

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

Benefícios e barreiras no uso do PERT/CPM em projetos de
Construção Civil

Lucas Trentini Duarte Lima

ITAJUBÁ
2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

Lucas Trentini Duarte Lima

Benefícios e barreiras no uso do PERT/CPM em projetos de
Construção Civil

Dissertação submetida à banca examinadora apresentada à Universidade Federal de Itajubá, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Carlos Eduardo Sanches da Silva, Dr.

ITAJUBÁ
2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

Lucas Trentini Duarte Lima

Benefícios e barreiras no uso do PERT/CPM em projetos de
Construção Civil

Dissertação aprovada por banca examinadora em 21 de agosto de 2025, apresentada à Universidade Federal de Itajubá, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Banca examinadora:

Prof. Carlos Eduardo Sanches da Silva, Dr.

Prof^a Josiane Palma Lima, Dr^a.

Prof^a Maria Silene Alexandre Leite, Dr^a.

ITAJUBÁ

2025

“And now here is my secret, a very simple secret: it is only with the heart that one can see rightly; what is essential is invisible to the eye”.

Antoine de Saint-Exupéry

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todos que, de alguma forma, contribuíram para esta jornada. Aos amigos e colegas de curso, que se tornaram uma nova família em Itajubá, muitos dos quais caminham ao meu lado desde a graduação, agradeço pelas trocas, pelo companheirismo e pelo incentivo mútuo ao longo desse percurso.

Reitero também minha admiração pelos professores do curso de Engenharia Civil deste campus, que atuam como verdadeiros mentores, sempre incentivando o desenvolvimento de seus alunos. Tenho a honra de afirmar que também fui acolhido por esse espírito orientador e celebro, junto a eles, cada conquista dessa nova etapa.

Agradeço ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, pela constante disponibilidade, profissionalismo e acolhimento. Ao Professor Dr. Carlos Eduardo Sanches da Silva, sou especialmente grato pelas orientações lúcidas, pelos direcionamentos firmes e pela confiança depositada em meu trabalho. À equipe do PPGEPP, meu reconhecimento pelo suporte essencial ao longo dessa experiência, que tem sido tão desafiadora quanto transformadora.

Estendo ainda meus agradecimentos a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a manutenção da minha saúde física e emocional durante esse processo. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), agradeço pelo suporte financeiro à pesquisa, imprescindível para a viabilização deste trabalho.

Por fim, deixo registrada minha homenagem à minha companheira de longa data: minha pet, que me acompanhou por 15 anos e partiu há poucos dias. Sua presença silenciosa, mas constante, foi um alento em muitas fases da minha vida, inclusive neste percurso acadêmico. A ela, meu carinho eterno e minha mais profunda gratidão.

RESUMO

A construção civil ainda enfrenta entraves como ineficiência nos processos, altos índices de desperdício e falhas na segurança ocupacional. Nesse contexto, a adoção das ferramentas PERT e CPM, constitui-se em alternativa relevante para aprimorar o planejamento de projetos e o acompanhamento de empreendimentos, destacando seus benefícios e limitações na superação desses desafios. Sabe-se que os projetos de construção enfrentam riscos e atrasos devido a fatores como má gestão, mudanças no escopo e condições climáticas. Desse modo, a gestão eficiente de projetos é crucial para o sucesso e a sustentabilidade do setor, ao passo que, o planejamento adequado é essencial para evitar atrasos e custos adicionais. Esta pesquisa inclui análise da bibliometria pertinente às ferramentas, aplicação de *survey* direcionada a engenheiros civis, objetivando analisar como a indústria da construção tem se moldado ao aplicar as ferramentas PERT e CPM, análise dos dados coletados, confrontando-os com os achados da literatura e discussão dos resultados, com ênfase nas dificuldades e potencialidades observadas. Os resultados indicaram que os profissionais com maior domínio das ferramentas relataram ganhos significativos em previsibilidade e controle de projetos, enquanto os menos experientes apresentaram percepções mais dispersas. Ademais, o PERT e o CPM destacaram-se quanto à definição de prazos, estruturação lógica de atividades e mitigação de riscos. Visando sumarizar as informações pertinentes quanto ao uso das ferramentas, este estudo fornece subsídios para planejadores que cogitam a aplicação dos recursos do PERT e CPM em seus projetos, apontando as principais dificuldades e vantagens obtidas por meio da análise bibliométrica, e por meio da *survey* aplicada a profissionais da construção que já utilizam as ferramentas.

Palavras-chave: PERT/CPM, Gestão de Projetos, Construção Civil.

ABSTRACT

The construction industry still faces barriers such as process inefficiencies, high levels of waste, and occupational safety shortcomings. In this context, the adoption of the PERT and CPM tools represents a relevant alternative to improve project planning and monitoring, highlighting their benefits and limitations in overcoming these challenges. Construction projects are known to face risks and delays due to factors such as poor management, scope changes, and weather conditions. Therefore, efficient project management is crucial to the success and sustainability of the sector, while proper planning is essential to prevent delays and additional costs. This research included a bibliometric analysis of studies related to these techniques and the application of a survey directed at civil engineers, aiming to analyze how the construction industry has adapted to the use of PERT and CPM. The data collected was analyzed in comparison with findings from the literature, allowing a discussion focused on the main difficulties and potentialities observed. The results indicated that professionals with greater expertise regarding the tools reported significant gains in project predictability and control, whereas less experienced respondents presented more dispersed perceptions. Furthermore, PERT and CPM stood out for their effectiveness in defining schedules, structuring activities logically, and mitigating risks. By summarizing the most relevant information regarding the use of these tools, this study provides practical insights for planners who consider adopting PERT and CPM in their projects, highlighting the main advantages and challenges identified through both bibliometric analysis and the survey applied to professionals who already use these methodologies in construction projects.

Keywords: PERT/CPM, Project Management, Civil Construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processo da <i>survey</i>	23
Figura 2: Etapas de projeto	26
Figura 3: Grau de oportunidade da mudança em função do tempo	27
Figura 4: Distribuição de probabilidade beta	33
Figura 5: ADM de um bloco de fundação	36
Figura 6: Regras para a elaboração do <i>Arrow diagramming method</i> numa rede PERT/CPM	37
Figura 7: Exemplo de cronograma de Gantt	38
Figura 8: Exemplo de cronograma integrado de Gantt -PERT/CPM-Roy	38
Figura 9: Exemplo de diagrama de blocos	41
Figura 10: Interface do Microsoft Project ®.....	43
Figura 11: Fases do estudo da pesquisa operacional	43
Figura 12: Etapas de uma revisão sistemática da literatura.....	47
Figura 13: Publicações por país. Gráfico gerado pelo Microsoft Excel ®.	54
Figura 14: Quantidade de respostas obtidas por semana	77
Figura 15: <i>Boxplot</i> dos benefícios no uso do PERT	83
Figura 16: <i>Boxplot</i> das dificuldades no uso do PERT	84
Figura 17: <i>Boxplot</i> dos benefícios no uso do CPM	85
Figura 18: <i>Boxplot</i> das dificuldades no uso do CPM	86
Figura 19: Benefícios no uso do PERT – respondentes com conhecimento avançado	94
Figura 20: Benefícios no uso do PERT – respondentes com conhecimento iniciante/intermediário.....	95
Figura 21: Dificuldades no uso do PERT – respondentes com conhecimento avançado	99
Figura 22: Dificuldades no uso do PERT – respondentes com conhecimento iniciante/intermediário	100
Figura 23: Benefícios do CPM – respondentes com conhecimento avançado	104
Figura 24: Benefícios do CPM – respondentes com conhecimento iniciante/intermediário	105
Figura 25: Dificuldades do CPM – respondentes com conhecimento avançado	108
Figura 26: Dificuldades do CPM – respondentes com conhecimento iniciante/intermediário	109
Figura 27: <i>Boxplot</i> das dificuldades no uso do PERT (respondentes que não usam a ferramenta).....	111
Figura 28: <i>Boxplot</i> das dificuldades no uso do CPM (respondentes que não usam a ferramenta)	112
Figura 29: Dificuldades no uso do PERT – respondentes que não utilizam a ferramenta.....	113
Figura 30: Nível de familiaridade com o PERT – respondentes que não utilizam a ferramenta.	113
Figura 31: Dificuldades no uso do CPM – respondentes que não utilizam a ferramenta	114
Figura 32: Nível de familiaridade com o CPM – respondentes que não utilizam a ferramenta.....	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Taxa de desperdícios na construção civil – Países com maior contribuição.....	18
--	-----------

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Lista de sinônimos.....	24
Quadro 2: Elementos do ADM.....	35
Quadro 3: Atividades de um bloco de fundação.....	36
Quadro 4: <i>Strings</i> e palavras-chave usados na pesquisa em bases internacionais e nacionais	48
Quadro 5: <i>Strings</i> e palavras-chave usados na pesquisa em bases nacionais.	49
Quadro 6: Artigos internacionais selecionados na revisão sistemática da literatura.	51
Quadro 7: Trabalhos selecionados no ENEGEP.	55
Quadro 8: Dissertações e teses selecionadas no BDTD.....	57
Quadro 9: Descrição das vantagens do PERT encontradas na literatura	59
Quadro 10: Descrição das desvantagens do PERT encontradas na literatura.....	61
Quadro 11: Descrição das vantagens do CPM encontradas na literatura.....	63
Quadro 12: Descrição das desvantagens do CPM encontradas na literatura	65
Quadro 13: Benefícios do PERT encontrados nas publicações	69
Quadro 14: Dificuldades do PERT encontradas nas publicações	71
Quadro 15: Benefícios do CPM encontrados nas publicações.....	73
Quadro 16: Dificuldades do CPM encontradas nas publicações.....	74
Quadro 17: Grupos selecionados para pesquisa no LinkedIn	76
Quadro 18: Perfil dos respondentes.....	79
Quadro 19: Escala de respostas.....	81
Quadro 20: Outliers dos benefícios do PERT para respondentes que utilizam a ferramenta	83
Quadro 21: Outliers das dificuldades do PERT para respondentes que utilizam a ferramenta	84
Quadro 22: Outliers dos benefícios do CPM para respondentes que utilizam a ferramenta	85
Quadro 23: Outliers das dificuldades do CPM para respondentes que utilizam a ferramenta.....	86
Quadro 24: Limites de confiabilidade Alfa de Cronbach	88
Quadro 25: Alfa de Cronbach excluindo respondentes iniciantes nas ferramentas	89
Quadro 26: Alfa de Cronbach excluindo outliers	89
Quadro 27: Correlação pelo método Split-Half reliability	91
Quadro 28: Benefícios do PERT encontrados nas publicações	95
Quadro 29: Dificuldades do PERT encontradas nas publicações	100
Quadro 30: Benefícios do CPM encontrados nas publicações.....	105
Quadro 31: Dificuldades do CPM encontradas nas publicações.....	109

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ABEPRO – Associação Brasileira de Engenharia de Produção

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

ADM – *Arrow Diagramming Method*

BDTD – Biblioteca Digital de Teses e Dissertações

BIM – *Building Information Modeling*

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

CNI – Confederação Nacional da Indústria

CPM – *Critical Path Method*

EAP – Estrutura Analítica do Projeto

ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção

EVM – *Earned Value Management* (Análise do Valor Agregado)

IBICT – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia

KPI – *Key Performance Indicator* (Indicador-Chave de Desempenho)

LPS – *Last Planner System*

PERT – *Program Evaluation and Review Technique*

PL – Programação Linear

PMI – *Project Management Institute*

PMO – *Project Management Office* (Escritório de Gerenciamento de Projetos)

PRISMA – *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*

RACI – *Responsible, Accountable, Consulted, Informed* (Matriz de Responsabilidade)

RSL – Revisão Sistemática da Literatura

SWOT – *Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats* (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças)

WBS – *Work Breakdown Structure* (Estrutura Analítica do Projeto)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Motivação da Pesquisa	14
1.2	Objetivos.....	17
1.2.1	Objetivos gerais	17
1.2.2	Objetivos específicos:.....	17
1.3	Justificativa.....	17
1.4	Delimitação do estudo	19
1.5	Metodologia de pesquisa	20
1.6	Estrutura do trabalho	24
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	25
2.1	Planejamento e Controle da Duração do Projeto.....	25
2.2	Atrasos e Riscos em Projetos	29
2.3	Critical Path Method (CPM).....	31
2.4	Program Evaluation and Review Technique (PERT).....	32
2.5	Visualização Cronológica das Etapas de Projeto: Diagrama de Rede e Diagrama de Gantt.....	35
2.6	Programação Linear e Microsoft Project.....	39
2.6.1	Microsoft Project.....	42
2.6.2	Programação Linear.....	43
3	ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DAS BARREIRAS E BENEFÍCIOS NO USO DO PERT E CPM	46
3.1	Strings de Busca	46
3.1.1	Base de Dados Internacional	49
3.1.2	Base de Dados Nacional.....	54
3.2	Análise bibliométrica e seus resultados.....	57
3.2.1	Vantagens do PERT	58

3.2.2	Desvantagens do PERT	60
3.2.3	Vantagens do CPM.....	62
3.2.4	Desvantagens do CPM	64
3.2.5	Confluências e contrapontos na análise bibliométrica.....	66
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
4.1	Elaboração do questionário	68
4.2	Teste piloto	75
4.3	Caracterização dos grupos respondentes	75
4.4	Caracterização dos respondentes	78
4.5	Definição da escala de respostas	80
4.6	Identificação dos <i>outliers</i>	82
4.6.1	Respondentes que utilizam a técnica PERT	82
4.6.2	Respondentes que utilizam o método CPM.....	84
4.7	Confiabilidade interna do questionário.....	86
4.7.1	Alfa de Cronbach.....	87
4.7.2	Método das Duas Metades.....	89
4.8	Discussão dos resultados	91
4.8.1	Benefícios do PERT	92
4.8.2	Dificuldades do PERT	96
4.8.3	Benefícios do CPM.....	102
4.8.4	Dificuldades do CPM	106
4.8.5	Respondentes que não utilizam as ferramentas PERT e CPM	110
4.8.6	Considerações dos respondentes	116
5	CONCLUSÕES.....	118
	REFERÊNCIAS	121
	APÊNDICES	138

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação da Pesquisa

O setor de construção civil possui diversos impasses, que se apresentam de forma difundida e crônica, como a presença de processos ineficientes e de grandes taxas de desperdício, além disso, sabe-se também que a segurança ocupacional é notoriamente mais precária quando comparada com outras vertentes da indústria (Tezel; Koskela; Aziz, 2018).

Para a CNI (2024), a indústria abrange as classes extrativa, de transformação, de construção, e serviços industriais e de utilidade pública. Quanto ao macro setor da construção, Bezerra, (2020) aponta que sua composição é diversificada e inclui extração e transformação de materiais, bem como serviços, que incluem projetos e atividades especializadas, por exemplo.

A indústria da construção civil apresenta uma cadeia produtiva complexa, com diversos encadeamentos setoriais. Essa indústria desempenha um papel crucial pois amplia a oferta de infraestrutura, auxilia na geração de empregos qualificados e contribui para o desenvolvimento econômico (Cunha, 2022). A previsão de crescimento do setor para 2024 é de 3% (CNI, 2024b), além de que em 2023 foram gerados mais de 158.000 novos postos de trabalho, correspondendo a um crescimento de 6,57% quando comparado ao ano de 2022 (CBIC, 2023).

Segundo Abbasian-Hosseini et al (2014), os atributos da construção como não imitabilidade, produção *on-site*, complexibilidade e velocidade dos processos, levam a cenários com altos índices de incertezas e variabilidades, acentuando a conjuntura problemática.

Não obstante, Maués (2017) aponta que alguns processos tradicionais para definir o prazo de execução de empreendimentos exigem que os gestores tenham posse de informações minuciosas, que, todavia, estão indisponíveis na fase de estudo de viabilidade, o que contribui para o aumento da incerteza e imprecisão do planejamento.

Nesse sentido, algumas ferramentas são usadas visando atenuar fatores indesejáveis no decorrer das atividades projetuais, e garantir maior controle e acurácia de variáveis como tempo e custo (Jouda; Shiker, 2024). Dessa forma, para o gerenciamento de projetos destacam-se o *Program Evaluation and Review Technique* (PERT)¹ e *Critical Path Method* (CPM)², que são recursos consolidados que auxiliam no planejamento, programação e controle das atividades

¹ Tradução: Técnica de Avaliação e Revisão de Programa

² Tradução: Método do Caminho Crítico

sequenciadas em um projeto, abrangendo variáveis como prazo de execução e custos, além disso, levam em consideração os caminhos críticos e os riscos associados (Vergara; Teixeira; Yamanari, 2017).

Além do PERT e do CPM, outras ferramentas têm sido cada vez mais utilizadas para otimizar a gestão de projetos. O Gráfico de Gantt, por exemplo, permite uma visualização clara das atividades ao longo do tempo, facilitando o acompanhamento do cronograma. A Estrutura Analítica do Projeto (EAP ou WBS) auxilia na decomposição do escopo em partes menores e mais controláveis. Já a Análise do Valor Agregado (EVM) integra escopo, tempo e custo, permitindo medir o desempenho e o progresso do projeto (PMI, 2021).

