planejamento e controle, bem como a permissão de que vários usuários possam trabalhar no mesmo projeto.

Figura 8: Interface Primavera P6®



Fonte: Oracle, 2022

- **Spider Project®**

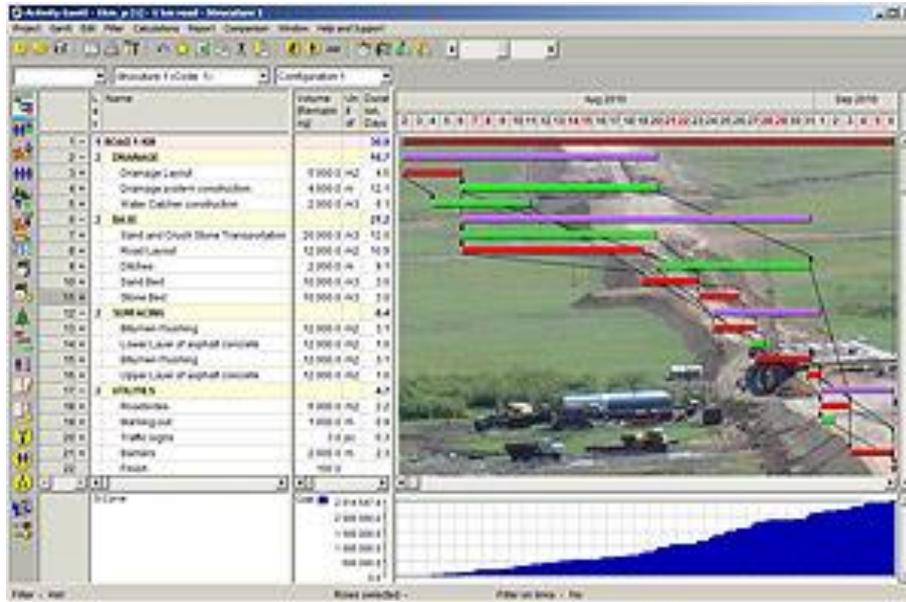
O *Spider Project®* foi desenvolvido pelo *Spider Project Team*, que é um grupo de empresas de consultoria em gerenciamento, com sede em Moscou na Rússia. Sua primeira versão foi lançada em 1993 (SPIDER PROJECT TEAM, 2017).

O *software* é utilizado para gerenciar diversas obras de grande porte na Rússia, sendo uma delas as obras dos Jogos Olímpicos de Inverno de 2014. Além disso, o *software* pode ser usado em diversos ramos como: aeroespacial, bancário, construções, energia, engenharia em geral, desenvolvimento de *software*, serviços públicos e entre outros (SPIDER PROJECT TEAM, 2017).

Ademais, na Figura 9, exemplo da interface do *Spider Project®*, o caminho crítico é identificado pela cor vermelha no gráfico de Gantt.

Por fim, os cronogramas gerados pelo *software* levam em consideração todas as restrições e assim gera um modelo mais próximo da realidade da execução de obra, além disso, ele gera o caminho crítico de recursos.

Figura 9: Cronograma gerado no Spider Project®



Fonte: Spider Project, 2017

○ **EVOP**

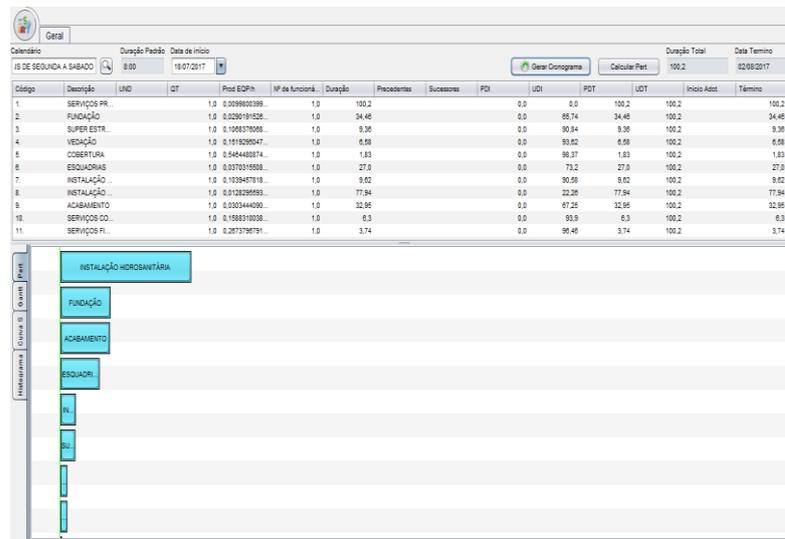
O EVOP – Engenharia e Gestão é um *software* de soluções de gestão e engenharia para os projetos. Além disso, este recurso possui interface com planilhas do Excel® para importação e exportação de dados, bem como assistência de quantificação para AutoCad (EVOP,2022).

O *software* possui duas vertentes: EVOP – Engenharia e EVOP – Gestão e Engenharia. Sendo assim, de acordo com o EVOP (2022), a vertente engenharia tem como foco a velocidade, a qualidade e os resultados, dessa forma, ela é dividida em:

- **Orçamento:** O módulo de orçamento permite importar tabelas vinda de órgãos do governo (tabela SINAPI), bem como a leitura de arquivo no modo TXT e XLSX facilitando a integração entre diversos *software* de projetos a partir da integração BIM. O usuário pode realizar diversos orçamentos simultâneos e interagir entre eles. Por fim, o EVOP gera automaticamente as curvas ABC de insumos e serviços, emite relatórios compatíveis com a realidade do mercado.
- **Cronograma - Planejamento:** Neste módulo, tendo como base a quantidade de horas previstas, o *software* calcula de forma automática a

duração das atividades e, de forma integrada, e para gerar o cronograma (Figura 10), a plataforma utiliza o diagrama de PERT, lugar onde o usuário indicará as atividades, predecessoras (Figura 11).

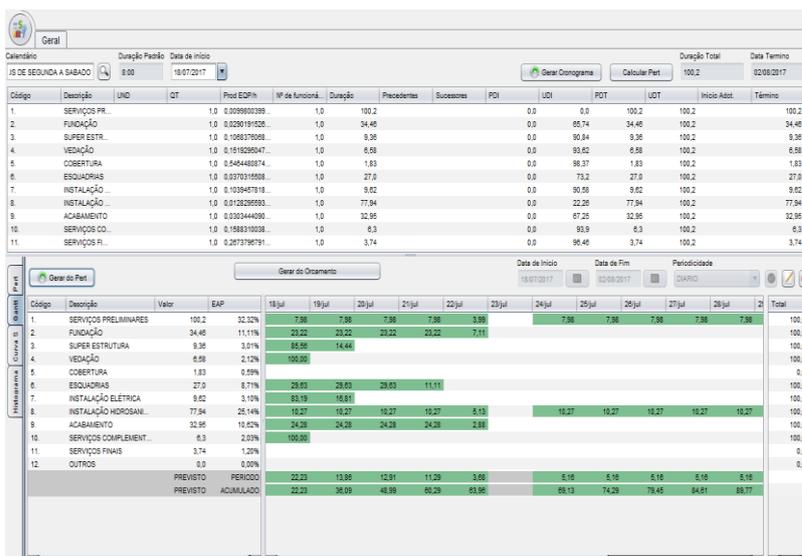
Figura 10: Diagrama PERT – EVOP



Fonte: Diagrama PERT - EVOP, 2022.

Por fim, o usuário pode ajustar a execução das atividades e ao final terá como resultado o cronograma de GANTT (Figura 11) e a curva S (Figura 12) da obra.

Figura 11: Cronograma Gantt



Fonte: Cronograma GANTT- EVOP, 2022.

Figura 12: Curva S – EVOP



Fonte: Curva S - EVOP, 2022.

- **Medição:** Neste módulo de acompanhamento do *software*, o usuário realiza medições físicas e financeiras, além disso, é gerado de forma automática um gráfico GANTT e uma Curva S de previsto x realizado. É importante ressaltar que, é possível observar as retenções técnicas e de impostos de cada medição e adicionar imagens da situação da obra. Por fim, é gerado relatórios que consta a curva S da medição, relatório fotográfico, previsto *versus* realizado e medição de contrato financeiro e analítico.
- **Diário de Obra:** Neste módulo é possível inserir, a cada medição física orçamentária, informações de cada serviço medido e ao final é gerado um relatório constando tais informações.

Já a vertente gestão tem como foco o gerenciamento integrado e tem os recursos do módulo de engenharia anexado, dessa forma, ela é dividida em:

- **Cotação e Autorização:** neste módulo é possível realizar requisições, cotações dos pedidos de compras e gerar um relatório para o gestor das compras realizadas contendo quantidade, valor unitário, a cotação e a última compra. Por fim, é possível, ainda, na execução do pagamento saber se o produto foi ou não entregue.
- **Estoque:** neste módulo o gestor tem o controle dos insumos e ferramentas das suas obras. Sendo assim, é possível cadastrar estoques, movimentar

e obter os seus saldos e, por fim, transferir mercadorias entre os estoques das obras (EVOP,2022).

- **Financeiro:** é neste módulo que é possível controlar a saúde financeira da empresa, nele é observado quais contas estão para vencer e quais a receber (EVOP,2022).
- **Rateio de Custo:** é neste módulo que é permitido ao gestor ratear os custos entre as obras e assim obter o lucro exato de cada uma delas (EVOP,2022).

Em suma, com o EVOP é possível reunir em uma interface a gestão de uma empresa focado em processos inteligentes prometendo desempenho e resultados rápidos.

- **Ganttproject®**

O *software* Ganttproject® é gratuito e *opensource*, isto é, código aberto de um *software* que pode ser adaptado para diferentes fins. Ele é usado para registro e acompanhamento de projetos (ROCHA; SANTOS; SOUZA, 2008).

É importante salientar que o método gráfico de Gantt surgiu das mãos do engenheiro Henry Laurence Gantt em 1917. Ele foi desenvolvido com o objetivo de ser um recuso das forças armadas dos Estados Unidos na guerra e mais tarde foi adotado pela indústria (EMBRAPA, 2019).

Dessa forma, o *software* Ganttproject® apresenta duas interfaces: gestão de pessoas e gestão de tarefas. Na interface de gestão de tarefa, as atividades devem ser inseridas e dimensionadas pelo seu tempo de execução, ou seja, data de início e término (ROCHA; SANTOS; SOUZA 2008).

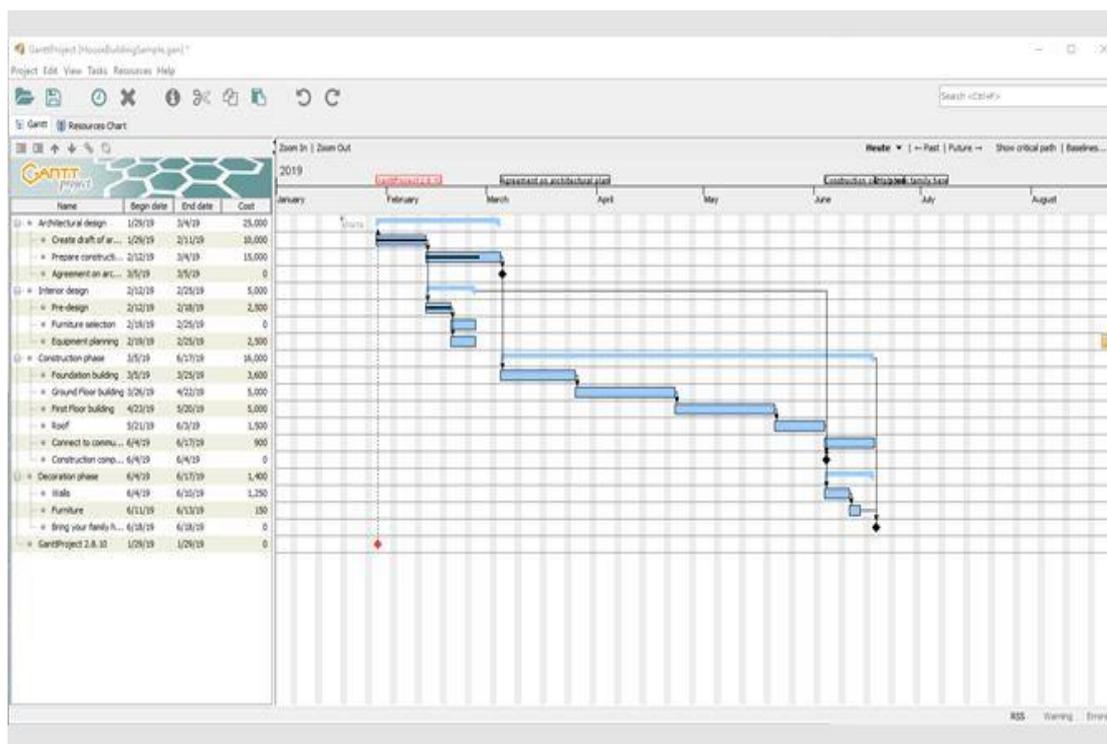
Além disso, de acordo com Souza et al. (2021), o gráfico de barras possibilita quatro estágios para as tarefas exemplificado na Figura 06, sendo elas:

- **Término-Início:** a segunda atividade só iniciada após o término da primeira;
- **Término-Término:** as duas atividades terminam no mesmo momento;
- **Início-Término:** a segunda tarefa termina quando a primeira iniciar;
- **Início-Início:** as duas tarefas iniciam ao mesmo tempo.

Já na interface de mão de obra, o *software* permite a inclusão de novas pessoas e distribuição delas nas atividades. Por fim, o Ganttproject® gera um diagrama PERT (Figura 13) para análise das atividades.

Por fim, o Ganttproject® possui interface com *MS Project*® e permite exportar e importar documentos em XLSX.

Figura 13: Gráfico de Gantt



Fonte: GanttProject, 2022.

o Sienge

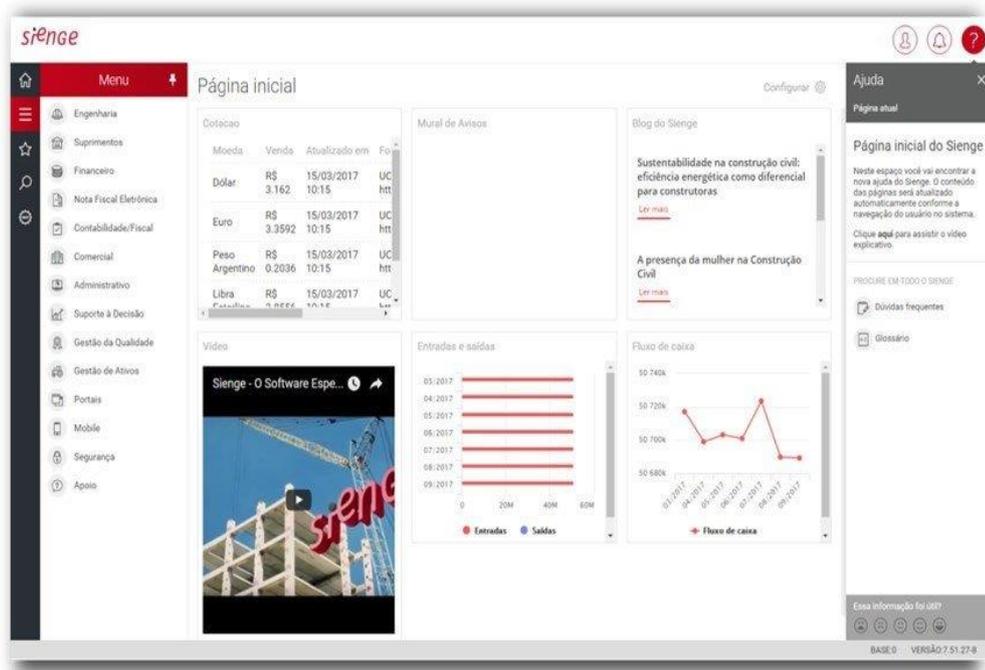
A empresa brasileira *Softplan* foi fundada em 1990 com o objetivo de transformar a sociedade por meio de tecnologia com *software* de gestão empresarial e gestão pública. É focada em gerenciar e apresentar soluções inteligentes e dinâmica para as empresas de construção (SIENGE,2022).

O Sienge, desenvolvido pela empresa *Softplan*, se especializou no modelo de ERP – *Enterprise Resource Planning*, ou seja, planejamento dos recursos da empresa. Além disso, ele é focado no ramo da construção civil e reúne em uma única plataforma todas as informações do projeto (SIENGE,2017).

Dessa forma, o *software* promete com sua implementação o:

- Acompanhamento da evolução da obra utilizando indicadores como Orçado x Realizado, bem como o cronograma Físico Financeiro (Figura 14);
- Controle de custos com a sua gestão de estoque;
- Gerenciamento da mão de obra e acompanhamento de diferentes projetos.

Figura 14: Interface do novo Sienge



Fonte: Sienge, 2019.

A plataforma do Sienge também é dividida em módulos que são usados a partir das necessidades das empresas tendo como objetivo a otimização do tempo. Sendo assim, de acordo com a plataforma Sienge (2017), existe os seguintes módulos:

- **Engenharia:** é o módulo destinado ao orçamento, controle de mão de obra, criação de cronogramas, diários de obra e de controlar custos. Na área do planejamento é possível ter interface com outro *software*, o *MS Project®*, uma vez que é disponível o modo de importar e exportar entre eles. Por fim, ele faz interface com plataformas de planejamento por meio da linha de balanço ou diagrama de tempo – caminho.

- **Suprimentos:** é neste módulo que, a partir do sistema integrado, mantém controle sobre os valores e quantidades orçadas. Além disso, é aqui que acontece o gerenciamento de contratos, medições e estoques.
- **Financeiro:** é neste módulo que, a partir do sistema integrado, ocorre a atualização em tempo real das atividades financeiras da empresa. É importante ressaltar que ele permite o compartilhamento das informações com outros módulos com o objetivo de mitigar as falhas de comunicação.
- **Fiscal:** este módulo é integrado ao sistema financeiro e é aqui que acontece a apuração dos tributos da empresa, bem como a prestação de contas empresarial.
- **Comercial:** este módulo está ligado ao pós execução do empreendimento, ou seja, focado na venda e seu acompanhamento no mercado. Dessa forma, ele é composto pelo sistema de vendas e de prospecção.
- **Contabilidade:** é neste módulo que, utilizando da integração contábil e custo orçado e incorrido, são consolidadas as informações contábeis da empresa.
- **Gestão da Qualidade:** é neste módulo que ocorre o acompanhamento da qualidade da empresa, isto é, por meio das funcionalidades das normas ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, AS 8000/NBR 16001 e PBQP-H ocorre o gerenciamento por meio de auditorias, melhoria contínua, controle ambiental, responsabilidade social, bem como de normas e procedimentos.

Em suma, a plataforma promete a integração de todos os setores da empresa em um único local visando a facilidade que isso trará para o gerenciamento das atividades. Além disso, é um *software* personalizado para o setor da construção civil levando em consideração as suas peculiaridades.

2.3 Gerenciamento do Cronograma

Segundo Santos (2017) o cronograma é uma ferramenta que permite o gerenciamento do tempo do projeto. Dessa forma, Vargas (2018) afirma que o

cronograma é responsável, quando bem alimentado, em expor problemas no desenvolvimento e execução do projeto.

Além disso, o cronograma oferece um plano detalhado que expõe a data e como as entregas das atividades serão feitas para finalizar o projeto. Posto isto, ele é utilizado como uma ferramenta de comunicação e gerenciamento entre as partes interessadas, bem como na entrega de relatórios de desempenho (PMBok®, 2017).

É importante salientar que, de acordo com o PMBok® (2017), o gerenciamento de cronograma possui etapas indispensáveis para que o projeto atenda a sua finalidade, isto é, término no prazo e no custo previsto, sendo assim, pode-se defini-las conforme o Quadro 1.

Quadro 1: Etapas do Gerenciamento de cronograma

Etapas	Função
Planejamento e gerenciamento do cronograma	Responsável pela definição das políticas, dos procedimentos e documentação para execução do planejamento e do seu controle
Definição das atividades	Responsável pela identificação dos serviços para se chegar ao resultado final do projeto (PMBok®, 2017). Além disso, é onde ocorre a divisão das atividades em subprojetos e a definição de prioridades de execução (CÂNDIDO et al., 2012).
Sequenciamento das atividades	Responsável pela interligação entre os serviços a serem executados, definindo ainda a ordem de realização de todas as atividades.
Estimativa de durações	É onde ocorre a estimativa do tempo de execução dos serviços individuais a partir dos índices de produtividade e da definição dos recursos a serem aplicados
Desenvolvimento do cronograma	Responsável pela análise das definições anteriores, ou seja, se o sequenciamento, duração, recursos e restrições aplicadas no projeto são exequíveis e de possível monitoramento.
Controle do cronograma	É onde ocorre o monitoramento das atividades do cronograma, isto é, atualização do status e do andamento dos serviços, bem como da identificação dos desvios da linha de base definida

Fonte: Adaptado do PMBok®,2022

No processo de desenvolvimento do cronograma, a equipe define quais metodologias de gerenciamento de projeto serão adotadas em concordância com a estratégia definidas.

Em suma, o principal benefício da execução do planejamento e gerenciamento do cronograma é estabelecer um norte de como o controle da obra será realizado no decorrer da sua execução (PMBok®, 2017).

2.4 Metodologias e métricas de Gerenciamento de Projeto

O desenvolvimento de métodos e técnicas para o gerenciamento de projetos visam cobrir todo o seu ciclo de vida, isto é, da sua concepção ao seu encerramento e tem como objetivo mitigar falhas e cumprir o seu propósito (PATAH; CARVALHO, 2015).

Dessa forma, para solucionar um problema, Patah e Carvalho (2015) afirmam que, primeiramente, é necessário padronizar o que será definido como resultado aceitável e que o grande problema da consistência e constância da performance é a dessemelhança.

Por conseguinte, Patah e Carvalho (2012), enfatizam que

“A gestão de projetos pode ser vista como a aplicação sequencial de processos estruturados, repetidos e contínuos que, quando utilizados por uma organização de forma gradual e segura para seus negócios, permite dar passos rumo à institucionalização de práticas padronizadas.”

De modo geral, muito se pesquisou sobre o sucesso de um projeto com o uso de metodologias de gerenciamento, dessa forma, Ibert (2004) afirma que o uso de métodos padroniza a gestão de projetos e, assim, por esse meio uma empresa pode ser capaz de reproduzir o sucesso em outros projetos. Já Kerzner (2001) salienta a melhoria no cumprimento das atividades como modelo para atendimento ao objetivo do projeto.

Ademais, as métricas são medidas utilizadas para orientar os projetos e trazem consigo consistência e formalidade na gestão (PATAH; CARVALHO, 2015). Dessa forma, Rad e Levin (2006) asseguram que elas trazem objetividade, uniformidade, acuracidade e repetitividade para as instituições monitorarem seus empreendimentos.

Por fim, as metodologias e as métricas de gerenciamento visam obter o sucesso do empreendimento, o que é usualmente definido como cumprimento dos prazos, custos, qualidade e satisfação das partes interessadas (PATAH; CARVALHO, 2015).

2.4.1 Sequenciamento de Atividades

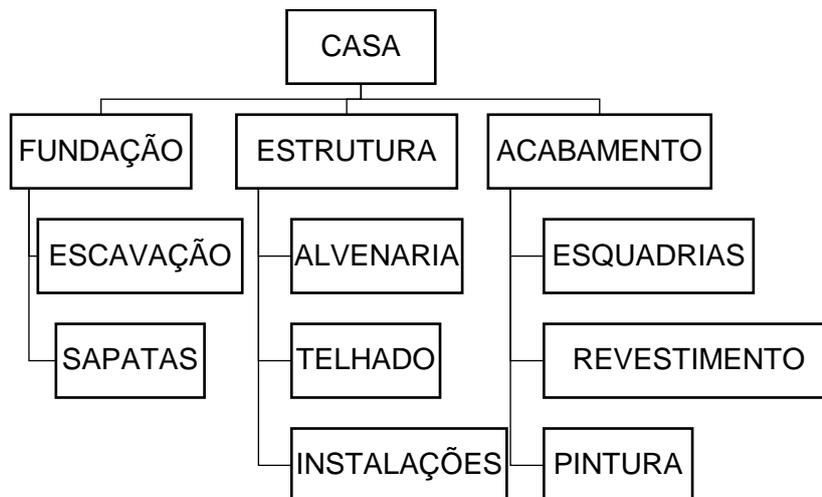
O sequenciamento das atividades que irão compor o cronograma da obra é ponto principal de atenção na gestão do projeto, uma vez que, caso alguma atividade seja esquecida o cronograma torna-se inviável e falho para cumprimento dos prazos e custos (MATTOS, 2019).

Dessa forma, a identificação das atividades requer um trabalho em conjunto, de leitura de desenhos e plantas, definição e entendimento de método construtivo e, por fim, representar tarefas do campo em forma de blocos de trabalhos menores e compreensíveis (MATTOS, 2019).

Por conseguinte, o principal objetivo do processo de identificação das atividades é realizar a divisão do bloco de atividades em subprojetos. Tal prática favorece a base para estimar, programar, executar, monitorar e controlar os trabalhos (PMBok®, 2017).

Posto isto, de acordo com Tong (2019), a EAP – Estrutura Analítica de Projeto demonstra a finalidade do projeto de forma clara e, parte dela, a entrada para outros modos do gerenciamento de projetos. Sendo assim, ela é definida por Gama *et al* (2017) como uma estrutura hierarquizada orientada para finalização de um projeto que define o seu escopo, exemplificada na Figura 15, decomposto em níveis e pacotes menores.

Figura 15: Estrutura Analítica de Projeto (EAP)



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Além disso, é neste momento em que se define as atividades prioritárias e as que causam impacto na realização das outras, gerando assim um sequenciamento lógico dos serviços (CÂNDIDO *et al.*, 2012).

É importante ressaltar que, de acordo com Silva *et al.*, (2017):

“O sequenciamento de atividades aplicado à gestão de projetos constitui um ferramental imprescindível para o sucesso de um empreendimento. Além disso, proporciona, através da elaboração de um estudo profundo das relações e peculiaridades das tarefas, um entendimento completo do problema em questão. Não menos importante, o sequenciamento também auxilia na identificação, compreensão e análise de alternativas possíveis para se trabalhar de forma mais eficiente todo o processo produtivo”.

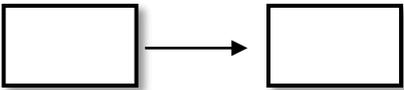
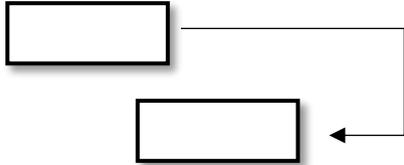
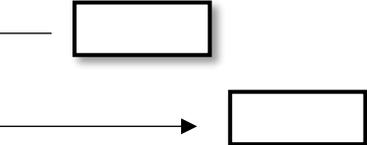
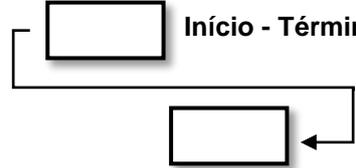
Diante disso, o Guia PMBok® (2017), expõe que o principal benefício do sequenciamento é a definição da sequência lógica do projeto e assim obter eficiência diante das restrições.

O sequenciamento das atividades converte uma lista em um diagrama, sendo assim, todas as atividades devem estar ligadas em pelo menos uma predecessora e uma sucessora a partir de uma estratégia construtiva definida, com exceção da primeira e a última atividade (PMBok®, 2017).

Além disto, com a EAP determinada, a próxima etapa é a definição do tipo de precedência e a ordem entre as atividades, a partir do método construtivo adotado (DIAS, 2019). Por conseguinte, é gerado um diagrama de precedência.

O diagrama de precedência é uma técnica usada para gerar um cronograma onde as atividades ficam representadas por nós e ligadas graficamente para representar a sequência das atividades em que serão executadas (PMBok®, 2017). O diagrama trabalha com quatro tipos de relacionamentos lógicos, conforme o Quadro 2.

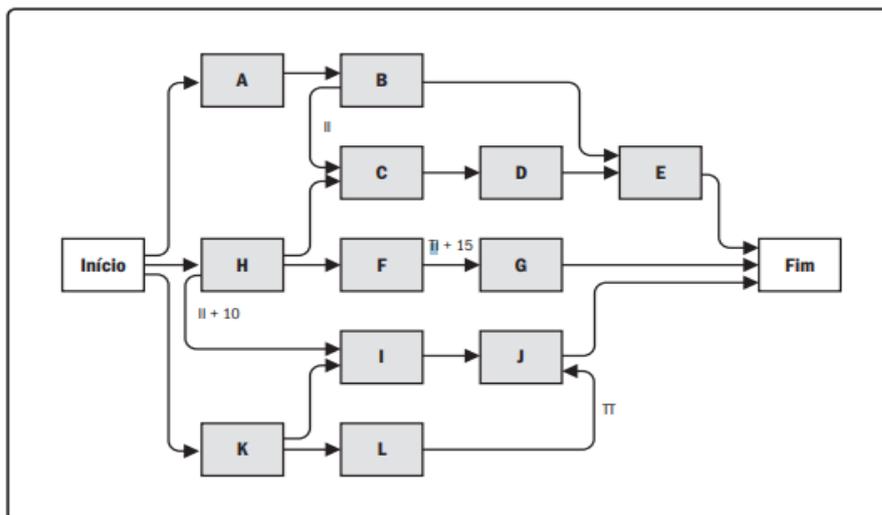
Quadro 2: Representação gráfica dos relacionamentos lógicos

<p>Término – Início</p>	<p>Uma atividade sucessora não deverá ser iniciada antes que sua predecessora tenha terminado.</p>	<p style="text-align: center;">Término - Início</p> 
<p>Término – Término</p>	<p>A atividade sucessora não deverá terminar até que a predecessora termine.</p>	<p style="text-align: center;">Término - Término</p> 
<p>Início – Início</p>	<p>A atividade sucessora não deverá ser iniciada até que a atividade predecessora tenha sido iniciada.</p>	<p style="text-align: center;">Início - Início</p> 
<p>Início – Término</p>	<p>A atividade sucessora não deverá terminar sem que a predecessora tenha sido iniciada.</p>	<p style="text-align: center;">Início - Término</p> 

Fonte: PMBok®, 2017.

Dessa forma, nas Figuras 16 é possível verificar o diagrama de precedências. Conforme descrito no Guia PMBok® (2017).

Figura 16: Diagrama de rede do cronograma de projeto



Fonte: Guia PMBok®, 2017

Por fim, o diagrama de rede pode ser gerado de forma manual ou através de um *software* de gerenciamento de projetos. Além disso, o sequenciamento das atividades feito de forma errada pode gerar um cronograma inexecutável e fora da realidade desejada.

2.4.2 As técnicas *Program Evaluation and Review Technique* e *Critical Path Method* - PERT/CPM

A técnica *Program Evaluation and Review Technique* – PERT, surgiu em 1957 nos Estados Unidos em uma ação entre a Marinha americana e as empresas *Booz Allen & Hamilton* e *Lockheed Aircraft Corporation* (CURTULO, 2017).

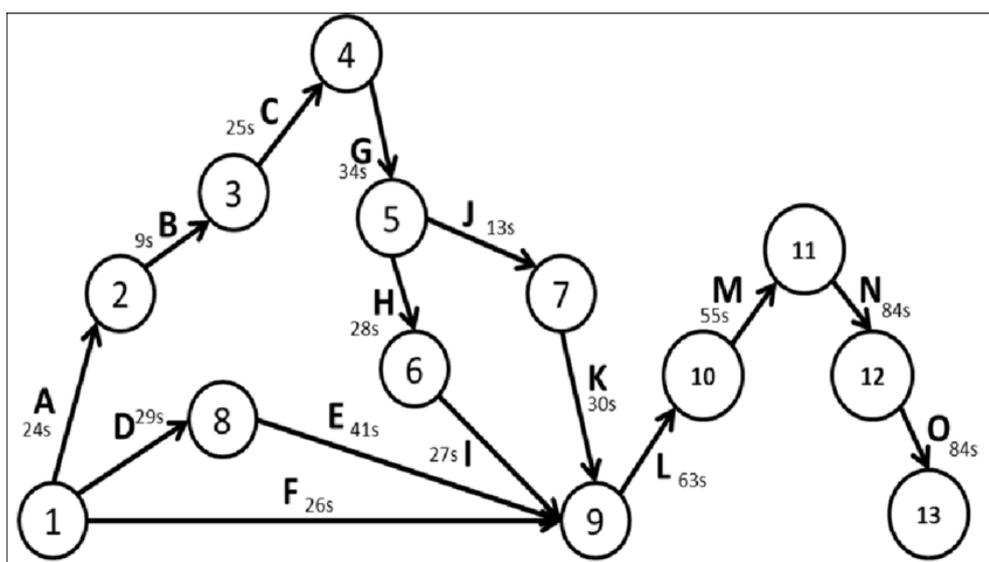
O escopo do projeto *Polaris* era a execução de um míssil balístico em época de guerra fria e que dispunha de uma complexa etapa de execução, uma vez que, necessitava de 250 fornecedores e 9000 subcontratados. (HIRSCHFIELD, 1969, apud MATTOS, 2017).

Diante disso, segundo Mattos (2017), a equipe responsável pelo planejamento e controle recorreu ao conceito de durações probabilísticas atribuindo três cenários ao projeto: pessimista, realista e otimista. Isso foi adotado por se tratar de um projeto novo e com atividades nunca antes executadas. Com a utilização dessa nova técnica, o prazo do projeto foi reduzido para 4 anos, sendo que inicialmente o prazo estabelecido era de 7 anos (MATTOS, 2017).

É importante salientar que de acordo com Furtado e Kovalesk (2016), a rede PERT é definida segundo as atividades, eventos, atributos, caminhos e caminhos críticos em que as durações das atividades sejam estimadas de forma probabilística, tornando-se aplicáveis aos projetos de engenharia que são sujeitos a variação de prazos.

Na Figura 17 é exemplificado o diagrama da rede PERT, o diagrama é constituído pela representação gráfica das interdependências das atividades de um projeto (TUBINO, 2009). Sendo assim, de acordo com Bastos *et al* (2014) as setas representam as atividades do projeto e seu nome fica localizado acima da seta juntamente com a sua duração. O autor ainda afirma que a direção das setas representa o sentido da execução e os nós possuem o significado de início e término.

Figura 17: Rede PERT



Fonte: Silva *et al*, 2017

Por conseguinte, segundo Moreira (2008), as durações de cada atividade são feitas em três cenários distintos:

- **Estimativa Otimista:** cenário em que as condições são favoráveis a realização, isto é, não há falta de recursos humanos e material. Dessa forma, a atividade é executada em tempo mínimo.
- **Estimativa Pessimista:** cenário onde acontece diversos obstáculos e a atividade é executada em tempo máximo.
- **Estimativa Realista/mais provável:** cenário ideal, isto é, a atividade é executada em tempo normal e pode-se chegar a esse cenário a partir da execução da mesma atividade diversas vezes.

Na mesma época, surgiu o *Critical Path Method* – CPM a partir da associação entre a empresa química americana *DuPont* e a *Remington Rand* que desenvolvia o computador mais potente da época (BORGES JUNIOR,2016).

Dessa forma, de acordo com Oliveira (2014), os matemáticos Morgan Walker e James Kelley investigaram a relação entre custo-prazo para projetos de engenharia. Era sabido por eles que o aceleração de todas as atividades não era o meio mais eficaz para se reduzir prazos. Sendo assim, o mesmo autor salienta que a solução proposta pelos matemáticos era encontrar as atividades certas para serem aceleradas e, assim, impactar no tempo final de projeto. Posto isto, surgiu, então, o conceito de caminho crítico que se tornou a base do método CPM.

É importante ressaltar que o Guia PMBok® (2017) define o CPM como

“O método do caminho crítico é usado para estimar a duração mínima do projeto e determinar o grau de flexibilidade nos caminhos lógicos da rede dentro do modelo de cronograma. Essa técnica de análise de rede do cronograma calcula as datas de início mais cedo, término mais cedo, início mais tarde e término mais tarde de todas as atividades sem considerar quaisquer limitações de recursos, através da realização de uma análise de caminhos de ida e de volta através da rede do cronograma.”

Por conseguinte, Nascimento (2007) afirma que as durações são tratadas no modo determinísticos fazendo com que a experiência prévia dos profissionais seja uma variável importante na estimativa de cada prazo e recurso.

Além disso, o caminho crítico é definido como a sequência de atividade que juntas possuem o caminho mais longo de um projeto e assim determina a duração do percurso, concluindo assim, que ele possui a menor folga possível (PMBok®, 2017).

Resumidamente, o método do caminho crítico é utilizado para calcular o número de folgas livres ou de flexibilidade do cronograma em cada caminho lógico (PMBok®, 2017). Dessa forma, a folga calculada é a referência de tempo em que as atividades podem ser estendida a partir do seu início sem impactar na data final de projeto.

Posto isto, as metodologias para planejamento e controle supracitadas foram criadas na mesma época e de forma independente. Contudo, a sua similaridade fez com que o termo PERT/CPM fossem usados juntos e sinônimos de apenas um único método (FERREIRA, 2005).

Por conseguinte, a rede PERT/CPM é utilizada no planejamento e controle de cronogramas uma vez que estabelece uma ordem de cumprimento das atividades com conhecimento do início e término que já estão definidos (CORRÊA *et al*, 2001).

Diante dos fatos, conforme explica Tubino (2009), a aplicabilidade do PERT/CPM no planejamento e controle auxilia na visualização gráfica das atividades, por meio do gráfico de Gantt e, assim, fornece estimativas de duração e, conseqüentemente, do tempo necessário para execução do projeto. Com a visão gráfica é possível a visualização de gargalos do cronograma, bem como a visualização das folgas das atividades não críticas.

É importante ressaltar que o gráfico de Gantt tradicional apresentava as atividades a esquerda e as barras a direita representando a duração de cada serviço (CHIODELLI; GIANDON, 2017). Além disso, a versão anterior não expunha a ligação entre as atividades, não levava em conta as folgas e não mostrava o caminho crítico (WACHA; SILVA, 2014).

Diferentemente do caso anterior, a construção da rede com o PERT/CPM auxilia na construção do cronograma de Gantt introduzindo as informações de ligação das atividades, folgas e caminho crítico. Dessa forma, o cronograma gerado a partir dos

dados do PERT/CPM ganha o nome de Cronograma Integrado Gantt-PERT/CPM (MATTOS, 2017).

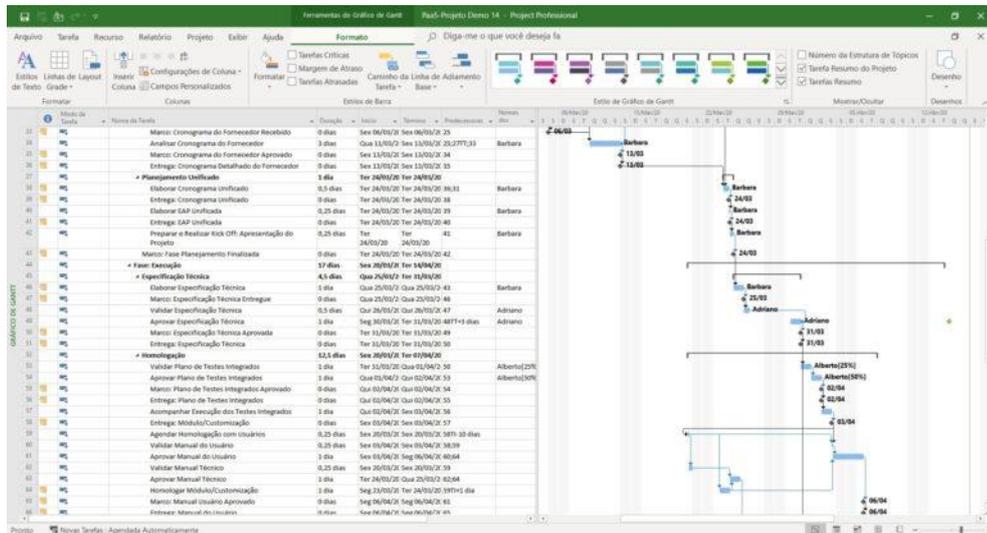
De acordo com Chiodelli e Giandon (2017), o cronograma integrado apresenta diversas informações ao planejador e sua equipe, tais como: sequenciamento de atividades, setas que mostram as sequências e dependências, atividades críticas, hachuras com traço mais forte ou em cores distintas e folgas temporais. Em resumo, de acordo com Mattos (2017), o Quadro 03 expõe as informações que podem ser inseridas no cronograma integrado e na Figura 18 como elas são vistas no cronograma.

Quadro 3: Informações que podem ser inseridas no Cronograma Integrado Gantt-PERT/CPM

Informações	Como Aparece no Cronograma
Numeração das atividades	De acordo com a rede
Sequenciamento	Pequenas setas que mostram a sequência das atividades
Data mais cedo e mais tarde de início e fim	PDI, UDI, PDT, UDT
Folgas	Pode-se limitar à folga total (FT) ou abranger todas (FT, FL, FD, FI)
Atividade crítica	Hachuradas ou com traço mais forte
Realizado	Situação atual (real) do projeto

Fonte: Adaptado de Mattos, 2017

Figura 18: Representação do diagrama integrado de Gantt



Fonte: Ortogonal Projetos, 2022

Por fim, no Quadro 04 é exposto, de acordo Mattos (2017), as vantagens e desvantagens de se usar um Cronograma Integrado Gantt-PERT/CPM.

Quadro 4: Vantagens e desvantagens do cronograma integrado

VANTAGENS	DESvantagens
Apresentação simples e de fácil entendimento.	A sequência lógica é mais bem compreendida no diagrama de rede.
Simplifica o entendimento do conceito de folga.	Difícil percepção de como o adiantamento ou o atraso das atividades impactam no cronograma.
Base para alocação de recursos.	Não elimina o recálculo da rede para atualização do programa.
Base para construção do cronograma físico-financeiro.	
Facilita o controle monitoramento do projeto.	
Geração de programações e distribuição de atividades para os responsáveis.	
Mostra o progresso das atividades.	

Fonte: Adaptado de Mattos, 2017

2.4.3 Método da Corrente Crítica

O método da Corrente Crítica - *Critical Chain Project Management* - surgiu em 1997 com o livro homônimo de Eliyahu M. Goldratt, físico israelita, no qual o autor expandiu o conceito da Teoria das Restrições (COURI, 2010). Tal método está focado na administração de prazos e atividades baseada na alocação de recursos (LOPES, 2018).

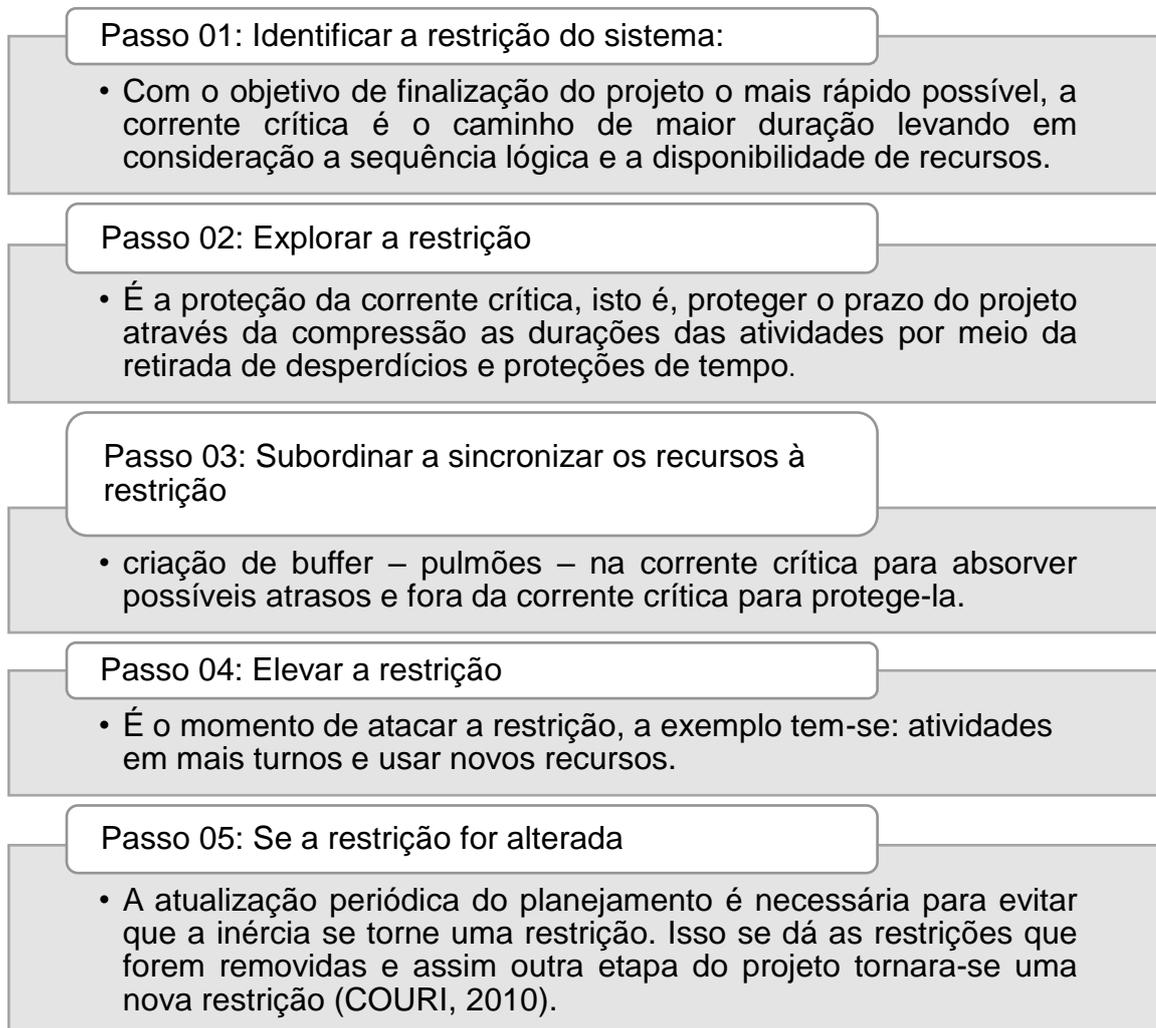
Anteriormente, em meados da década de 80, Goldratt desenvolveu uma teoria baseada na ideia de que todo sistema tangível possui ao menos uma restrição (COPATTO; SOUZA, 2003). Dessa forma, surgiu a Teoria das Restrições –TOC que foi definida por Goldratt (1991) como

“Uma filosofia global de gerenciamento empresarial que tem como propósito promover a contínua melhoria do desempenho esperado de qualquer organização, que tenha uma meta bem definida, através de soluções que enfocam suas poucas restrições”.

É importante salientar que as restrições podem ser físicas ou não físicas e elas são representadas como o elo mais fraco de uma corrente, ou seja, determina a resistência de todo um sistema (MATTOS, 2017).

Diante disso, Pegoraro (2018) expressa a Teoria das Restrições em cinco passos que podem ser vistos na Figura 19:

Figura 19: Passos da Teoria das Restrições



Fonte: Adaptado de Pegoraro, 2018

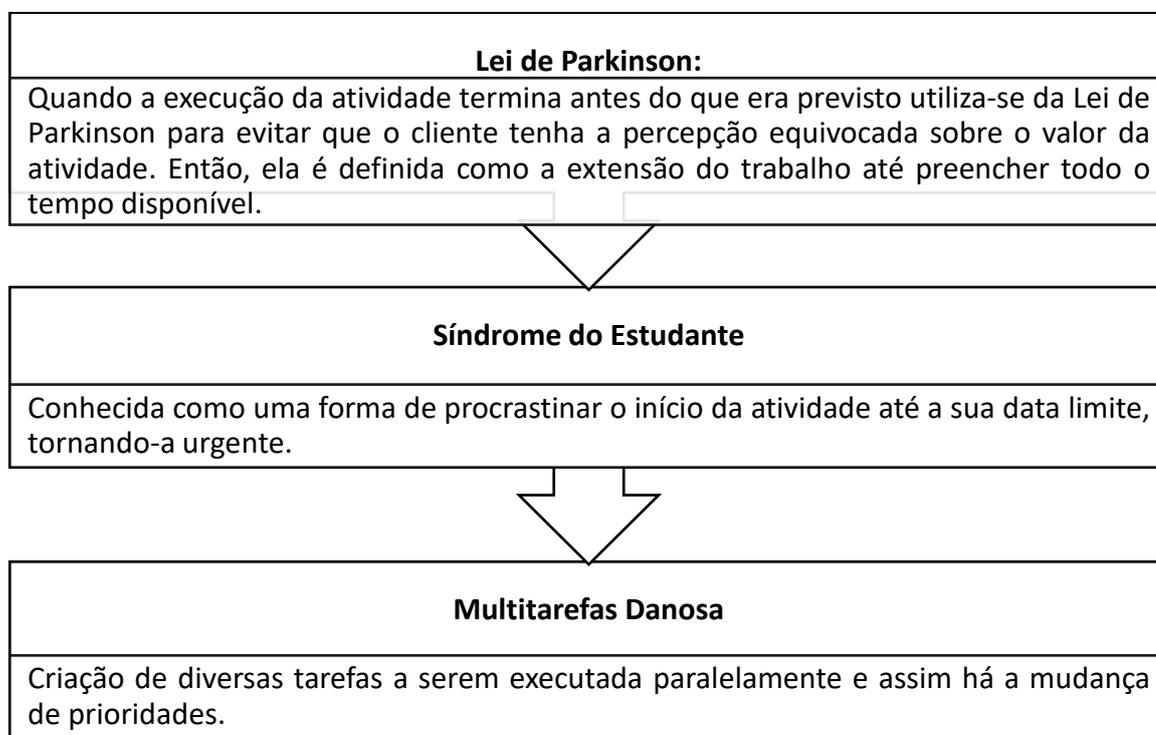
Diante dos fatos, a Teoria das Restrições foi utilizada como base para o desenvolvimento do Método da Corrente Crítica (SILVA *et al*, 2012). É importante ressaltar que, de acordo com Barcaui e Quellhas (2014), o Método da Corrente Crítica é definido como “uma abordagem gerencial e de diagramação de rede, que leva a uma significativa melhora na performance de projetos, buscando resolver seus conflitos principais. ”

Sendo assim, de acordo com Kendall (2007), o Método da Corrente Crítica define a Corrente Crítica como o sequenciamento mais longo de eventos interdependentes, levando em conta as predecessoras e sucessoras das tarefas e dos recursos. Sendo

assim, Mayer e Borges (2020) afirmam que provavelmente essa mesma corrente que definirá o tempo necessário para que o projeto seja concluído.

Deste jeito, a grande crítica que o método faz ao tradicional PERT/CPM é sobre como é definido a duração das atividades, uma vez que são inseridas no cronograma com valores maximizados para se ter uma proteção extra e, assim, a atividade ser executada dentro do prazo (MATTOS, 2017). Assim sendo, Goldratt (1997) afirma que os fenômenos que levam a superestimação das durações são representados na Figura 20 como:

Figura 20: Fenômenos superestimação das durações

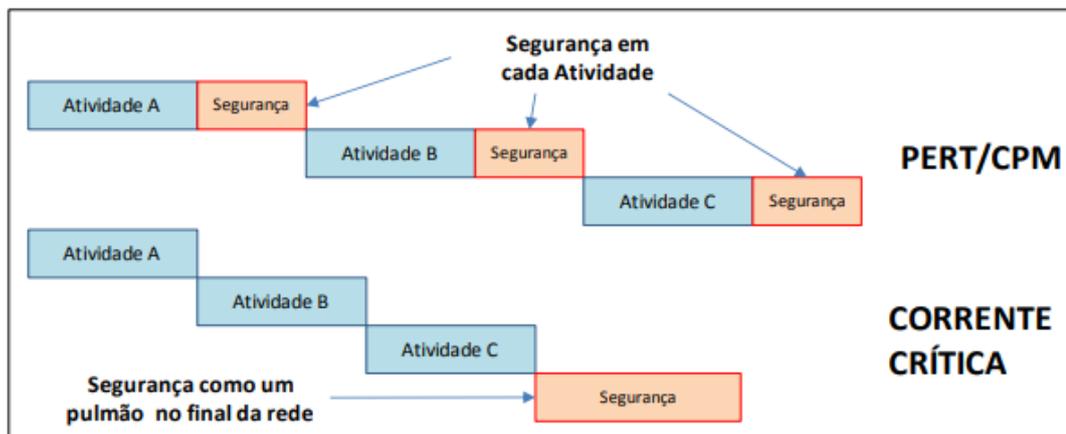


Fonte: Adaptado de Goldratt, 1997

Posto isto, para evitar que estes fenômenos sejam aplicados, o método da corrente crítica afirma que as atividades devem ser comprimidas e, assim, passarão a ter durações individuais mínimas e sem proteção alguma. Por conseguinte, a ideia apresentada por Goldratt em seu livro “Corrente Crítica” em 1997 propunha a criação de pulmões nos cronogramas que seriam inseridos na cadeia de processos em lugares estratégicos (COURI, 2010).

Sendo assim, a Figura 21 é apresentada a diferença entre os métodos PERT/CPM e Corrente Crítica para adoção de durações com segurança no PERT/CPM e a adoção do pulmão proposto pela Corrente Crítica.

Figura 21: Comparação entre PERT/CPM e Corrente Crítica



Fonte: Santos, 2013

Os pulmões têm a função de amortecer possíveis atrasos na duração das atividades e o gerente deve monitorar o consumo dos mesmos fazendo com que haja uma visão mais assertiva de prazos do cronograma (LUIZ *et al*, 2015).

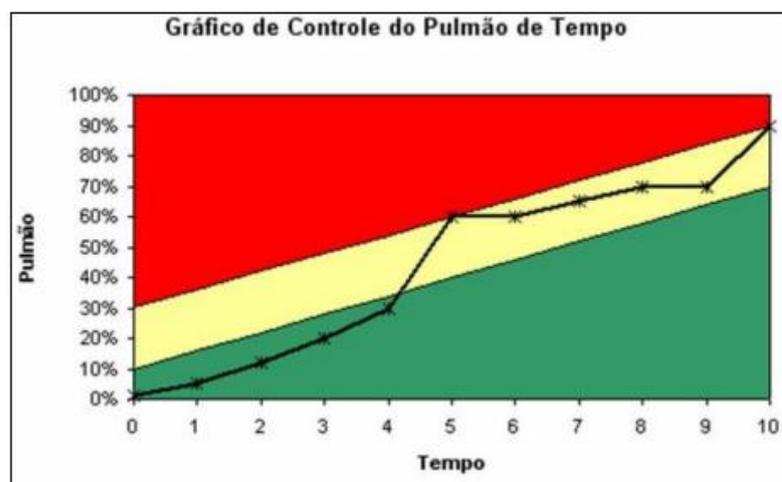
Por conseguinte, Goldratt (1998, apud Santos, 2013) apresenta quatro tipos de pulmões para evitar as incertezas decorrentes dos projetos, sendo eles:

- **Pulmão de Projeto:** a duração de segurança é inserida ao final da corrente crítica com o objetivo de proteger a data de finalização. Ela é correspondente a soma dos 50% retirados das atividades da corrente crítica.
- **Pulmão de Convergência:** são colocados em lugares estratégicos onde os outros caminhos não críticos se convergem ao caminho crítico. Ele é usado para proteger a corrente crítica dos atrasos dos outros caminhos e, caso o atraso não ocorra, a corrente crítica pode ser iniciada antes do previsto.

- **Pulmão de Recurso:** é responsável por assegurar que o recurso esteja disponível para ser usado no momento planejado. Neste tipo de pulmão não se utiliza do tempo aditado.
- **Pulmão de Capacidade:** é utilizado em múltiplos projetos e tem como finalidade assegurar a disponibilidade de recursos estratégicos, além disso, é usado para o sequenciamento das atividades com proteção entre o fim e o início do projeto.

Por consequência, partindo da ideia de que o prazo do projeto deverá ser menor que a sequência elaborada, se faz necessário o monitoramento dos pulmões (Santos, 2013). Então, conforme a Figura 22, o controle é feito por gráficos.

Figura 22: Controle do Pulmão



Fonte: Santos, 2013

O gráfico possui como abscissa o tempo e a ordenada representa a porcentagem de tempo consumida do pulmão. Além disso, de acordo com Bahia (2015), os *buffers* são marcados por faixas que tem significados diferentes:

- **Faixa Verde:** a taxa de consumo do pulmão é mais lenta que o avanço de projeto, ou seja, porcentagem de consumo do pulmão < porcentagem de avanço do projeto. Diante disso, não há necessidade de ação.

- **Faixa Amarela:** a taxa de consumo do pulmão é mais ou menos equivalente ao avanço do projeto. Sendo assim, é necessário montar um plano de atuação.
- **Faixa Vermelha:** a taxa de consumo do pulmão é maior que o avanço dado em projeto, ou seja, percentagem de consumo do pulmão > percentagem de avanço do projeto. Dessa forma, deve-se colocar em prática o plano elaborado.