Por sua vez, para a gestão de riscos de projetos, destaca-se a utilização da Matriz de Probabilidade x Impacto, enquanto ferramentas como o Ciclo PDCA e a matriz RACI contribuem para a melhoria contínua e a definição clara de responsabilidades de cada atividade de um determinado projeto (Kerzner, 2025).

Para Agyei (2015), por muitos anos, as duas abordagens (PERT e CPM) têm se mostrado úteis para o planejamento, programação e controle de projetos de construção. Tanto o CPM quanto o PERT são técnicas baseadas em redes e, portanto, auxiliam na programação e monitoramento do progresso das etapas envolvidas, garantindo que o projeto seja concluído dentro do prazo, e aponta que as técnicas permitem que os gestores de projeto avaliem os tempos iniciais e tardios nos quais as atividades podem começar e terminar, calculem a folga das atividades, definam as atividades críticas e avaliem o impacto de mudanças na duração, relações lógicas e custos na duração geral do projeto.

Roghanian, Alipour e Rezaei (2018) por sua vez consideram que a utilização de métodos tradicionais de gerenciamento, como o CPM, que possui uma abordagem determinística para duração das atividades, não conseguem lidar com a incerteza, embora esta seja muito recorrente nos elementos do projeto. Roghanian, Alipour e Rezaei (2018) ponderam que as margens de segurança que são alocadas nos métodos PERT e CPM induzem a uma postergação das atividades por parte dos responsáveis pelas tarefas, devido a uma sensação de tempo disponível, o que resulta em trabalho performado com menor desempenho.

Ademais, Araujo, Vivan e Paliari (2018) confluem que setor da construção civil apresenta relativo comodismo que, de fato, é resistente às mudanças e inovações, apesar do surgimento de técnicas alternativas ao PERT/CPM que podem oferecer resultados mais precisos.

Araujo, Vivan e Paliari (2018) analisam que tradicionalmente, os profissionais elaboram o planejamento dos empreendimentos civis considerando que as variáveis atuantes nos

canteiros de obras possuem um comportamento linear em relação ao tempo, evidenciado principalmente na elaboração de cronogramas. Como decorrência, ocorre uma imprecisão nos prazos definidos pelos procedimentos adotados.

Lu e Li (2003) consideram que, apesar de serem os métodos de planejamento de projetos mais populares, o CPM e as técnicas relacionadas de diagramação de rede como o PERT, não conseguem encadear de forma eficaz o planejamento de atividades e o planejamento de recursos, que são primordiais no planejamento de projetos.

Trietsch e Baker (2012) revisitaram as formulações propostas nas técnicas PERT/CPM após cerca de meio século do surgimento delas, e arguem que o PERT usa a distribuição beta, baseada em estimações subjetivas, e não possui calibração dos parâmetros. Quanto ao CPM, devido a sua formulação determinística, não pode ser validado para projetos estocásticos. De forma geral, ainda há uma deficiência no que tange a sistemas de programação de projetos com distribuições calibradas e que não exijam entradas complexas por parte do usuário.

Em contrapartida, outros estudos, como o de Jouda e Shiker (2024), apontam que o uso do PERT e CPM em empreendimentos na construção civil contribui para maior precisão nas estimativas de duração dos projetos, bem como facilita o planejamento e programação de atividades

Sangrounrai, Sukchareonpong e Witchakul (2018) consideram que a técnica PERT é amplamente empregada para planejar e coordenar cada atividade em projetos de grande porte, e que o método CPM é utilizado de forma extensiva para identificar o caminho mais longo no diagrama de rede. Ademais, Kelly e Walker (1959) apontam também que o PERT e CPM são ferramentas eficazes para gerenciar diversos tipos de projetos, incluindo construção, engenharia, manutenção de instalações e pesquisa e desenvolvimento

Nesse sentido, essa conjuntura suscita algumas indagações, como: quais as principais barreiras na implementação dos métodos de gestão de projetos como PERT/CPM na construção civil? Como as companhias têm se adaptado à crescente demanda por prazos mais curtos e redução de custos?

Deste modo, este estudo preconizará uma revisão das premissas de técnicas de gerenciamento de projetos consolidadas como o PERT/CPM, possibilitando uma análise do estado da arte, e posteriormente confrontando como tem sido a aplicabilidade de tais técnicas no setor de construção, elencando as principais características, dificuldades e vantagens encontradas na área.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos gerais

Analisar os benefícios e limitações na implementação das ferramentas PERT e CPM no cenário de gerenciamento de projetos na construção civil.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Identificar, por meio da literatura científica, as limitações e benefícios no uso das ferramentas PERT e CPM;
- Analisar as perspectivas dos engenheiros civis quanto ao uso do PERT e CPM;
- Comparar as perspectivas dos profissionais com os achados na literatura, destacando convergências, divergências e desafios práticos para a gestão de projetos na construção civil.

1.3 Justificativa

O gerenciamento de projetos na construção civil está diretamente ligado à qualidade final do produto entregue ao usuário. No setor imobiliário, por exemplo, existe um grande gargalo desde a concepção dos projetos, passando pela incorporação, até a execução, conjuntura que se deve principalmente devido à resistência organizacional do setor quanto a mudanças (Lines et al., 2015), ocasionando uma compatibilização deficitária dos projetos (Monteiro *et al.*, 2017). Nesse sentido, nota-se a relevância da atuação precisa dos PMO³'s e gerentes de projetos, para o sucesso do planejamento de um empreendimento (Patah; Carvalho, 2016).

Toğan e Eirgash (2018) consideram que o gerenciamento é relativamente novo na indústria da construção, e Turner, Anbari e Bredillet (2013) corroboram que o gerenciamento de projetos como disciplina acadêmica é um campo jovem, somando-se ao fato de que os primeiros doutorados na área datam o fim da década de 1960, na Universidade de Manchester, Inglaterra.

Com suas raízes na Pesquisa Operacional, o gerenciamento de projetos tem cada vez mais notoriedade na indústria, bem como na construção civil (Turner; Anbari; Bredillet, 2013). Sua influência tem sido considerável, tendo em vista que a aplicação aumenta a eficiência das

³ PMO: acrônimo para *Project Management Office* (escritório de gerenciamento de projetos)

operações no setor, o que tem se tornado imprescindível diante de um cenário de aumento de competitividade na área da construção, em decorrência da entrada de novas empresas no mercado (Toğan; Eirgash, 2018). Por sua vez, Zancul et al., (2014) apontam que:

“o aumento da complexidade dos negócios devido à gestão de múltiplas obras simultâneas resultante do crescimento das empresas nos últimos anos, aliado ao cenário de restrição de recursos, exige melhor cumprimento de prazos para que oscilações de planejamento em um empreendimento não impactem os demais”.

A conclusão de um projeto com redução do tempo e do custo é um fator essencial para o planejamento, entretanto, quando o prazo é reduzido, normalmente há um incremento dos custos, devido a necessidade de recursos adicionais (Toğan; Eirgash, 2018). Essa conjuntura demonstra como o planejamento de projetos possui impasses quanto ao equilíbrio entre vários fatores (tempo, custo e recursos operacionais) de modo a se obter um cronograma eficiente.

Dada a intensificação da competitividade no mercado entre as empresas, o aumento das exigências dos clientes, a crescente preocupação com o meio ambiente e a busca por maior rentabilidade por parte dos investidores, as empresas são compelidas a investir no gerenciamento de seus projetos e na gestão dos resíduos da construção civil (Silva, 2018).

O crescimento populacional atrelado a maior pressão mercadológica sobre o setor da construção civil suscita também questões de sustentabilidade. Os desperdícios gerados na produção estão atrelados a maior poluição ambiental, visto que materiais em obsolescência se tornam potenciais poluentes se não reciclados. Um dos aspectos sustentáveis mais importantes de um edifício é a taxa de geração de resíduos no empreendimento, durante a sua construção e/ou demolição, uma vez esses materiais representam uma parcela considerável do material depositado em aterro (Degraf Miara; Scheer, 2019).

A Tabela 1 apresenta a proporção de resíduos da construção civil que é depositada em aterros, ou seja, que não possuem reaproveitamento e reciclagem adequada. Globalmente, estima-se que da massa total de resíduos de construção e demolição, apenas 35 % são enviadas para (Islam *et al.*, 2024). O Brasil figura entre os países que apresentam as maiores taxas de desperdício (40%), ressaltando a relevância do uso de técnicas apropriadas de gerenciamento de projetos para mitigar e prevenir efeitos indesejáveis de um planejamento impreciso, uma vez que seus impactos são sentidos inclusive na fase *in loco* do projeto.

Tabela 1: Taxa de desperdícios na construção civil – Países com maior contribuição

País	Taxa de perda (%)
Reino Unido	50
Brasil	40
Austrália	35
EUA	30

Fonte: Islam et al., (2024)

Ainda no que tange aos desperdícios, ressalta-se o aumento nos custos com insumos, que pode corresponder até 8% do orçamento total da obra conforme Matias, Nunes e Cru, (2018). Entre os fatores que mitigam essa conjuntura, estão a boa estocagem de materiais e ajustes na concepção de projeto.

Concomitantemente, o alto tempo de execução dos projetos impacta em atrasos no cronograma da obra, visto que os operários passam boa parte do período laboral em tempo de espera, vinculado a atrasos na logística de transporte de material no canteiro, ou até mesmo atrasos na entrega de suprimentos por fornecedores externos, por exemplo (Souza, 2005).

Com essa conjuntura, Lima (2015) aponta que o uso de ferramentas como PERT e CPM permite um planejamento e controle detalhado das atividades, auxiliando na identificação de gargalos e na otimização do uso de recursos, os alocando de forma mais eficiente, além de reduzir ou até mesmo extinguir os atrasos e desperdícios.

Em estudos de caso, como o de Souza *et al.* (2017), os autores consideram que o planejamento adequado utilizando PERT e CPM possibilita a antecipação de possíveis atrasos e a criação de planos de mitigação, o que contribui para uma execução mais eficiente e segura da obra, otimizando processos e minimizando desperdícios de recursos

1.4 Delimitação do estudo

O planejamento de projetos ocupa papel central nas organizações e muitos esforços quanto a pesquisa e desenvolvimento têm sido realizados, entretanto, tal progresso não exime o setor da insatisfação com a aplicação e resultados do planejamento na construção (Amarkhil; Elwakil, 2023). Algumas metodologias têm grande usabilidade no setor, como o *Lean Construction*, *Earned Value Management* (EVM) e *Building Information Modeling* (BIM) e são também objetos de estudo atuais (Zuleta-Castellano *et al.*, 2023) entretanto esta pesquisa focaliza apenas no PERT e CPM.

O PERT e o CPM são ferramentas amplamente utilizados para gerenciar ciclos completos de projetos e atividades, desde a concepção até o encerramento destes. Tais ferramentas contribuem para a minimização do tempo e a eficiência do projeto (Bagshaw, 2021).

O PERT é orientado a eventos, probabilístico e focado no tempo, possui aplicabilidade em projetos cujo horizonte de tempo é desconhecido. Em contrapartida, o CPM é orientado a atividades, é um modelo determinístico e é usado para projetos que são repetitivos e de pequeno porte (Bagshaw, 2021).

Não obstante, Barra et al. (2013b) consideram que as ferramentas PERT e CPM são amplamente aplicáveis em diversos setores, sobretudo naqueles que possuem serviços divididos em fases, como a construção civil. Barra et al. (2013b) ainda destacam as ferramentas quanto a sua facilidade de elaboração e compreensão, garantindo a visualização do tempo necessário para a execução de uma atividade específica, e permitindo identificar a interdependência entre essas atividades dentro de um planejamento.

A análise bibliométrica para este trabalho foi realizada objetivando coletar quais são as percepções de variados autores, quanto às técnicas de gestão de projetos PERT e CPM, agrupando as características identificadas como vantagens ou desvantagens. Nesse sentido, as informações levantadas não possuem restrições geográficas, possibilitando uma visão abrangente sobre a temática no mundo.

De posse das informações levantadas por meio da revisão sistemática da literatura, realizou-se um agrupamento por semelhança das categorias identificadas, para formulação de um questionário que subsidiou uma *survey* com engenheiros civis brasileiros.

Ressalta-se que o questionário foi desenvolvido considerando apenas os aspectos relativos ao PERT e CPM, portanto, não abrangendo minúcias que concernem outras metodologias disponíveis no mercado, porém incluirá um campo no qual o respondente pode escrever se utiliza técnicas alternativas ao PERT e CPM em caso de não utilização destes. Além disso, a consulta aos especialistas é consolidada de maneira online, por meio de um formulário hospedado na plataforma Google, não abrangendo entrevistas ou quaisquer formas de contato presencial com o público-alvo.

1.5 Metodologia de pesquisa

Para a realização deste projeto, prevê-se a delimitação de quatro macro etapas, as quais se desdobram em processos menores no desenvolvimento da pesquisa. De forma geral, as etapas são definidas a seguir.

- a. **Revisão bibliográfica:** consiste conceituação dos fundamentos do PERT e CPM, elencando principais referenciais teóricos da literatura, para a composição de uma análise bibliométrica no cotidiano de projetos da construção civil.
- b. **Coleta de dados:** ante à compilação de informações da literatura, foi formulado um questionário que subsidiará a coleta de dados por meio de uma *survey* com engenheiros civis brasileiros, visando obter indicadores pertinentes para a pesquisa.
- c. **Análise de dados:** com a finalização da coleta de dados, estes foram utilizados como inputs para as devidas análises e confronto com as informações encontradas na análise bibliométrica de modo a entender como a indústria construção civil tem utilizado o PERT e CPM na gestão de projetos.
- d. **Discussão e análise de resultados:** posteriormente realizou-se um comparativo dos outputs obtidos, almejando elencar as principais dificuldades e benefícios encontrados na indústria da construção civil no uso do PERT e CPM, auxiliando as decisões futuras de gestores, planejadores e pesquisadores.

No que se refere à natureza da pesquisa, esta pode ser classificada como aplicada, uma vez que busca gerar conhecimento voltado à solução de problemas práticos no contexto da construção civil, especialmente no que tange ao uso de ferramentas de gerenciamento de projetos. De acordo com Gil (2008), pesquisas aplicadas caracterizam-se por seu interesse em resolver problemas concretos, utilizando conhecimentos teóricos como base. Este estudo, ao investigar o uso de técnicas consolidadas como o PERT e o CPM no planejamento de obras civis, insere-se nessa perspectiva ao propor caminhos para otimizar a gestão de prazos, recursos e custos em empreendimentos reais

A pesquisa pode ser definida como descritiva pois inclui *surveys* e consultas variadas para apuração de fatos, conforme. A pesquisa descritiva objetiva, principalmente, a especificação da realidade atual como ela se apresenta, e neste método o pesquisador não possui controle sobre as variáveis, apenas reportando o que acontece com elas (Kothari, 2004).

No que tange à abordagem da pesquisa, pode-se classificá-la como mista, integrando análises quantitativas e qualitativas. A busca de informações com ampla base de aplicações e que contribuem para um conjunto de conhecimentos científicos já existentes, confere ao trabalho um caráter qualitativo. Ademais, a abordagem adotada também é quantitativa, uma vez

que a pesquisa foca em obter indicadores numéricos a respeito do uso das ferramentas PERT e CPM por meio da aplicação de um questionário (KOTHARI, 2004).

Ademais, a pesquisa é predominantemente empírica, pois, se baseia na coleta de dados provenientes de uma análise bibliométrica, e obtenção de um questionário, que fora aplicado em um determinado grupo. Por outro lado, há um viés conceitual na pesquisa, que diz respeito a teorias e conceitos acerca das formulações e princípios que cernem às técnicas PERT/CPM na construção civil (Kothari, 2004).

Forza (2002), aponta que a *survey* é uma ferramenta poderosa para a coleta de dados sobre variados tópicos relacionados à gestão de operações, e para o desenvolvimento da pesquisa, utilizar-se-á o processo apresentado na Figura 1. No presente trabalho, a *survey* partiu do objetivo de analisar os benefícios e limitações do uso das ferramentas PERT e CPM na construção civil, fundamentando-se em questões de pesquisa como: Quais são as principais barreiras percebidas pelos profissionais no uso dessas técnicas? Em que medida os benefícios apontados pela literatura se confirmam na prática do setor? Essa etapa inicial garantiu a coerência entre os propósitos do estudo e os instrumentos aplicados, assegurando que os dados coletados respondessem às lacunas identificadas.

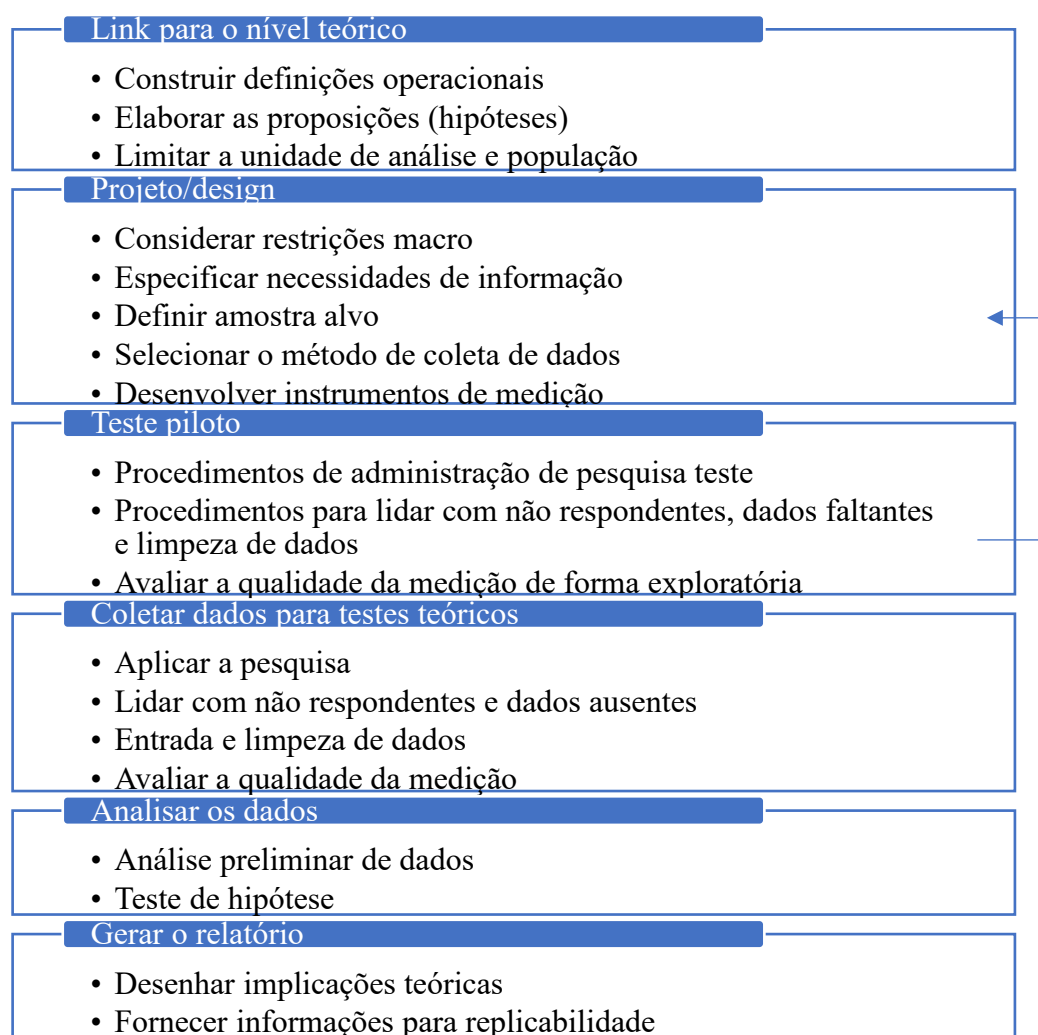
Na sequência, procedeu-se à definição da amostra, composta por engenheiros civis brasileiros atuantes em diferentes segmentos da indústria da construção. O questionário foi elaborado a partir da análise bibliométrica, que serviu como base para a formulação das variáveis e indicadores. Ainda seguindo as orientações de Forza (2002), realizou-se uma etapa de pré-teste, que possibilitou ajustar a clareza e a objetividade das perguntas, reduzindo ambiguidades e assegurando a confiabilidade do instrumento antes da sua aplicação definitiva.

Por fim, a *survey* foi aplicada ao público-alvo e os dados coletados foram tratados de forma sistemática, possibilitando análises comparativas entre níveis de conhecimento dos respondentes (iniciante/intermediário e avançado), além do confronto com os achados da literatura. Dessa forma, o processo metodológico seguido no trabalho não apenas dialoga com o modelo proposto por Forza (2002), mas também fortalece a validade interna e externa da pesquisa, contribuindo para a robustez dos resultados obtidos sobre o uso do PERT e CPM na construção civil.

Durante o delineamento da pesquisa, havia a intenção de realizar uma comparação entre as percepções de profissionais brasileiros e de profissionais atuantes em outros países. Contudo, o número de respostas obtidas na *survey* internacional foi reduzido, impossibilitando a condução de análises estatísticas robustas. Assim, optou-se por priorizar a análise de forma integrada, considerando os respondentes nacionais e internacionais em um só agrupamento.

Em razão dessa limitação, adotou-se a estratégia metodológica de consolidar todas as respostas em um único conjunto, conduzindo a análise de forma integrada. Embora essa decisão tenha assegurado maior precisão estatística, reduziu a possibilidade de explorar contrastes entre diferentes contextos. Essa restrição não comprometeu os objetivos centrais da pesquisa, mas aponta uma oportunidade para estudos futuros com amostras internacionais mais amplas, que possam ampliar a comparação entre cenários e enriquecer a compreensão da aplicação prática do PERT e do CPM em diferentes realidades.

Figura 1: Processo da *survey*



Fonte: Traduzido e adaptado de Forza. (2002)

Ressalta-se também que ao longo do texto utiliza-se de sinônimos para as palavras “benefícios” e “barreiras”, para garantir a variedade vocabular e a precisão das descrições desta dissertação. Ademais, a relação de vocábulos utilizados está disposta no Quadro 1.

Quadro 1: Lista de sinônimos

Equivalentes semânticos utilizados	
Benefícios	“Benefícios”, “vantagens”, “ganhos”, “resultados”, “pros”, “destaques”, “aspectos positivos”, “oportunidades”, “pontos fortes”
Barreiras	“Limitações”, “desvantagens”, “dificuldades”, “barreiras”, “obstáculos”, “entraves”, “contras”, “insuficiências”, “pontos negativos”, “desafios”.

Fonte: Do autor. (2025)

1.6 Estrutura do trabalho

Este trabalho está dividido nos capítulos introdução, fundamentação teórica, análise bibliométrica, aplicação e resultados da *survey* e conclusões. Os elementos pós-textuais são referências bibliográficas, apêndices e anexos.

- O Capítulo 1 busca sintetizar as principais questões que serão abordadas no decorrer do trabalho, apresentando a motivação da pesquisa, os objetivos, a justificativa, a delimitação do estudo e uma breve descrição da metodologia de pesquisa.
- O Capítulo 2 consiste na apresentação dos principais conceitos abordados nas técnicas de gerenciamento de projetos PERT e CPM, bem como sua aplicação no contexto da construção civil.
- O Capítulo 3 abrange a análise bibliométrica da literatura, bem como as *strings* utilizadas para buscas nas bases de dados.
- O Capítulo 4 contém elaboração do instrumento de pesquisa, aplicação do teste piloto, coleta de dados e análise dos dados obtidos.
- O Capítulo 5 contempla as conclusões e considerações finais sobre a pesquisa.
- Ao final do trabalho, encontram-se as referências bibliográficas e apêndices.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Planejamento e Controle da Duração do Projeto

O gerenciamento de projetos é essencial para garantir o sucesso de empreendimentos, especialmente no setor da construção civil, no qual atrasos, custos adicionais e falhas na execução são recorrentes quando não há planejamento adequado. Segundo o Project Management Institute (PMI, 2021), um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo, com início, meio e fim definidos. Nesse sentido, Camargo (2018) destaca que os projetos existem em diferentes níveis organizacionais, sendo o planejamento eficiente e consistente fator determinante para o sucesso.

Na construção civil, esse planejamento ocorre de forma análoga a outros setores, porém com ênfase em etapas críticas como levantamento de requisitos técnicos, definição de métodos construtivos e sequenciamento de atividades. Conforme De Lima Silva e Silva (2023), as decisões tomadas na fase pré-projeto são decisivas, pois impactam diretamente nas etapas seguintes, como a execução e o controle da obra. Esse encadeamento lógico entre as fases pode ser organizado por meio de técnicas e ferramentas consolidadas de gerenciamento.

Dentre essas ferramentas, destacam-se o PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) e o CPM (*Critical Path Method*), que são amplamente utilizados na construção civil para mapear as atividades críticas do projeto, estimar prazos e otimizar recursos (Kerzner, 2022). Essas ferramentas permitem visualizar as dependências entre tarefas e identificar o caminho crítico, ou seja, o conjunto de atividades que determina a duração mínima do projeto.

Além disso, o uso de ferramentas como o Gráfico de Gantt e a Estrutura Analítica do Projeto (EAP) auxilia na fragmentação do escopo em partes gerenciáveis e no acompanhamento visual do cronograma. O planejamento detalhado envolve a identificação de atividades, a definição de suas durações, os recursos necessários e os custos associados. Yu et al. (2018) enfatizam que esse processo deve abranger a definição sistemática de objetivos, o estabelecimento de relações de precedência e a garantia de recursos para o cumprimento das metas.

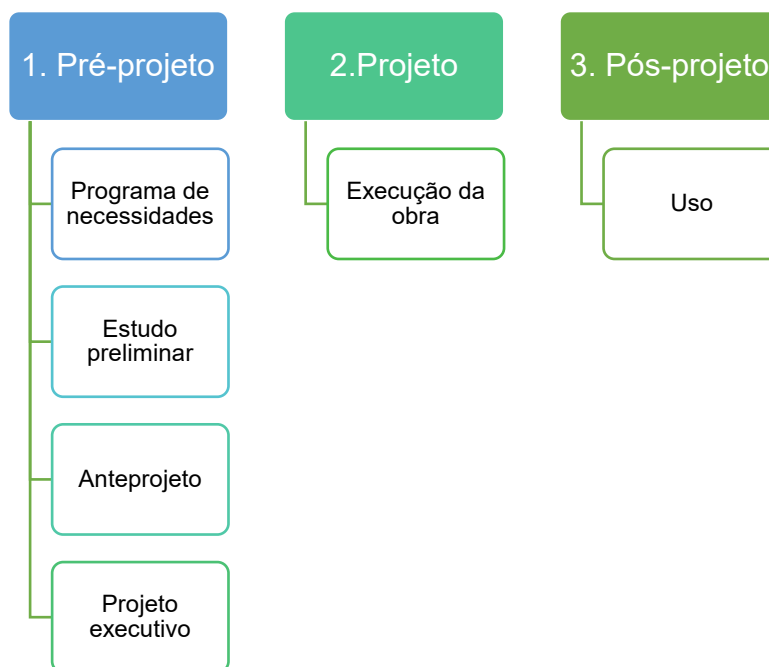
O gerenciamento eficiente na construção civil também envolve o uso de indicadores de desempenho (KPIs), como aponta Azevedo (2013), para avaliar a entrega de produtos (bens tangíveis), serviços (atividades específicas) ou resultados (documentos ou indicadores). A aplicação dessas técnicas contribui não apenas para a execução eficaz do projeto, mas também

para a comunicação entre as partes interessadas, o controle de riscos e a tomada de decisão fundamentada em dados.

Portanto, a adoção de boas práticas de gerenciamento de projetos no setor da construção civil é estratégica para reduzir incertezas, otimizar processos e alcançar os objetivos de forma mais eficiente. O uso combinado de métodos tradicionais (como PERT e CPM) com ferramentas modernas e indicadores de desempenho proporciona maior controle e previsibilidade ao longo do ciclo de vida do projeto.

A Figura 2 sintetiza as etapas de projeto em empreendimentos da construção civil.

Figura 2: Etapas de projeto



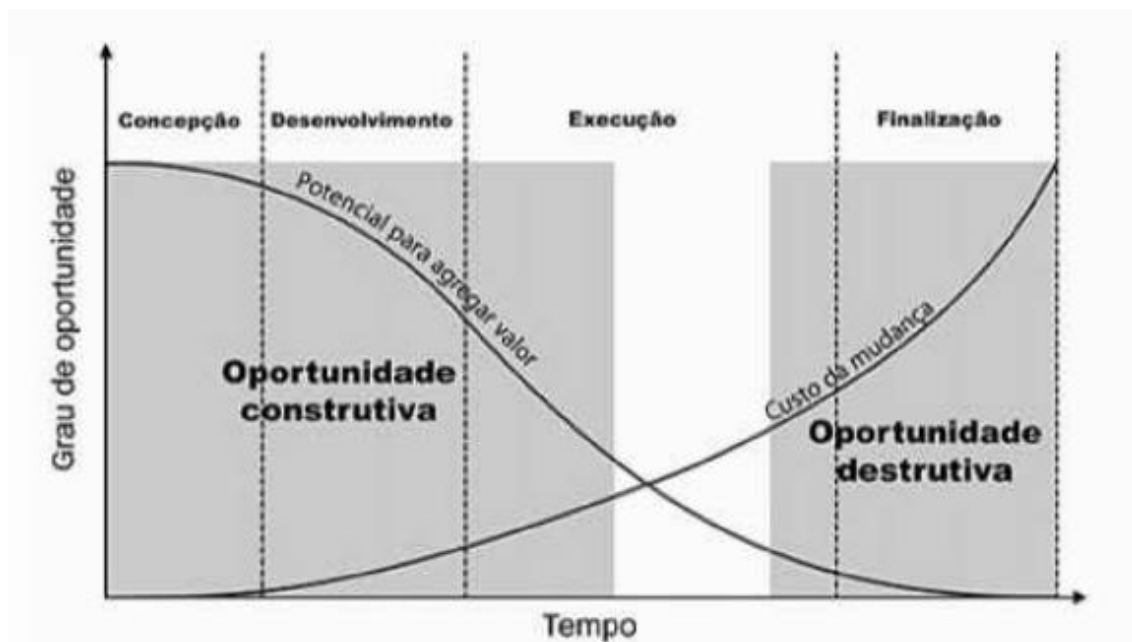
Fonte: Adaptado de Esteves (2013).

O planejamento no setor requer o estudo dos projetos das disciplinas envolvidas, bem como do método construtivo empregado, além da análise dos índices de produtividade considerados no orçamento e das horas úteis laborais para cada frente de serviço. Desse modo, prever eventos desfavoráveis e desconformidades garante que os gestores de obra e projetos tenham a possibilidade de implementar soluções oportunas com enfoque preventivo e corretivo, visando a redução dos impactos financeiros e cronológicos nos empreendimentos (Mattos, 2019).

A importância do bom planejamento também está atrelada a capacidade de intervir antecipadamente em situações que se antevê um resultado insatisfatório. Mattos (2019) conceitua a concepção como a fase com maior potencial para agregar valor (oportunidade

construtiva), e a fase de finalização como um quadro de atraso irreversível e com alto custo de mudança (oportunidade destrutiva) (Figura 3).

Figura 3: Grau de oportunidade da mudança em função do tempo



Fonte: Mattos (2019).

Carvalho e Junior (2015) consideram que uma vez bem estruturadas as medidas propostas no planejamento, evitar-se-á a ocorrência de ações indesejadas até o final do projeto. No escopo do planejamento, ressalta-se a necessidade de programar os possíveis tempos de entregas, alocando também os recursos humanos necessários, bem como suprimentos inerentes às tarefas. Carvalho; Junior, (2015) destacam ainda que no planejamento calcula-se os custos para que se possa estimar os desembolsos.

Ademais, Prado e Ladeira (2014) apontam que as vantagens decorrentes de um projeto bem gerenciado se resumem, essencialmente, ao fato de que a execução não divergirá significativamente do planejamento. É incumbência de um bom planejamento antecipar, da melhor maneira possível, as necessidades e desejos do cliente. Dessa forma, por meio do gerenciamento de projetos, aumentam-se as chances de satisfazer os clientes.

Nesse sentido, destacam-se os diagramas de rede para gerenciamento de projetos, que surgiram entre as décadas de 1950 e 1960, e a premissa dos diagramas consiste na decomposição de atividades e suas respectivas representações gráficas (Prado, 2015). Duas técnicas que se destacam são o PERT e o CPM, comumente associadas como PERT/CPM.

Ulbricht, Dos Santos e Moura (2020) versam que as ferramentas PERT e CPM possibilitam a verificação do fluxo de execução de atividades, bem como a definição das relações de dependência entre elas, garantindo maior controle sobre o projeto. A metodologia ainda permite a identificação das atividades que precisam ser executadas em série ou paralelo, o que subsidia o cálculo dos tempos de início e fim, e a identificação do caminho crítico.

Vergara, Teixeira e Yamanari (2017) ponderam que as ferramentas PERT e CPM permitem gerenciar um projeto de maneira global, e que são úteis para o planejamento, programação e controle das atividades de um projeto, representando-as em uma rede e otimizando a eficiência do projeto. Além disso, na análise de risco na construção as ferramentas PERT e CPM ajudam a compreender as incertezas do projeto, de modo a assegurar que os recursos e planos de ação sejam adequados para a conclusão do projeto dentro do prazo e orçamento estabelecidos.