Por fim, Mattos (2017) expõe os passos para implementação do método da corrente crítica no planejamento e controle, sendo eles:

- **Montar Cronograma:** Cria-se o cronograma seguindo a paginação tradicional do PERT/CPM.
- **Retirar proteção individual das atividades:** Comprime-se as atividades em 50% de duração.
- **Nivelar recursos e identificar a corrente crítica:** O nivelamento de recurso elimina conflitos e a superalocação dos mesmos, além disso, o caminho crítico é o caminho mais longo do início ao fim do projeto.
- **Proteger a corrente crítica:** Introdução dos pulmões nas redes não críticas e usar duração equivalente de 50% retirado na etapa de retirada de proteção individual.
- **Acrescentar o pulmão de projeto:** Ao final da corrente crítica adiciona-se um pulmão com duração equivalente a 50% retirada das atividades da corrente crítica.

2.4.4 Simulação Monte Carlo

O método da Simulação de Monte Carlo ganhou este nome devido as suas simulações ocorrerem por eventos aleatórios e por terem uma semelhança com os jogos de azar, sendo assim, foi durante a Segunda Guerra Mundial que *Ulam e Von Neumann* a denominou Monte Carlo em referência a cidade de Mônaco, capital mundial dos jogos de azar (YORIZAR, 2009).

É importante salientar que a simulação Monte Carlo (SMC), de acordo com Vilcapoma, Moura e Sampaio (2014), é uma técnica de amostragem que utiliza de variáveis aleatórias e da distribuição probabilística para definir o comportamento do ambiente estudado.

Além disso, o Guia PMBok® (2017) afirma que a simulação modela os efeitos combinado de incertezas dos projetos para avaliar o impacto que isso vai causar no cumprimento dos objetivos pré-determinados. Sendo assim, o guia reforça, ainda, que

“A técnica de simulação mais comum é a análise de Monte Carlo, pela qual os riscos e outras fontes de incerteza são usados para calcular os resultados de cronograma possíveis para o projeto total. A simulação envolve o cálculo de várias durações de pacotes de trabalho com diferentes conjuntos de premissas de atividades, restrições, riscos, questões ou cenários usando distribuições de probabilidade e outras representações de incerteza. “

O guia *Practice for Standard Scheduling - PMI* (2011) reforça que a Simulação Monte Carlo considera as incertezas nas durações, no custo, nos recursos e nas interdependências das atividades ao atribuir os riscos de uma base de dados gerando cenários pessimistas, otimistas e mais provável para o projeto.

É importante ressaltar que Herbert (1979, apud Leal e Oliveira,2011), aponta que foi em 1963 que Van Slyke propôs a utilização da SMC para o gerenciamento de projetos. Os autores ainda afirmam que a motivação para a sua utilização se deu a partir das limitações do PERT/CPM que dominavam o gerenciamento na época.

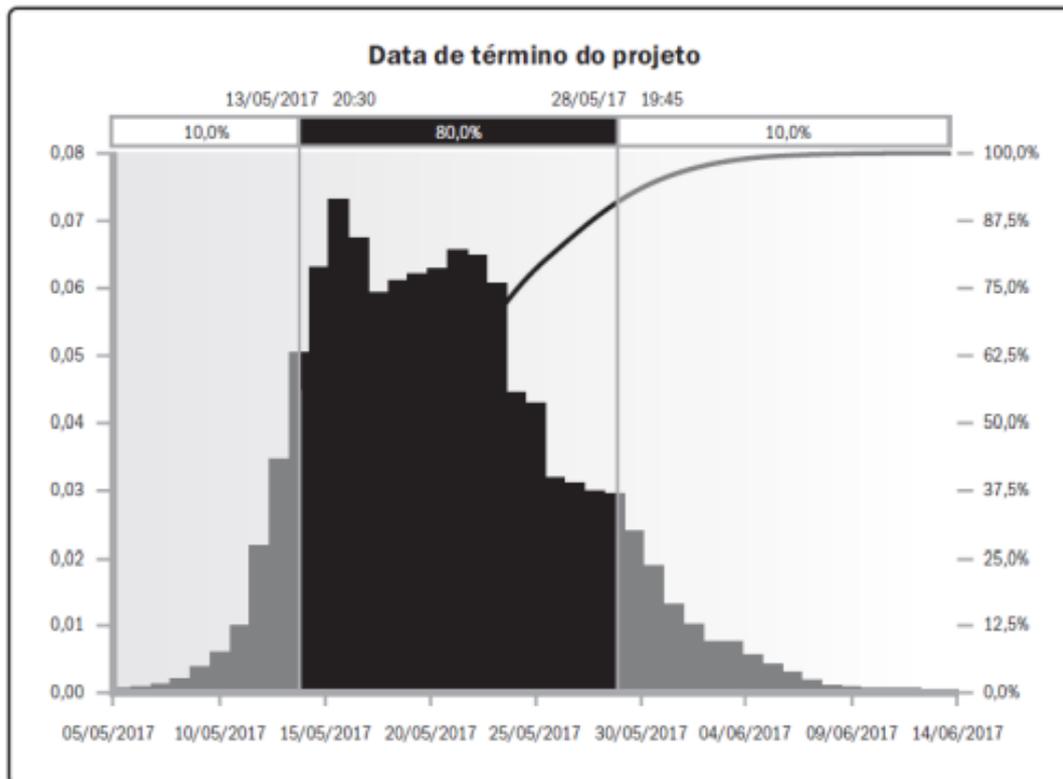
Por conseguinte, a partir da proposição de Van Slyke, os fenômenos aleatórios passam a ser considerados na execução do projeto como uma aleatoriedade no tempo de execução de uma atividade (LEAL; OLIVEIRA, 2011).

Os mesmos autores ainda afirmam que na SMC “o tempo de execução de uma atividade comporta-se segundo uma função de distribuição de probabilidade, característica da atividade. ” Os autores ainda afirmam que o tempo total de execução de um projeto passa a ser calculado gerando:

“Valores pseudoaleatórios dos tempos de execução das atividades, de acordo com a função de densidade de probabilidade característica de cada atividade; acha-se o caminho crítico; e somam-se os tempos das atividades que apareceram no caminho crítico, na replicação da Simulação. LEAL; OLIVEIRA, 2011) ”

Sendo assim, a Figura 23 representa o resultado da distribuição de probabilidade do término de um projeto em uma determinada data seguindo os passos citados anteriormente.

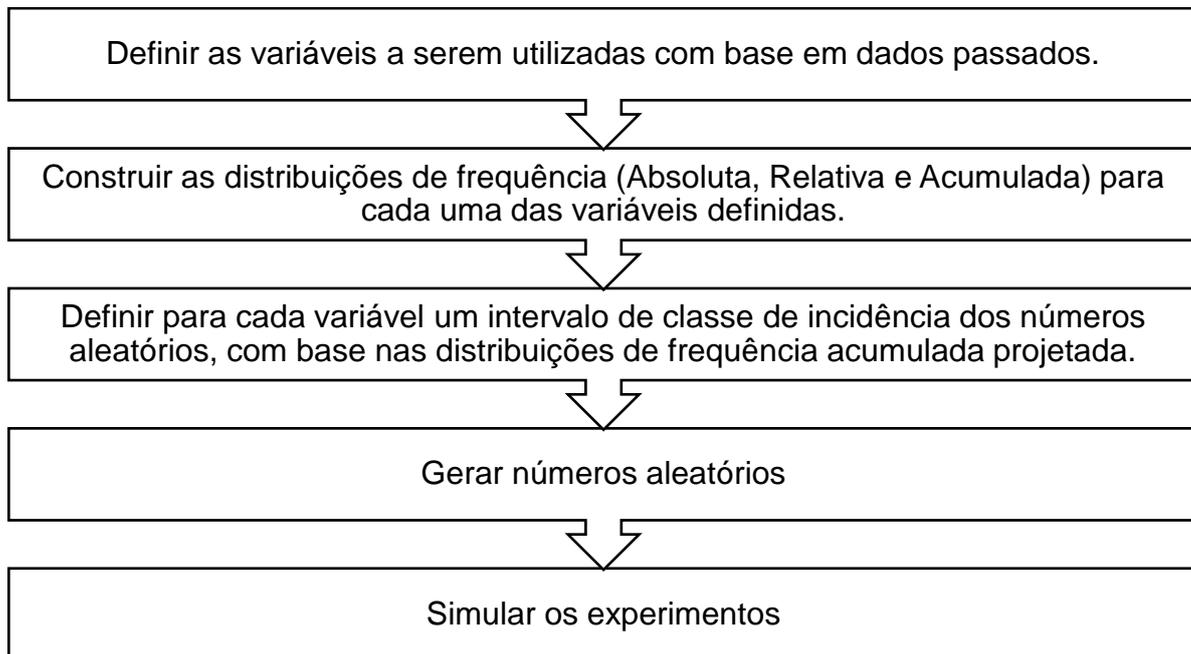
Figura 23: Distribuição de probabilidade de uma data-alvo



Fonte: PMBok®, 2017.

Posto isto, o método é bastante usado para basear as tomadas de decisões, principalmente, quando a natureza dos problemas envolve a análise risco e incertezas (MONTEIRO, 2020). Dessa forma, a Figura 24 representa os passos a serem seguidos para executar a SMC para diversos resultados:

Figura 24: Passos para operacionalização do método de SMC



Fonte: Adaptado de Shamblin e Stevans, 1974.

Em suma, muito se utiliza da Simulação Monte Carlo na construção civil para análise de riscos de custo e de cronograma (SANTOS *et al*, 2018). Dessa forma, o estudo realizado por Oliveira, Schramm e Schramm (2019) teve como objeto de estudo a abordagem do gerenciamento de cronograma baseado na técnica PERT/CPM e Simulação Monte Carlo para auxiliar os gestores da área da construção civil a reduzirem incertezas nas durações na etapa de criação do cronograma.

Já Vergara, Teixeira, Yamanari (2017), utilizaram em seus estudos a SMC para analisar as restrições que o setor da construção civil possui, como por exemplo, o orçamento, financeiro e tempo. Dessa forma, os autores utilizaram a SMC para quantificar a sensibilidade para conclusão do projeto e ter uma visão geral do futuro.

Por fim, Santos e Sofiste (2017) aplicaram a metodologia de gerenciamento de risco na fase de planejamento de um empreendimento imobiliário de grande porte. Sendo assim, os autores utilizaram da SMC para se obter maior refinamento dos valores dos riscos catalogados.

2.4.4.1 Software Monte Carlo

Na aplicação da Simulação de Monte Carlo, os cenários são gerados por meio de um gerador de números aleatórios a partir da frequência escolhida para a variável de interesse (MENDONÇA, 2020). Sendo assim, o gerador de números aleatórios é distribuído de forma uniforme no intervalo de 0 e 1 e são feitos por um programa computacional (FREITAS FILHO, 2008).

Posto isto, com o avanço da engenharia de *software*, as simulações complexas passaram a ser realizadas em um curto período e, bem como, houve o desenvolvimento de *software* especializados na simulação Monte Carlo. Sendo assim, os principais *softwares* utilizados para a Simulação Monte Carlo são:

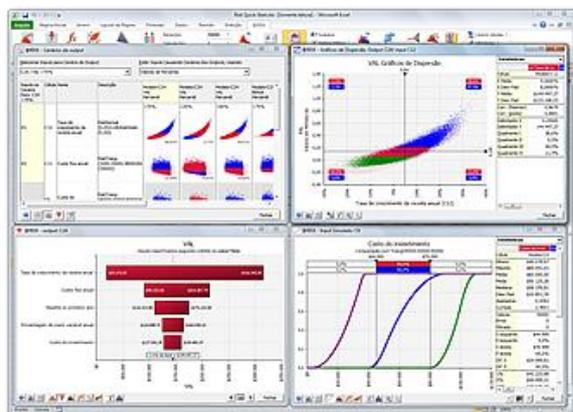
- **@RISK®**

O *software* @Risk® foi desenvolvido pela empresa *Palisade Corporation* em 1987 no estado de Nova York. O *software* utiliza a Simulação Monte Carlo para executar as análises de risco e incertezas em diversos setores (PALISADE, 2022).

É importante salientar que o @Risk® é um *add-in* no *Microsoft Exce®* e *Microsoft Project®*, ou seja, é um *plug-in* que adiciona ao *Microsoft Excel®* funcionalidades complementares. Sendo assim, o *software* executa análises de risco por meio da SMC e expõe os resultados possíveis, bem como as probabilidades de ocorrência do que se deseja em uma planilha de *Microsoft Excel®* ou cronograma do *Microsoft Project®* (PALISADE, 2022).

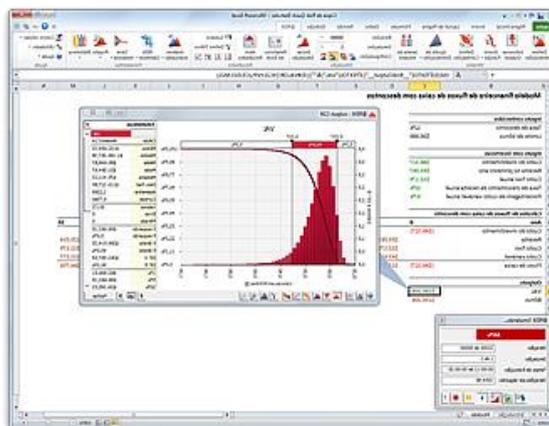
Outrossim, os resultados das simulações são gerados a partir de quadros que abrangem toda a faixa de resultados possíveis e com a probabilidade de ocorrência, geram-se, também, gráficos e relatórios que apresentam indicadores para a, ocorrência, geram-se, também, gráficos e relatórios que apresentam indicadores para a tomada de decisão, como pode ser visto nas Figuras 25 e 26 (PALISADE, 2022).

Figura 25: Interface de resultados @Risk



Fonte: PALISADE, 2022

Figura 26: Interface de resultados @Risk



Fonte: PALISADE, 2022

Ademais, a execução da simulação é dividida em três passos, conforme Figura 27:

Figura 27: Passos para operacionalização da SMC no @Risk®

AJUSTAR O MODELO:

Começa pela substituição de valores incertos na planilha com funções de distribuição de probabilidade. Logo após, seleccione os *outputs* desejados.

RODAR A SIMULAÇÃO:

O *software* calcula a sua planilha diversas vezes. A cada rodada, ele fornece uma amostra dos valores e, posteriormente, insere as informações no modelo e registra os resultados obtidos.

COMPRENDER OS RISCOS:

É exposto todos os possíveis resultados, bem como a probabilidade dele deles acontecerem. Nesta etapa é possível plotar os resultados em gráficos, histogramas e curvas.

Fonte: Adaptado de PALISADE, 2022.

Por fim, o *software* está disponível em português em todos os menus, diálogos, relatórios de saída e tutoriais, além disso, possui três versões que se adaptam as necessidades: *Standard*, *Professional* e *Industrial*.

- **Crystal Ball®**

O *software* *Crystal Ball®* é distribuído pela empresa *Oracle Corporation* e ele utiliza da Simulação Monte Carlo para realizar as modelagens. É importante salientar que o *Crystal Ball®* é um *add-in* no *Microsoft Excel®*, ou seja, é um *plug-in* que adiciona ao *Microsoft Excel®* funcionalidades complementares para desenvolvimento da simulação.

Dessa forma, o *software* expressa o resultado da modelagem por meio de gráficos de previsão e indica, ainda, a probabilidade de ocorrência de cada possibilidade (SÁ, 2017).

De acordo com Goldman (2002), o *Crystal Ball®* adiciona a plataforma do *Excel®* duas técnicas: a substituição de valores únicos com distribuição de probabilidade e a simulação randômica, isto é, valores selecionados matematicamente gerados obedecendo a distribuição de probabilidade definida.

Em suma, o *software* permite que os usuários definem quais distribuições de probabilidade eles irão utilizar nas variáveis incertas, e logo após é gerado a simulação dentro do intervalo definido (GOLDMAN 2002).

Figura 28: Interface do software *Crystal Ball®*



Fonte: ORACLE, 2022

3 METODOLOGIA

3.1 Fundamentação Metodológica

A metodologia pode ser definida, por Aragão e Mendes Neta (2017), como o estudo do método para se buscar um conhecimento. Além disso, Demo (2003) caracteriza a metodologia como a preocupação instrumental, ou seja, a forma com que se fará ciência e com os cuidados os procedimentos, das ferramentas e dos caminhos.

Por conseguinte, para que haja a validação do estudo e dos seus resultados é necessário que seja seguido um método científico formal. É importante salientar que as escolhas metodológicas estão relacionadas a categorias de estudo, sendo elas: quanto ao objeto de pesquisa, à natureza da pesquisa e, por fim, à escolha do objeto de estudo (OLIVEIRA, 2011). Já as técnicas podem ser classificadas, segundo Oliveira (2011), quanto a técnica de coleta e análise de dados. Em suma, o Quadro 5 resume as classificações.

Quadro 5: Classificação da metodologia científica

Objetivos da Pesquisa	<ul style="list-style-type: none">• Descritiva;• Exploratória;• Explicativa;• Exploratório-Descritivo.
Natureza da Pesquisa	<ul style="list-style-type: none">• Qualitativa;• Quantitativa;• Qualitativa-Quantitativa.
Escolha do Objeto de Pesquisa	<ul style="list-style-type: none">• Estudo de caso único;• Estudo de caso múltiplos;• Amostragens não – probabilísticas;• Amostragens probabilísticas;• Estudo Censitário.
Técnica de Coleta de Dados	<ul style="list-style-type: none">• Entrevista;• Questionário;• Observação;• Pesquisa documental;• Pesquisa bibliográfica;• Pesquisa• Triangulação;• Pesquisa-ação;• Experimento.

Técnica de Análise de Dados	<ul style="list-style-type: none"> • Análise de conteúdo; • Estatística descritiva; • Estatística multivariada; • Triangulação na análise.
------------------------------------	--

Fonte: Adaptado de Oliveira, 2011

Por fim, o presente estudo é classificado conforme Quadro 6 abaixo.

Quadro 6: Classificação do presente estudo.

Objetivos da Pesquisa	<ul style="list-style-type: none"> • Exploratória.
Natureza da Pesquisa	<ul style="list-style-type: none"> • Qualitativa-Quantitativa.
Escolha do Objeto de Pesquisa	<ul style="list-style-type: none"> • Estudo de caso único.
Técnica de Coleta de Dados	<ul style="list-style-type: none"> • Pesquisa bibliográfica; • Pesquisa documental; • Triangulação.
Técnica de Análise de Dados	<ul style="list-style-type: none"> • Análise conteúdo; • Triangulação na análise.

Fonte: Elaborado pela autora, 2022

3.2 Caracterização da Metodologia

O presente estudo foi caracterizado segundo ao objeto de pesquisa como exploratório, uma vez que, se enquadra na descoberta de ideias e intuições para adquirir maior familiaridade com o objeto a ser estudo, conforme explicado por Sellitz *et al.* (1965, apud Oliveira, 2011).

Por conseguinte, o modo escolhido permite aumentar o conhecimento acerca do assunto fazendo com que se formule hipóteses mais precisas sobre o assunto e, futuramente, realizar novas pesquisas mais elaboradas.

Já a classificação quanto a natureza da pesquisa foi dada como qualitativa-quantitativa, isto é, mistura entre os dois conceitos. Sendo assim, a pesquisa qualitativa é definida por Triviños (1987, apud Oliveira, 2011) como o trabalho dos dados buscando o significado levando em consideração os fenômenos dentro de um

contexto. Além disso, Gil (1999) enfatiza que o estudo das suas relações proporciona a máxima valorização do contato direto com a situação estudada a ponto de perceber os significados múltiplos.

A natureza quantitativa se dá, de acordo com Richardson (1999), pela utilização da quantificação tanto na coleta quando no tratamento das informações por meio de técnicas estatísticas. Posto isto, a classificação qualitativa-quantitativa é a junção dos respectivos conceitos trabalhando de forma complementar.

Para a escolha do objeto de estudo optou-se pelo estudo de caso único, isto é, estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos a fim de obter um conhecimento amplo e detalhado sobre o assunto (GIL, 1999). Além disso, Yin (2001) afirma que “o estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”.

Por fim, utilizou-se diversas técnicas de coleta de dados, sendo elas:

- **Pesquisa bibliográfica**

A pesquisa bibliográfica é desenvolvida, de acordo com Gil (1999), a partir da literatura já elaborado constituído, principalmente, de produções científicas e livros. Além disso, Lakatos e Marconi (2001) afirmam que a pesquisa bibliográfica,

Abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema estudado, desde publicações avulsas, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, materiais cartográficos, etc. [...] e sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto.

- **Pesquisa documental**

A pesquisa documental é semelhante a pesquisa bibliográfica, contudo elas se diferem na natureza das fontes. Sendo assim, Gil (1999) afirma que a pesquisa documental se refere a documentos que não passaram por tratamento analítico, sendo eles: contratos, relatórios de pesquisa e empresa.

- **Triangulação**

A triangulação pode ser definida como a utilização de diversas fontes de evidências (YIN, 2001). A utilização dessa natureza é de extrema importância quando

o objeto de estudo é um estudo de caso, sendo assim, é de estima valia a busca de evidência em diversas fontes.

3.3 Análise da Pesquisa

Em posse dos resultados obtidos no desenvolvimento da pesquisa, é possível executar a análise dos dados. Sendo assim, nesse estudo os dados serão analisados pelos seguintes meios:

- **Análise conteúdo**

É baseada na extração de mensagens dos dados obtidos, além do mais, Triviños (1987) afirma que “a análise de conteúdo é um método que pode ser aplicado tanto na pesquisa quantitativa, como na investigação qualitativa.”

Posto isto, o método em questão tem como objetivo enfatizar o que está como secundário no que é estudado, buscando significados intrínsecos na mensagem (OLIVEIRA, 2011).

- **Triangulação na análise**

Triviños (1987) e Yin (2001) afirmam que a triangulação para coleta de dados e análise só podem ser separadas na forma didática, uma vez que elas se retroalimentam durante a execução do estudo.

3.4 Desenvolvimento da Pesquisa

Para que o estudo seja efetivado, serão realizadas visitas para coleta de dados pertinentes ao desenvolvimento do estudo, além disso, será coletado o cronograma físico-financeiro da obra em questão.

Sendo assim, foi elaborado uma abordagem bibliográfica das principais temáticas ligadas ao gerenciamento de obra para servir de embasamento para análise dos resultados obtidos nessa pesquisa.

Posto isto, os dados obtidos do cronograma físico-financeiro da obra, isto é, o sequenciamento das atividades, as datas das tarefas vinda da linda de base aprovada e o prazo final de entrega contratual serão utilizados para a análise das metodologias PERT/CPM, Corrente Crítica e do desenvolvimento real do serviço. Dessa forma,

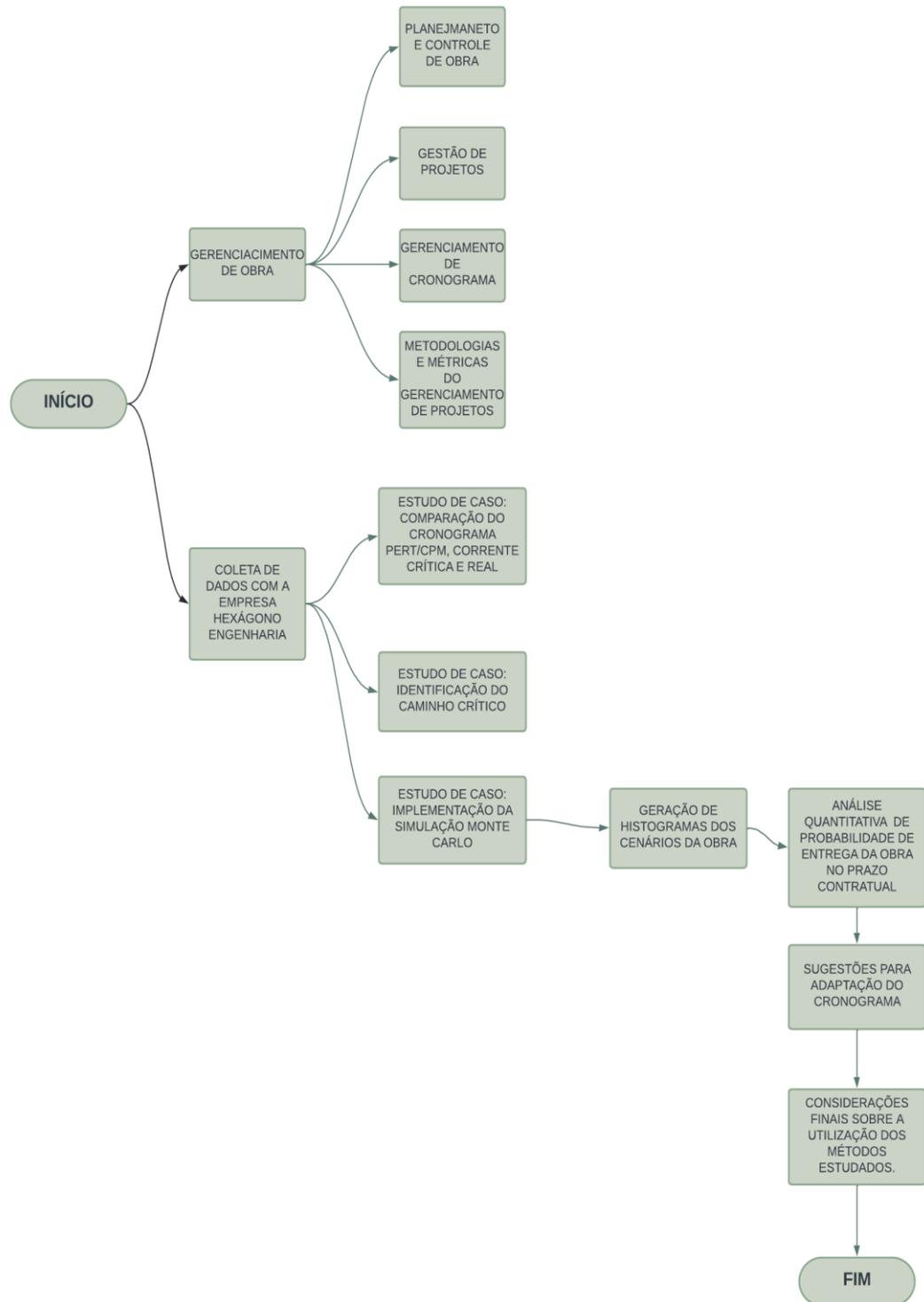
haverá a análise quantitativamente dos desvios de prazo das atividades com o auxílio do *MS Project*®.

Além disso, com o auxílio do *MS Project*® será identificado o caminho crítico do cronograma e analisar o impacto que ela sofreu até o presente momento.

Logo em seguida, instituiu-se a Simulação Monte Carlo com o auxílio dos softwares *@RISK*® e *Excel*®. Dessa forma, o cronograma foi remodelado e testado a partir de diversos cenários com distribuição triangular, sendo assim, foi gerado a probabilidade de término da obra na data contratual.

Por fim, para facilitar a compreensão do estudo, foi desenvolvido a diagramação da metodologia adotada representada na Figura 29.

Figura 29: Diagrama de atividades desenvolvidas na pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Apresentação da Empresa Contratante

A obra de Revitalização da Estação Ferroviária é a execução de um condicionante imposto pelo Conselho Municipal do Patrimônio e Cultural de Mariana para liberação da obra do Reassentamento de Paracatu de Baixo realizado pela Fundação Renova.

É importante ressaltar que a Fundação Renova é a instituição sem fins lucrativos criada a partir do Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC) para reparação dos danos causados pelo rompimento da barragem de Fundão em Mariana-MG (FUNDAÇÃO RENOVA, 2019).

Este estudo de caso foi desenvolvido no período de 24 de março de 2022 à 18 de junho de 2022 autorizada conforme anexo Apêndice A.

4.2 Apresentação da Empresa Contratada

A empresa Hexágono Engenharia foi construída em 1988 em Ouro Preto-MG tendo como objetivo a prestação de serviços nas áreas de projetos, consultoria, assessoria e construção nas áreas de engenharia civil, arquitetura e agrimensura.

Além disso, possui vasto *know-how* em obras civis de restauro em diversos modos construtivos, como por exemplo as obras de reconstrução e restauro da Igreja Nossa Senhora do Carmo em Mariana-MG, restauração dos elementos artísticos e obras civis na Igreja Padre Faria, Bom Jesus do Taquaral e Igreja de Santa Efigênia, bem como as restaurações executada no Museu da Inconfidência e Biblioteca de Obras Raras da Escola de Minas em Ouro Preto-MG.