Outrossim, o PERT e o CPM têm passado por um processo de integração com metodologias mais modernas de planejamento e controle de projetos. Essa integração é impulsionada pela crescente digitalização da construção civil, que gradualmente tem incorporado conceitos de BIM, *Lean Construction* e Gestão ágil de projetos. O objetivo comum dessas abordagens é aprimorar a previsibilidade, a coordenação e a eficiência dos processos construtivos, reduzindo desperdícios e incertezas ao longo do ciclo de vida do projeto (Koskela *et al.*, 2007; Sacks *et al.*, 2018)

O uso combinado do BIM com o PERT e o CPM tem se mostrado especialmente relevante, uma vez que o BIM permite a integração de informações tridimensionais, temporais e de custos, criando um ambiente digital no qual os cronogramas baseados em CPM podem ser visualizados e atualizados em tempo real. Essa associação, frequentemente chamada de 4D BIM, viabiliza a simulação do progresso das atividades, a detecção de conflitos de planejamento e a análise de impactos de atrasos, tornando o cronograma uma ferramenta dinâmica de tomada de decisão. Estudos recentes indicam que a utilização de cronogramas 4D melhora significativamente a comunicação entre equipes e o controle do caminho crítico em empreendimentos complexos (Azhar, 2011; Sacks *et al.*, 2020)

Analogamente, a filosofia *Lean Construction* vem sendo incorporada aos métodos de programação PERT e CPM para promover maior eficiência operacional e redução de variabilidades. Enquanto o CPM fornece a estrutura lógica de precedência e prazos, o *Lean* contribui com princípios de fluxo contínuo, produção puxada e eliminação de desperdícios. Essa integração tem se materializado, por exemplo, na aplicação conjunta do *Last Planner System* (LPS) e do CPM, na qual o planejamento detalhado e colaborativo de curto prazo

complementa o planejamento determinístico de longo prazo. A abordagem híbrida de tais ferramentas favorece o controle da variabilidade e melhora o cumprimento de prazos em obras de médio e grande porte (Olivieri; Granja; Picchi, 2016; Ballard; Tommelein, 2021)

Outra tendência consiste na combinação das ferramentas PERT e CPM com práticas de gestão ágil, adaptadas ao ambiente da construção civil. Embora originalmente desenvolvidas para o setor de tecnologia da informação, metodologias como o Scrum e o Kanban têm sido empregadas para aprimorar a flexibilidade do planejamento e a capacidade de resposta às mudanças. Quando associadas ao CPM, essas práticas favorecem ciclos de atualização mais curtos e decisões mais rápidas, mitigando uma das principais limitações históricas do método: sua rigidez em contextos de alta incerteza. Pesquisas recentes evidenciam que a adoção de abordagens híbridas tem ampliado a aderência entre o planejamento formal e a execução em campo (Yang; Wang, 2025; Lalmi; Fernandes; Souad, 2021)

Deste modo, o PERT e o CPM têm sido utilizados de forma mais integrada e estratégica, dentro de ecossistemas digitais e colaborativos para gerenciamento de projetos na construção civil. Essa evolução demonstra que as ferramentas permanecem fundamentais como base estrutural para o planejamento, sendo continuamente aprimoradas e adaptadas a novas ferramentas e filosofias de gestão. O avanço dessas integrações representa um caminho promissor para aumentar a maturidade da indústria da construção civil, combinando o rigor analítico do PERT e CPM com a flexibilidade, a visualização e a eficiência promovidas por metodologias contemporâneas.

2.2 Atrasos e Riscos em Projetos

Um projeto é considerado bem-sucedido se atender aos requisitos de três indicadores principais: tempo, custo e qualidade, no entanto, a conclusão pontual de um projeto frequentemente é vista como um dos principais parâmetros para avaliar o sucesso do projeto (Arantes, Silva, Ferreira, 2015).

A indústria da construção civil, globalmente, enfrenta o criticismo em decorrência dos atrasos nos projetos, que desencadeiam efeitos extremamente indesejáveis no processo construtivo (Agyekum-Mensah; Knight, 2017). O setor sofre com conflitos entre as partes envolvidas no projeto, práticas inadequadas e desperdício sistemático de tempo, recursos e orçamentos (Rosenfeld, 2014).

As principais causas de atraso identificadas em um estudo conduzido em Hong Kong foram má gestão e supervisão da obra, condições de campo não previstas, tomada de decisões lentificadas envolvendo todas as equipes do projeto, alterações no escopo advindas dos desenvolvedores (projetistas ou outros *stakeholders*) e mudanças necessárias do trabalho (Arantes; Silva; Ferreira, 2015).

Arditi, Nayak e Damci (2017) arguem que além dos fatores que não estão dentro do controle dos participantes do projeto (por exemplo, condições climáticas adversas e instabilidades econômicas) e das causas provenientes do proprietário (por exemplo, mudanças no design e atrasos no pagamento), os atrasos também estão relacionados aos empreiteiros (por exemplo, má gestão do local, problemas com subcontratados, planejamento inadequado, dificuldades financeiras e experiência limitada).

Como consequência dos atrasos, podem surgir diversos problemas, especialmente problemas financeiros, que frequentemente resultam em conflitos entre as partes envolvidas: empreiteiros, consultores e empreendedores. Comumente, custos adicionais são incorporados ao projeto, como forma de acelerar as entregas em prazos e para mitigar os eventuais desvios no cronograma (Arantes; Silva; Ferreira, 2015).

O projeto de construção também está sujeito a vários riscos que influenciam seu ciclo de vida, impactando também na estimação de custos e de prazos, o que pode levar a atrasos e aumento de despesas. Para abrandar a gestão inadequada desses riscos ao longo do ciclo de vida do projeto, é importante identificá-los e quantificá-los, considerando as incertezas presentes (Senthil; Muthukannan, 2021) .

A etapa de concepção de projetos está atrelada ao bom desenvolvimento de um empreendimento, ao passo que também apresenta maiores riscos, devido à escassez ou até mesmo ausência de informações e à imprevisibilidade de alguns fatores que norteiam o planejamento de um dado projeto (Azevedo, 2013).

Esse cenário possui extrema relevância uma vez que nas etapas iniciais são definidas as características arquitetônicas e construtivas do produto, bem como o nicho mercadológico e seu poder aquisitivo, consequentemente a estratégia de marketing para alcançar os potenciais compradores e, por fim, quais estratégias devem ser adotadas para que as metas propostas sejam consolidadas (Da Rocha Lima Jr; Monetti; De Alencar, 2023).

Um projeto de construção possui outras características que o diferem dos demais setores da indústria, o que acentua o alto risco associado ao sucesso de um empreendimento construtivo, independentemente do tipo de obra (Azevedo, 2013).

- Não homogeneidade e caráter não seriados de produção, resultado da singularidade do produto, normalmente feito sob demanda;
- Diferentes *stakeholders*⁴ com posições nem sempre convergentes;
- Susceptibilidade a fatores climáticos durante a fase executiva;
- Processo de desenvolvimento relativamente longo;
- Heterogeneidade entre várias empresas quanto às responsabilidades.

Um projeto de AEC⁵ pode atingir o nível de precisão exigido pela legislação pertinente e pelas normas técnicas, entretanto isso não o dissocia da possibilidade de ocorrência de eventos não previstos, sejam eles externos ou internos ao empreendimento. Esses fatores podem alterar o cenário inicialmente considerado pelas partes envolvidas, o que evidencia a importância de gerenciar tais incertezas desde as fases iniciais de empreendimentos na área da construção civil (Regis, 2023).

Senthil e Muthukannan (2021) consideram que uma gestão eficaz de riscos permite que as organizações identifiquem riscos internos e externos, e pontos que podem ser explorados como oportunidades, bem como as forças, fraquezas e ameaças potenciais do projeto, de maneira análoga à metodologia SWOT⁶. Trata-se de planejar para eventos inesperados, de modo que a gestão deve estar pronta para intervir rapidamente.

2.3 Critical Path Method (CPM)

Prado (2015) elenca que o método do caminho crítico surgiu em 1957, por meio da parceria entre as empresas estadunidenses Du Pont de Nemours e Remington Rand, que desenvolveram a técnica visando obter uma ferramenta que auxiliasse no planejamento e controle dos projetos das companhias.

Segundo Benjaoran, Tabyang e Sooksil (2015), a técnica é amplamente utilizada para organizar todas as atividades com base na escala temporal e nas relações de precedência. Takakura et al., (2019) consideram que o cumprimento da data de entrega de um produto, é uma restrição crítica para muitos produtores, abrangendo diversos setores de atividades, como industrial, construção civil e desenvolvimento de sistemas.

⁴ Partes interessadas

⁵ AEC: sigla cujas letras são as iniciais das palavras Arquitetura, Engenharia e Construção.

⁶ SWOT: o acrônimo das iniciais das palavras *Strengths* (Forças), *Weaknesses* (Fraquezas), *Opportunities* (Oportunidades) e *Threats* (Ameaças)

Comumente o método é utilizado para elucidar questões como: Qual o tempo total para completar um projeto? Quais são as datas programadas para início e fim de cada atividade? Quais atividades são críticas e devem ser finalizadas exatamente no tempo planejado? Quanto tempo as atividades não críticas podem ser postergadas sem que afetem o prazo total do projeto? (Bagshaw, 2021)

No método, dois conceitos são imprescindíveis, o caminho crítico propriamente dito, e os caminhos não críticos, ou subcríticos. O primeiro consiste na sequência de atividades que determinam o prazo mais longo do projeto (PMI, 2021), e o segundo consiste em caminhos que englobam as atividades cuja duração total é menor do que a do caminho crítico (Weaver, 2010)

Além disso, define-se a folga livre como a folga disponível para uma atividade de modo que não atrase as atividades sucessoras, e a folga total como o atraso permitido a uma atividade de modo que não postergue o projeto de maneira global (Prado, 2015). Posto isso, no caminho crítico a folga total é nula, isto é, qualquer atraso no caminho crítico causará efeitos indesejáveis, como o aumento do tempo total de conclusão do projeto (Mahardika *et al.*, 2019).

Já as atividades que não fazem parte do caminho crítico, que são designadas como não críticas, eventualmente possuem flexibilidade programática, ou seja, em alguns casos pode haver postergação sem que ocorra impacto no prazo total (Ba'Its; Puspita; Bay, 2020). Ressalta-se que quando se objetiva a aceleração do prazo do projeto como um todo, é necessário promover a aceleração das atividades do caminho crítico (Mahardika *et al.*, 2019).

Todavia, o CPM utiliza uma única estimativa de duração para cada atividade do projeto, e a forma mais utilizada para tal determinação é o julgamento por especialistas com expertise no planejamento, gerando estimativas frequentemente associadas a um elevado grau de incerteza mesmo para especialistas muito experientes (Carvalho; Junior, 2015), além do fato de que não considera quaisquer limitações que concernem os recursos (PMI, 2021).

Por fim, as variáveis que comandam a programação das atividades no método, serão apresentadas na Seção 2.6 deste trabalho.

2.4 Program Evaluation and Review Technique (PERT)

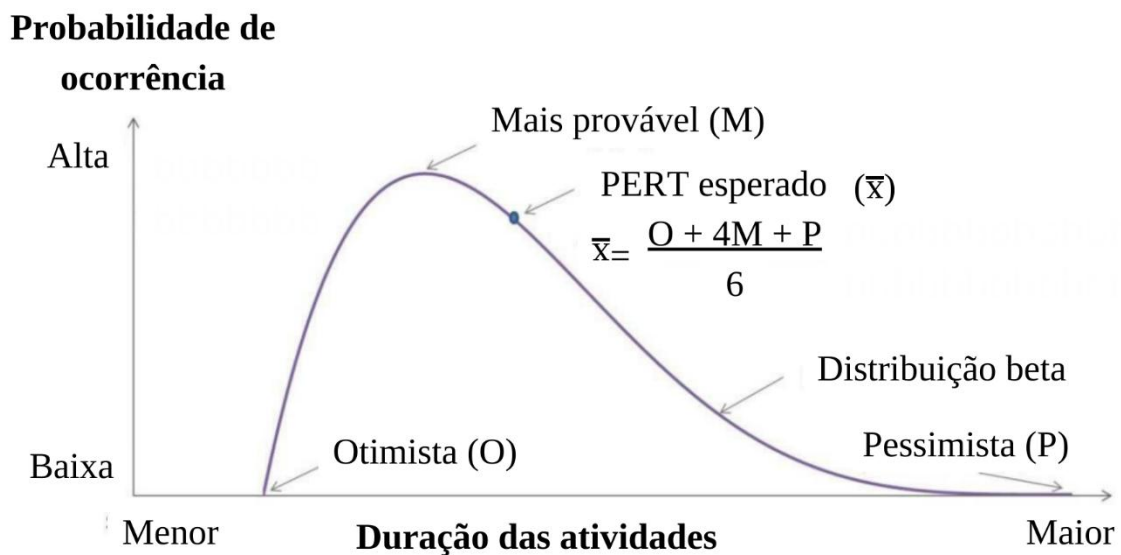
Com o advento da construção dos submarinos atômicos Polaris nos EUA em 1958, o governo estadunidense viu a necessidade uma ferramenta que garantisse que os processos atrelados ao projeto pudessem ser planejados e controlados, visando o cumprimento do prazo e dos custos calculados, nesse sentido, emerge a técnica PERT (Husin *et al.*, 2019).

Diferentemente do CPM, que consiste em uma metodologia determinística, o *Program Evaluation and Review Technique* possui uma abordagem estocástica mais complexa, na qual consideram-se três cenários (Mattos, 2019):

- Mais provável: duração da atividade com expectativas mais realistas;
- Otimista: duração da atividade com o melhor cenário;
- Pessimista: duração da atividade com o pior cenário.

A Figura 4 representa uma curva típica de uma distribuição de probabilidade beta que rege a técnica PERT.

Figura 4: Distribuição de probabilidade beta



Fonte: Adaptado de Hajdu; Bokor, (2014).

A duração esperada da atividade é dada pela equação (1):

$$\mu = \frac{O + 4M + P}{6} \quad (1)$$

Em que:

- μ : tempo esperado;
- O : tempo em cenário otimista;
- M : tempo em cenário mais provável e
- P : tempo em cenário pessimista.

Na distribuição beta, considera-se o desvio padrão (σ) conforme equação (2):

$$\sigma^2 = \left(\frac{P - O}{6} \right)^2 \quad (2)$$

O segundo estágio consiste em identificar todas as atividades críticas e seus respectivos valores μ_i e σ_i , permitindo calcular a média e desvio padrão da duração global do projeto, por meio das equações (3) e (4). Dessa forma, presume-se que a duração dos projetos sempre segue uma distribuição Normal.

$$\mu_p = \sum_{i \in \text{caminho crítico}} \mu_i \quad (3)$$

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i \in \text{caminho crítico}} \sigma_i^2} \quad (4)$$

Entretanto, apesar de amplamente difundido, algumas pesquisas consideram que o equacionamento proposto por Malcolm et al., (1959) possui diversas inconsistências. Inicialmente as equações implicam que a duração de cada atividade segue uma distribuição Beta, apesar de as etapas seguintes da metodologia PERT utilizarem μ e σ como parte de uma distribuição Normal, uma vez que os autores da metodologia acreditavam que o Teorema Central do Limite se aplicaria nesse caso, entretanto, ele não o faz (Ballesteros-Pérez; Larsen; González-Cruz, 2018).

Herrerías-Velasco, Herrerías-Pleguezuelo e Van Dorp (2011) conduziram em seu estudo, uma revisão do modelo inicialmente proposto por Malcolm et al., (1959), e identificaram que uma das limitações mais notáveis do PERT concerne a variância na distribuição normal-beta, que é a medida de incerteza. Segundo Herrerías-Velasco, Herrerías-Pleguezuelo e van Dorp (2011), para a assertividade da variância, é necessário que a Equação (2) seja associada a multiplicação por um fator K, conforme equação (5).

$$K = \sqrt{\frac{5}{7} + \frac{16(M - O)(P - M)}{7(P - O)^2}} \quad (5)$$




Malcolm et al., (1959) mencionam brevemente em sua publicação que as simplificações propostas pelas equações à época resultam em estimativas tendenciosas, fornecendo tempos de duração demasiadamente otimistas para os eventos.

2.5 Visualização Cronológica das Etapas de Projeto: Diagrama de Rede e Diagrama de Gantt

O método de diagrama de flecha, também conhecido como ADM (*Arrow diagramming method*), auxilia a representação gráfica da relação de precedência de atividades por meio de uma rede diagramática. Os elementos gráficos utilizados no ADM estão dispostos no Quadro 2, e Ulbricht, Dos Santos e Moura, (2020) apontam que os componentes básicos de uma rede PERT são:

- a. Tarefas: representadas por setas contínuas, mostram o tempo de desenvolvimento de cada atividade.
- b. Tarefas fantasma: representadas por setas pontilhadas, que não consomem recursos e nem tempo.
- c. Eventos: determinam o início e fim de cada tarefa, e são representados por círculos vazios.

Quadro 2: Elementos do ADM

Notação	Elemento gráfico
Tarefa	
Tarefa fantasma	
Evento	

Fonte: Adaptado de Prado, (2015).

East, (2015) pondera que o ADM possibilita a representação sequencial e a respectiva duração das atividades, na qual as bases das setas representam o início de uma tarefa, bem como as flechas representam o término. Além disso, os eventos são representados por nós para auxiliar na lógica diagramática, sendo que a cada nó associa-se uma variável “i” e “j”, que denotam o início e fim de uma atividade, respectivamente.

Dessa forma, East (2015) argumenta que uma vez que projetos são definidos por um início e fim específicos, também existem inícios e fins únicos para cada atividade, formando um par ordenado (“nó-i”; “nó-j”).

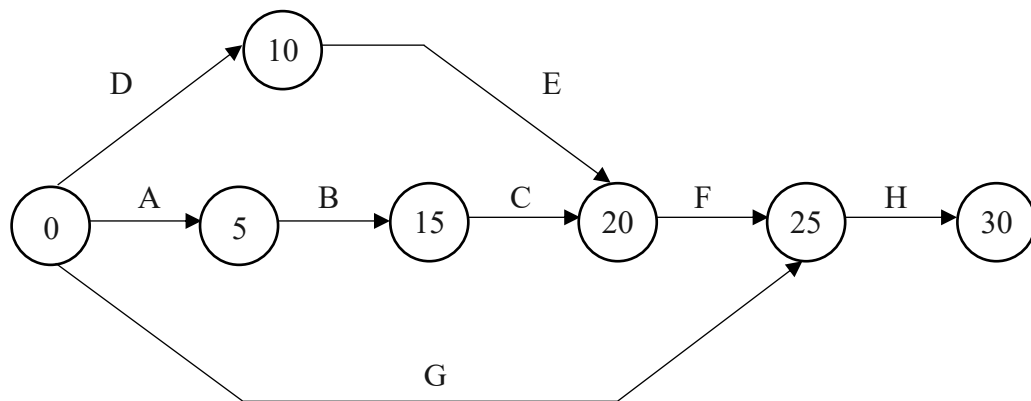
O Quadro 3 dispõe as principais atividades para a execução de um bloco de fundação típico. Com base no sequenciamento apresentado, é possível elaborar o ADM referente ao processo, conforme Figura 5. Dessa forma uma atividade sempre estará associada a um par ordenado, por exemplo, escavação da fundação: B (5,15).

Quadro 3: Atividades de um bloco de fundação

Código	Atividade	Predecessoras
A	Locação da fundação	-
B	Escavação da fundação	A
C	Montagem das formas	B
D	Obtenção do aço	-
E	Preparação da armação	D
F	Colocação da armação	C, E
G	Mobilização da betoneira	-
H	Concretagem	F, G

Fonte: Adaptado de Mattos, (2019).

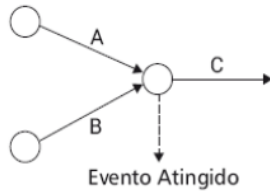
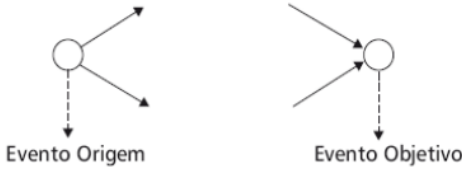

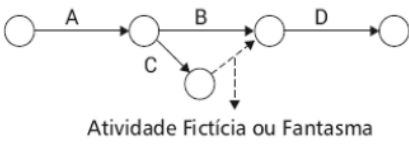
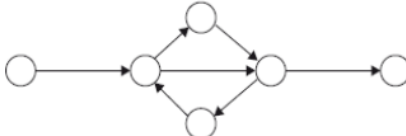
Figura 5: ADM de um bloco de fundação



Fonte: Adaptado de Mattos, (2019).

Não obstante, boas práticas são necessárias ao se usar *Arrow diagramming method* na representação de projetos, para que se assegure a clareza e padronização de informações. Carvalho e Junior (2015) elencam as principais regras ao se empregar a notação em redes PERT/CPM, conforme Figura 6.

Figura 6: Regras para a elaboração do *Arrow diagramming method* numa rede PERT/CPM

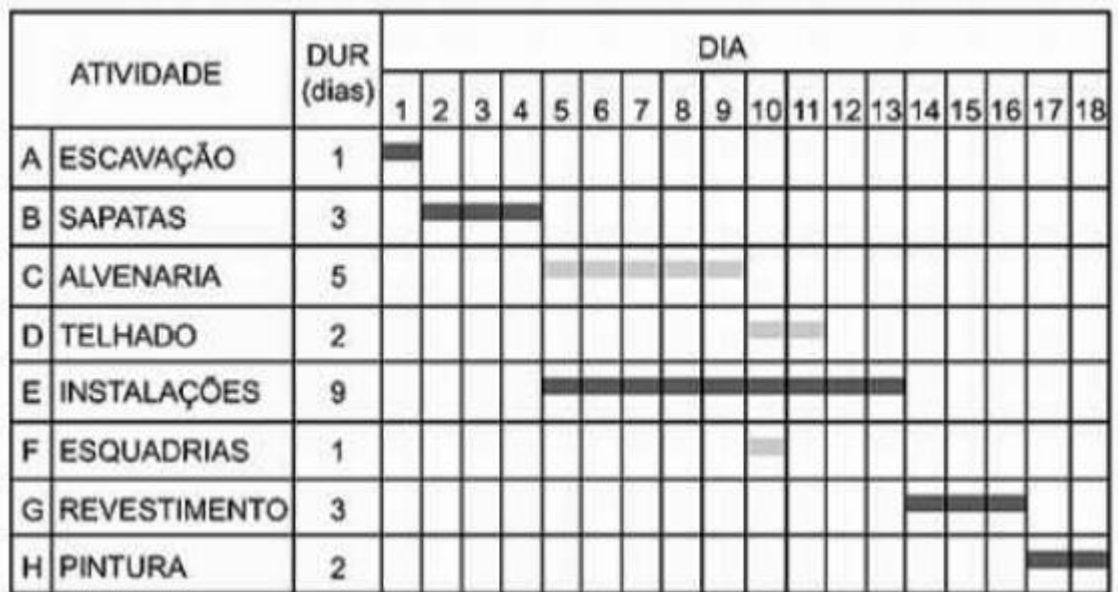
Regra	Ilustração
Um evento é considerado atingido quando todas as atividades que convergem para ele forem concluídas, do tipo término/início.	
Existe sempre um Evento Origem e um Evento Objetivo/Destino. Todas as atividades que não têm precedência partem do Evento Origem.	
Entre 2 eventos sucessivos deve existir somente uma atividade.	
Atividades Fantasmas ou Fictícias não consomem tempo nem recurso e são utilizadas quando as relações lógicas de dependência não podem ser representadas corretamente com as setas das atividades normais.	
Não devem existir <i>loops</i> , desvios condicionados ou ciclos fechados.	

Fonte: Carvalho; Junior, (2015)

Outra forma difundida de representação do início e término das atividades de um determinado projeto é o cronograma de Gantt, desenvolvido pelo engenheiro estadunidense Henry Gantt. O recurso gráfico faz uso de barras em escala de tempo que mensuram a duração das atividades, que por sua vez são indicadas na parte esquerda do diagrama (Mattos, 2019). A Figura 7 é um modelo típico do recurso.

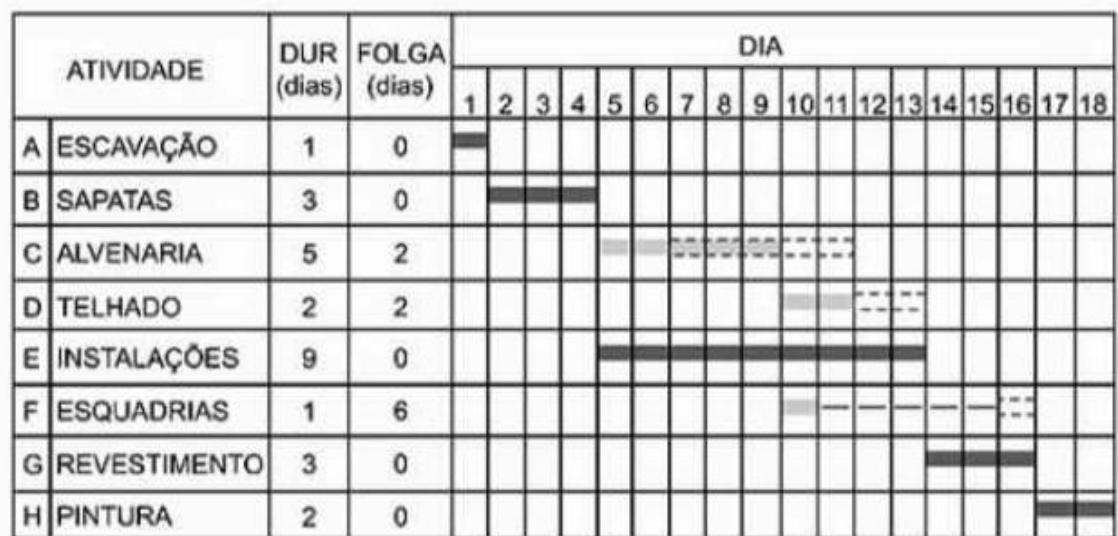
Inicialmente concebido como um diagrama de barras, o Cronograma de Gantt não indica as relações de ligação entre as atividades, não considera as folgas e não mostra o caminho crítico, desse modo, surge uma versão mais detalhada da ferramenta, o cronograma integrado Gantt-PERT/CPM-Roy (Mattos, 2019), e a Figura 8 modela as atividades da Figura 7 no formato de cronograma integrado.

Figura 7: Exemplo de cronograma de Gantt



Fonte: Mattos, (2019)

Figura 8: Exemplo de cronograma integrado de Gantt -PERT/CPM-Roy



Fonte: Mattos, (2019)

De acordo com Chiodelli e Giandon (2017), quando comparado com o cronograma puro de Gantt, o cronograma integrado pode incluir alguns aspectos que contribuem no melhor entendimento das atividades, como:

- Sequenciação de atividades, indicada por pequenas setas que mostram a dependência entre elas;

- Destaque das atividades críticas, normalmente hachuradas ou exibidas com um traço mais forte ou representadas com cores distintas;
- Apontamento das folgas temporais disponíveis;

As atividades em cinza mais escuro representam as atividades críticas, ao passo que em cinza mais claro são não críticas. As atividades não críticas possuem mais tempo disponível para sua execução, esse tempo é denominado folga, e um atraso dentro da folga não impactará no tempo total do projeto.

Na Figura 8, a atividade C (Alvenaria), por exemplo, pode se deslocar até 2 dias do prazo inicial estipulado, de modo que não afete o início da atividade subsequente D (Telhado).

2.6 Programação Linear e Microsoft Project

A programação de atividades no PERT/CPM é regida por meio de um conjunto de equações para obtenção do tempo mais cedo e tempo mais tarde dos eventos.

O tempo em que um evento ocorre é igual à duração da atividade que o precede, somada ao tempo do evento de onde essa atividade se origina. No caso de haver duas ou mais atividades que chegam a um mesmo evento, o tempo do evento é o maior entre as somas, e para o evento inicial (T_{c0}), considera-se a duração 0 (Mattos, 2019). A realização do cálculo do tempo mais cedo dos eventos ocorre conforme a ordem cronológica da rede, tal processo é denominado “passada para frente” ou “direta” (*forward pass*), e o equacionamento é dado conforme (6) e (7).

$$T_{c0} = 0 \quad (6)$$

$$T_c = \max (T_{c_{evento\ predecessora}} + D_{atividade\ predecessora}) \quad (7)$$

Em que:

- T_c : tempo mais cedo do evento;
- T_{c0} : tempo mais cedo da atividade inicial;
- D : duração da atividade.

No caso de redes menos complexas, que contêm poucas atividades, o cálculo dos tempos mais cedo auxilia na identificação do caminho crítico, e por conseguinte, as que determinam o prazo total. No caso de redes mais complexas, que contêm um número maior de atividades, é

necessário o cálculo dos tempos mais tarde dos eventos para que se possa identificar o caminho crítico (Mattos, 2019). Para tanto, utiliza-se as Equações (8) e (9).

$$T_{t\ final} = T_{c\ final} \quad (8)$$

$$T_t = \min (T_{t\ evento\ sucessor} - D_{atividade\ sucecessora}) \quad (9)$$

Em que:

- T_t : tempo mais tarde do evento;
- $T_{t\ final}$: tempo mais tarde da atividade final;
- $T_{c\ final}$: tempo mais cedo da atividade final;
- D : duração da atividade.

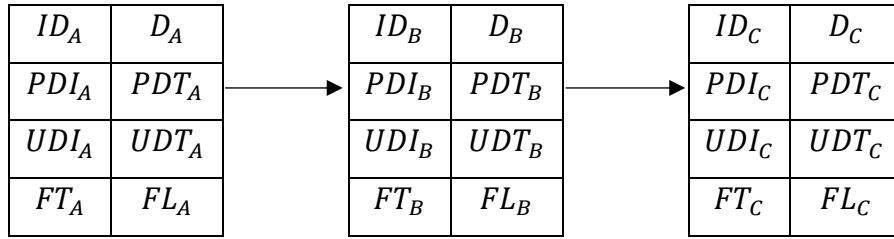
No cálculo do tempo mais tarde, o processo é designado como “passada reversa” (*backward pass*), no qual se subtrai as durações das atividades, percorrendo a rede em ordem inversa à do tempo mais cedo, até que se atinja o evento inicial (Mattos, 2019).

Com o cálculo dos tempos mais cedo e mais tarde de cada evento, sucede-se com a determinação da primeira e da última oportunidade de programação das atividades, e das suas folgas, também chamadas *slack* ou *float* (Carvalho; Junior, 2015). Para tanto, definem-se as seguintes variáveis:

- ID : identificação da atividade;
- D : duração da atividade;
- PDI : primeira data de início;
- PDT : primeira data de término;
- UDI : última data de início;
- UDT : última data de término;
- FT : folga total;
- FL : folga livre;

Tais variáveis são representadas em blocos, que posteriormente são encadeados de forma sequencial, formando uma rede análoga à do diagrama de flechas (ADM). A Figura 9 ilustra um exemplo com três atividades (A, B e C).

Figura 9: Exemplo de diagrama de blocos



Fonte: Autor, 2024.

As etapas do procedimento algébrico a seguir (Equações (10) a (15)) são apresentadas por Mattos, (2019). Para as primeiras atividades, ou seja, aquelas sem predecessoras, considera-se a primeira data de início como 0. Em seguida, calcula-se a primeira data de término conforme Equação (10).

$$PDT = PDI + D \quad (10)$$

No caso das demais atividades, aquelas que possuem predecessoras, a primeira data de início é a maior entre as datas de término das atividades anteriores, tal como a Equação (11). Para a data de término, utiliza-se a Equação (10) novamente, repetindo os cálculos até percorrer todas as atividades da rede.

$$PDI = \max (PDT_{predecessoras}) \quad (11)$$

Em seguida, realiza-se a passada reversa (*backward pass*), atribuindo o término mais cedo à última data de término (*UDT*), para todas as atividades que não possuem sucessoras.

Para o cálculo da última data de início (*UDI*) das atividades finais, utiliza-se a Equação (12), sendo que os valores da última data de início são atribuídos também como última data de término das atividades que a antecedem. Caso uma atividade possua mais de uma sucessora, então a última data de término é o mínimo entre as $UDT_{sucessoras}$, de acordo com a equação (13).

$$UDI = UDT - D \quad (12)$$

$$UDI = \min (UDT_{sucessoras}) \quad (13)$$

A folga total consiste no tempo em que uma atividade pode sofrer de atraso sem que retarde o prazo total do projeto (Equação (14)). De forma análoga, a folga livre consiste no

intervalo de tempo que uma atividade pode ser defasada de modo que não impacte o início mais cedo (PDI) das atividades subsequentes (Equação (15)).

$$FT = UDI - PDI \text{ ou } FT = UDT - PDT \quad (14)$$

$$FL = \min (PDI_{sucessoras} - PDT) \quad (15)$$

2.6.1 Microsoft Project

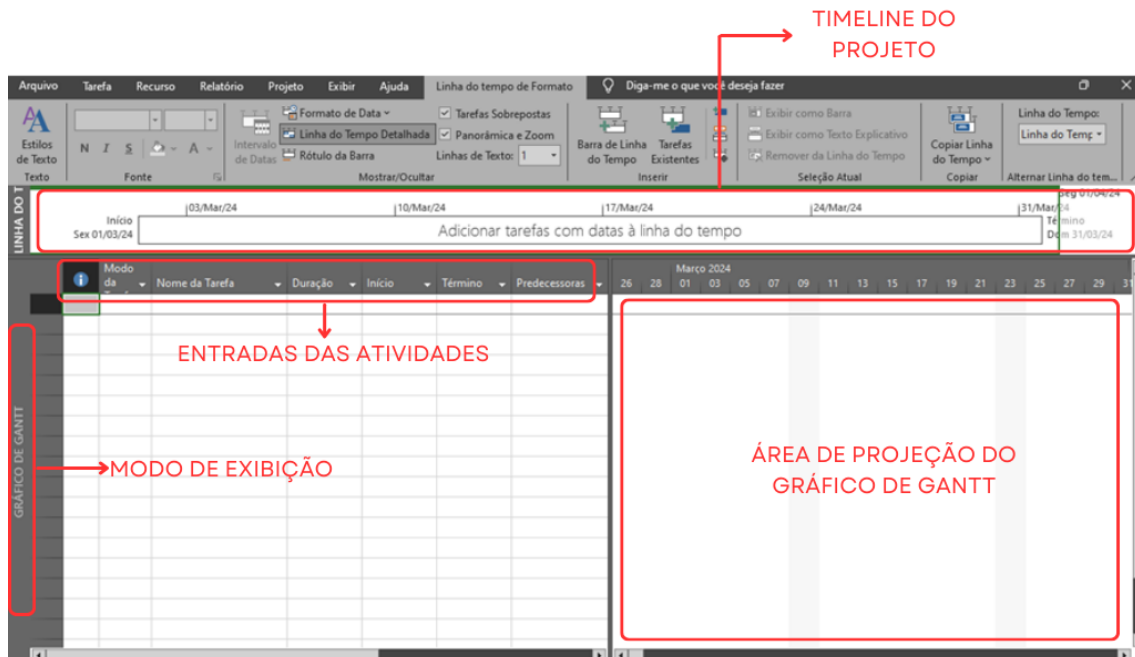
Nesse sentido, o Microsoft Project ® é um software que foi desenvolvido para auxiliar no gerenciamento de projetos, e possibilita organizar informações sobre os tempos das tarefas e associar os custos relativos à mão-de-obra e insumos. A ferramenta assiste no controle dos prazos de forma que o orçamento não seja excedido, contribuindo para o atingimento das metas estipuladas em um dado projeto (Barra et al., 2013).