Por fim, no Apêndice B encontra-se a autorização concedida pela Hexágono para divulgação do seu nome e dos dados para execução do presente estudo.

4.3 Apresentação da Obra

As informações abordadas foram fornecidas pela empresa executante a partir do documento Memorial Descritivo e Caderno de Especificações – Arquitetura e Urbanismo – Estação Ferroviária.

A Estação Ferroviária Monsenhor Horta foi inaugurada em 1914 recebendo o nome de Estação Ferroviária Dom Silvério no distrito de Monsenhor Horta em Mariana-MG (MEMORIAL DESCRITIVO, 2022). Contudo, em 1939 o seu nome foi alterado para o nome atual. Além disso, manteve seu pleno funcionamento até a década de 1980 e atualmente ela está em estado de abandono, como pode ser percebido nas Figuras 30, 31 e 32.

É importante ressaltar que a edificação compõe o Núcleo Histórico Urbano do distrito que obteve o tombamento municipal de grau de proteção 1 em dezembro de 2010. Posteriormente, em setembro de 2017, em decorrência da sua importância cultural para o município, foi instaurada pelo Conselho Municipal do Patrimônio Cultural de Mariana o seu tombamento isolado (MEMORIAL DESCRITIVO, 2022).

Ademais, no decorrer do seu funcionamento, ela sofreu alguns acréscimos de cômodos, mas sem perder o seu caráter arquitetônico. Dessa forma, a nova intervenção possui como objetivo executar ações destinadas ao prolongamento da vida útil da edificação, englobando a sua revitalização com as necessidades atuais e humanas referentes a funcionalidade, à economicidade, à durabilidade, ao conforto, à higiene e a acessibilidade.

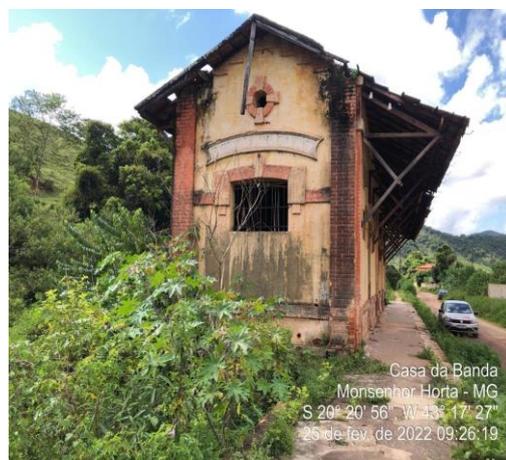
Por fim, a revitalização fará com que seja mantido o uso misto da edificação, que anteriormente era armazém, agência e residência, para uma escola de processamento de produtos agrícolas para comercialização de doces e conservando parcialmente o uso residencial.

Figura 30: Fachada Frontal e Lateral Direita da Estação Ferroviária



Fonte: Documentação da pesquisa, 2022

Figura 31: Fachada Lateral Esquerda da Estação Ferroviária



Fonte: Documentação da pesquisa, 2022

Figura 32: Fachada Lateral Direita da Estação Ferroviária



5 RESULTADOS

5.1 Análise do Cronograma de Obra

5.1.1 Cronograma de Obra PERT/CPM

O cronograma da obra foi elaborado a partir dos serviços listados na planilha PQ contendo as CPUs, composição de preços unitários. As CPUs de cada serviço são compostas pelo detalhamento dos preços reais dos insumos, materiais, mão de obra e os coeficientes.

É importante ressaltar que os coeficientes são baseados em produtividades estatísticas e nos índices produtivos da própria empresa, isto é, informações fornecidas pela curva de experiência. Sendo assim, é calculado a produtividade teórica, ou seja, o tempo necessário para o responsável executar a atividade no tempo útil de trabalho, isto é, tempo efetivamente trabalhado sem perdas.

Em posse disso, os coeficientes de produtividade são majorados em virtude das perdas. Sendo assim, calcula-se a praticabilidade da obra. As horas totais trabalháveis por mês resultam das equações abaixo e o resultado final é representado na Tabela 1.

$$f = 100\% \times \frac{\text{dias totais trabalháveis no mês}}{x}$$

$$w = y \times f$$

$$\text{Dias totais efetivamente trabalháveis} = [x - y - z + w]$$

f: fator de praticabilidade;

x: Dias do mês;

y: Dias improdutivos (fim de semana e feriados);

z: Dias perdidos por ocorrência de chuvas;

w: Dias perdidos por ocorrência de chuvas em dias improdutivos;

A: Dias totais efetivamente trabalháveis;

B: Horas diárias trabalhadas para o turno de trabalho;

C: Horas diárias referentes à liberação de área e documentação de segurança;

D: Fator de disponibilidade física.

$$\text{Horas totais trabalháveis por mês} = D \times [(A \times B) - (A \times C)]$$

Tabela 1: Cálculo da praticabilidade

CÁLCULO DA PRATICABILIDADE									
TURNO DE TRABALHO: 07:00h as 17:00h									
	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Dias do mês	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Dias improdutivos (fim de semana e feriados)	12	9	10	10	9	9	11	11	10
Dias perdidos por ocorrência de chuvas	6	3	1	1	1	4	8	16	20
Dias totais trabalháveis por mês	24	28	29	30	30	26	23	14	11
Fator de praticabilidade	0,20	0,10	0,03	0,03	0,03	0,13	0,26	0,53	0,65
Dias perdidos por ocorrência de chuvas em dias improdutivos	2	1	0	0	0	1	3	6	6
Dias totais efetivamente trabalháveis	15	20	19	20	21	19	15	9	7
Horas diárias trabalhadas para o turno de trabalho	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Horas diárias referentes à liberação de área e documentação de segurança	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fator de disponibilidade física	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Horas totais trabalháveis por mês	112,10	153,68	145,60	155,40	158,39	140,98	111,63	64,73	53,78

Fonte: Hexágono, 2022

Posto isto, o índice de majoração é calculado a partir das horas totais trabalhadas por semana dividido pela média das horas totais trabalhadas no mês.

MHrT = Média das horas trabalhadas por mês

$$\text{MHrT} = \frac{(112,10 + 153,68 + 145,60 + 155,40 + 158,39 + 140,98 + 111,63 + 64,73)}{8}$$

$$\text{MHrT} = 130,31$$

$$i = \frac{176}{130,31} = 1,35$$

Com o índice calculado os coeficientes encontrados na CPU são majorados e a partir deles encontra-se as durações para cada atividade em conformidade com a quantidade necessária.

Sendo assim, um trecho do cronograma foi extraído a título de estudo. Os serviços encontrados na Tabela 2 são referentes a manutenção do telhado. Ressaltando que A refere-se a ajudante, C a carpinteiro e MC a motorista de caminhão e que as durações são calculadas pela multiplicação da quantidade pelo coeficiente encontrado na CPU disponível no Apêndice C. Por fim, as durações são calculadas via índice.

Tabela 2: Cálculo das durações dos serviços

ITEM	DESCRIÇÃO DO ITEM	UND	QUANT.	DURAÇÃO		
				A	C	MC
2	SERVIÇOS PRELIMINARES - INTERVENÇÕES / DEMOLIÇÕES					
2.6	EXECUTAR DEMOLIÇÃO DE TELHADO EXISTENTE - ENGRADAMENTO SEM APROVEITAMENTO	m ³	2,82	A	C	MC
	Demolir engradamento telhado do anexo		0,22	8,25	8,25	0,44
	Demolir engradamento telhado T1		0,72	27,00	27,00	1,44
	Demolir engradamento telhado T2		1,88	70,50	70,50	3,76
2.7	EXECUTAR DEMOLIÇÃO DE MANTO DA COBERTURA EXISTENTE - TELHAS SEM APROVEITAMENTO	m ³	1,11	A	C	
	Demolir telhas telhado do anexo		0,09	1,08	0,11	
	Demolir telhas telhado T1		0,28	3,36	0,34	
	Demolir telhas telhado T2		0,74	8,88	0,89	
2.9	RETIRADA DO MADEIRAMENTO ESTRUTURAL DA COBERTURA, COM APROVEITAMENTO DAS PEÇAS ÍNTEGRAS	m ³	5,54	A	C	MC
	Retirar engradamento telhado do anexo		0,42	22,05	22,05	2,10
	Retirar engradamento telhado T1		1,42	74,55	74,55	7,10
	Retirar engradamento telhado T2		3,70	194,25	194,25	18,5
2.10	RETIRADA DO MANTO DA COBERTURA, COM APROVEITAMENTO DAS PEÇAS ÍNTEGRAS	m ³	4,445	A	C	
	Retirar telhas telhado do anexo		0,34	7,14	0,71	
	Retirar telhas telhado T1		1,14	23,94	2,39	
	Retirar telhas telhado T2		2,97	62,37	6,24	
4	COBERTURAS - TELHADOS CERÂMICOS					

ITEM	DESCRIÇÃO DO ITEM	UND	QUANT.	DURAÇÃO		
				A	C	
4.1	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE LONA IMPERMEÁVEL. REF.: LONA PLÁSTICA CARRETEIRO PARA TELHADOS OU EQUIVALENTE TÉCNICO.	m ²	50	A	C	
	Instalação de lona - T1		15,00	27,00	6,75	
	Instalação de lona - T2		35,00	63,00	15,75	

Tabela 2: Cálculo das durações dos serviços

ITEM	DESCRIÇÃO DO ITEM	UND	QUANT.	DURAÇÃO		
				A	C	
4.2	EXECUÇÃO DA LIMPEZA DAS TELHAS CERÂMICAS FRANCESAS EXISTENTES QUE ESTEJAM EM BOM ESTADO (APROXIMADAMENTE 80% DO TOTAL); DESCARTANDO AS PEÇAS QUEBRADAS, TRINCADAS OU QUE AO TESTE DE PERCUSSÃO NÃO APRESENTEM SOM METÁLICO. A LIMPEZA SERÁ REALIZADA COM SABÃO NEUTRO E ESCOVA DE CERDAS NATURAIS OU PLÁSTICAS, EFETUADA UMA TELHA POR VEZ; SECAR À SOMBRA.	m ²	222,256	A		
	Limpeza das telhas - T1		66,68	23,34		
	Limpeza das telhas - T2		155,58	54,45		
4.3	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE NOVAS TELHAS CERÂMICA TIPO FRANCESA - REF.: CÓDIGO 122, CERÂMICA MARTINS OU EQUIVALENTE TÉCNICO	m ²	55,56	A	C	
	Instalação de novas telhas - T1		16,67	10,00	5,00	
	Instalação de novas telhas - T2		38,89	23,34	11,67	
5	COBERTURAS - ESTRUTURA DO TELHADO - PEÇAS DE MADEIRA DE LEI PARAJU, ITAÚBA OU EQUIVALENTE TÉCNICO APARELHADA E DEVIDAMENTE IMUNIZADO					
5.1	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO CAIBRO - 8x6 CM	m	294,775	A	C	
	Instalação de Caibro - T1		97,95	50,65	50,65	
	Instalação de Caibro - T2		196,82	101,78	101,78	
5.2	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO RIPA - 3x1,5 CM	m	825,26	A	C	
	Instalação de Ripas - T1		249,00	17,51	17,51	
	Instalação de Ripas - T2		576,26	40,52	40,52	
5.3	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO TERÇA - 14x14 CM	m	16,986	A	C	
	Instalação de Terças - T1		5,09	9,50	9,50	
	Instalação de Terças - T2		11,90	22,20	22,20	
5.4	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO PERNA - 8x6 CM	m	1,2	A	C	
	Instalação de Perna - T1		0,60	0,26	0,26	

ITEM	DESCRIÇÃO DO ITEM	UND	QUANT.	DURAÇÃO		
	Instalação de Perna - T2		0,60	0,26	0,26	
5.5	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO CUMEEIRA - 20x14 CM	m	4,806	A	C	
	Instalação da Cumeeira - T1		1,45	3,81	3,81	
	Instalação de Cumeeira - T2		3,35	8,81	8,81	

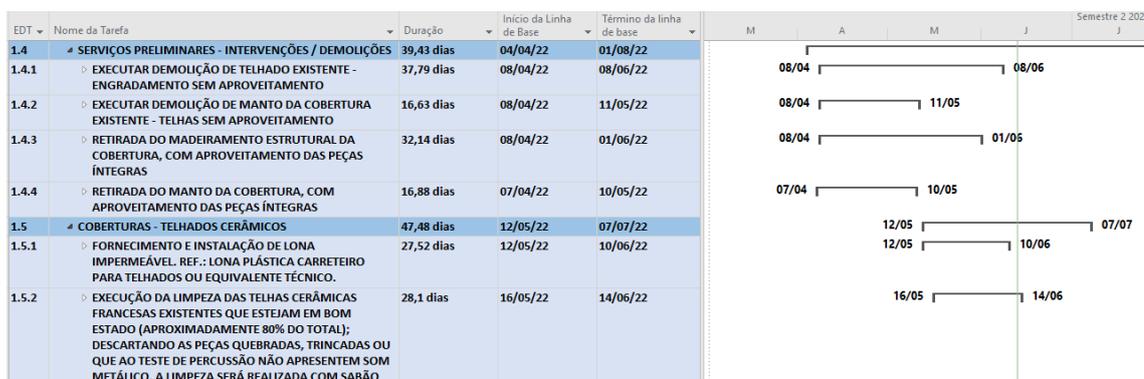
Tabela 2: Cálculo das durações dos serviços

ITEM	DESCRIÇÃO DO ITEM	UND	QUANT.	DURAÇÃO		
5.6	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO MÃO FRANCESA - 5x5 CM	m	3,2	A	C	
	Instalação da Mão Francesa - T1		0,80	0,22	0,22	
	Instalação da Mão Francesa - T2		2,40	0,66	0,66	
5.7	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO LINHA - 20x20 CM	m	13,772	A	C	
	Instalação de linha - T1		4,13	15,30	15,30	
	Instalação de linha - T2		9,64	35,72	35,72	
6	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE GRAMPO					
6.1	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE GRAMPOS FIXADORES DE AÇO INOX PARA TELHA FRANCESA	un	3.778,352	A	C	
	Instalações de grampos para telha francesa - T1		1133,51	11,34	11,34	
	Instalações de grampos para telha francesa - T2		2644,85	26,45	26,45	

Fonte: Hexágono, 2022

Por fim, é fornecido o recurso de mão de obra disponível no *MS Project®* juntamente com as durações calculadas e gera-se o cronograma, conforme Figura 33.

Figura 33: Fragmento do cronograma *MS Project®*



EDT	Nome da Tarefa	Duração	Início da Linha de Base	Término da linha de base	M	A	M	J	Semestre 2 2022
1.5.3	▷ FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE NOVAS TELHAS CERÂMICA TIPO FRANCESA - REF.: CÓDIGO 122, CERÂMICA MARTINS OU EQUIVALENTE TÉCNICO	39,15 dias	24/05/22	07/07/22					24/05 07/07
1.6	◀ COBERTURAS - ESTRUTURA DO TELHADO - PEÇAS DE MADEIRA DE LEI PARAJU, ITAÚBA OU EQUIVALENTE TÉCNICO APARELHADA E DEVIDAMENTE IMUNIZADO	48,65 dias	11/05/22	07/07/22					11/05 07/07
1.6.1	▷ FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO CAIBRO - 8x6 CM	37,46 dias	17/05/22	29/06/22					17/05 29/06
1.6.2	▷ FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO RIPA - 3x1,5 CM	36,58 dias	23/05/22	04/07/22					23/05 04/07
1.6.3	▷ FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO TERÇA - 14x14 CM	30,1 dias	13/05/22	15/06/22					13/05 15/06
1.6.4	▷ FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO PERNA - 8x6 CM	29,46 dias	12/05/22	14/06/22					12/05 14/06
1.6.5	▷ FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO CUMEEIRA - 20x14 CM	37,39 dias	25/05/22	07/07/22					25/05 07/07
1.6.6	▷ FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO MÃO FRANCESA - 5x5 CM	29,85 dias	16/05/22	17/06/22					16/05 17/06
1.6.7	▷ FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO LINHA - 20x20 CM	29,46 dias	11/05/22	10/06/22					11/05 10/06
1.7	◀ FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE GRAMPO	37,39 dias	24/05/22	06/07/22					24/05 06/07
1.7.1	▷ FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE GRAMPOS FIXADORES DE AÇO INOX PARA TELHA FRANCESA	37,39 dias	24/05/22	06/07/22					24/05 06/07

Fonte: Hexágono, 2022

5.1.2 Cronograma de Obra Corrente Crítica

De posse dos dados disponibilizado pela empresa foi elaborado um novo cronograma baseado no método da corrente crítica. Sendo assim, tendo como base o índice de majoração dos coeficientes, novos coeficientes foram previstos.

Os novos coeficientes resultaram da divisão do coeficiente majorado pelo índice, ou seja, todos os coeficientes foram reduzidos, conforme Apêndice C. Além disso, com a minoração dos coeficientes, novas durações são deduzidas como pode ser percebido pela Tabela 3.

Ademais, é importante ressaltar que A corresponde aos ajudantes, C aos carpinteiros e MC aos motoristas de caminhão. Além disso, as novas durações seguem a mesma lógica, isto é, quantidade multiplicada pelo coeficiente de mão de obra da CPU disponível no Apêndice C.

Tabela 3: Cálculo das durações de acordo com novos coeficientes

ITEM	DESCRIÇÃO DO ITEM	UND	QUANTIDADE	DURAÇÃO		
2	SERVIÇOS PRELIMINARES - INTERVENÇÕES / DEMOLIÇÕES			SIMPLES		
2.6	EXECUTAR DEMOLIÇÃO DE TELHADO EXISTENTE - ENGRADAMENTO SEM APROVEITAMENTO	m ³	2,82	A	C	MC
	Demolir engradamento telhado do anexo		0,22	6,11	6,11	0,33
	Demolir engradamento telhado T1		0,72	19,99	19,99	1,07
	Demolir engradamento telhado T2		1,88	52,20	52,20	2,78
2.7	EXECUTAR DEMOLIÇÃO DE MANTO DA COBERTURA EXISTENTE - TELHAS SEM APROVEITAMENTO	m ³	1,11	A	C	

ITEM	DESCRIÇÃO DO ITEM	UND	QUANTIDADE	DURAÇÃO		
	Demolir telhas telhado do anexo		0,09	0,80	0,08	
	Demolir telhas telhado T1		0,28	2,49	0,25	
	Demolir telhas telhado T2		0,74	6,57	0,66	
2.9	RETIRADA DO MADEIRAMENTO ESTRUTURAL DA COBERTURA, COM APROVEITAMENTO DAS PEÇAS ÍNTEGRAS	m ³	5,54	A	C	MC
	Retirar engradamento telhado do anexo		0,42	16,33	16,33	1,55
	Retirar engradamento telhado T1		1,42	55,20	55,20	5,26
	Retirar engradamento telhado T2		3,70	143,83	143,83	13,70

Tabela 3: Cálculo das durações de acordo com novos coeficientes

ITEM	DESCRIÇÃO DO ITEM	UND	QUANTIDADE	DURAÇÃO		
2.10	RETIRADA DO MANTO DA COBERTURA, COM APROVEITAMENTO DAS PEÇAS ÍNTEGRAS	m ³	4,445	A	C	
	Retirar telhas telhado do anexo		0,34	5,29	0,53	
	Retirar telhas telhado T1		1,14	17,73	1,77	
	Retirar telhas telhado T2		2,97	46,18	4,62	
4	COBERTURAS - TELHADOS CERÂMICOS			SIMPLES		
4.1	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE LONA IMPERMEÁVEL. REF.: LONA PLÁSTICA CARRETEIRO PARA TELHADOS OU EQUIVALENTE TÉCNICO.	m ²	50	A	C	
	Instalação de lona - T1		15,00	19,99	5,00	
	Instalação de lona - T2		35,00	46,65	11,66	
4.2	EXECUÇÃO DA LIMPEZA DAS TELHAS CERÂMICAS FRANCESAS EXISTENTES QUE ESTEJAM EM BOM ESTADO (APROXIMADAMENTE 80% DO TOTAL); DESCARTANDO AS PEÇAS QUEBRADAS, TRINCADAS OU QUE AO TESTE DE PERCUSSÃO NÃO APRESENTEM SOM METÁLICO. A LIMPEZA SERÁ REALIZADA COM SABÃO NEUTRO E ESCOVA DE CERDAS NATURAIS OU PLÁSTICAS, EFETUADA UMA TELHA POR VEZ; SECAR À SOMBRA.	m ²	222,256	A		
	Limpeza das telhas - T1		66,68	17,28		
	Limpeza das telhas - T2		155,58	40,32		
4.3	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE NOVAS TELHAS CERÂMICA TIPO FRANCESA - REF.: CÓDIGO 122, CERÂMICA MARTINS OU EQUIVALENTE TÉCNICO	m ²	55,56	A	C	
	Instalação de novas telhas - T1		16,67	7,40	3,70	
	Instalação de novas telhas - T2		38,89	17,28	8,64	

ITEM	DESCRIÇÃO DO ITEM	UND	QUANTIDADE	DURAÇÃO		
5	COBERTURAS - ESTRUTURA DO TELHADO - PEÇAS DE MADEIRA DE LEI PARAJU, ITAÚBA OU EQUIVALENTE TÉCNICO APARELHADA E DEVIDAMENTE IMUNIZADO			SIMPLES		
5.1	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO CAIBRO - 8x6 CM	m	294,775	A	C	
	Instalação de Caibro - T1		97,95	37,50	37,50	
	Instalação de Caibro - T2		196,82	75,36	75,36	
5.2	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO RIPA - 3x1,5 CM	m	825,26	A	C	
	Instalação de Ripas - T1		249,00	12,96	12,96	
	Instalação de Ripas - T2		576,26	30,00	30,00	
5.3	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO TERÇA - 14x14 CM	m	16,986	A	C	
	Instalação de Terças - T1		5,09	7,03	7,03	
	Instalação de Terças - T2		11,90	16,44	16,44	

Tabela 3: Cálculo das durações de acordo com novos coeficientes

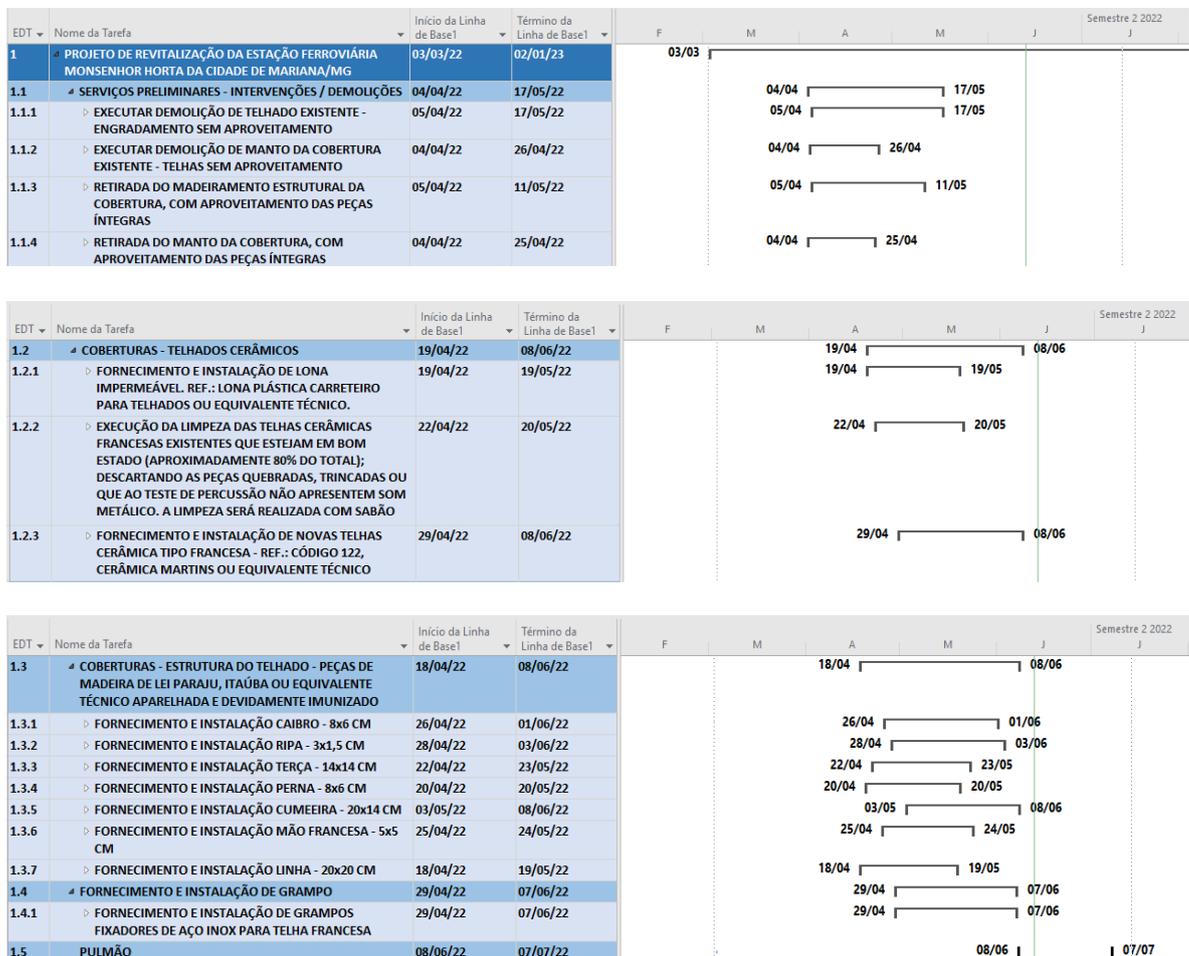
ITEM	DESCRIÇÃO DO ITEM	UND	QUANTIDADE	DURAÇÃO		
5.4	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO PERNA - 8x6 CM	m	1,2	A	C	
	Instalação de Perna - T1		0,60	0,19	0,19	
	Instalação de Perna - T2		0,60	0,19	0,19	
5.5	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO CUMEEIRA - 20x14 CM	m	4,806	A	C	
	Instalação da Cumeeira - T1		1,45	2,82	2,82	
	Instalação de Cumeeira - T2		3,35	6,52	6,52	
5.6	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO MÃO FRANCESA - 5x5 CM	m	3,2	A	C	
	Instalação da Mão Francesa - T1		0,80	0,16	0,16	
	Instalação da Mão Francesa - T2		2,40	0,49	0,49	
5.7	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO LINHA - 20x20 CM	m	13,772	A	C	
	Instalação de linha - T1		4,13	11,33	11,33	
	Instalação de linha - T2		9,64	26,44	26,44	
6	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE GRAMPO			SIMPLES		
6.1	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE GRAMPOS FIXADORES DE AÇO INOX PARA TELHA FRANCESA	un	3.778,35 2	A	C	
	Instalações de grampos para telha francesa - T1		1133,51	8,39	8,39	
	Instalações de grampos para telha francesa - T2		2644,85	19,58	19,58	

Fonte: Hexágono, 2022

Por fim, em posse das novas durações foi possível desenvolver um novo cronograma para o trecho em questão e foi possível perceber que houve a redução

de 30 dias para conclusão do telhado. Sendo assim, o pulmão foi definido com a duração de 30 dias para término do projeto. Tal fato pode ser analisado na Figura 34.