Segundo Barra et al., (2013), o software possui interface gráfica e bons recursos para gerenciar projetos variados, dos mais simples aos mais complexos, e a Figura 10 ilustra o layout padrão da ferramenta. Prado e Marques (2017) consideram que alguns dos recursos do MS Project são:

- A criação de tarefas na forma de blocos interligados, de forma análoga ao modelo de diagrama de rede;
- Faz o uso de planilhas no processo de entrada de dados, de modo que cada linha dispõe informações sobre uma tarefa, e as colunas contêm informações específicas das tarefas ou recursos.
- Permite a criação de relações de precedência entre as tarefas, podendo ser relações do tipo fim-início, início-início, fim-fim e início-fim.
- Possibilita a criação de níveis hierárquicos entre as atividades, o que auxilia na criação da estrutura analítica do projeto

Para Lopes (2018), os softwares possuem papel importante no gerenciamento, uma vez que auxiliam no planejamento, programação e controle de projetos. O Microsoft Project ®, por exemplo, apresenta o cronograma integrado Gantt-PERT/CPM-Roy na sua interface, e confere agilidade na obtenção de relatórios e gráficos de acompanhamento e controle no gerenciamento da produção, bem como do tempo do projeto, e do controle orçamentário do empreendimento.

Figura 10: Interface do Microsoft Project ®



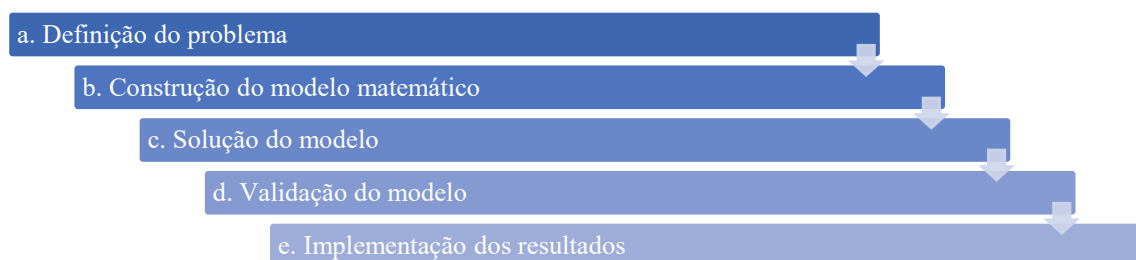
Fonte: Microsoft ©, 2025.

2.6.2 Programação Linear

Outra alternativa de se obter a solução do equacionamento é por meio do uso da programação linear (PL). Esta ferramenta surgiu no final da década de 1940 e é uma técnica de planejamento englobada pela pesquisa operacional. Sua aplicabilidade abrange diversas áreas como teoria das filas, simulação e PERT/CPM e é uma das técnicas mais utilizadas nesse campo, principalmente quando se trata do cotidiano de planejamento empresarial (Prado, 2016).

A programação linear, como outros problemas de pesquisa operacional, possui um sequenciamento que pode ser visualizado na Figura 11, e a implementação de cada fase pode sofrer variações dependendo do tipo de problema e ambiente em que a ferramenta está sendo aplicada (Belfiore; Fávero, 2013).

Figura 11: Fases do estudo da pesquisa operacional



Fonte: Adaptado de Belfiore; Fávero, (2013).

Belfiore; Fávero, (2013) conceituam as etapas da seguinte forma:

- a. Definição do problema: etapa em que se estabelece quais os objetivos a serem alcançados e potenciais caminhos para a resolução do modelo do modelo;
- b. Construção do modelo matemático: definição do sistema de equações e inequações que modelará a otimização do problema;
- c. Solução do modelo: fase em que se utiliza de recursos algébricos e computacionais para obtenção da solução;
- d. Validação do modelo: para que um modelo seja considerado válido, deve representar o comportamento do sistema estudado com precisão aceitável;
- e. Implementação dos resultados: diante da validação, é possível realizar a implementação do modelo sob o supervisionamento de especialistas.

No caso da programação linear, o objetivo principal é encontrar o valor máximo, ou o valor mínimo, em um problema com diversas opções de escolha e que apresenta restrições (Prado, 2016).

Além disso, a construção do modelo matemático na PL é modelada conforme equações (16) e (17) (Lachtermacher, 2016).

$$\text{Otimizar } Z = f(x) = f(x_1, \dots, x_n) \quad (16)$$

$$\text{Sujeito a } \left. \begin{matrix} g_1(x_1, \dots, x_n) \\ g_2(x_1, \dots, x_n) \\ \vdots \\ g_m(x_1, \dots, x_n) \end{matrix} \right\} \leq, = \text{ ou } \geq \begin{cases} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{cases} \quad (17)$$

Em que:

- $Z = f(x)$: função objetivo;
- $g_i(x_1, \dots, x_n) = b_i$: função de restrição;
- n : número de variáveis do problema;
- m : número de restrições do problema;
- b_i : constante da i -ésima restrição.

Ressalta-se que para que um problema seja considerado de programação linear, a função objetivo ($Z = f(x)$) e as restrições ($g_i(x_1, \dots, x_n) \forall i \in \mathbb{N} \mid i = 1, 2, \dots, m$) devem ser representadas por funções lineares das variáveis de decisão, ou seja, envolvem apenas constantes e termos com variáveis de primeira ordem (Belfiore; Fávero, 2013).

Amlie (2009) aponta que os recursos mais recorrentes na resolução de problemas deste tipo são o Solver, incorporado ao Microsoft Excel ®, e o Lindo ® (*Linear, Interactive, and Discrete Optimizer*).

No caso do PERT/CPM, a PL pode ser aplicada em conjunto com o diagrama de rede, identificando o caminho crítico e as equações que regem a duração das atividades, que formarão as restrições do problema. Por fim, a função objetivo do problema comumente será a minimização o tempo total de execução/duração do projeto, uma vez que se objetiva a conclusão do projeto em menores prazos.

Ademais, a aplicação das técnicas e da modelagem de pesquisa operacional na construção civil pode trazer bons resultados para o gerenciamento do processo construtivo. Essa abordagem é amplamente adotada em diversas indústrias e pode ser ferramenta base na construção civil (Viana *et al.*, 2020), e o confronto das informações obtidas por meio da PL com o PERT/CPM contribui para a validação e operacionalização dos resultados.

3 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DAS BARREIRAS E BENEFÍCIOS NO USO DO PERT E CPM

3.1 Strings de Busca

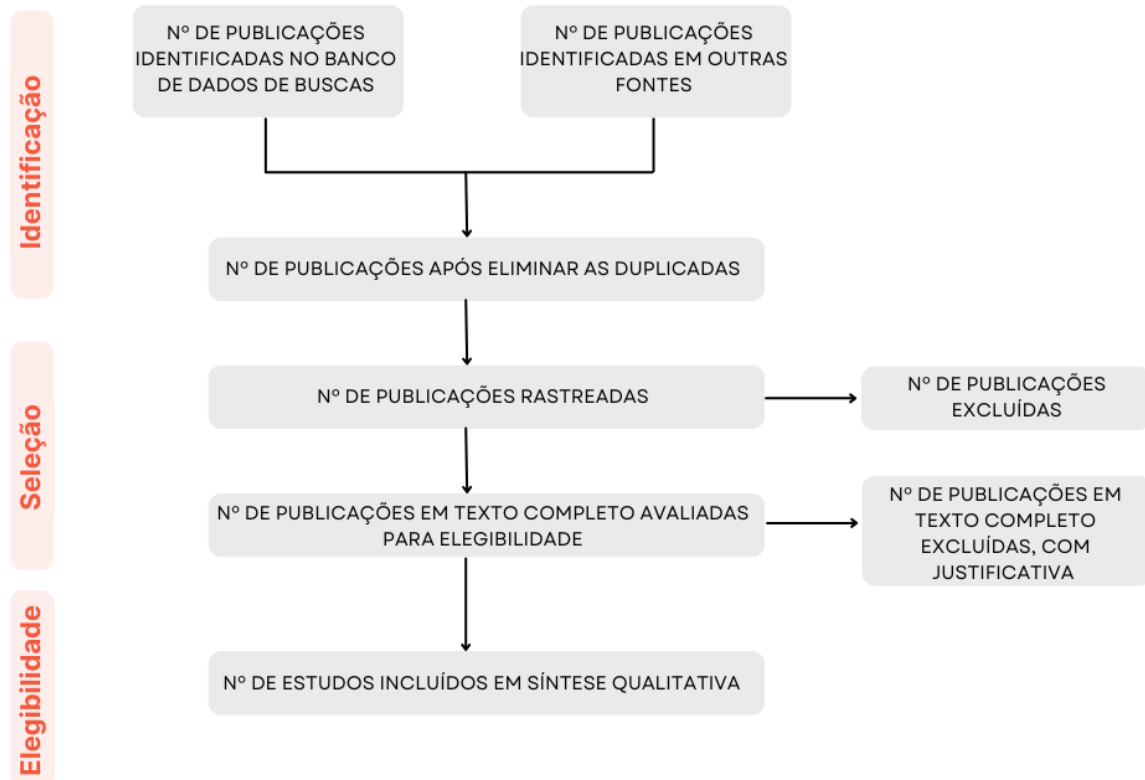
Para a análise bibliométrica deste trabalho adotou-se as recomendações das diretrizes PRISMA⁷, por ser uma metodologia com grande versatilidade, uma vez que possui aplicabilidade em uma gama variada de estudos, como análises quantitativas e qualitativas, revisões sistemáticas com sumarização e outros métodos de sumarização estatística (Page *et al.*, 2023).

O fluxograma apresentado na Figura 12 apresenta o sequenciamento de etapas da declaração prisma, que podem ser agrupadas em três macro etapas, identificação, seleção e elegibilidade (Page *et al.*, 2023):

- a. Identificação: etapa em que se busca o material relevante para a análise, incluindo estudos de revisões sistemáticas anteriores, novos estudos encontrados em bases de dados ou outras fontes. É importante detalhar as fontes (bases de dados, repositórios de registros, sites e outras fontes pesquisadas), datas e tipos de materiais usados.
- b. Seleção: nessa etapa ocorre uma avaliação criteriosa dos materiais pesquisados, sendo que são definidos os critérios de inclusão e exclusão da revisão para seleção das publicações pertinentes, além de indicar quais métodos foram usados para decidir se uma publicação atende aos pressupostos da revisão.
- c. Elegibilidade: os estudos incluídos na análise da revisão sistemática são agrupados e apresentados, além disso nessa etapa aponta-se se houve uso de softwares para auxiliar no tratamento dos dados e qual o procedimento adotado neste uso.

⁷ PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*): Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises

Figura 12: Etapas de uma revisão sistemática da literatura.



Fonte: Adaptado de Galvão; Pansani; Harrad, (2015).

A análise bibliométrica deste trabalho teve como objetivo mapear, classificar e analisar criticamente os estudos existentes sobre a aplicação das ferramentas PERT e CPM no contexto da construção civil. Nesse sentido, a definição das estratégias de busca e dos critérios de seleção foi orientada por um conjunto de perguntas norteadoras, concebidas com o intuito de garantir alinhamento entre os objetivos da análise e o problema central da pesquisa.

As perguntas que motivaram a realização da revisão foram:

- Quais são os principais benefícios relatados na literatura científica sobre a aplicação das ferramentas PERT e CPM em projetos da construção civil?
- Quais são as limitações, barreiras ou desafios apontados em estudos que tratam da implementação do PERT e CPM na prática da construção civil?
- Como as ferramentas PERT e CPM têm sido utilizadas, modificadas ou integradas a outras metodologias de gerenciamento de projetos ao longo do tempo no setor da construção?

- Quais países ou contextos têm maior produção científica sobre o uso do PERT e do CPM na construção civil, e como se comparam ao cenário brasileiro?
- Existe consenso na literatura quanto à efetividade do PERT e do CPM na redução de atrasos, desperdícios ou falhas de planejamento em obras civis?

A partir dessas questões, foram elaboradas as *strings* de busca utilizadas nas bases de dados selecionadas, com o objetivo de abranger estudos relevantes, contemporâneos e alinhados à temática investigada. As etapas subsequentes da revisão, bem como os critérios de inclusão, exclusão e análise dos dados, são apresentados nas seções seguintes.

A análise bibliométrica deste trabalho foi feita baseada em palavras-chave associadas por meio da combinação booleana, conforme Quadro 4 e Quadro 5, que subsidiaram a formação de *strings* para pesquisa de acordo com título, resumo e palavras-chave dos artigos nas bases de dados utilizadas. Para complementar a acurácia da pesquisa, utilizou-se também a combinação de palavras-chave em português nas bases de busca nacionais, conforme Quadro 5.

Quadro 4: *Strings* e palavras-chave usados na pesquisa em bases internacionais e nacionais

Combinação booleana: PERT AND CPM AND Benefits AND Barriers AND Project Management	
PERT	“PERT” or “Program Evaluation and Review Technique” or “Program Evaluation Review Technique”
CPM	“CPM” or “Critical Path Method”
Benefits	“Benefits” or “advantages” or “gains” or “results” or “pluses” or “highlights” or “positive aspects” or “opportunities” or “strengths”
Barriers	“Limitations” or “disadvantages” or “difficulties” or “barriers” or “obstacles” or “hurdles” or “minuses” or “shortcomings” or “negative aspects” or “struggles” or “challenges”
Project Management	“Project Management” or “PM”

Fonte: Do autor. (2025)

Quadro 5: *Strings* e palavras-chave usados na pesquisa em bases nacionais.

Combinação booleana: PERT E CPM E Benefícios E Barreiras E Gestão de projetos	
PERT	“PERT” ou “Program Evaluation and Review Technique” or “Program Evaluation Review Technique”
CPM	“CPM” ou “Critical Path Method” ou “Método do caminho crítico”
Benefícios	“Benefícios” ou “vantagens” ou “ganhos” ou “resultados” ou “pros” ou “destaques” ou “aspectos positivos” ou “oportunidades” ou “pontos fortes”
Barreiras	“Limitações” ou “desvantagens” ou “dificuldades” ou “barreiras” ou “obstáculos” ou “entraves” ou “contras” ou “insuficiências” ou “pontos negativos” ou “desafios”
Gestão de projetos	“Gestão de projetos” ou “Gerenciamento de projetos”

Fonte: Do autor. (2025)

Durante o processo de elaboração das *strings* de busca, também foram testadas formulações alternativas, compostas por menor número de palavras-chave e termos associados. O objetivo dessa estratégia foi verificar se a redução da complexidade das expressões de busca poderia ampliar o número de resultados obtidos nas bases consultadas. No entanto, observou-se que essa simplificação não trouxe acréscimo significativo no volume de publicações identificadas, mantendo-se dentro de um patamar próximo ao já alcançado com as *strings* mais elaboradas.

Dessa forma, apesar dos ajustes realizados na formulação das combinações de palavras-chave, o número final de publicações relevantes para análise não se mostrou elevado. Essa constatação evidencia que, mesmo com diferentes tentativas de refinamento na estratégia de busca, a quantidade de estudos que atendem aos critérios estabelecidos permaneceu limitada, constituindo uma das restrições enfrentadas pelo presente trabalho, o que reforça a necessidade de ampliar investigações futuras sobre o tema em diferentes contextos e bases de dados.

3.1.1 Base de Dados Internacional

A pesquisa na base de dados internacional foi aplicada em duas fontes, Scopus e Web of Science, as duas maiores bases de dados internacionais (Abdulhayoglu; Thijs, 2018).

A Scopus foi criada em 2004 pela Elsevier e é considerada um dos maiores bancos de dados de citações global na atualidade, abrangendo revistas científicas, livros e atas de conferências, por exemplo (SINGH et al., 2021), e sua biblioteca inclui mais de 91 milhões de registros, além de dispor de uma interface que permite uma pesquisa criteriosa, com filtragem de dados e visualização dinâmica das informações (Da Costa; Silva; De Assunção, 2023).

Por sua vez, a Web of Science é uma base de dados multidisciplinar que possui uma coleção principal que seleciona as revistas mais influentes e rigorosas em cada área do conhecimento. Não obstante, a Web of Science também abrange outras coleções que incluem fontes regionais, emergentes e especializadas. Essa combinação de cobertura ampla e seletividade torna a Web of Science uma ferramenta valiosa para pesquisadores em busca de informações acadêmicas de grande relevância (Da Costa; Silva; De Assunção, 2023).

Apesar das vantagens, Scopus e Web of Science possuem limitações quanto à abrangência, atualização, coerência e utilidade de seus conteúdos e atividades (Da Costa; Silva; De Assunção, 2023), nesse sentido, fez-se o uso complementar das duas fontes de dados objetivando obter uma perspectiva mais precisa e diversificada da literatura científica internacional.

Com as publicações selecionadas em ambos os bancos de dados, foi possível a exportação de relatórios em planilhas de dados no formato “csv”, que subsidiaram posterior manipulação no Microsoft Excel ®. Analisando os resultados obtidos, aplicou-se os seguintes filtros:

- a. Publicações de artigos e trabalhos em eventos;
- b. Publicações em inglês, português ou espanhol;
- c. Publicações com base de acesso livres;
- d. Publicações não duplicadas.

Ante a categorização dos arquivos obtidos, realizou a leitura em três níveis (título, resumo e texto) para identificar a pertinência ou não das publicações para a revisão bibliográfica desde trabalho.

Inicialmente, a pesquisa nas bases Scopus e Web of Science resultou na identificação de 37 registros. Na etapa de triagem foram removidas as publicações que não atendiam os critérios de seleção, restando 15 publicações. Em seguida, procedeu-se à avaliação da elegibilidade pelo título, resumo e texto integral, culminando na seleção final de 15 artigos que integraram a amostra para a análise bibliométrica, listados no Quadro 6.

Quadro 6: Artigos internacionais selecionados na revisão sistemática da literatura.

ID	Título	Ano	Autor
1	From Dimes to Deadlines: What Project Management Techniques Are Right for You?	2024	Smith R.; Liggett W.; Niewola J.; Hegarty K.
2	Improving Dijkstra's algorithm for Estimating Project Characteristics and Critical Path	2022	Siripurapu A.; Nowpada R.S.; Srinivasa Rao K.
3	Do projects really end late? On the shortcomings of the classical scheduling techniques	2018	Ballesteros-Pérez P.; Larsen G.D.; González-Cruz M.C.
4	Integrating a procurement management process into Critical Chain Project Management (CCPM): A case-study on oil and gas projects, the piping process	2018	Jo S.-H.; Lee E.-B.; Pyo K.-Y.
5	An overview of critical path applied to project management with WinQSB software	2012	Gurau M.A.; Melnic L.V.
6	An overview of Critical Chain applied to Project Management	2011	Correia F.; Abreu A.
7	State of the Art of Correlation-Based Models of Project Scheduling Networks	2011	Junwen Mo, Yilin Yin, and Mingxia Gao
8	Project's duration prediction: Traditional tools or simulation?	2007	Diamantas V.K.; Kirytopoulos K.A.; Leopoulos V.N.
9	Decision model for priority control of traffic signals	2006	Head L.; Gettman D.; Zhiping W.
10	Resource-constrained project management using enhanced theory of constraint	2002	Wei C.-C.; Liu P.-H.; Tsai Y.-C.
11	Activity scheduling in the dynamic, multi-project setting: choosing heuristics through deterministic simulation	1999	Ash Robert C.
12	Clarification of node representation in generalized activity networks for practical project management	1994	W Dawson C.; J Dawson R.

ID	Título	Ano	Autor
13	Artificial intelligence techniques for generating construction project plans	1988	Levitt R.E.; Kartam N.A.; Kunz J.C.
14	Simulation approach for managing engineering projects	1986	Kostetsky Oleh
15	The trade-off between the net present cost of a project and the probability to complete it on schedule	1986	Shtub A.

Fonte: Do autor. (2025)

Quanto à distribuição geográfica das publicações, a análise da produção científica internacional evidenciou uma predominância de publicações oriundas de países com tradição consolidada em práticas estruturadas de gerenciamento de projetos, como Estados Unidos (27% do total de publicações) e países do continente europeu (40% do total de publicações), como Reino Unido, Espanha e Grécia, conforme Figura 13. Esses países figuram entre os mais recorrentes nos resultados obtidos nas bases de dados internacionais, o que pode ser atribuído, em parte, ao seu pioneirismo na institucionalização do gerenciamento de projetos como disciplina técnica e acadêmica

Desde 1945, os EUA têm sido dominantes tanto na prática da pesquisa básica quanto na criação de políticas públicas para seu apoio, o que se traduz em Prêmios Nobel, artigos científicos e citações, a forte atração exercida sobre pesquisadores estrangeiros e, pelo crescimento significativo de empresas e indústrias norte-americanas baseado diretamente em pesquisa científica (Pavitt, 2001), o que corrobora para o destaque dos EUA na liderança de publicações também no setor de projetos. De acordo com Anderson (2024), em 2021, 49% do investimento total em pesquisa e desenvolvimento nos EUA foram financiados por empresas, também ressaltando o interesse do setor corporativo em pesquisas.

Não obstante, o desenvolvimento das técnicas PERT e CPM remonta à década de 1950, sendo aplicado inicialmente em grandes projetos militares e industriais nos EUA, como o programa Polaris da Marinha norte-americana. O país consolidou-se como referência no tema, com a criação do *Project Management Institute* (PMI) em 1969, que contribuiu para a padronização de práticas e para a disseminação global do guia PMBOK®⁸. Isso justifica o volume expressivo de estudos norte-americanos identificados na revisão, com forte ênfase em

⁸ PMBOK: acrônimo para *Project Management Body of Knowledge*

abordagens quantitativas e estudos de caso em grandes empreendimentos de engenharia (Kerzner, 2025) (Turner, 2014).

Twohig et al. (2023) apontam que no continente europeu os investimentos como do programa Horizon Europe, que é um programa-chave de financiamento da pesquisa e da inovação, contribuem para a colaboração e reforçam o impacto da investigação e da inovação na busca de soluções para desafios recorrentes na sociedade, incluindo a gestão sustentável de projetos. Tal perspectiva reforça o interesse dos europeus no desenvolvimento de técnicas eficazes para controle de projetos.

O Reino Unido se destaca historicamente no campo da gestão de projetos, especialmente com a adoção de metodologias como o PRINCE2®⁹, amplamente utilizadas em projetos públicos e de infraestrutura. As publicações oriundas desse país tendem a apresentar uma abordagem mais normativa e orientada por diretrizes de governança, o que reflete a forte regulação estatal sobre obras públicas e a cultura de planejamento estratégico em ambientes organizacionais (UK Cabinet Office, 2017) (Morris; Pinto, 2007).

No que concerne à produção acadêmica do Canadá, por sua vez, alguns estudos como o de Poirier, Forgues e Staub-French (2017), demonstram foco na integração de tecnologias digitais, como o BIM, com técnicas tradicionais de planejamento como PERT e CPM. aponta que o BIM potencializa a colaboração e eficiência em planejamento e agendamento de atividades, melhorando eficiência temporal em edifícios de grande porte, ressaltando a importância da associação de ferramentas projetuais como CPM e BIM para reduzir atrasos e melhorar a alocação de recursos na construção civil.

Na Austrália, algumas pesquisas recentes apontam investimento em desenvolvimento e gerenciamento de projetos, entretanto algumas barreiras persistem no país, como baixa interoperabilidade, cultura organizacional resistente e lacunas na capacitação técnica, especialmente em pequenas e médias empresas (Hosseini *et al.*, 2016). Além disso, a implementação do BIM na Austrália é cerca de 20 % menor em comparação aos Estados Unidos, sendo que sua adoção está condicionada à capacidade organizacional, cultura empresarial e retorno sobre o investimento (ROI), tais fatores são considerados limitantes na integração de ferramentas tradicionais de planejamento como PERT e CPM com novos recursos de controle e desenvolvimento de projetos como o BIM (Rodgers et al., 2016).

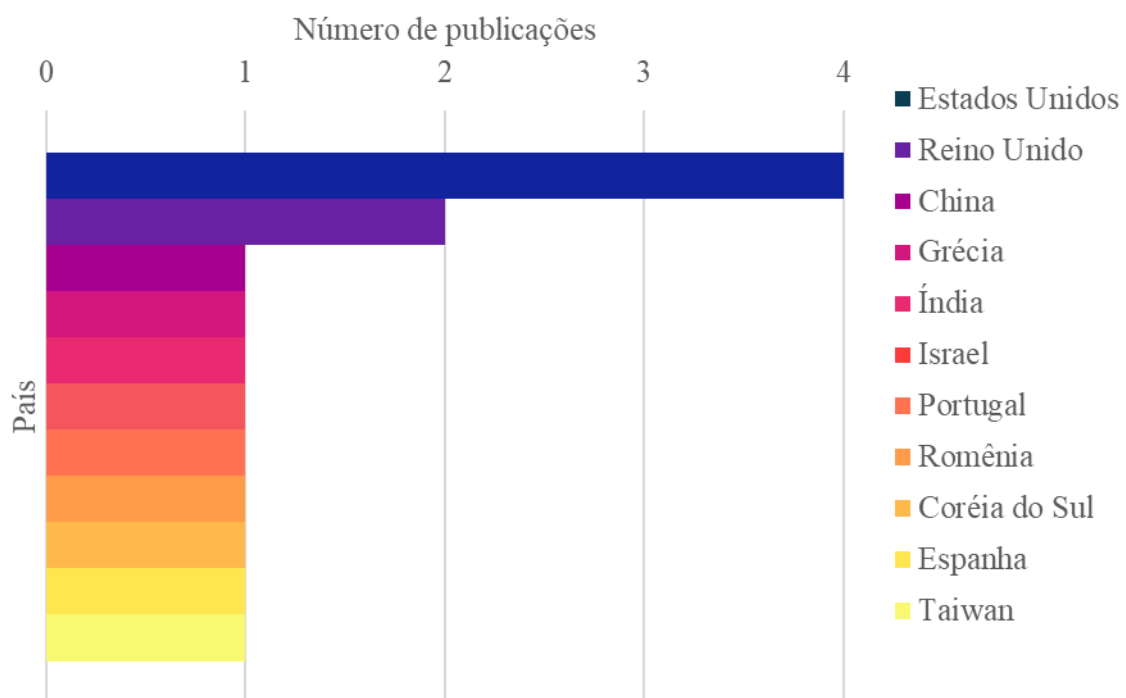
Países em desenvolvimento, como Índia e Irã, também apresentaram presença moderada na amostra de estudos, porém com abordagens que geralmente enfatizam os desafios

⁹ PRINCE2: acrônimo para *Projects in Controlled Environments*

operacionais da aplicação do de ferramentas de gerenciamento de projetos em contextos de recursos limitados, carência de qualificação técnica e baixa maturidade em gestão de projetos. Estudos realizados nesses países evidenciam obstáculos estruturais, como resistência à mudança, escassez de mão de obra capacitada e ausência de ferramentas digitais de apoio à gestão (Rezaei, 2012; R; Myneni, 2022).

A diversidade geográfica dos estudos coletados reforça a relevância global das técnicas PERT e CPM, ao mesmo tempo em que evidencia distintos níveis de maturidade na aplicação de práticas formais de planejamento. Tais diferenças regionais demonstram que, embora amplamente difundidas, essas ferramentas ainda enfrentam barreiras contextuais que variam de acordo com os fatores socioeconômicos, institucionais e culturais de cada país (Morris; Pinto, 2004; Shenhar; Dvir, 2007).

Figura 13: Publicações por país. Gráfico gerado pelo Microsoft Excel ®.



Fonte: Do autor (2025), com base nas informações extraídas do Scopus e Web of Science.

3.1.2 Base de Dados Nacional

Posto que as bases de dados internacionais utilizadas na revisão sistemática da literatura não abrangem publicações científicas brasileiras, utilizou-se duas fontes que o fazem: os Anais Eletrônicos do ENEGEP e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações.

Os Anais Eletrônicos do Encontro Nacional de Engenharia de Produção pela ABEPRO, foram escolhidos visto que o ENEGEP é o maior evento nacional em Engenharia de Produção (LIMA; RIBEIRO, 2021). A Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, por sua vez, é um repositório criado pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) e que “integra e dissemina, em um só portal de busca, os textos completos das teses e dissertações defendidas nas instituições brasileiras de ensino e pesquisa” (Silva; Santos, 2020), contando com mais de 900.000 teses e dissertações em 2024.

Para realizar a pesquisa em ambos os bancos de dados, considerou-se todo o intervalo de publicações disponível na interface dos websites. Nos Anais Eletrônicos do ENEGEP, os arquivos foram pesquisados ano a ano pela plataforma da ABEPRO, de 1996 a 2023, e para a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações encontrou-se apenas uma publicação, referente ao ano de 2015.

Após a obtenção dos arquivos, realizou-se a leitura em três níveis (título, resumo e texto integral) para identificar a pertinência ou não das publicações para a revisão sistemática da literatura deste trabalho. Quanto ao ENEGEP foram encontrados 32 trabalhos, dos quais 10 foram selecionados, e quanto à BDTD encontrou-se apenas 1 publicação, que foi mantida após filtragem.

Analogamente aos artigos de origem internacional, a relação das publicações nacionais obtidas por meio das *strings* de busca apresentados no Quadro 4 e Quadro 5, está elencada no Quadro 7 e Quadro 8 a seguir.

Quadro 7: Trabalhos selecionados no ENEGEP.

ID	Título	Ano	Autor
16	Duração ótima para a construção de uma residência unifamiliar na cidade de Quixadá - CE	2023	Matias et al.
17	Duração ótima do projeto de construção uma edificação no sertão central do Ceará	2022	Souza et al.
18	O sequenciamento de atividades da construção de uma quadra poliesportiva	2020	Viana et al.
19	Alterações no planejamento e controle de um empreendimento poliesportivo de Quixadá-CE através da aplicação de ferramentas de gestão	2019	Ribeiro et al.

ID	Título	Ano	Autor
20	Proposta de um método para o dimensionamento de prazo de projetos da construção civil	2015	Souza, I. S.; Souza, T. F.; Carvalho, P. P. S.
21	Estudo comparativo entre PERT/CPM e corrente crítica	2015	Nazareth, M. M.; Mello, L. C. B.; Chakour, P. R.
22	Elaboração de rede PERT/CPM na indústria da construção civil através da utilização do software MS PROJECT: um estudo de caso	2013	Barra et al.
23	Aplicação da avaliação multicritério no controle de serviços na construção civil	2003	Alencar, L. H.; Miranda, C. M. G.; Almeida, A. T.
24	Uso de técnica de line of balance – LOB – em empreendimentos com grande repetitividade estudo de caso: parque gráfico – o globo	1998	Blak, G; Séllos, L.; Qualharini, E. L.
25	O papel do planejamento, interligado a um controle gerencial, nas pequenas empresas de construção civil	1997	Araújo, N. M. C.; Meira, G. R.

Fonte: Do autor. (2025)

Quadro 8: Dissertações e teses selecionadas no BDTD

ID	Título	Ano	Autor
26	Desenvolvimento de um modelo de simulação para apoio ao gerenciamento de projetos de desenvolvimento de medicamento genérico em uma empresa farmacêutica	2015	Silva, E. M. L.

Fonte: Do autor. (2025)

3.2 Análise bibliométrica e seus resultados

Diante da análise bibliométrica efetuada nas bases de dados *Scopus*, *Web of Science*, ENEGEP e Biblioteca Digital de Teses e Dissertações, obteve-se 49 aspectos acerca das técnicas PERT e CPM, e compilou-se as informações obtidas em quatro categorias, que visam agrupar por similaridade os dados encontrados nas publicações, a saber:

- Vantagens do PERT;
- Desvantagens do PERT;
- Vantagens do CPM e
- Desvantagens do CPM.

Os dados foram organizados em tabelas em um formato padrão em que os autores foram listados no eixo vertical, e as categorias no horizontal (vide Apêndices B a E). Quando uma categoria era identificada na publicação, assinalava-se o campo com um indicador “x”. Ademais, o Apêndice A dispõe a relação entre os títulos das publicações, seus respectivos autores e identificadores (ID).

Posteriormente, agrupou-se, por meio de gráficos de frequência a quantidade de vezes que um indicador é citado na compilação bibliográfica, sendo que as informações podem ser visualizadas da seção 3.2.1 à 3.2.4.

3.2.1 Vantagens do PERT












Por meio da análise bibliométrica, identificou-se as publicações científicas, que foram sintetizadas no Apêndice B, que descreve os benefícios do uso do PERT. Os benefícios foram categorizados utilizando a notação “K1” até “K11”, e ordenados quanto à frequência de citação conforme Quadro 9, sendo que o aspecto mais mencionado na literatura foi encontrado 12 vezes nas publicações:

- K11: Incorpora incertezas nos tempos de atividade em sua análise.

Além disso, os aspectos menos citados foram identificados apenas 1 vez nas publicações, respectivamente:

- K2: Define prioridades sobre a sequência de trabalho e descreve atividades críticas e não críticas;
- K3: Auxilia projetos que envolvem um grande número de atividades e uma variedade de força de trabalho;
- K4: Reduz a probabilidade de falhas nas fases iniciais e otimiza o uso de suprimentos e mão de obra;
- K10: Evita as desvantagens da tomada de decisões aleatórias.