Figura 34: Novo cronograma definido com o auxílio da corrente crítica

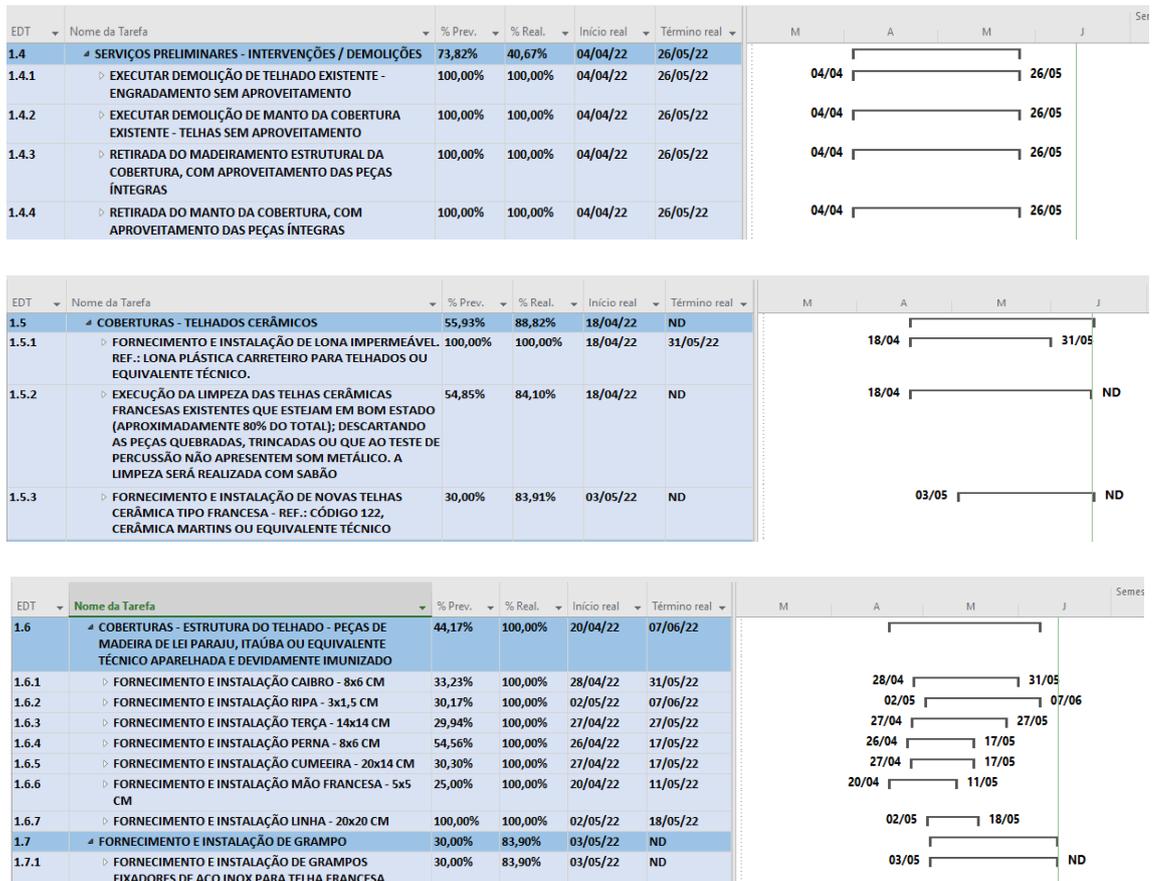


Fonte: Elaborado pela autora, 2022

5.1.3 Análise do sequenciamento com o cronograma atualizado

No decorrer da obra, os avanços são consolidados com o cliente na periodicidade semanal, por conseguinte, na semana 15 de obra tem-se os avanços conforme Figura 35.

Figura 35: Avanço do cronograma real de obra



Fonte: Hexágono, 2022

Em posse dos dados, é possível perceber o desvio positivo encontrado entre a percentagem prevista conforme linha de base e a percentagem real de execução do telhado. Sendo assim, na Tabela 04 é explicitado o adiantamento das atividades em relação ao PERT/CPM e em relação a corrente crítica, é possível perceber similaridade entre as datas.

É importante salientar que o uso da metodologia da corrente em uma obra de restauro e revitalização é bastante delicada, uma vez que a obra de restauro é composta por um fator de risco alto e com diversas incertezas que apenas na hora da execução são descobertas.

Além disso, as obras de restauração e revitalização possuem a particularidade de surgimento de imprevistos que podem acarretar em alteração de escopo e resultados

do restauro (CADERNO DE ENCARGOS, 2005). Em suma, o processo de degradação das edificações para restauro então em atividade, sendo assim, muitas vezes o projeto não é condizente com a realidade de execução da obra.

Tabela 4: Comparativo entre as datas

SERVIÇOS	PERT/CPM		Corrente Crítica		Real	
	Início	Término	Início	Término	Início	Término
SERVIÇOS PRELIMINARES - INTERVENÇÕES / DEMOLIÇÕES	07/04/2022	01/06/2022	04/04/2022	17/05/2022	04/04/2022	26/05/2022
COBERTURAS - TELHADOS CERÂMICOS	12/05/2022	07/07/2022	19/04/2022	08/06/2022	18/04/2022	ND
COBERTURAS - ESTRUTURA DO TELHADO	11/05/2022	07/07/2022	18/04/2022	08/06/2022	20/04/2022	07/06/2022
FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE GRAMPO	24/05/2022	06/07/2022	29/04/2022	07/06/2022	03/05/2022	ND

Fonte: Elaborado pela autora, 2022

Por fim, em estudo com a empresa, foi exposto os principais motivos para que o adiantamento em relação a linha de base acontecesse, sendo eles:

- **Trabalho em período seco**

Como foi explicado no item 5.1.1, para se calcular a praticabilidade um dos grandes fatores das perdas está relacionado aos índices pluviométricos dos dias chuvosos. Em decorrência disso, para o índice majorado do coeficiente foi verificado que entre os meses de abril a junho era previsto 10 dias perdidos em decorrência de chuva.

Contudo, com os índices pluviométricos colhidos do pluviômetro instalado no canteiro, nos meses supracitados, apenas em maio foi registrado chuvas em apenas um turno, ou seja, não inviabilizando as atividades durante o dia de trabalho.

Posto isto, o índice de praticabilidade real seria calculado conforme Tabela 05, que resultaria em coeficientes majorados em apenas 27%. Sendo assim, as durações das atividades foram menores.

MHrT = Média das horas trabalhadas por mês

$$\text{MHrT} = \frac{(155,04 + 166,22 + 154,53 + 155,40 + 158,39 + 140,98 + 111,63 + 64,73)}{8}$$

$$\text{MHrT} = 138,37$$

$$i = \frac{176}{138,37} = 1,27$$

Tabela 5: Cálculo da praticabilidade real

CÁLCULO DA PRATICABILIDADE									
TURNO DE TRABALHO: 07:00h as 17:00h									
	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Dias do mês	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Dias improdutivos (fim de semana e feriados)	12	9	10	10	9	9	11	11	10
Dias perdidos por ocorrência de chuvas	0	1	0	1	1	4	8	16	20
Dias totais trabalháveis por mês	24	28	29	30	30	26	23	14	11
Fator de praticabilidade	0,20	0,10	0,03	0,03	0,03	0,13	0,26	0,53	0,65
Dias perdidos por ocorrência de chuvas em dias improdutivos	2	1	0	0	0	1	3	6	6
Dias totais efetivamente trabalháveis	20	22	20	20	21	19	15	9	7
Horas diárias trabalhadas para o turno de trabalho	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Horas diárias referentes à liberação de área e documentação de segurança	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fator de disponibilidade física	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95

Horas totais trabalháveis por mês	155,04	166,22	154,53	155,40	158,39	140,98	111,63	64,73	53,78
---	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------	-------

Fonte: Elaborado pela autora, 2022

○ **Recurso de Mão de Obra**

Em virtude da importância do restauro do telhado para a abertura de frentes de serviços, foi decidido aumentar o foco e a mão de obra para execução das atividades correlacionadas.

Sendo assim, a equipe especializada para as atividades é composta por um marceneiro líder, dois marceneiros, dois carpinteiros e um meio oficial de carpinteiro, bem como o suporte dos ajudantes na frente de serviço.

Por fim, é importante ressaltar que o índice de faltas da equipe é baixo, fazendo com que as atividades tenham um ritmo constante e crescente.

5.2 Identificação do Caminho Crítico

A identificação do caminho crítico, isto é, o sequenciamento de atividades com o caminho mais longo de um projeto que faz a determinação da duração do mesmo. Sendo assim, em posse do cronograma físico e financeiro, foi possível extrair através do *software MS Project®* a sequência de atividades mais longa (Ver Apêndice D).

É importante salientar que o *MS Project®* possui diversos atalhos que facilitam a identificação do caminho crítico do projeto auxiliando, assim, o acompanhamento direto do gestor nesta rede que determina a duração do projeto.

Posto isto, as informações referentes ao caminho crítico foram retiradas através do caminho Barra de Ferramentas > Exibir > Dados > Agrupar por Crítica. Sendo assim, a Tabela 6 expõe as atividades do maior sequenciamento juntamente com a sua porcentagem de previsto e realizado. Além disso, no Apêndice D é possível analisar pelo gráfico Gantt o andamento das atividades do caminho crítico no período de tempo.

Tabela 6: Identificação do caminho crítico pelo MS Project® na semana 14

EDT	Nome da Tarefa	% Prev.	% Real.
	Crítica: Sim	9,11%	10,90%
1.1.2	Desmobilização de Canteiro	0,00%	0,00%
1.2.3.1	Desmobilização	0,00%	0,00%
EDT	Nome da Tarefa	% Prev.	% Real.
1.4.1.13	Remover reboco Quarto	100,00%	0,00%
1.4.1.14	Remover reboco Sala	100,00%	15,00%
1.10.7.1	Execução escada de pedra bruta - Fachada Frontal	0,00%	0,00%
1.10.7.2	Execução escada de pedra bruta - Fachada Lateral Esquerda	0,00%	0,00%
1.10.7.3	Execução escada de pedra bruta - Fachada Posterior	0,00%	0,00%
1.11.1.1	Execução do beiral aparente - Fachada Lateral Direita	0,00%	79,95%
1.11.1.2	Execução do beiral aparente - Fachada Lateral Esquerda	0,00%	80,99%
1.11.1.3	Execução do beiral aparente - Fachada Frontal	0,00%	81,01%
1.12.1.1	Execução do forro em régua de madeira - Circulação	0,00%	0,00%
1.12.2.1	Pintura do forro em régua de madeira - Circulação	0,00%	0,00%
1.13.1.9	Execução do emboço - Banho	100,00%	82,99%
1.13.2.2	Recompor reboco - Vestiário Feminino	0,00%	80,13%
1.13.2.12	Recompor reboco - Banho	100,00%	0,00%
1.13.2.17	Recompor reboco - Fachada Posterior	100,00%	80,68%
1.13.2.19	Recompor reboco - Fachada Lateral Esquerda	100,00%	0,00%
1.13.3.1	Execução da pintura - Fachada Frontal	0,00%	0,00%
1.13.3.2	Execução da pintura - Fachada Lateral Direita	0,00%	0,00%
1.13.3.3	Execução da pintura - Fachada Lateral Esquerda	0,00%	0,00%
1.13.3.4	Execução da pintura - Fachada Posterior	0,00%	0,00%
1.13.4.1	Lixamento e Higienização - Fachada Frontal	100,00%	80,01%
1.13.4.2	Lixamento e Higienização - Fachada Lateral Direita	100,00%	75,00%
1.13.4.3	Lixamento e Higienização - Fachada Lateral Esquerda	100,00%	0,00%
1.13.5.2	Aplicação de fundo preparador - Fachada Lateral Direita	0,00%	75,00%
1.13.5.3	Aplicação de fundo preparador - Fachada Lateral Esquerda	0,00%	0,00%
1.13.5.4	Aplicação de fundo preparador - Fachada Posterior	0,00%	25,01%
1.13.7.1	Lixamento e Higienização - Fachada Frontal	0,00%	75,00%
1.13.7.2	Lixamento e Higienização - Fachada Lateral Esquerda	0,00%	0,00%
1.13.8.1	Aplicação do fundo preparador - Fachada Frontal	0,00%	80,00%
1.13.8.2	Aplicação do fundo preparador - Fachada Lateral Esquerda	0,00%	0,00%
1.13.8.3	Aplicação do fundo preparador - Fachada Lateral Direita	0,00%	75,00%
1.13.10.3	Remoção da argamassa, tratamento de fissuras e trincas - Fachada Lat. Esquerda	100,00%	78,92%
1.14.1.2	Revestimento cerâmico - Sala de Processamento	0,00%	0,00%
1.14.3.1	Revestimento cerâmico <i>white absolute</i> - Vestiário Feminino	0,00%	0,00%
1.14.3.2	Revestimento cerâmico <i>white absolute</i> - Vestiário Masculino	0,00%	0,00%
1.14.3.4	Revestimento cerâmico <i>white absolute</i> - Cozinha	100,00%	0,00%
1.14.4.2	Emassamento sobre <i>Dry Wall</i> - Vestiário Feminino	0,00%	0,00%

1.14.4.3	Emassamento sobre <i>Dry Wall</i> - Vestiário Masculino	0,00%	0,00%
1.14.4.4	Emassamento sobre <i>Dry Wall</i> - Circulação	0,00%	0,00%
1.19.1.6	J01 e J01A - Pintura na cor marrom terra - Vestiário Feminino, Quarto e Escritório	0,00%	0,00%
1.19.1.7	J01 e J01A - Instalar vidro - Vestiário Feminino, Quarto e Escritório	0,00%	0,00%
1.19.2.6	J02 - Pintura na cor licor de chocolate - Hall e Escritório	0,00%	0,00%
EDT	Nome da Tarefa	% Prev.	% Real.
1.19.2.7	J02 - Pintura na cor Algodão Egípcio - Hall e Escritório	0,00%	0,00%
1.19.3.3	J03A - Preencher lacunas, calafetas e higienizar - PNE	0,00%	0,00%
1.19.3.4	J03A - Imunizar - PNE	0,00%	0,00%
1.19.3.5	J03A - Instalar - PNE	0,00%	0,00%
1.19.3.6	J03A - Pintura na cor licor de chocolate - PNE	0,00%	0,00%
1.19.3.7	J03A - Pintura na cor Algodão Egípcio - PNE	0,00%	0,00%
1.19.3.8	J03A - Instalar vidro - PNE	0,00%	0,00%
1.19.4.3	J07 - Preencher lacunas, calafetas e higienizar - Produtos Acabados	0,00%	0,00%
1.19.4.4	J07 - Imunizar - Produtos Acabados	0,00%	0,00%
1.19.4.5	J07 - Instalar - Produtos Acabados	0,00%	0,00%
1.19.4.6	J07 - Pintura na cor marrom terra - Produtos Acabados	0,00%	0,00%
1.19.4.7	J07 - Instalar vidro - Produtos Acabados	0,00%	0,00%
1.19.4.8	J07 - Instalar tela mosquiteira - Produtos Acabados	0,00%	0,00%
1.19.5.1	J08 - Lixar e higienizar superfície do vão - Sala de Processamento	0,00%	0,00%
1.19.5.2	J08 - Regularização de eventuais trincas - Sala de Processamento	0,00%	0,00%
1.19.6.1	J09 - Lixar e higienizar superfície do vão - Sala de Processamento	0,00%	0,00%
1.19.6.2	J09 - Regularização de eventuais trincas - Sala de Processamento	0,00%	0,00%
1.21.7.3	Instalação de trincos - J03A - PNE	0,00%	0,00%
1.21.7.7	Instalação de trincos - J07- Produtos Acabados	0,00%	0,00%
1.21.8.3	Instalação de dobradiça - J03A - PNE	0,00%	0,00%
1.21.8.7	Instalação de dobradiça - J07- Produtos Acabados	0,00%	0,00%
1.26.1.1	Execução da armadura em tela Q335 - Sala de Processamento	0,00%	0,00%
1.26.2.1	Concretagem - Sala de Processamento	0,00%	0,00%
1.26.3.1	Impermeabilização de piso - Sala de Processamento	0,00%	0,00%
1.27.1.1	Execução da forma das sapatas - S1	100,00%	52,75%
1.27.1.2	Execução da forma das sapatas - S2	78,88%	52,75%
1.27.1.3	Execução da forma das sapatas - S3	0,00%	52,75%
1.27.1.4	Execução da forma das sapatas - S4	0,00%	52,75%
1.32.1.5	Escavação do Tanque	0,00%	0,00%
1.32.1.6	Escavação do Filtro	0,00%	0,00%
1.32.1.7	Escavação do Sumidouro	0,00%	0,00%
1.32.2.1	Escavação do Tanque	0,00%	0,00%

1.32.2.2	Escavação do Filtro	0,00%	0,00%
1.32.2.3	Escavação do Sumidouro	0,00%	0,00%
1.32.3.5	Regularização do fundo do Tanque	0,00%	0,00%
1.32.3.6	Regularização do fundo do Filtro	0,00%	0,00%
1.32.3.7	Regularização do fundo do Sumidouro	0,00%	0,00%
1.32.4.1	Reaterro compactado de valas e cavas - Esgoto	0,00%	0,00%
1.32.5.5	Carga e transporte do Tanque	0,00%	0,00%
EDT	Nome da Tarefa	% Prev.	% Real.
1.32.5.6	Carga e transporte do Filtro	0,00%	0,00%
1.32.5.7	Carga e transporte do Sumidouro	0,00%	0,00%
1.32.6.1	Carga e transporte do Tanque	0,00%	0,00%
1.32.6.2	Carga e transporte do Filtro	0,00%	0,00%
1.32.6.3	Carga e transporte Sumidouro	0,00%	0,00%
1.34.1.1	Estrutura metálica A36 - Viga - A1C	0,00%	0,00%
1.34.1.2	Estrutura metálica A36 - Chapa - A1J	0,00%	0,00%
1.34.1.3	Estrutura metálica A36 - Chapa - A1K	0,00%	0,00%
1.34.1.4	Estrutura metálica A36 - Chapa - A1L	0,00%	0,00%
1.34.2.1	Estrutura metálica A570 - Coluna - 01A	0,00%	0,00%
1.34.2.2	Estrutura metálica A570 - Viga - 01B	0,00%	0,00%
1.34.2.3	Estrutura metálica A570 - Viga - 01C	0,00%	0,00%
1.34.2.4	Estrutura metálica A570 - Viga - 01D	0,00%	0,00%
1.34.2.5	Estrutura metálica A570 - Viga - 01E	0,00%	0,00%
1.34.2.6	Estrutura metálica A570 - Viga - 01F	0,00%	0,00%
1.35.2.1	Tubulação de Ø 32mm - Extravisor e Limpeza	0,00%	0,00%
1.35.4.1	Tubulação de Ø 50mm - Distribuição de Água Fria - Fábrica	0,00%	0,00%
1.35.5.1	Tubulação de Ø 75mm - Distribuição de Água Fria - Fábrica	0,00%	0,00%
1.35.11.1	Caixa d' Água - 1500l	0,00%	0,00%
1.36.2.2	Tubulação de Ø 50mm - Fábrica	0,00%	24,89%
1.36.3.1	Tubulação de Ø 75mm - Fábrica	0,00%	43,40%
1.36.13.1	Ralo linear 10x100 cm - Sala de Processamento	0,00%	0,00%
1.36.16.1	Sumidouro - Área Externa	0,00%	0,00%
1.41.1.1	Duto perfurado - Vestiários e Circulação	0,00%	0,00%
1.41.1.5	Duto perfurado - Sala	100,00%	0,00%
1.41.2.5	Perfilado perfurado - Vestiários e Circulação	0,00%	0,00%
1.41.2.9	Perfilado perfurado - Quarto	100,00%	0,00%
1.41.2.10	Perfilado perfurado - Sala	100,00%	0,00%
1.41.2.11	Perfilado perfurado - Cozinha e Banho	100,00%	0,00%
1.41.3.1	Instalação do quadro de distribuição - QDL-01 - Sala	100,00%	0,00%
1.41.36.1	Eletroduto aço galvanizado Ø3/4 - Cozinha	100,00%	0,00%
1.41.36.2	Eletroduto aço galvanizado Ø3/4 - Banho	100,00%	0,00%
1.41.36.3	Eletroduto aço galvanizado Ø3/4 - Sala	100,00%	0,00%
1.41.36.4	Eletroduto aço galvanizado Ø3/4 - Quarto	100,00%	0,00%
1.41.36.14	Eletroduto aço galvanizado Ø3/4 - Circulação	0,00%	0,00%
1.41.36.15	Eletroduto aço galvanizado Ø3/4 - Vestiário Feminino	0,00%	0,00%
1.41.36.16	Eletroduto aço galvanizado Ø3/4 - Vestiário Masculino	0,00%	0,00%

1.41.37.1	Eletroduto aço galvanizado Ø1.1/2 - QDFL-01 (Sala)	100,00%	0,00%
1.41.38.4	Condutele tipo LR - Circulação e vestiários	0,00%	0,00%
1.41.38.6	Condutele tipo LR - Sala	100,00%	0,00%
1.41.38.7	Condutele tipo LR - Quarto	100,00%	0,00%
1.41.39.3	Condutele tipo LL - Banho	100,00%	0,00%
1.41.48.2	Eletroduto flexível - Circulação	0,00%	0,00%
1.41.49.2	Caixa de PVC - Circulação	0,00%	0,00%
EDT	Nome da Tarefa	% Prev.	% Real.
1.41.54.1	Duto corrugado - Área Externa	0,00%	38,85%
1.42.8.3	Eletroduto Ø3/4" - Sala	100,00%	0,00%
1.42.9.3	Caixa de passagem tipo LL - Sala	100,00%	0,00%
1.42.10.3	Caixa de passagem tipo LR - Sala	100,00%	0,00%
1.42.11.3	Caixa de passagem tipo E - Sala	100,00%	0,00%
1.42.13.2	Instalação eletrocalha formato T - Produto Acabado/ Sala	100,00%	0,00%
1.42.16.4	Septo divisor - Vestiário e Circulação	0,00%	0,00%
1.42.16.6	Septo divisor - Sala	35,00%	0,00%
1.42.18.3	Gancho vertical - Vestiário e Circulação	0,00%	0,00%
1.42.18.5	Gancho vertical - Sala	0,00%	0,00%
1.42.19.1	Canaleta PVC - Sala	0,00%	0,00%
1.42.20.1	Separador para canaleta PVC - Sala	0,00%	0,00%
1.42.21.1	Tampa para canaleta - Sala	0,00%	0,00%
1.42.22.1	Tampa de extremidade para canaleta PVC - Sala	0,00%	0,00%
1.42.23.1	Placa parede para canaleta PVC - Sala	0,00%	0,00%

Fonte: Elaborado pela autora, 2022

Diante dos fatos, as atividades do caminho crítico identificadas na semana estão com um desvio positivo de 1,79% em relação ao que estava previsto na data de fechamento da semana 14, isto é, do dia 30/05/2022 ao dia 04/06/2022. Por fim, as Figuras 36 e 37 representam o andamento da obra na data do dia 06 de junho de 2022.

Figura 36: Fachada Posterior e Lateral Direita – Estação Ferroviária



Fonte: Acervo da pesquisa, 2022

Figura 37: Fachada Lateral Direita e Fachada Frontal – Estação Ferroviária



Fonte: Acervo da pesquisa, 2022

Ademais, apesar do desvio positivo, é possível perceber que as atividades em destaque na tabela se encontram em divergência do previsto, uma vez que, a sequência construtiva adotada em campo causou impedimento de iniciá-las. O impedimento citado foi causado pela atividade do restauro do telhado, que,

consequentemente, causaria atividades simultaneas nos cômodos que estavam abaixo do telhado.

Por conseguinte, o trabalho sobreposto é caracterizado pela exposição de uma equipe de trabalho aos riscos gerados por outra atividade que estavam em execução nas proximidades das mesmas. Sendo assim, as atividades acima citadas foram impedidas de serem iniciadas prezando, assim, pela segurança das pessoas que ali trabalhavam.

Por fim, para que o caminho crítico não fosse afetado, iniciou-se as atividades pertencentes ao sequenciamento longo que possuíam frentes livres que, assim, pudessem suprimir o avanço físico-financeiro das demais atividades impedidas.

5.3 Simulação Monte Carlo

5.3.1 Implementação da Simulação Monte Carlo

Em mãos do cronograma físico-financeiro aprovado com o cliente, executou-se a modelagem de dados necessários para a execução da simulação Monte Carlo e é importante salientar que foi escolhido como parâmetro os dados salvos na linha de base.

Dessa forma, a escolha do @Risk 7.0® se deu a partir do seu recurso de leitura de arquivos em mmp. compatível com o MS Project®, bem como a linguagem em português em sua versão de teste gratuita de 15 dias.

Posto isto, iniciou-se o estudo a partir da identificação dos dados de *inputs* e dos dados de *outputs* desejados. Sendo assim, os dados referentes as durações das atividades tornaram-se os *inputs* pertinentes e o *output* de objeto de estudo é a data de término da linha de base do cronograma, ou seja, o limite contratual definido pelo cliente. (Ver Apêndice E)

É importante ressaltar que a relação entre os dados de entrada e de saída são baseados na escolha da distribuição probabilística a ser aplicada, assim, neste estudo escolheu-se a distribuição PERT. A distribuição em questão é muito utilizada para o modelo de gerenciamento de projetos para definição de cenários dos prazos para conclusão do projeto.

Dessa forma, é necessário inserir a porcentagem de valores mínimos, mais provável e máximo para execução da simulação. Em virtude disso, a distribuição PERT enfatiza o valor mais provável do que as outras estimativas e gera uma curva suavizada com foco nos valores que se assemelham aos dados mais prováveis.

Então, neste estudo, definiu-se valores mínimos e máximos iguais a -5% e +5%, respectivamente, para todas as atividades conforme Figura 38. É importante ressaltar que as escolhas de máximo e mínimo se deram a partir do limite contratual que não se deve ultrapassar.

Figura 38: Parâmetros da distribuição PERT no software @Risk®

The screenshot shows the 'Tabela de entrada de parâmetros' dialog box in the @Risk software. The 'Campo' dropdown is set to 'Duração'. The 'Tipo' dropdown is set to 'Pert(Mínimo;Mais Provável;Máximo)'. The 'Mín.' field is set to '- 5' and the 'Máx.' field is set to '+ 5'. The 'Criar tabela de entrada para' section has 'Todas as tarefas' unselected and 'Tarefas selecionadas' selected. There are buttons for 'Adicionar...', 'Excluir', and 'Adicionar as marcadas...'. At the bottom, there is a checkbox for 'Também adicionar tabela de entradas ao .MPP no Microsoft Project' which is unchecked, and a dropdown for 'Campo de texto inicial da tabela' set to 'Texto3'. The 'OK' and 'Cancelar' buttons are at the bottom right.

Fonte: Elaborado pela autora, 2022

Por conseguinte, abaixo tem-se a representação de parte do cronograma com os seus respectivos valores de mínimo, mais provável e máximo definidos das atividades identificadas como caminho crítico no item 5.2 Identificação do Caminho Crítico. Sendo assim, é possível ver que as atividades de pintura passam a ter um intervalo de duração de acordo com os máximos e mínimos definidos anteriormente, conforme a Figura 39.

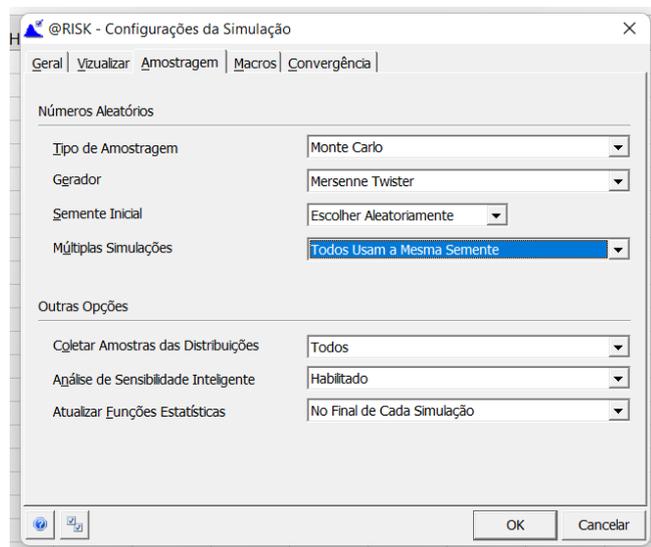
Figura 39: Resultado da modelagem de valores da duração

ID	WBS	Nome da Tarefa	%PREV	%REAL	Duração	Início do Plano Base	Conclusão do Plano Base	Duração Mínimo	Duração Mais Provável	Duração Máximo
370	1.13.3	AMARELA (COR: CESTO DE PALHA, CÓD.: DS37, REF.: SÚVINIL) - (COR A SER CONFIRMADA APÓS PROSPECÇÕES)	0,00%	0,00%	12,61 dias	4/7/2022	20/7/2022			
371	1.13.3.1	Execução da pintura - Fachada Frontal	0,00%	0,00%	3,54 dias	4/7/2022	15/7/2022	3,363	3,54	3,717
372	1.13.3.2	Execução da pintura - Fachada Lateral Direita	0,00%	0,00%	1,55 dias	11/7/2022	12/7/2022	1,4725	1,55	1,6275
373	1.13.3.3	Execução da pintura - Fachada Lateral Esquerda	0,00%	0,00%	1,98 dias	12/7/2022	15/7/2022	1,881	1,98	2,079
374	1.13.3.4	Execução da pintura - Fachada Posterior	0,00%	0,00%	2,78 dias	15/7/2022	20/7/2022	2,641	2,78	2,919
375	1.13.4	FORNECER E EXECUTAR LIXAMENTO E HIGIENIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE, REGULARIZAR EVENTUAIS TRINCAS E LACUNAS FITA VEDA TRINCA REF.: FIBERTEX OU EQUIVALENTE TÉCNICO	71,78%	47,59%	39,97 dias	16/5/2022	17/6/2022			
376	1.13.4.1	Lixamento e Higienização - Fachada Frontal	100,00%	80,01%	7,08 dias	16/5/2022	26/5/2022	6,726	7,08	7,434
377	1.13.4.2	Lixamento e Higienização - Fachada Lateral Direita	100,00%	75,00%	3,11 dias	26/5/2022	31/5/2022	2,9545	3,11	3,2655
378	1.13.4.3	Lixamento e Higienização - Fachada Lateral Esquerda	100,00%	0,00%	3,97 dias	31/5/2022	7/6/2022	3,7715	3,97	4,1685
379	1.13.4.4	Lixamento e Higienização - Fachada Posterior	0,00%	25,01%	5,56 dias	7/6/2022	17/6/2022			
380	1.13.5	FORNECER E APLICAR FUNDO PREPARADOR BASE ÁGUA, REF.: SÚVINIL RENOVE OU EQUIVALENTE TÉCNICO E TINTA ACRÍLICA ACABAMENTO ACETINADO FOSCO COR: CESTO DE	0,00%	47,59%	48,8 dias	17/6/2022	4/7/2022			
381	1.13.5.1	Aplicação de fundo preparador - Fachada Frontal	0,00%	80,01%	3,54 dias	17/6/2022	23/6/2022			
382	1.13.5.2	Aplicação de fundo preparador - Fachada Lateral Direita	0,00%	75,00%	1,55 dias	23/6/2022	27/6/2022	1,4725	1,55	1,6275
383	1.13.5.3	Aplicação de fundo preparador - Fachada Lateral Esquerda	0,00%	0,00%	1,98 dias	27/6/2022	29/6/2022	1,881	1,98	2,079
384	1.13.5.4	Aplicação de fundo preparador - Fachada Posterior	0,00%	25,01%	2,78 dias	29/6/2022	4/7/2022	2,641	2,78	2,919

Fonte: Elaborado pela autora, 2022

Por fim, conforme Figura 40, configurou-se o tipo de amostragem para Monte Carlo e iniciou-se, de fato, a simulação.

Figura 40: Configuração da simulação @Risk®



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

5.3.2 Análise dos resultados da Simulação Monte Carlo

Com a modelagem da simulação concluída, iniciou-se a Simulação Monte Carlo com 1000 iterações aleatórias do projeto, conforme Tabela 7, é importante ressaltar que por limitações da versão teste e do tamanho do arquivo .mpp, o número de iterações foi fixado em 1000. Por conseguinte, os histogramas da distribuição PERT foi gerado para o *output* de duração da obra.

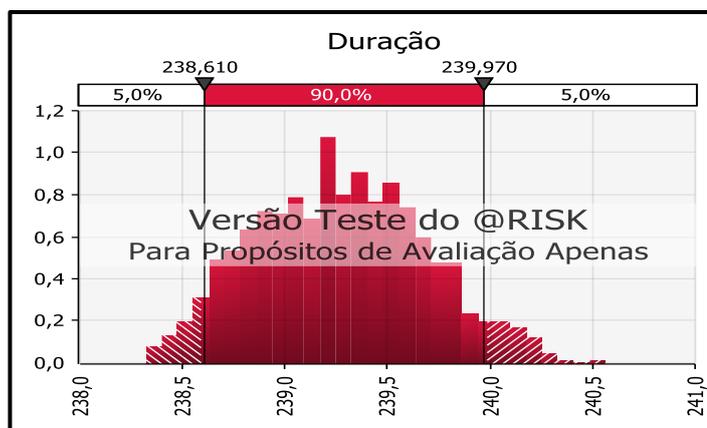
Tabela 7: Informações da simulação Monte Carlo no @RISK®

Resumo de informação da simulação	
Número de Simulações	1
Número de Iterações	1000
Número de Inputs	140
Número de Outputs	1
Tipo de Amostragem	Monte Carlo
Duração da Simulação	0,029502315
Gerador de Aleatório	Mersenne Twister
Semente aleatória	1117048986
Erros Totais	0
Análise de Sensibilidade Inteligente	Habilitado

Fonte: Elaborado pela autora, 2022

Sendo assim, de acordo com o histograma de distribuição de duração do projeto, a obra possuiria uma duração no intervalo de 238,32 a 240,56 dias, bem como a duração média de 239,26 dias. Conforme pode-se observar na Figura 41.

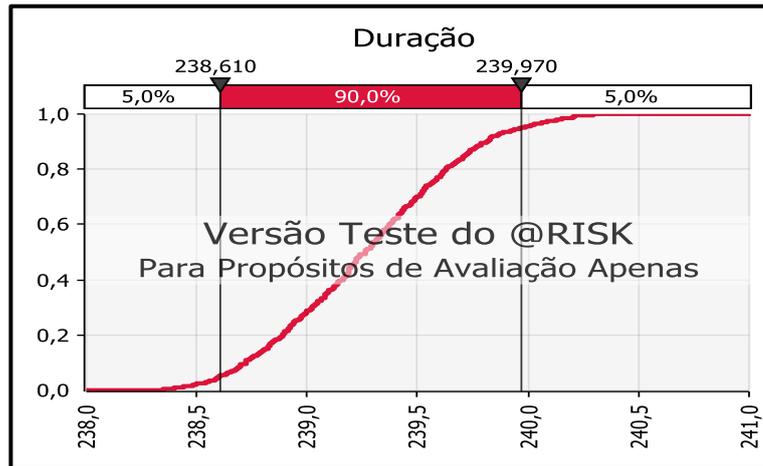
Figura 41: Histograma de duração do projeto



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

É importante salientar que de forma contratual, o período para execução da obra é de 230,63 dias. Contudo, pelo atual cenário encontrado nos histogramas a probabilidade da obra ser finalizada na data contratual é de 0%, uma vez que o valor mínimo é de 238,32 dias, conforme Figura 42.

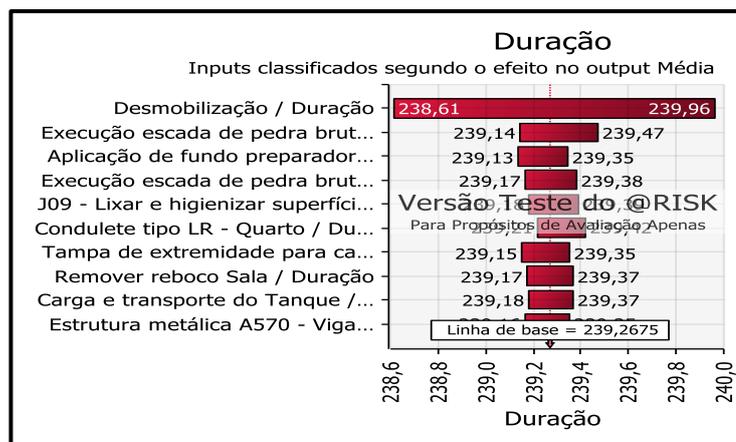
Figura 42: Curva cumulativo ascendente de duração da obra



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

Posto isto, a ferramenta do gráfico de tornado possibilita ao gestor analisar e categorizar as atividades que mais impactam o *output*, neste caso, a duração do projeto. Por conseguinte, na Figura 43 é possível ver as dez atividades que mais impactam no cumprimento do prazo.

Figura 43: Gráfico de tornado e o impacto nas durações



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

Ademais, na primeira posição se encontra a atividade de Desmobilização, contudo tal atividade é destinada as etapas de finalização de documentação de obra e entrega documental definitiva para o cliente. Sendo assim, a principal atividade que impacta a duração do projeto é a “Execução da escada de pedra bruta – Fachada Frontal” que com a distribuição PERT determinou uma duração mínima de 239,14 e duração máxima de 239,47 dias. Além disso, o grande impacto causado por ela se dá pelo fato de ser uma atividade pertencente ao caminho crítico e assim seu impacto é direto na duração do projeto.

É importante ressaltar que dentre as atividades citadas no Gráfico de Tornado, Figura 43, o serviço da Estrutura Metálica A570 caso não seja planejado e executado dentro do prazo pode causar atraso na obra, uma vez que muitas atividades são predecessoras indispensáveis deste serviço.

Sendo assim, qualquer impacto causado neste serviço acarreta atrasos em serviços como instalação do sistema de exaustão dos vestiários, a coifa industrial da Sala de Processamento, a instalação da caixa d’água, bem como as atividades de instalações de água fria da edificação. Posto isto, a estrutura metálica localizada no Vestiário Feminino é um ponto crítico para desenvolvimento da obra e decisivo para cumprimento do prazo contratual.

Por fim, na semana 14 da obra, é possível perceber um desvio de, aproximadamente, 4,31% em relação a duração prevista em contrato com a duração máxima calculada na Simulação Monte Carlo, sendo assim, a nova data levaria a um atraso de 9 dias úteis em relação a data contratual.

5.3.3 Soluções para os desvios de duração

Em posse dos resultados da simulação, viu-se o desvio encontrado entre a data de término simulado e a data de término previsto em contrato. Sendo assim, em análise do cronograma referente a semana 14, levantou-se que o principal desvio em relação a linha de base foi nas atividades relacionadas a execução das novas escadas em pedra bruta, conforme Tabela 08.

Tabela 8: Principal atividade em desvio de prazo

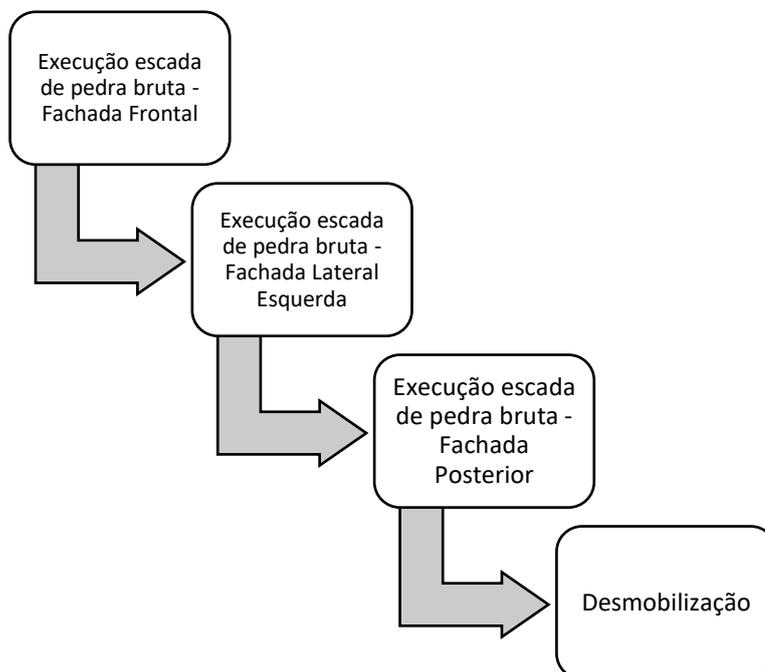
EDT	Nome da Tarefa	Início	Término	Início da Linha de Base	Término da linha de base
1.10	EXECUÇÃO - PISOS	06/06/22	16/12/22	08/06/22	22/11/22
1.10.7	FORNECER E EXECUTAR NOVAS ESCADAS EM PEDRA BRUTA (GRANITO CINZA ABSOLUTO) DE ACORDO COM DIMENSÕES DETALHADAS NO DOC FR N030600-A-107920	01/12/22	16/12/22	01/11/22	18/11/22
1.10.7.1	Execução escada de pedra bruta - Fachada Frontal	01/12/22	09/12/22	01/11/22	10/11/22
1.10.7.2	Execução escada de pedra bruta - Fachada Lateral Esquerda	09/12/22	13/12/22	10/11/22	14/11/22
1.10.7.3	Execução escada de pedra bruta - Fachada Posterior	13/12/22	16/12/22	14/11/22	18/11/22

Fonte: Elaborado pela autora, 2022

Posto isto, encontrou-se no sequenciamento das atividades que a porta de entrada para a linha macro inicia-se no item 1.10.7.1, ou seja, “execução escada de pedra bruta - Fachada Frontal”. Diante disso, foi percebido que tal atividade possuía como predecessora a atividade “Recuperação de soleira - Área de Serviço” relacionadas a partir do tipo Término-Início com uma latência de 20 dias.

É importante salientar que o item 1.10.7.2 é sucessora do item 1.10.7.1 que é predecessora do item 1.10.7.3, tal ligação pode ser percebida na Figura 44. Sendo assim, a latência estava fazendo com o que o início da atividade seja postergado para aproximadamente em um mês. Assim sendo, a solução empregada seria a eliminação de 10 dias da latência fazendo com que o início da atividade seja antecipada para o dia 17/11 e totalmente finalizada na data do dia 02/12/2022, respeitando assim a data limite para início da desmobilização.

Figura 44: Sequenciamento das atividades



Fonte: Elaborado pela autora, 2022

Ademais, como pode ser percebido, a retirada da latência afeta diretamente no cumprimento dos prazos com as durações no cenário mais provável definido pela distribuição PERT usada na Simulação Monte Carlo. Por fim, a inserção primária da latência foi usada como folga entre o término de uma atividade e o início de outra, sendo assim, a sua redução não causaria impacto no custo previsto, bem como no recurso de mão de obra.

Em suma, por se tratar de uma atividade de acabamento, a execução das escadas foi programada para o final da obra em decorrência da delicadeza da atividade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho proporcionou um aprofundamento dos conhecimentos acerca da gestão de projeto e das suas principais metodologias de gestão e criação de cronograma, bem como da importância da gestão de riscos por meio da simulação. Sendo assim, com o auxílio das metodologias de PERT/CPM e Corrente Crítica houve a comparação entre a utilização dos dois métodos em um cronograma real da obra de revitalização da Estação Ferroviária Monsenhor Horta.

Além disso, para garantir a análise completa do cronograma real, foi utilizado a Simulação Monte Carlo para validação da data de finalização do projeto probabilística com a data contratual, além disso, encontrar a principal atividade que impacta no término do projeto. Por conseguinte, tal escolha teve como objetivo o aumento da precisão, segurança e qualidade para tomada de decisão por parte da gestão.

Posto isto, primeiramente foi desenvolvido a análise comparativa de um trecho do cronograma PERT/CPM da obra com um trecho do cronograma que utilizou o método da Corrente Crítica, bem como, com o mesmo trecho, em avanço real de obra. Sendo assim, percebeu-se que o método da Corrente Crítica é uma técnica arriscada para o estilo de obra de revitalização/restauro, uma vez que as incertezas do projeto e das condições da edificação são determinantes para o andamento e duração de cada atividade.

Ademais, o resultado positivo de avanço real maior que o previsto se deu pela atividade em tempo de seca e com a quantidade de mão de obra especializada atuando em uma mesma frente.

Posteriormente, para a execução da simulação Monte Carlo, identificou-se o caminho crítico com o auxílio das ferramentas do *MS Project®*. Em posse disso, as atividades identificadas foram submetidas a distribuição probabilística PERT no software *@Risk®* para execução da simulação Monte Carlo que continha como *output* a duração total da obra.

É importante salientar que a distribuição analisa três cenários, isto é, mínimo, mais provável e máximo. Sendo assim, os resultados foram descritos em histograma

e curvas de probabilidade acumulada que expuseram que, na semana 14, a obra não tinha previsão de término da data contratual e que necessitava de, aproximadamente, nove dias para finalização.

Por conseguinte, foi sugerido a redução da latência da principal atividade que estava impactando na duração do cronograma, sendo assim, tal medida foi sugerida para que não afete o custo e o recurso de mão de obra previsto em contrato.

Em suma, devido aos resultados obtidos, viu-se a importância da utilização das metodologias PERT/CPM e Simulação Monte Carlo para compor um planejamento efetivo e realista com o andamento da obra, proporcionando embasamento para a tomada de decisão por parte da gerência.

Em virtude da importância do tema para a gestão de obras, sugere-se que os estudos futuros explorem o uso das ferramentas da gestão de risco e de projetos, principalmente, da Simulação Monte Carlo e da rede PERT/CPM alinhado a criação do cronograma detalhado em obras. Além disso, voltar os estudos para a gestão de projetos em obras de restauro e revitalização de bens protegidos e de caráter de impacto sociocultural nas comunidades.

7 REFERÊNCIAS

ACADEMIA DO CONSULTOR. **O que é o diagrama de rede e como usar em um cronograma de projeto.** 2022. Disponível em: <https://academiadoconsultor.com.br/diagrama-de-rede-o-que-e-como-usar>.

Acesso em: 18 jun. 2022.

ACKOFF, Russell. **Planejamento Empresarial.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 1976. 114 p.

AKKARI, Abla Maria Proência. **Integração entre o planejamento de longo, médio e curto prazo com o uso do pacote computacional MS Project.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2003. 145 p. l.

ALMEIDA, Marcia Carvalho de; OLIVEIRA, André Lucio de; VIANNA, Leonardo Soares; CORDEIRO, Rodrigo de Paula. **IMPLANTAÇÃO DA SOLUÇÃO DA MICROSOFT EPM. Revista de Trabalhos Acadêmicos-Campus Niterói,** Niterói, v. 6, n., p. 0-0, abr. 2014. Disponível em: <http://www.revista.universo.edu.br/index.php?journal=1reta2&page=article&op=view&path%5B%5D=1202&path%5B%5D=906>. Acesso em: 23 abr. 2022.

ARAGÃO, José Wellington Marinho de; NETA, Maria Adelina Hayne Mendes. **Metodologia Científica.** Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2017. 53 p. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/30900>. Acesso em: 28 maio 2022.

BAHIA, Rodrigo Henrique. **Uma experiência de implantação do método da Corrente Crítica no gerenciamento de portfólio de projetos de uma empresa tecnológica.** 2015. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/123090/000823552.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 jun. 2022.

BARBOSA JUNIOR, Afonso Carlos. **A Gestão de Projetos para o Setor da Construção Civil no Brasil.** 2009. Instituto Brasileiro para o Desenvolvimento da Arquitetura. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=12&Cod=1128>. Acesso em: 09 abr. 2022.

BARCAUI, A.; QUELHAS, O. **Corrente Crítica: Uma alternativa à Gerência de Projetos Tradicional**. Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção, n. 2, p. 1-21, jul.2004

BASTOS, L. S. L. et. al. **Rede PERT/CPM como Instrumento de Análise do Sequenciamento de Projetos em Uma Empresa de Sistemas Integrados de ERP**. SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção, At Bauru / SP, Volume: Anais 2014

BERNARDES, Maurício Moreira Silva. **Planejamento e Controle da Produção para Empresas de Construção Civil**. Rio de Janeiro: LTC, 2021. 240 p.

BORGES, J. F. B. **Gestão de projetos na construção civil**. Especialize, Goiânia, 1(5), 2-8. 2013

BORGES JUNIOR, Dermeval Martins. APLICAÇÃO DO PERT/CPM PARA O PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA CERÂMICA. **Tekhne e Logos**, Botucatu, v. 7, n. 3, p. 1-15, 2016. Disponível em: <http://revista.fatecbt.edu.br/index.php/tl/article/view/410>. Acesso em: 18 jun. 2022.

CADERNO DE ENCARGOS. (2005). Programa Monumenta. Brasília

CÂNDIDO, *et al.* **Gerenciamento de Projetos**. Curitiba: Aymar, 2012. 122 p. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/150136027.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2022.

CHIODELLI, José Henrique; GIANDON, André Carneiro. **Análise comparativa entre duas ferramentas de planejamento e controle em uma obra em fase de fundações: estudo de caso**. Uningá Review Journal, [S.l.], v. 29, n. 1, jan. 2017. ISSN 2178-2571. Available at: <<http://34.233.57.254/index.php/uningareviews/article/view/1941>>. Date accessed: 14 maio 2022

COPATTO, A. S.; SOUZA, F. B. **PERT/CPM versus corrente crítica: pressupostos e implicações**. Anais do XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Ouro Preto, 2003.

CORRÊA, H. L; CAON, M; GIANESI, I. G. N. **Planejamento, Programação e Controle da Produção – MRP II/ERP – conceitos, uso e implantação.** São Paulo: Atlas, 2001, 4ª Ed.

COURI, Clarissa de Alcantara. **O método da corrente crítica: a gestão do tempo nos projetos.** 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niteroi, 2010. Disponível em: http://cepisnf.uff.br/wp-content/uploads/sites/461/2018/10/microsoft_word_-_dissertacaoclarissadef.pdf. Acesso em: 12 maio 2022.

CURTULO, Gustavo Henrique de Oliveira. **Proposição de um sistema de gestão de qualidade em projetos.** 2017. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

DIAS, Bruno Moreira. **A CRIAÇÃO DE PROJETOS EM BIM E O BENEFÍCIO DOS SOFTWARES NO PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DE OBRAS.** 2019. 112 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade Doctum, Juiz de Fora, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/123456789/3009>. Acesso em: 18 jun. 2022.

DEMO, Pedro. **Educar pela pesquisa.** 6. ed. Edição: Campinas, SP: Autores Associados, 2003.

EMBRAPA. **Planejamento de Sistemas de Integração, Lavoura-Pecuária-Floresta.** EMBRAPA, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/202692/1/Planejamento-de-sistemas-de-integracao.pdf> Acesso em: 23 abril. 2022

EVOP. **Módulo Engenharia.** Disponível em: <https://evop.com.br/modulo-engenharia/>. Acesso em: 23 abr. 2022. A

EVOP. **MÓDULO GESTÃO + ENGENHARIA.** Disponível em: <https://evop.com.br/modulo-gestao/>. Acesso em: 23 abr. 2022. B

FERREIRA, H. B. **Redes de Planejamento: Metodologia e Prática Com PERT/CPM e MS Project.** Salvador: Real e Dados, 2005.

FORMOSO, Carlos Torres. **Planejamento e controle da produção em empresas de construção.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução a modelagem e simulação de sistemas**. 2ª edição. Editora Visual, 2008.

FORMOSO, Carlos Torres. **Planejamento e controle segundo Formoso**. 1991. 341 f. Tese (Doutorado) -, Departamento de Qualidade e Construção Surveying, Universidade de Salford, Salford, 1991. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/18667>. Acesso em: 18 jun. 2022.

FORMOSO, C. et al. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras**. Núcleo orientado para inovação da edificação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1999.

FUNDAÇÃO RENOVA. A **Fundação**. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/a-fundacao/>. Acesso em: 29 maio 2022

FUNDAÇÃO RENOVA. **COMPAT DEFINE CONDICIONANTES PARA COMPENSAR REASSENTAMENTO DE PARACATU DE BAIXO**. 2019. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/noticia/compat-define-condicionantes-para-compensar-reassentamento-de-paracatu-de-baixo/>. Acesso em: 29 maio 2022.

FURTADO, Paulo Antônio Xavier; KOVALESKI, João Luiz. **Análise de Risco de Prazos Aplicada à Engenharia Simultânea**. VI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Ponta Grossa, PR, Brasil, 30 de novembro a 02 de dezembro de 2016

GAMA, Priscila dos Santos *et al.* PROPOSTA DE CONTROLE DE ESCOPO POR MEIO DA ESTRUTURA ANALÍTICA DO PROJETO (EAP): ESTUDO DE CASO. **South American Development Society Journal**. [S.L.], p. 109-123. mar. 2017. Disponível em: <http://www.sadsj.org/index.php/revista/article/view/8>. Acesso em: 18 jun. 2022.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999

GOLDMAN, Lawrence I. **Crystal Ball professional introductory tutorial**. 2002. Disponível em: . Acesso em: 15 maio. 2022.

GOLDRATT, E. M. - **A síndrome do palheiro: garimpendo informação num oceano de dados**. IMAM. 1ª Edição. São Paulo. 1991.

GOLDRATT, E. M. **Critical chain**. Great Barrington: North River Press, 1997.

GONZÁLEZ, Marco Aurélio S. **Noções de Orçamento e Planejamento de Obras**. São Leopoldo: Grancursos, 2008. Apostila.

HEXÁGONO. A **HEXÁGONO**. Disponível em: <https://www.projetohegono.com.br/empresa.php>. Acesso em: 29 maio 2022.

IBERT, Oliver. Projects and firms as discordant complements: Organisational learning in the Munich software ecology. **Research Policy**. Amsterdam, p. 1529-1546. dez. 2004.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério da Economia. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção**. Rio de Janeiro: Ibge, Departamento de Indústria, 2019. 29 v. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=754>. Acesso em: 09 abr. 2022.

KENDALL, G. I. **Visão Viável—Transformando o Faturamento em Lucro Líquido**. Bookmann. 2007.

KERZNER, Harold. **Gestão de Projetos: as melhores práticas**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman Editora Ltda, 2017. 796 p. Tradução: Christiane de Brito Andrei.

KERZNER, Harold. Project management – **A systems approach to planning, scheduling, and controlling**. Nova York: John Wiley & Sons, 2001.

LABONE. **Ms Project: Como ele pode aumentar seu lucro?** 2022. Disponível em: <https://www.laboneconsultoria.com.br/ms-project-o-que-e/>. Acesso em: 19 jun. 2022.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos metodologia científica**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LEAL, L. R.; DE OLIVEIRA, M. J. F. Simulação aplicada ao gerenciamento de projetos: uma revisão. **Revista Produção Online**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 503–525, 2011. DOI: 10.14488/1676-1901.v11i2.737. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/737>. Acesso em: 14 maio. 2022.

LOPES, Jarbas Ibraim Esperidião. **A construção metálica no ambiente de obras públicas: o gerenciamento de um projeto, por meio do planejamento, programação e controle da produção, viabilizando a engenharia simultânea**. 2018. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Construção Metálica, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/jspui/handle/123456789/10782>. Acesso em: 09 abr. 2022.

LUIZ, Octaviano Rojas et al. **GESTÃO DE PROJETOS POR CORRENTE CRÍTICA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA**. S.l, Fortaleza, v. , n. , p. 0-0, out. 2015. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_213_264_26620.pdf. Acesso em: 18 jun. 2022.

LUSTOSA, Leonardo *et al.* **PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2008. 365 p.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e Controle de Obras**. 2. ed. Rio de Janeiro: Oficina de Textos, 2019. 366 p.

MAYER, José Anselmo; BORGES, Igor Roberto. Corrente crítica na solução das causas básicas em atraso de gerenciamento de projetos de construções de moldes para uma fundição sob pressão. **Brazilian Journals Of Business**. Curitiba, p. 2598-2615. jul. 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJB/article/view/15404/12674>. Acesso em: 18 jun. 2022.

MENDONÇA, Patrick Melo de. **Análise comparativa de assertividade dos métodos CPM e Simulação de Monte Carlo para cronogramas de projetos da construção civil**. 2020. 80 f. TCC - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Pato Branco, 2020. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/27489>. Acesso em: 23 abr. 2022.

MEMORIAL DESCRITIVO. MEMORIAL DESCRITIVO - ARQUITETURA E URBANISMO ESTAÇÃO FERROVIÁRIA - MEMORIAL DESCRITIVO E CADERNO DE ESPECIFICAÇÕES. Belo Horizonte: S.I., 2022. 47 p

MONTEIRO, Agatha Martins. **Estudo da variabilidade de custos em orçamentos de obras residenciais utilizando o método de Monte Carlo.** 2020. 89 f. Dissertação (Programa de Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Nove de Julho, São Paulo.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações.** 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 640 p.

NASCIMENTO, Carlos Augusto Dornellas do. **Gerenciamento de prazos: uma revisão crítica das técnicas em uso em empreendimentos em regime EPC.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2007.

OLIVEIRA, Maxwell Ferreira de. **Metodologia Científica: um manual para a realização de pesquisas em administração.** Catalão: Biblioteca da Ufg – Campus Catalão, 2011. 74 p.

OLIVEIRA, Paulo Ellery Alves de; SCHRAMM, Fernando; SCHRAMM, Vanessa Batista. Abordagem De Gerenciamento Do Cronograma Para Auxiliar Na Redução De Incertezas Em Projetos Da Construção Civil. In: Li Simpósio Brasileiro De Pesquisa Operacional, 2019, Limeira. **Anais eletrônicos...** Campinas, Galoá, 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbpo-series/sbpo-2019/papers/abordagem-de-gerenciamento-do-cronograma-para-auxiliar-na-reducao-de-incertezas-em-projetos-da-construcao-civil?lang=en>> Acesso em: 25 Maio. 2022.

OLIVEIRA, Pedro Henrique do Prado. **MODELAGEM 4D APLICADA AO PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO DE UM PAVIMENTO TIPO.** 2014. 95 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014. Disponível em: <http://www.gpsustentavel.ufba.br/downloads/BIM%204D%20Pav%20Tipo.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2022.

PALISADE. **Palisade. @Risk.** [S.I.]. PALISADE, 2022. Disponível em: <https://www.palisade-br.com/risk/#understand>. Acesso em: 15 mai. 2022.

PATAH, Leandro Alves; CARVALHO, Marly Monteiro de. **Métodos de Gestão de Projetos e Sucesso dos Projetos: Um Estudo Quantitativo do Relacionamento entre estes Conceitos.** Revista de Gestão e Projetos, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 178-206, 30 ago. 2012. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/gep/article/view/9462/4219>. Acesso em: 07 maio 2022.

PATAH, Leandro Alves; CARVALHO, Marly Monteiro de. **Sucesso a partir de investimento em metodologias de gestão de projetos.** Production, [S.L.], v. 26, n. 1, p. 129-144, 3 mar. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.048312>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/GKLQKQt3Cr4KHSx7h9Y3Rhc/?lang=pt>. Acesso em: 07 maio 2022.

PEGORARO, Fabio. APLICAÇÃO DOS CINCO PASSOS DA MELHORIA CONTÍNUA DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOC): UM ESTUDO EM UMA INDÚSTRIA DE CAL. **REVISTA CEREUS**, v. 9, n. 4, p. 80-97, 10 mar. 2018.

PÉREZ, Esaú Daniel Poma. **Aplicación del software primavera p6 para viabilizar el cumplimiento de plazos y costos en proyectos de la empresa techint sac.** 2014. 180 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, 2014. Disponível em: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3213/Poma%20Perez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 abr. 2022.

PMBOK - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide). Project Management Inst, 2017.

PMI (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE). **Practice standard for scheduling.** 2017.

PRADO, Darci; MARQUES, Marcus. **Usando o MS-Project 2016 em Gerenciamento de Projetos.** Belo Horizonte: Falconi Editora, 2017. 387 p.

RAD, P. F., & Levin, G. **Metrics for project management – Formalized approaches.** Management Concepts. Vienna. 2006

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

ROCHA, Ari de Oliveira; SANTOS, Marcos Antônio; SOUSA, Arnaldo Machado. **GANTTPROJECT 2.0.9**. 2008. Disponível em: https://www.academia.edu/34676676/GanttProject_2.0.9_GanttProject_2.0.9. Acesso em: 23 abril. 2022.

ROCHA, Ariane Araújo; CASTRO, Nara Linhares Borges de. A Importância do Planejamento na Construção Civil 2019. Disponível em:< http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1773>. Acesso em 18.jun.2022.

SÁ, Kamilla Terceiro. **O uso do software crystal ball no orçamento empresarial: projeção e análise do faturamento**. 53 f. TCC (graduação em Ciências Atuárias) - Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Fortaleza-CE, 2017

SANTOS, Daniely Fardilha dos *et al.* **Proposta de planejamento de orçamento com cronograma físico financeiro de obras de construção civil**. Projectus, [s. l], v. 1, n. 4, p. 62-69, 2016. Disponível em: <http://apl.unisuam.edu.br/revistas/index.php/projectus/article/view/25254146.2016v1n4p62>. Acesso em: 01 maio 2022.

SANTOS, Fabrício Guermandi dos. **Uso da Corrente Crítica por meio da simulação para auxílio no processo de planejamento da capacidade em uma fundição**. Orientador: Prof. Dr. Paulo Rogério Politano. 2013. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/3722/5069.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 mai. 2022.

SANTOS, Marcos dos *et al.* Gerenciamento de Riscos no planejamento de empreendimentos: uma abordagem a partir da simulação de Monte Carlo. **Revista Pagmar**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 6, p. 33-38, dez. 2018. Disponível em: <https://docplayer.com.br/122739557-Gerenciamento-de-riscos-no-planejamento-de-empresendimentos-uma-abordagem-a-partir-da-simulacao-de-monte-carlo.html>. Acesso em: 23 abr. 2022.

SANTOS, Marcos; SOFISTE, Viviane. Gerenciamento de Riscos no planejamento de um empreendimento imobiliário: uma abordagem a partir da Simulação de

Monte Carlo. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - SIMPEP, Não use números Romanos ou letras, use somente números Arábicos., 2017, Bauru. **Anais** [...] . [S.L.]: [S.L.], 2017. p. 0-0. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/321656647_Gerenciamento_de_Riscos_no_planejamento_de_umempreendimento_imobiliario_uma_abordagem_a_partir_da_Simulacao_de_Monte_Carlo. Acesso em: 28 maio 2022.

SIENGE. **Afinal, o que o Sienge Plataforma é na prática?** 2017. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/sienge-erp-para-construcao-civil/>. Acesso em: 23 abr. 2022.

SIENGE. **Produtos Sienge**. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/produtos/>. Acesso em: 23 abr. 2022.

SILVA, André Luiz Emmel *et al.* Aumento do desempenho fabril sob a luz da teoria das restrições: o caso de uma fábrica de colchões. **Revista Produção Online**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 3-25, 15 mar. 2017. Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO. <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v17i1.2321>. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/2321>. Acesso em: 19 jun. 2022.

SILVA, Éverton Maurer da *et al.* Aplicabilidade da corrente crítica da teoria das restrições no gerenciamento de projetos executivos de engenharia: um estudo de caso em uma refinaria de petróleo. **Gestão & Produção**, [S.L.], v. 19, n. 1, p. 1-16, 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-530x2012000100001>.

SILVA, Philippe Jorge *et al.* **Modelagem e solução de problemas de sequenciamento em projetos com restrição de recursos**. Produto e Produção, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 12-24, 08 maio 2017. Quadrimestral. Disponível em: <https://www.seer.ufrgs.br/index.php/ProdutoProducao/article/view/65686/41330>. Acesso em: 01 maio 2022.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de Software**. 9a Edição. Addison Wesley. 2011.

SOUZA, Aldi Nestor *et al.* O USO DO SOFTWARE® GANTTPROJECT COMO INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO DE OBRAS. **Acta Tecnológica**, S.l., v. 14, n. 2, fev. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/349581286_O_USO_DO_SOFTWARE_

GANTTPROJECT_COMO_INSTRUMENTO_DE_PLANEJAMENTO_DE_OBRAS . Acesso em: 23 abr. 2022.

SPIDER PROJECT TEAM (Russia). **Spider Project**. 2017. Disponível em: <http://www.spiderproject.com/index.php/spiderproject/advantages>. Acesso em: 23 abr. 2022.

SYAL, M. G. Matt Madan *et al.* Construction Project Planning Process Model For small-Medium Builders. **Journal Of Construction Engineering And Management**. Nova York, p. 651-666, 1992.

TEIXEIRA, L. P.; DE CARVALHO, F. M. A. A construção civil como instrumento do desenvolvimento da economia brasileira. **Revista Paranaense de Desenvolvimento - RPD**, [S. l.], n. 109, p. 9–26, 2011. Disponível em: <https://ipardes.emnuvens.com.br/revistaparanaense/article/view/138>. Acesso em: 3 jun. 2022.

TOMMELEIN, I.D. ; BALLARD, G. **Look-ahead Planning: Screening and Pulling**. Technical Report No. 97-9, Construction Engineering and Management Program, Civil and Environmental Engineering Department, University of California, **Berkeley**, CA, USA. -1997

TONG, T. Barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in China's prefabricated construction: An interpretive structural modeling (ISM) approach. **Journal Of Cleaner Production**, v. 219, p.949-959, maio 2019.

TORRES, Geovane; PIMENTEL, Patrícia Guedes. Estudo de elementos tecnológicos e práticas inovadoras no gerenciamento de projetos da construção civil. **Boletim do Gerenciamento**, [S.l.], v. 28, n. 28, p. 62-70, fev. 2022. ISSN 2595-6531. Disponível em: <<https://nppg.org.br/revistas/boletimdogerenciamento/article/view/628>>. Acesso em: 03 jun. 2022.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e Controle da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas S.a., 2009. 190 p.

VARGAS, Ricardo. **Gerenciamento de Projetos: estabelecendo diferenciais competitivos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Brasport Livros e Multimídia Ltda, 2005. 288 p.

VERGARA, Walter Roberto Hernández; TEIXEIRA, Renata Tais; YAMANARI, Juliana Suemi. Análise de risco em projetos de engenharia: uso do PERT/CPM com simulação. **Exacta**, [s. l], v. 15, n. 1, p. 75-88, 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81050129006>. Acesso em: 09 abr. 2022.

VILCAPOMA, Aníbal Alberto Ignácio; MOURA, Luíze de Magalhães; SAMPAIO, Léa Maria Dantas. **Uso da simulação de monte carlo em projetos de construção de rodovias no norte fluminense**. XVII Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 872-882, Trabalho apresentado no XVIIº Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/uso-da-simulao-de-monte-carlo-em-projetos-de-construo-de-rodovias-no-norte-fluminense-9912>. Acesso em: 15 mai. 2022.

WACHA, Alessandra; SILVA, Alexandre Ferreira Veloso de Abreu. **Cronograma - Um Instrumento do Planejamento, Execução e Controle em Construção e Montagem**. 2014. Disponível em: <https://www.ietec.com.br/clipping/2015/boletim/julho/gp-julho-alexandra-wacha.pdf>. Acesso em: 14 maio 2022.

YIN, Robert K.. **Estudo de caso: planejamento e método**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 200 p.

APÊNDICE A – AUTORIZAÇÃO FUNDAÇÃO RENOVA

DocuSign Envelope ID: D2A18FA6-28FD-4D03-BBD5-DDEFB4D4DDA1



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Curso de Graduação em Engenharia Civil

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA COLETA DE DADOS

Ilmo. Sr
Flavio Ernesto Coelho De Azambuja
Gestor
Ouro Preto, 30/05/2022

Eu, Thaynara Larissa Souza Correa Lima, matriculada no curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, sob a orientação da professora Irce Fernandes Gomes Guimarães, venho solicitar a V. As. A autorização para coleta de dados da descrição das atividades, quantidades das atividades, data de início e término e fotos genéricas com a finalidade de realizar o meu Trabalho de Conclusão de Curso, cujo o objetivo é a realização de um estudo de caso sobre o planejamento da obra de Revitalização da Estação Ferroviária de Monsenhor Horta. A coleta de dados ocorrerá mediante a utilização do cronograma físico e financeiro da obra. Igualmente, assumo o compromisso de utilizar os dados obtidos somente para fins científicos, bem como de disponibilizar os resultados obtidos para esta instituição.

Agradecemos antecipadamente e esperamos contar com a sua colaboração.

DocuSigned by:
Thaynara Correa
36D9B0A325F424...

IRCE FERNANDES GOMES
GUIMARAES-74122718687

Assinado eletronicamente por IRCE FERNANDES GOMES GUIMARAES-74122718687
Data: 30/05/2022 14:14:17

Thaynara Larissa Souza Correa Lima

Irce Fernandes Gomes Guimarães

DocuSigned by:
Flavio Ernesto Coelho De Azambuja
085200550141475...

Flavio Ernesto Coelho De Azambuja

APÊNDICE B – AUTORIZAÇÃO HEXÁGONO ENGENHARIA

DocuSign Envelope ID: 9F93A2B4-4B0B-4B89-8D52-673E54048A40



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Curso de Graduação em Engenharia Civil

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA COLETA DE DADOS

Ilmo. Sr
José Augusto da Silva
Sócio Diretor
Ouro Preto, 30/05/2022

Eu, Thaynara Larissa Souza Correa Lima, matriculada no curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, sob a orientação da professora Irce Fernandes Gomes Guimarães, venho solicitar a V. As. A autorização para coleta de dados e uso do nome da empresa Hexágono Engenharia, com a finalidade de realizar o meu Trabalho de Conclusão de Curso, cujo o objetivo é um estudo de caso sobre o planejamento da obra de Revitalização da Estação Ferroviária de Monsenhor Horta. A coleta de dados ocorrerá mediante a utilização do cronograma físico e financeiro da obra. Igualmente, assumo o compromisso de utilizar os dados obtidos somente para fins científicos, bem como de disponibilizar os resultados obtidos para esta instituição.

Agradecemos antecipadamente e esperamos contar com a sua colaboração.

DocuSigned by:
Thaynara Correa
3BBOAB0A059F424

IRCE FERNANDES GOMES
GUIMARAES:74122738687
Assinado de forma digital por IRCE FERNANDES GOMES GUIMARAES:74122738687
Data: 2022.05.30 10:06:29 -03'00'

Thaynara Larissa Souza Correa Lima

Irce Fernandes Gomes Guimarães

José Augusto da Silva

José Augusto da Silva
CREA 45292/D
CPF 458.008.008-78

APÊNDICE C – COEFICIENTES

Coeficientes majorados		
ITEM: 02.06	UN: M3	
SER.CG: EXECUTAR DEMOLIÇÃO DE TELHADO EXISTENTE - ENGRADAMENTO SEM APROVEITAMENTO		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Ajudante	H	37,500000000
Carpinteiro	H	37,500000000
Motorista de caminhão	H	2,000000000
TOTAL (A)		
ITEM: 02.07	UN: M3	
SER.CG: EXECUTAR DEMOLIÇÃO DE MANTO DA COBERTURA EXISTENTE - TELHAS SEM APROVEITAMENTO		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Carpinteiro	H	1,200000000
Ajudante	H	12,000000000
TOTAL (A)		
ITEM: 02.09	UN: M3	
SER.CG: RETIRADA DO MADEIRAMENTO ESTRUTURAL DA COBERTURA, COM APROVEITAMENTO DAS PEÇAS ÍNTEGRAS		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Ajudante	H	52,500000000
Carpinteiro	H	52,500000000
Motorista de caminhão	H	5,000000000
TOTAL (A)		
ITEM: 02.10	UN: M3	
SER.CG: RETIRADA DO MANTO DA COBERTURA, COM APROVEITAMENTO DAS PEÇAS ÍNTEGRAS		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Carpinteiro	H	2,100000000
Ajudante	H	21,000000000
TOTAL (A)		
ITEM: 04.01	UN: M2	
SER.CG: FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE LONA IMPERMEÁVEL. REF.: LONA PLÁSTICA CARRETEIRO PARA TELHADOS OU EQUIVALENTE TÉCNICO.		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.

Coeficientes Simples		
ITEM: 02.06	UN: M3	
SER.CG: EXECUTAR DEMOLIÇÃO DE TELHADO EXISTENTE - ENGRADAMENTO SEM APROVEITAMENTO		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Ajudante	H	27,765756736
Carpinteiro	H	27,765756736
Motorista de caminhão	H	1,480840359
TOTAL (A)		
ITEM: 02.07	UN: M3	
SER.CG: EXECUTAR DEMOLIÇÃO DE MANTO DA COBERTURA EXISTENTE - TELHAS SEM APROVEITAMENTO		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Carpinteiro	H	0,888504216
Ajudante	H	8,885042155
TOTAL (A)		
ITEM: 02.09	UN: M3	
SER.CG: RETIRADA DO MADEIRAMENTO ESTRUTURAL DA COBERTURA, COM APROVEITAMENTO DAS PEÇAS ÍNTEGRAS		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Ajudante	H	38,872059430
Carpinteiro	H	38,872059430
Motorista de caminhão	H	3,702100898
TOTAL (A)		
ITEM: 02.10	UN: M3	
SER.CG: RETIRADA DO MANTO DA COBERTURA, COM APROVEITAMENTO DAS PEÇAS ÍNTEGRAS		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Carpinteiro	H	1,554882377
Ajudante	H	15,548823772
TOTAL (A)		
ITEM: 04.01	UN: M2	
SER.CG: FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE LONA IMPERMEÁVEL. REF.: LONA PLÁSTICA CARRETEIRO PARA TELHADOS OU EQUIVALENTE TÉCNICO.		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.

Carpinteiro	H	0,450000000
Ajudante	H	1,800000000
TOTAL (A)		
ITEM: 04.02	UN: M2	
SER.CG: EXECUÇÃO DA LIMPEZA DAS TELHAS CERÂMICAS FRANCESAS EXISTENTES QUE ESTEJAM EM BOM ESTADO (APROXIMADAMENTE 80% DO TOTAL); DESCARTANDO AS PEÇAS QUEBRADAS, TRINCADAS OU QUE AO TESTE DE PERCUSSÃO NÃO APRESENTEM SOM METÁLICO. A LIMPEZA SERÁ REALIZADA COM SABÃO NEUTRO E ESCOVA DE CERDAS NATURAIS OU PLÁSTICAS, EFETUADA UMA TELHA POR VEZ; SECAR À SOMBRA.		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Ajudante	H	0,350000000
TOTAL (A)		
ITEM: 04.03	UN: M2	
SER.CG: FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE NOVAS TELHAS CERÂMICA TIPO FRANCESA - REF.: CÓDIGO 122, CERÂMICA MARTINS OU EQUIVALENTE TÉCNICO		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Carpinteiro	H	0,300000000
Ajudante	H	0,600000000
TOTAL (A)		
TOTAL (C)		
ITEM: 05.01	UN: M	
SER.CG: FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO CAIBRO - 8x6 CM		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Ajudante	H	0,517125000
Carpinteiro	H	0,517125000
TOTAL (A)		
TOTAL (C)		
ITEM: 05.02	UN: M	
SER.CG: FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO RIPA - 3x1,5 CM		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.

Carpinteiro	H	0,333189081
Ajudante	H	1,332756323
TOTAL (A)		
ITEM: 04.02	UN: M2	
SER.CG: EXECUÇÃO DA LIMPEZA DAS TELHAS CERÂMICAS FRANCESAS EXISTENTES QUE ESTEJAM EM BOM ESTADO (APROXIMADAMENTE 80% DO TOTAL); DESCARTANDO AS PEÇAS QUEBRADAS, TRINCADAS OU QUE AO TESTE DE PERCUSSÃO NÃO APRESENTEM SOM METÁLICO. A LIMPEZA SERÁ REALIZADA COM SABÃO NEUTRO E ESCOVA DE CERDAS NATURAIS OU PLÁSTICAS, EFETUADA UMA TELHA POR VEZ; SECAR À SOMBRA.		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Ajudante	H	0,259147063
TOTAL (A)		
ITEM: 04.03	UN: M2	
SER.CG: FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE NOVAS TELHAS CERÂMICA TIPO FRANCESA - REF.: CÓDIGO 122, CERÂMICA MARTINS OU EQUIVALENTE TÉCNICO		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Carpinteiro	H	0,222126054
Ajudante	H	0,444252108
TOTAL (A)		
TOTAL (C)		
ITEM: 05.01	UN: M	
SER.CG: FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO CAIBRO - 8x6 CM		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Ajudante	H	0,382889785
Carpinteiro	H	0,382889785
TOTAL (A)		
TOTAL (C)		
ITEM: 05.02	UN: M	
SER.CG: FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO RIPA - 3x1,5 CM		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.

Ajudante	H	0,070312500
Carpinteiro	H	0,070312500
TOTAL (A)		
TOTAL (C)		
CUSTO DIRETO TOTAL		
BDI 147,68%		
PREÇO UNITÁRIO TOTAL		
QUANTIDADE: 825,26	TOTAL:	
ITEM: 05.03	UN: M	
SER.CG: FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO TERÇA - 14x14 CM		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Ajudante	H	1,865850000
Carpinteiro	H	1,865850000
TOTAL (A)		
ITEM: 05.04	UN: M	
SER.CG: FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO PERNA - 8x6 CM		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Ajudante	H	0,438885000
Carpinteiro	H	0,438885000
TOTAL (A)		
ITEM: 05.05	UN: M	
SER.CG: FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO CUMEEIRA - 20x14 CM		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Ajudante	H	2,629500000
Carpinteiro	H	2,629500000
TOTAL (A)		
ITEM: 05.06	UN: M	
SER.CG: FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO MÃO FRANCESA - 5x5 CM		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Ajudante	H	0,276562500
Carpinteiro	H	0,276562500

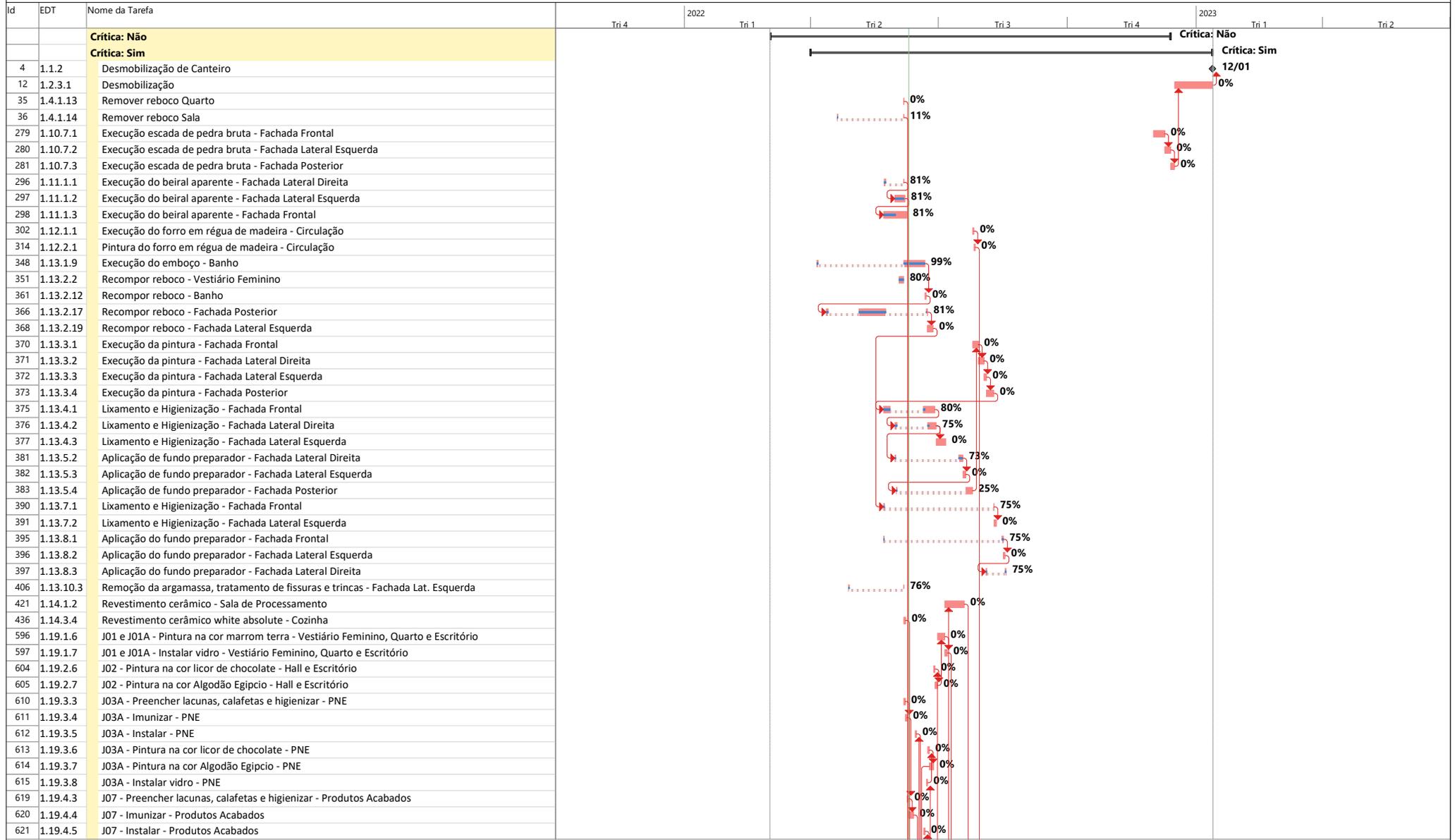
Ajudante	H	0,052060794
Carpinteiro	H	0,052060794
TOTAL (A)		
TOTAL (C)		
CUSTO DIRETO TOTAL		
BDI 147,68%		
PREÇO UNITÁRIO TOTAL		
QUANTIDADE: 825,26	TOTAL:	
20.662,08		
ITEM: 05.03	UN: M	
SER.CG: FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO TERÇA - 14x14 CM		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Ajudante	H	1,381512992
Carpinteiro	H	1,381512992
TOTAL (A)		
ITEM: 05.04	UN: M	
SER.CG: FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO PERNA - 8x6 CM		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Ajudante	H	0,324959311
Carpinteiro	H	0,324959311
TOTAL (A)		
ITEM: 05.05	UN: M	
SER.CG: FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO CUMEEIRA - 20x14 CM		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Ajudante	H	1,946934862
Carpinteiro	H	1,946934862
TOTAL (A)		
ITEM: 05.06	UN: M	
SER.CG: FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO MÃO FRANCESA - 5x5 CM		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Ajudante	H	0,204772456
Carpinteiro	H	0,204772456

TOTAL (A)		
ITEM: 05.07	UN: M	
SER.CG: FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO LINHA - 20x20 CM		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Ajudante	H	3,705000000
Carpinteiro	H	3,705000000
TOTAL (A)		
ITEM: 06.01	UN: UN	
SER.CG: FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE GRAMPOS FIXADORES DE AÇO INOX PARA TELHA FRANCESA		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Ajudante	H	0,010000000
Carpinteiro	H	0,010000000
TOTAL (A)		

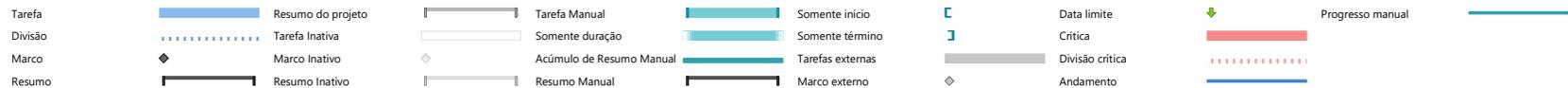
TOTAL (A)		
ITEM: 05.07	UN: M	
SER.CG: FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO LINHA - 20x20 CM		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Ajudante	H	2,743256765
Carpinteiro	H	2,743256765
TOTAL (A)		
ITEM: 06.01	UN: UN	
SER.CG: FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE GRAMPOS FIXADORES DE AÇO INOX PARA TELHA FRANCESA		
MÃO DE OBRA	UN	COEF.
Ajudante	H	0,007404202
Carpinteiro	H	0,007404202
TOTAL (A)		

APÊNDICE D - CAMINHO CRÍTICO

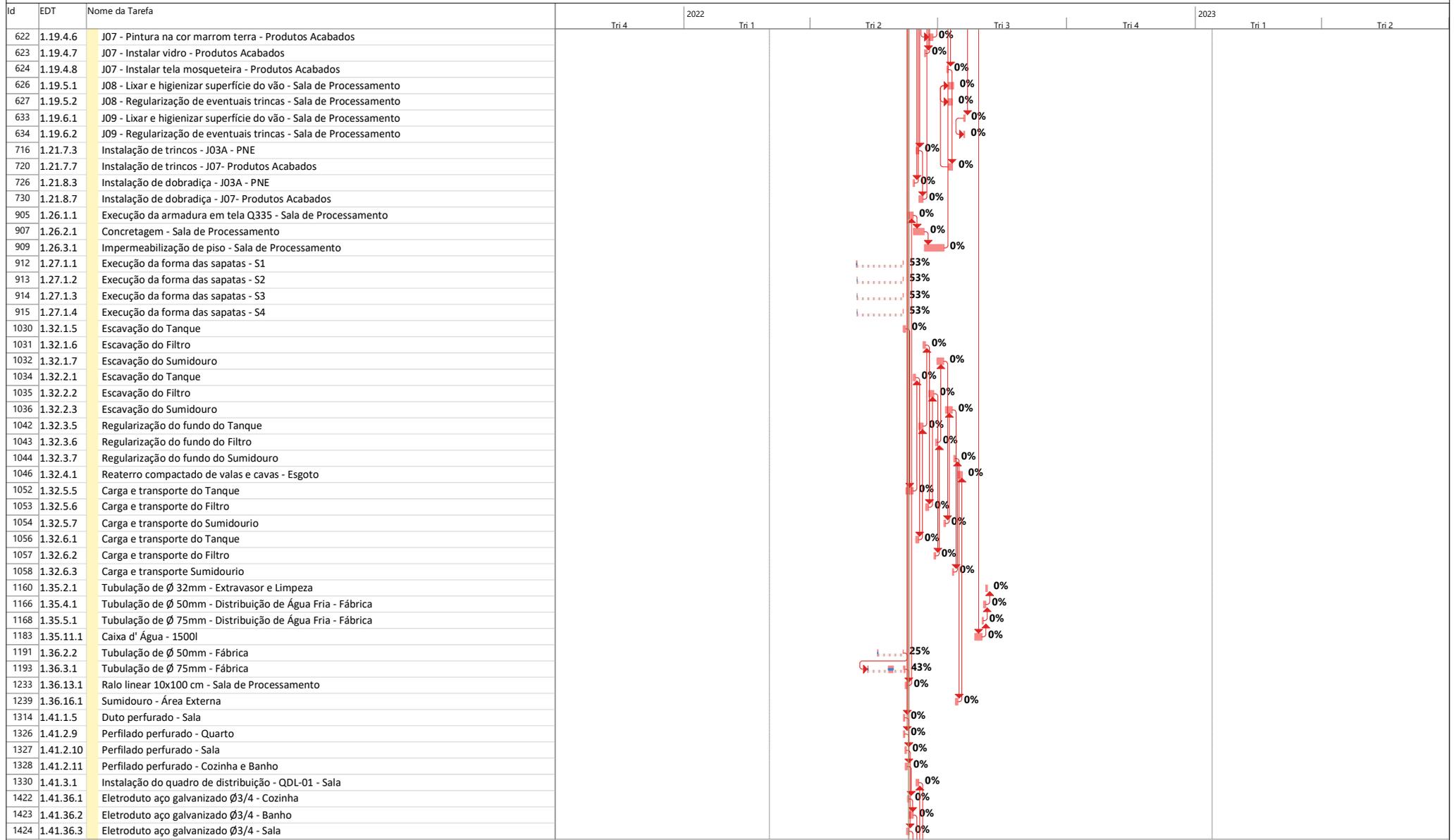
REVITALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO FERROVIÁRIA EM MONSENHOR HORTA PROJETO HEXÁGONO



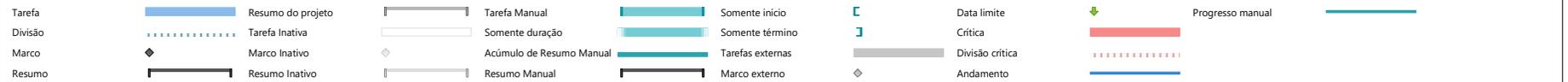
Projeto: CRONOGRAMA ESTAÇ
Data: 10/06/22



REVITALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO FERROVIÁRIA EM MONSENHOR HORTA
PROJETO HEXÁGONO



Projeto: CRONOGRAMA ESTAÇ
Data: 10/06/22



REVITALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO FERROVIÁRIA EM MONSENHOR HORTA
PROJETO HEXÁGONO

Id	EDT	Nome da Tarefa	2022				2023					
			Tri 4	Tri 1	Tri 2	Tri 3	Tri 4	Tri 1	Tri 2			
1425	1.41.36.4	Eletroduto aço galvanizado Ø3/4 - Quarto										
1440	1.41.37.1	Eletroduto aço galvanizado Ø1.1/2 - QDFL-01 (Sala)										
1447	1.41.38.6	Condutele tipo LR - Sala										
1448	1.41.38.7	Condutele tipo LR - Quarto										
1453	1.41.39.3	Condutele tipo LL - Banho										
1531	1.41.54.1	Duto corrugado - Área Externa										
1597	1.42.8.3	Eletroduto Ø3/4" - Sala										
1602	1.42.9.3	Caixa de passagem tipo LL - Sala										
1606	1.42.10.3	Caixa de passagem tipo LR - Sala										
1610	1.42.11.3	Caixa de passagem tipo E - Sala										
1616	1.42.13.2	Instalação eletrocalha formato T - Produto Acabado/ Sala										
1629	1.42.16.6	Septo divisor - Sala										
1639	1.42.18.5	Gancho vertical - Sala										
1644	1.42.19.1	Canaleta PVC - Sala										
1646	1.42.20.1	Separador para canaleta PVC - Sala										
1648	1.42.21.1	Tampa para canaleta - Sala										
1650	1.42.22.1	Tampa de extremidade para canaleta PVC - Sala										
1652	1.42.23.1	Placa parede para canaleta PVC - Sala										

Projeto: CRONOGRAMA ESTAÇ Data: 10/06/22	Tarefa		Resumo do projeto	Tarefa Manual		Somente início		Data limite		Progresso manual	
	Divisão		Tarefa Inativa	Somente duração		Somente término		Crítica		Divisão crítica	
	Marco		Marco Inativo	Acúmulo de Resumo Manual		Tarefas externas		Divisão crítica		Andamento	
	Resumo		Resumo Inativo	Resumo Manual		Marco externo		Andamento			

REVITALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO FERROVIÁRIA EM MONSENHOR HORTA
PROJETO HEXÁGONO

Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término	Início da Linha de Base	Término da linha de base	2022												Semestre 1 2023		
							F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F		
136	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO CAIBRO - 8x6 CM	22,81 dias	28/04/22	26/05/22	17/05/22	29/06/22															
139	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO RIPA - 3x1,5 CM	22,64 dias	02/05/22	30/05/22	23/05/22	04/07/22															
142	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO TERÇA - 14x14 CM	20,32 dias	27/04/22	23/05/22	13/05/22	15/06/22															
145	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO PERNA - 8x6 CM	16,88 dias	26/04/22	17/05/22	12/05/22	14/06/22															
148	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO CUMEEIRA - 20x14 CM	15,75 dias	27/04/22	17/05/22	25/05/22	07/07/22															
151	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO MÃO FRANCESA - 5x5 CM	16,5 dias	20/04/22	11/05/22	16/05/22	17/06/22															
154	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO LINHA - 20x20 CM	14,13 dias	02/05/22	18/05/22	11/05/22	10/06/22															
157	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE GRAMPO	16,88 dias	03/05/22	24/05/22	24/05/22	06/07/22															
158	FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DE GRAMPÓS FIXADORES DE AÇO INOX PARA TELHA FRANCESA	16,88 dias	03/05/22	24/05/22	24/05/22	06/07/22															
161	MANUTENÇÃO - PISOS	151,22 dias	04/04/22	19/10/22	05/04/22	06/10/22															
162	PISO CIMENTADO CAMURÇADO COM JUNTAS QUADRICULADAS E ~ 1M: FORNECER E EXECUTAR LIMPEZA MECÂNICA COM VASSOURA E ESCOVA DE CERDAS DE NYLON PARA ESFREGAR MANCHAS	21,37 dias	30/06/22	28/07/22	16/08/22	13/09/22															
167	PISO CIMENTADO CAMURÇADO COM JUNTAS QUADRICULADAS E ~ 1M : FORNECER E EXECUTAR TRATAMENTO DE 40% DO PISO COM TRINCAS E POSSÍVEIS IRREGULARIDADES	13,8 dias	13/07/22	01/08/22	29/08/22	15/09/22															
172	PISO CIMENTADO CAMURÇADO COM JUNTAS QUADRICULADAS E ~ 1M: FORNECER E EXECUTAR POLIMENTO NO CIMENTO	3,89 dias	29/07/22	04/08/22	14/09/22	20/09/22															
177	PISO CIMENTADO CAMURÇADO COM JUNTAS QUADRICULADAS E ~ 1M: FORNECER E APLICAR RESINA FOSCA E INCOLOR, REF.: BAUTECH RESINA ACRÍLICA MULTIUSO, OU EQUIVALENTE TÉCNICO.	6,49 dias	06/10/22	17/10/22	23/09/22	03/10/22															
182	PISO EM TÁBUA DE MADEIRA - PADRÃO DE ASSENTAMENTO TIPO AMARRAÇÃO L ~ 0,10m - EXECUTAR A REMOÇÃO DA ÁREA TOTAL DO PISO COM REAPROVEITAMENTO, PARA ACESSO AO BARROTEAMENTO	11,1 dias	04/04/22	19/04/22	05/04/22	06/05/22															
188	PISO EM TÁBUA DE MADEIRA - PADRÃO DE ASSENTAMENTO TIPO AMARRAÇÃO L ~ 0,10m - FORNECER E EXECUTAR A SUBSTITUIÇÃO DOS BARROTES DANIFICADOS (30%) EM MADEIRA CUMARU - 8x16 CM	12,41 dias	17/06/22	04/07/22	03/06/22	15/07/22															
194	PISO EM TÁBUA DE MADEIRA - PADRÃO DE ASSENTAMENTO TIPO AMARRAÇÃO L ~ 0,10m - EXECUTAR A RECOLOCAÇÃO DO PISO REAPROVEITADO, APÓS A SUBSTITUIÇÃO DOS BARROTES	16,42 dias	20/06/22	11/07/22	06/06/22	18/07/22															
200	PISO EM TÁBUA DE MADEIRA - PADRÃO DE ASSENTAMENTO TIPO AMARRAÇÃO L ~ 0,10m - FORNECER E EXECUTAR A INSTALAÇÃO DO PISO EM TABUADO DE MADEIRA NAS MESMAS DIMENSÕES DAS PEÇAS EXISTENTES (TABUADO LARGURA 10CM) EM MADEIRA CUMARU PREVIAMENTE TRATADA, IMUNIZADA E	15,4 dias	22/06/22	12/07/22	08/06/22	20/07/22															
206	PISO EM TÁBUA DE MADEIRA - PADRÃO DE ASSENTAMENTO TIPO AMARRAÇÃO L ~ 0,10m - FORNECER E EXECUTAR A REMOÇÃO DE PEÇAS DANIFICADAS, PREENCHIMENTO DE FALHAS E PEÇAS AUSENTES REF.: VIAPOL – MASSA F12 NA COR MAIS PRÓXIMA AO PISO EXISTENTE OU EQUIVALENTE (20%)	15,65 dias	23/06/22	14/07/22	09/06/22	21/07/22															
212	PISO EM TÁBUA DE MADEIRA - PADRÃO DE ASSENTAMENTO TIPO AMARRAÇÃO L ~ 0,10m - FORNECER E EXECUTAR TRATAMENTO ANTI-XILÓFAGOS, SOLUÇÃO IMUNIZANTE CUPINICIDA, REF.: SAYERLACK EXTERMINADOR DE CUPIM INCOLOR	10,65 dias	23/06/22	07/07/22	10/06/22	21/07/22															
218	PISO EM TÁBUA DE MADEIRA - PADRÃO DE ASSENTAMENTO TIPO AMARRAÇÃO L ~ 0,10m - FORNECER E EXECUTAR LIXAMENTO ATENTANDO-SE PARA O NÃO COMPROMETIMENTO DA PEÇA (EQUILÍBRIO DURANTE LIXAMENTO, A FIM DE NÃO REMOVER TRECHOS SIGNIFICATIVOS DA SUPERFÍCIE). UTILIZAR	6,25 dias	28/09/22	05/10/22	15/09/22	22/09/22															
224	PISO EM TÁBUA DE MADEIRA - PADRÃO DE ASSENTAMENTO TIPO AMARRAÇÃO L ~ 0,10m - FORNECER E EXECUTAR FINALIZAÇÃO COM STAIN À BASE D'ÁGUA	4,1 dias	05/10/22	11/10/22	22/09/22	28/09/22															
230	PLATAFORMA: PEDRA APARENTE TIPO SÃO TOMÉ - FORNECER E EXECUTAR LIMPEZA COM SABÃO NEUTRO COM ESCOVA DE CERDAS SINTÉTICAS	4 dias	27/07/22	02/08/22	13/09/22	16/09/22															
234	PLATAFORMA: PEDRA APARENTE TIPO SÃO TOMÉ - FORNECER E EXECUTAR INSTALAÇÃO DE PEDRA TIPO SÃO TOMÉ SUBSTITUINDO PEDRAS FALTANTES	3,75 dias	02/08/22	05/08/22	16/09/22	22/09/22															

Projeto: CRONOGRAMA ESTAÇÃO
Data: 19/06/22

Tarefa		Resumo do projeto		Tarefa Manual		Somente início		Data limite	
Divisão		Tarefa Inativa		Somente duração		Somente término		Andamento	
Marco		Marco Inativo		Acúmulo de Resumo Manual		Tarefas externas		Progresso manual	
Resumo		Resumo Inativo		Resumo Manual		Marco externo			

REVITALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO FERROVIÁRIA EM MONSENHOR HORTA
PROJETO HEXÁGONO

Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término	Início da Linha de Base	Término da linha de base	2022												Semestre 2 2022		Semestre 1 2023		
							F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F				
495	FORNECER E EXECUTAR NOVA PAREDE ANTICHAMAS COM ALVENARIA EM TIJOLO CERÂMICO REF.: BLOCO CERÂMICO VEDAÇÃO 9X19X29CM NOVA CONQUISTA OU EQUIVALENTE	2,04 dias	25/08/22	29/08/22	24/08/22	26/08/22																	
497	FORNECER E EXECUTAR NOVA PAREDE EM ALVENARIA DE BLOCO CERÂMICO. REF.: BLOCO CERÂMICO VEDAÇÃO 9X19X29CM NOVA CONQUISTA OU EQUIVALENTE	2,75 dias	22/08/22	25/08/22	22/08/22	24/08/22																	
500	MANUTENÇÃO - RODAPÉ	23,95 dias	29/06/22	29/07/22	23/06/22	25/07/22																	
501	FORNECER E EXECUTAR REMOÇÃO DA TINTA EXISTENTE, CONserto IRREGULARIDADES E TRINCAS	16,2 dias	29/06/22	20/07/22	23/06/22	14/07/22																	
511	FORNECER E EXECUTAR LIXAMENTO E APLICARÇÃO DE PINTURA TINTA ACRÍLICA COR MARROM (COR LICOR DE CHOCOLATE, CÓD.:P365, REF.:SUVINIL)	14,34 dias	12/07/22	29/07/22	05/07/22	25/07/22																	
521	EXECUÇÃO - RODAPÉ	6,22 dias	15/07/22	25/07/22	11/07/22	19/07/22																	
522	FORNECER E EXECUTAR ACABAMENTO DE RODAPÉ ARREDONDADO 30X10CM NA COR BEGE - ACABAMENTO DE RODAPÉ ARREDONDADO, LINHA GRESSIT 4709, MARCA GAIL, DIMENSÕES 30X10CM, COR BEGE 1001	5,57 dias	15/07/22	22/07/22	11/07/22	18/07/22																	
527	FORNECER E EEXECUTAR ACABAMENTO DE CANTO DE RODAPÉ 10X3X3CM NA COR BEGE - ACABAMENTO DE CANTO DE RODAPÉ, LINHA GRESSIT 4091, MARCA GAIL, DIMENSÕES 10X3X3CM, COR BEGE 1001	0,65 dias	22/07/22	25/07/22	18/07/22	19/07/22																	
532	PORTAS - MANUTENÇÃO/ MANUTENÇÃO E EXECUÇÃO	94,37 dias	12/07/22	14/11/22	27/07/22	02/12/22																	
533	PN01 - 118 x 308 - MANUTENÇÃO DO BATENTE E DA BANDEIRA . FORNECER E INSTALAR FOLHAS DE MADEIRA E VIDROS 6MM	75,71 dias	12/07/22	19/10/22	27/07/22	08/11/22																	
538	PN02 - 105 x 305 - MANUTENÇÃO DO BATENTE E DA BANDEIRA . FORNECER E INSTALAR FOLHAS DE MADEIRA E VIDROS 6MM	63,14 dias	10/08/22	01/11/22	25/08/22	23/11/22																	
543	PN03 - 120 x 325 - MANUTENÇÃO DO BATENTE E DA BANDEIRA . FORNECER E INSTALAR FOLHAS DE MADEIRA E VIDROS 6MM	51,94 dias	29/08/22	07/11/22	16/09/22	25/11/22																	
548	P05 - 105 x 300 - MANUTENÇÃO DO BATENTE E DA BANDEIRA. FORNECER E INSTALAR MATERIAL PARA VEDAÇÃO DO VÃO DE PASSAGEM	33,58 dias	23/09/22	08/11/22	13/10/22	29/11/22																	
551	P06 - 155.5 x 310 - MANUTENÇÃO DO BATENTE, DAS PORTAS E DA BANDEIRA	35,94 dias	26/09/22	14/11/22	17/10/22	02/12/22																	
554	P06 - FORNECER E INSTALAR MATERIAL PARA FECHAMENTO DA BANDEIRA COM VIDRO TEMPERADO INCOLOR 5MM	0,2 dias	11/10/22	11/10/22	01/11/22	01/11/22																	
556	PORTAS - EXECUÇÃO	24,97 dias	19/10/22	23/11/22	05/10/22	09/11/22																	
557	PN04 - 94.5 x 239 - FORNECER E INSTALAR FOLHA DE MADEIRA DE ACORDO COM DESENHO DO PROJETO DETALHADO	12,07 dias	19/10/22	04/11/22	05/10/22	21/10/22																	
561	PN07 - 90 x 308 - FORNECER E INSTALAR FOLHA DE MADEIRA E BANDEIRA FIXA DE ACORDO COM DESENHO DO PROJETO DETALHADO	14,17 dias	19/10/22	08/11/22	05/10/22	25/10/22																	
566	PN08 - 70 x 210 - FORNECER E INSTALAR FOLHA DE MADEIRA DE ACORDO COM DESENHO DO PROJETO DETALHADO	15,02 dias	19/10/22	09/11/22	05/10/22	26/10/22																	
570	PN09 - 80x 210 - FORNECER E INSTALAR FOLHA DE MADEIRA COM VISOR E BANDEIRA FIXA EM VIDRO LISO TRANSPARENTE DE ACORDO COM DESENHO DO PROJETO DETALHADO	4,19 dias	19/10/22	25/10/22	05/10/22	11/10/22																	
574	PN10 - 70 x 304 - FORNECER E INSTALAR FOLHA DE MADEIRA E BANDEIRA VENEZIANA DE MADEIRA COM VIDRO LISO TRANSPARENTE DE ACORDO COM DESENHO DO PROJETO DETALHADO	12,7 dias	19/10/22	07/11/22	05/10/22	24/10/22																	
579	PN11 - 105 x 210 - FORNECER E INSTALAR FOLHA DE ALUMÍNIO COR COBRE E TRILHO DE ACORDO COM DESENHO DO PROJETO DETALHADO	1,25 dias	07/11/22	08/11/22	24/10/22	25/10/22																	
581	PN12 - 120 x 210 - FORNECER E INSTALAR FOLHA DE ALUMÍNIO COR COBRE E TRILHO DE ACORDO COM DESENHO DO PROJETO DETALHADO	1,45 dias	08/11/22	09/11/22	25/10/22	26/10/22																	
583	PN13 - 329x 269 - FORNECER E INSTALAR SERRALHERIA COM FOLHAS DE ABRIR DE ACORDO COM DESENHO DO PROJETO DETALHADO PERFIL METALON RETANGULAR 40X20 MM - ESPESSURA 1,50 MM	6,25 dias	09/11/22	18/11/22	26/10/22	04/11/22																	
585	PN13 - FORNECER E INSTALAR VIDRO TEMPERADO LISO INCOLOR ESPESSURA 6 MM	1,9 dias	18/11/22	22/11/22	04/11/22	08/11/22																	
587	PN14 - 120 x 210 - FORNECER E INSTALAR FOLHAS VENEZIANAS DE ALUMÍNIO COR COBRE DE ACORDO COM DESENHO DO PROJETO DETALHADO	1,25 dias	22/11/22	23/11/22	08/11/22	09/11/22																	
589	JANELAS EXISTENTES - MANUTENÇÃO/ MANUTENÇÃO E EXECUÇÃO	101,04 dias	06/05/22	14/09/22	08/08/22	02/12/22																	

Projeto: CRONOGRAMA ESTAÇÃO
Data: 19/06/22

Tarefa		Resumo do projeto		Tarefa Manual		Somente início		Data limite	
Divisão		Tarefa Inativa		Somente duração		Somente término		Andamento	
Marco		Marco Inativo		Acúmulo de Resumo Manual		Tarefas externas		Progresso manual	
Resumo		Resumo Inativo		Resumo Manual		Marco externo			

REVITALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO FERROVIÁRIA EM MONSENHOR HORTA
PROJETO HEXÁGONO

Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término	Início da Linha de Base	Término da linha de base	2022					Semestre 2 2022					Semestre 1 2023		
							F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F
1588	ADAPTADOR TOMADA PARA TELEFONE COM LIGAÇÃO DE CONECTORES RJ11, FABRICADO EM NYLON, ENGENHARIA COM PINOS CHATOS E CONTATOS DE LATÃO MACIÇO. FORNECIDO JUNTAMENTE COM A TOMADA E O CONECTOR RJ 11, PARA DOIS APARELHOS. OBS.: TOMADA MONTADA EM CONDULETE TIPO: "	3,75 dias	22/11/22	25/11/22	28/11/22	01/12/22													
1592	CAIXA PARA TELEFONE PADRÃO TELEBRAS, INSTALACAO: EMBUTIDA; MATERIAL: CHAPA DE AÇO COM PINTURA EPOXI A PÓ, FUNDO DE MADEIRA; GRAU PROTECAO: IP 55; NAS DIMENSOES: 500x500x135mm, E ACESSÓRIOS FABRICANTE / REFERÊNCIA: CEMAR OU EQUIVALENTE	1,25 dias	30/05/22	31/05/22	03/06/22	06/06/22													
1594	ELETRODUTO Ø3/4" E ACESSÓRIOS AÇO GALVANIZADO, CLASSE PESADA, ROSCA BSP, FABRICADO CONFORME NBR 5598, UMA DAS EXTREMIDADES COM LUVA E OUTRA LUVA DE PLÁSTICO PARA PROTEÇÃO DA ROSCA, ÂNGULO: 90 GRAUS, E ACESSÓRIOS DE INSTALAÇÃO FABRICANTE / REFERÊNCIA BLIN	5,74 dias	01/06/22	08/06/22	18/05/22	07/06/22													
1599	CAIXA DE PASSAGEM; TIPO: "LL" Ø3/4" MATERIAL: ALUMINIO FUNDIDO COPPER FREE; ; ROSCA: BSP; POSICAO DAS ENTRADAS: LR; NUMERO DE ENTRADAS: 2; PROTECAO: A PROVA DE TEMPO/UMIDADE/GASES/VAPOR/PO; VEDACAO: JUNTA DE VEDACAO NEOPRENE; FORMATO: RETANGULAR; ACESSO I	5,3 dias	02/06/22	09/06/22	20/05/22	08/06/22													
1603	CAIXA DE PASSAGEM; TIPO: "LR" Ø3/4" MATERIAL: ALUMINIO FUNDIDO COPPER FREE; ; ROSCA: BSP; POSICAO DAS ENTRADAS: LR; NUMERO DE ENTRADAS: 2; PROTECAO: A PROVA DE TEMPO/UMIDADE/GASES/VAPOR/PO; VEDACAO: JUNTA DE VEDACAO NEOPRENE; FORMATO: RETANGULAR; ACESSO I	5,3 dias	03/06/22	10/06/22	23/05/22	09/06/22													
1607	CAIXA DE PASSAGEM; TIPO: "E" Ø3/4" MATERIAL: ALUMINIO FUNDIDO COPPER FREE; ; ROSCA: BSP; POSICAO DAS ENTRADAS: E; NUMERO DE ENTRADAS: 1; PROTECAO: A PROVA DE TEMPO/UMIDADE/GASES/VAPOR/PO; VEDACAO: JUNTA DE VEDACAO NEOPRENE; FORMATO: RETANGULAR; ACESSO INT	5,3 dias	06/06/22	13/06/22	24/05/22	13/06/22													
1611	ELETROCALHA PERFURADA PARA CABOS FORMATO: CURVA HORIZONTAL 90º; MATERIAL: CHAPA DE AÇO; BITOLA:12MSG; ACABAMENTO: GALVANIZADO A FOGO; LARGURA 100mm, ALTURA 50mm, RAI0 DE CURVATURA: 200mm, SEM VIROLA, TIPO: DUTO PERFURADO, E ACESSÓRIOS DE INSTALAÇÃO. FABRI	3,1 dias	24/05/22	27/05/22	16/05/22	31/05/22													
1614	ELETROCALHA PERFURADA PARA CABOS FORMATO: "T" HORIZONTAL 90º; MATERIAL: CHAPA DE AÇO; BITOLA:12MSG; ACABAMENTO: GALVANIZADO A FOGO; LARGURA 100mm, ALTURA 50mm, RAI0 DE CURVATURA: 200mm, SEM VIROLA, TIPO: DUTO PERFURADO, E ACESSÓRIOS DE INSTALAÇÃO. FABRIC	2,25 dias	07/06/22	09/06/22	25/05/22	03/06/22													
1617	ELETROCALHA PERFURADA PARA CABOS FORMATO: CURVA VERTICAL EXTERNA 90º; MATERIAL: CHAPA DE AÇO; BITOLA:12MSG; ACABAMENTO: GALVANIZADO A FOGO; LARGURA 100mm, ALTURA 50mm, RAI0 DE CURVATURA: 200mm, SEM VIROLA, TIPO: DUTO PERFURADO, E ACESSÓRIOS DE INSTALAÇÃO.	4,35 dias	24/05/22	30/05/22	30/05/22	02/06/22													
1620	ELETROCALHA PERFURADA PARA CABOS FORMATO: CURVA VERTICAL INTERNA 90º; MATERIAL: CHAPA DE AÇO; BITOLA:12MSG; ACABAMENTO: GALVANIZADO A FOGO; LARGURA 100mm, ALTURA 50mm, RAI0 DE CURVATURA: 200mm, SEM VIROLA, TIPO: DUTO PERFURADO, E ACESSÓRIOS DE INSTALAÇÃO.	3,1 dias	25/05/22	30/05/22	31/05/22	02/06/22													
1623	SEPTO DIVISOR PERFURADO PARA ELETROCALHA FORMATO:TRECHO RETO; MATERIAL: CHAPA DE AÇO; BITOLA:12MSG; ACABAMENTO: GALVANIZADO A FOGO; ALTURA 100mm, COMPRIMENTO 3000mm, TIPO: DIVISOR PERFURADO DE ELETROCALHA, E ACESSÓRIOS DE INSTALAÇÃO. FABRICANTE / REFERÊN	89,45 dias	26/05/22	21/09/22	26/05/22	20/09/22													
1632	JUNÇÃO SIMPLES PARA ELETROCALHA PERFURADA FORMATO:JUNÇÃO SIMPLES RETO; MATERIAL: CHAPA DE AÇO; BITOLA:12MSG; ACABAMENTO: GALVANIZADO A FOGO; ALTURA 90mm, COMPRIMENTO: 160mm, TIPO: JUNÇÃO DA ELETROCALHA. FABRICANTE / REFERÊNCIA: POLEODUTO PDA.157.P-GF OU	4,25 dias	24/05/22	30/05/22	30/05/22	03/06/22													
1634	GANCHO VERTICAL GANCHO VERTICAL PARA SUPORTAÇÃO DE ELETROCALHAS. MATERIAL: CHAPA ACO MSG 12; ACABAMENTO: GALVANIZADO A FOGO; CARACTERISTICAS ADICIONAIS: GANCHO PARA ELETROCALHA 110x120MM, E ACESSÓRIOS DE INSTALAÇÃO. FABRICANTE / REFERÊNCIA: POLEODUTO PDA	57,17 dias	30/05/22	11/08/22	30/05/22	25/08/22													

Projeto: CRONOGRAMA ESTAÇ
Data: 19/06/22

Tarefa		Resumo do projeto		Tarefa Manual		Somente início		Data limite	
Divisão		Tarefa Inativa		Somente duração		Somente término		Andamento	
Marco		Marco Inativo		Acúmulo de Resumo Manual		Tarefas externas		Progresso manual	
Resumo		Resumo Inativo		Resumo Manual		Marco externo			

REVITALIZAÇÃO DA ESTAÇÃO FERROVIÁRIA EM MONSENHOR HORTA
PROJETO HEXÁGONO

Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término	Início da Linha de Base	Término da linha de base	2022					Semestre 2 2022					Semestre 1 2023			
							F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	
1711	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO, CORRENTE NOMINAL 100A, CAPACIDADE DE INTERRUPÇÃO SIMÉTRICA 10kA, Nº DE PÓLOS: 3, TENSÃO: 220Vca, FREQUÊNCIA: 60Hz, E ACESSÓRIOS DE INSTALAÇÃO. FABRICANTE / REFERÊNCIA: STECK SD OU EQUIVALENTE	1,25 dias	22/06/22	23/06/22	08/08/22	09/08/22														
1713	DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO, CORRENTE NOMINAL 40A, CAPACIDADE DE INTERRUPÇÃO SIMÉTRICA 10kA, Nº DE PÓLOS: 3, TENSÃO: 220Vca, FREQUÊNCIA: 60Hz, E ACESSÓRIOS DE INSTALAÇÃO. FABRICANTE / REFERÊNCIA: STECK SDA OU EQUIVALENTE	1,5 dias	23/06/22	27/06/22	09/08/22	10/08/22														

Projeto: CRONOGRAMA ESTAÇ
Data: 19/06/22

Tarefa		Resumo do projeto		Tarefa Manual		Somente início		Data limite	
Divisão		Tarefa Inativa		Somente duração		Somente término		Andamento	
Marco		Marco Inativo		Acúmulo de Resumo Manual		Tarefas externas		Progresso manual	
Resumo		Resumo Inativo		Resumo Manual		Marco externo			