Quadro 9: Descrição das vantagens do PERT encontradas na literatura

Categoria	Descrição	Frequência	Porcentagem em relação ao total de publicações	
K11	Incorpora incertezas nos tempos de atividade em sua análise	12		46%
K7	Define relações lógicas entre atividades	7		27%
K9	Possui simplicidade e facilidade de compreensão	4		15%
K5	Melhora o controle dos custos e/ou cronograma dos projetos	3		12%
K1	Auxilia na programação e acompanhamento do andamento das etapas para que o projeto seja concluído dentro do prazo	2		8%
K6	Estabelece atividades críticas e folgas	2		8%
K8	Permite analisar os melhores e piores cenários	2		8%
K2	Define prioridades sobre a sequência de trabalho e descreve atividades críticas e não críticas	1		4%
K3	Auxilia projetos que envolvem um grande número de atividades e uma variedade de força de trabalho	1		4%
K4	Reduz a probabilidade de falhas nas fases iniciais e otimiza o uso de suprimentos e mão de obra	1		4%
K10	Evita as desvantagens da tomada de decisões aleatórias	1		4%

Fonte: Do autor. (2025)

3.2.2 Desvantagens do PERT


















Por meio da análise bibliométrica identificou-se as publicações científicas, que foram sintetizadas no Apêndice C, que descreve as desvantagens do uso do PERT. As desvantagens foram categorizadas utilizando a notação “L1” até “L17”, conforme Quadro 10, e elencadas quanto à frequência de citação, sendo que os aspectos mais mencionados na literatura foram encontrados 4 vezes nas publicações, respectivamente:

- L11: Faz suposições frágeis, como independência probabilística entre durações de atividades;
- L9: Utiliza um conjunto incorreto/infeliz de suposições, fórmulas e distribuições estatísticas

Além disso, os aspectos menos citados foram identificados 1 vez nas publicações, respectivamente:

- L1: Subestima a incerteza total devido a correlações ignoradas entre atividades
- L2: A complexidade aumenta com o tamanho do projeto;
- L3: Apresenta risco associado a todas as durações de tarefas
- L8: Reduz a possibilidade de tomar decisões ao nível da alta administração;
- L13: Depende de gestores experientes;
- L14: Não tem uma abordagem prática;
- L15: Não é frequentemente usado durante as fases operacionais, uma vez que os gerentes de campo frequentemente abandonam a técnica.

Quadro 10: Descrição das desvantagens do PERT encontradas na literatura

Categoria	Descrição	Frequência	Porcentagem em relação ao total de publicações	
L4	Faz suposições frágeis, como independência probabilística entre durações de atividades	4		15%
L9	Utiliza um conjunto incorreto/infeliz de suposições, fórmulas e distribuições estatísticas	4		15%
L11	Faz uma má gestão da incerteza/variabilidade do projeto	3		12%
L12	Ignora ou faz suposições incorretas sobre a disponibilidade de recursos	3		12%
L17	Ignora a variabilidade da duração, fornecendo datas de conclusão muito otimistas	3		12%
L5	Requer grande esforço em termos de compreensão ou trabalho e tempo necessários para sua aplicação	2		8%
L6	Carece de dados históricos	2		8%
L7	Apresenta dificuldade em lidar com riscos além da incerteza inerente à duração da atividade	2		8%
L10	Cria muitas margens de segurança, resultando em uma duração de projeto irrealisticamente longa	2		8%
L16	É de difícil aplicação quando nem todas as atividades acontecem ou há um escopo em constante evolução ou há um loop	2		8%
L1	Subestima a incerteza total devido a correlações ignoradas entre atividades	1		4%
L2	A complexidade aumenta com o tamanho do projeto	1		4%
L3	Apresenta risco associado a todas as durações de tarefas	1		4%
L8	Reduz a possibilidade de tomar decisões ao nível da alta administração	1		4%
L13	Depende de gestores experientes	1		4%
L14	Não tem uma abordagem prática	1		4%
L15	Não é frequentemente usado durante as fases operacionais, uma vez que os gerentes de campo frequentemente abandonam a técnica	1		4%

Fonte: Do autor. (2025)

3.2.3 Vantagens do CPM












No Apêndice D ordenou-se as vantagens no uso do CPM, encontradas na análise bibliométrica. Tais vantagens foram categorizadas utilizando a notação “M1” até “M11”, conforme Quadro 11, e elencadas quanto à frequência de citação, sendo que os aspectos mais mencionados na literatura foram encontrados 7 vezes nas publicações, respectivamente:

- M1: Estabelece relações lógicas entre atividades;
- M11: Identifica atividades críticas sem folga, de modo que, se ocorrer algum atraso, o projeto será executado com atraso pelo tempo exato.

Além disso, os aspectos menos citados foram identificados 1 vez nas publicações, respectivamente:

- M2: Auxilia projetos que envolvem um grande número de atividades e uma variedade de mão-de-obra;
- M3: Reduz a probabilidade de falhas nas fases iniciais e otimiza o uso de suprimentos e mão de obra;
- M9: Evita as desvantagens da tomada de decisões aleatórias.

Quadro 11: Descrição das vantagens do CPM encontradas na literatura

Categoria	Descrição	Frequência	Porcentagem em relação ao total de publicações	
M1	Estabelece relações lógicas entre atividades	7		27%
M11	Identifica atividades críticas sem folga, de modo que, se ocorrer algum atraso, o projeto será executado com atraso pelo tempo exato.	7		27%
M5	Melhora o controle dos custos e/ou cronograma dos projetos	4		15%
M6	Define prioridades sobre a sequência de trabalho e descreve atividades críticas e não críticas	4		15%
M7	Melhora o planejamento antes do início das obras	4		15%
M8	Apresenta simplicidade e facilidade de compreensão	4		15%
M10	Possui simplicidade na rede determinística	4		15%
M4	Identifica atividades críticas e/ou folgas	3		12%
M2	Auxilia projetos que envolvem um grande número de atividades e uma variedade de mão-de-obra	1		4%
M3	Reduz a probabilidade de falhas nas fases iniciais e otimiza o uso de suprimentos e mão de obra	1		4%
M9	Evita as desvantagens da tomada de decisões aleatórias	1		4%

Fonte: Do autor. (2025)

3.2.4 Desvantagens do CPM

O Apêndice E descreve as desvantagens no uso do CPM. As desvantagens foram categorizadas utilizando a notação “N1” até “N10”, conforme Quadro 12, elencadas quanto à frequência de citação, sendo que o aspecto mais mencionado foi encontrado 7 vezes nas publicações, a saber:

- N10: Ignora a variabilidade da duração (abordagem determinística), fornecendo datas de conclusão muito otimistas.

Além disso, os aspectos menos citados foram identificados 1 vez nas publicações, respectivamente:

- N2: Requer conhecimento de especialistas;
- N3: Não possui dados históricos;
- N7: Fornece um caminho crítico que tem uma medida imprecisa da duração do projeto;
- N8: Ignora condições do local, como clima, aquisição de materiais, escassez de mão de obra ou disponibilidade de equipamentos;
- N9: Não é frequentemente usado durante as fases operacionais, uma vez que os gerentes de campo frequentemente abandonam a técnica.

Quadro 12: Descrição das desvantagens do CPM encontradas na literatura

Categoria	Descrição	Frequência	Porcentagem em relação ao total de publicações
N10	Ignora a variabilidade da duração (abordagem determinística), fornecendo datas de conclusão muito otimistas	7	27%
N4	Ignora ou faz suposições incorretas sobre a disponibilidade de recursos	4	15%
N6	É de difícil compreensão quando nem todas as atividades podem acontecer, ou há um escopo em constante evolução, ou há um loop	4	15%
N5	Má gestão da incerteza/variabilidade do projeto	3	12%
N1	Demanda muito tempo	2	8%
N2	Requer conhecimento de especialistas	1	4%
N3	Não possui dados históricos	1	4%
N7	Fornece um caminho crítico que tem uma medida imprecisa da duração do projeto	1	4%
N8	Ignora condições do local, como clima, aquisição de materiais, escassez de mão de obra ou disponibilidade de equipamentos	1	4%
N9	Não é frequentemente usado durante as fases operacionais, uma vez que os gerentes de campo frequentemente abandonam a técnica	1	4%

Fonte: Do autor. (2025)

3.2.5 Confluências e contrapontos na análise bibliométrica

No que tange as vantagens, em ambas as técnicas PERT e CPM houve uma similaridade quanto a porcentagem de citação das categorias K7 (27%) e M1 (27%), evidenciando que há uma percepção do estabelecimento de relações lógicas entre as atividades ao se utilizar as ferramentas PERT e CPM, que, segundo Bagshaw, (2021), possibilitam o gerenciamento por meio de uma rede operacional que interconecta todas as atividades numa escala temporal.

A categoria K11 apresentou o maior índice (46%) de citação entre as vantagens do PERT, e versa sobre a incorporação de incertezas na análise do tempo das atividades. Pregina e Kannan (2024) e Peters (2016) consideram a incerteza como uma das características mais relevantes da técnica.

Para o CPM, M11 é a outra vantagem mais citada e possui incidência de 27%, e seu conceito aponta que atrasos nas atividades que compõem o caminho crítico de um projeto impactarão diretamente na duração total deste, provocando um atraso total com o exato tempo da soma dos atrasos parciais. Zareei (2018) considera que tal fato é uma característica intrínseca no CPM, e que a duração do projeto não será maior do que o caminho mais longo da rede.

Quanto às desvantagens das ferramentas PERT e CPM, nota-se na análise bibliométrica uma predominância de citações quanto à natureza algébrica e lógica das ferramentas, uma vez que o uso de um conjunto de equações imprecisas (Hahn; Martin, 2015), no PERT, e a abordagem determinística das atividades no CPM, (Montazeri, 2017) podem levar a definições de planejamento que não se adequem a realidade do projeto.

A desvantagem mais citada (N10) no uso do CPM possui incidência de 27% no total de citações de desvantagens da técnica, e diz respeito à ausência variabilidade da duração e data de conclusão muito otimistas. Quanto ao PERT, a desvantagem análoga (L17), que também aponta que as datas de conclusão são subestimadas, possui incidência de 12% no total de citações de desvantagens da técnica, sendo a terceira mais mencionada entre as desvantagens do PERT.

O valor mais expressivo da categoria N10 no CPM pode estar ligado ao fato de que a técnica é estritamente determinística (PICKAVANCE; ROSS; FEARON, 2019), e seu uso isoladamente eventualmente subestimar os prazos de conclusão das atividades, ao passo que o PERT já aborda uma distribuição probabilística, mesmo que imprecisa (LIN et al., 2017, SWANSON; PAZER, 1971), que já confere uma estimativa mais próxima dos prazos reais.

Ainda nesse sentido, as categorias, L11 e L4, que dizem respeito às formulações utilizadas no PERT e pressupostos de independência entre as atividades, possuem o maior score

entre as desvantagens da técnica, ambas com 15%. Esse índice contribui para as prerrogativas apontadas em estudos como de Swanson e Pazer (1971) e de Herrerías-Velasco, Herrerías-Pleguezuelo e Van Dorp (2011), que analisaram os equívocos das suposições do PERT, bem como o uso da distribuição probabilística beta como base teórica para a técnica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Elaboração do questionário

Os itens identificados na análise bibliométrica foram organizados em clusters temáticos com o auxílio de inteligência artificial (Open AI), utilizando-se algoritmos de agrupamento por similaridade. Esse processo de clusterização objetivou sintetizar e estruturar as informações de forma coesa, agrupando itens com características ou conteúdos correlatos. A organização dos dados em grupos temáticos visou facilitar a compreensão e aplicação do questionário pelos respondentes, além de contribuir para a concisão do instrumento.

Torchiano et al. (2017) destacam que a extensão do questionário é um fator crítico que pode impactar negativamente a taxa de resposta em pesquisas na área de engenharia, evidenciando, portanto, a necessidade da elaboração de ferramentas de pesquisa mais concisas e bem estruturadas.

Uma pesquisa publicada na *BMC Medical Research Methodology* revelou que participantes que receberam uma versão reduzida do questionário apresentaram uma probabilidade 48% maior de respondê-lo em comparação com aqueles que receberam a versão mais longa (Rolstad; Adler; Rydén, 2011). Além disso, uma análise conduzida pela Kantar indicou que *surveys* com duração superior a 25 minutos perdem mais de três vezes o número de respondentes em comparação com aquelas que duram menos de cinco minutos (Wigmore, 2022).

Dessa forma, os benefícios e dificuldades do PERT e CPM foram agrupados e organizados do Quadro 13 ao Quadro 16, cada um contendo até cinco questões por constructo, conforme recomendações metodológicas para evitar sobrecarga cognitiva (Torchiano *et al.*, 2017). Tal disposição visa permitir uma avaliação clara e objetiva por parte dos participantes, respeitando limites recomendados de extensão e complexidade em instrumentos de coleta de dados na área de engenharia (Klingwort; Toepoel, 2024)

Quadro 13: Benefícios do PERT encontrados nas publicações

ID Grupo	Grupo	Benefícios do PERT encontrados nas publicações
B1	Gerenciamento de prazos e sequenciamento de atividades	Define relações lógicas entre atividades
		Estabelece atividades críticas e folgas
		Auxilia na programação e acompanhamento do andamento das etapas para que o projeto seja concluído dentro do prazo
		Define prioridades sobre sequência de trabalho e descreve atividades críticas e não críticas
B2	Controle de recursos e eficiência operacional	Auxilia projetos envolvendo um grande número de atividades e uma variedade de força de trabalho
		Reduz a probabilidade de falhas nas fases iniciais e otimiza o uso de suprimentos e mão de obra
B3	Controle de custo e cronograma	Melhora o controle dos custos e/ou cronograma dos projetos
B4	Análise de cenários e tomada de decisões assertiva	Incorpora incertezas nos tempos de atividade em sua análise
		Permite analisar os melhores e piores cenários
		Evita as desvantagens da tomada de decisão aleatória

ID Grupo	Grupo	Benefícios do PERT encontrados nas publicações
B5	Facilidade de implementação e entendimento	Possui simplicidade e facilidade de compreensão

Fonte: Do autor. (2025)

Quadro 14: Dificuldades do PERT encontradas nas publicações

ID Grupo	Grupo	Dificuldades do PERT encontradas nas publicações
D1	Imprecisão devido a incertezas e riscos devido ao uso da técnica no projeto	Faz suposições frágeis, como independência probabilística entre as durações da atividade
		Faz uma má gestão da incerteza/variabilidade do projeto
		Ignora a variabilidade da duração, fornecendo datas de conclusão muito otimistas
		Apresenta dificuldade em lidar com riscos além da incerteza inerente à duração da atividade
		Subestima a incerteza total devido a correlações ignoradas entre atividades
		Apresenta risco associado a todas as durações de tarefas
D2	Escalabilidade e complexidade com o aumento do tamanho do projeto	Cria muitas margens de segurança, resultando em uma duração de projeto irrealisticamente longa
		É de difícil aplicação quando nem todas as atividades acontecem ou há um escopo em constante evolução ou há um loop
		A complexidade aumenta com o tamanho do projeto
D3	Pouca praticidade, e alta dificuldade de entendimento	Requer grande esforço em termos de compreensão ou trabalho e tempo necessários para sua aplicação
		Não tem uma abordagem prática
		Não é frequentemente usado durante as fases operacionais, uma vez que os gerentes de campo frequentemente abandonam a técnica

ID Grupo	Grupo	Dificuldades do PERT encontradas nas publicações
D4	Dados e suposições inadequadas na concepção da técnica	Utiliza um conjunto incorreto/infeliz de suposições, fórmulas e distribuições estatísticas
		Ignora ou faz suposições incorretas sobre a disponibilidade de recursos
		Carece de dados históricos
D5	Limitação quanto à tomada de decisão, devido à dependência de gestores com conhecimento	Reduz a possibilidade de tomar decisões ao nível da alta administração
		Depende de gestores experientes

Fonte: Do autor. (2025)

Quadro 15: Benefícios do CPM encontrados nas publicações

ID Grupo	Grupo	Benefícios do CPM encontrados nas publicações
B6	Auxilia no planejamento e sequenciamento de atividades	Estabelece relações lógicas entre atividades
		Melhora o planejamento antes do início das obras
		Define prioridades sobre a sequência de trabalho e descreve atividades críticas e não críticas
B7	Gestão e otimização de recursos	Auxilia projetos que envolvem um grande número de atividades e uma variedade de mão-de-obra
		Reduz a probabilidade de falhas nas fases iniciais e otimiza o uso de suprimentos e mão de obra
B8	Controle de custo e cronograma	Melhora o controle dos custos e/ou cronograma dos projetos
		Identifica atividades críticas e/ou folgas
B9	Facilidade de uso	Apresenta simplicidade e facilidade de compreensão
		Possui simplicidade na rede determinística
B10	Análise de cenários e decisões	Identifica atividades críticas sem folga, de modo que, se ocorrer algum atraso, o projeto será executado com atraso pelo tempo exato
		Evita as desvantagens da tomada de decisões aleatórias

Fonte: Do autor. (2025)

Quadro 16: Dificuldades do CPM encontradas nas publicações

ID Grupo	Grupo	Dificuldades do CPM encontradas nas publicações
D6	Problemas de Precisão no Caminho Crítico	Fornece um caminho crítico que tem uma medida imprecisa da duração do projeto
D7	Falta de dados, e suposições incorretas	Ignora ou faz suposições incorretas sobre a disponibilidade de recursos
		Ignora condições do local, como clima, aquisição de materiais, escassez de mão de obra ou disponibilidade de equipamentos
		Não possui dados históricos
D8	Má gestão de Incerteza e variabilidade	Ignora a variabilidade da duração (abordagem determinística), fornecendo datas de conclusão muito otimistas
		Má gestão da incerteza/variabilidade do projeto
D9	Demanda tempo, depende de usuários experientes e é pouco utilizado operacionalmente	Demanda muito tempo
		É de difícil compreensão quando nem todas as atividades podem acontecer, ou há um escopo em constante evolução, ou há um loop
		Requer conhecimento de especialistas
		Não é frequentemente usado durante as fases operacionais, uma vez que os gerentes de campo frequentemente abandonam a técnica

Fonte: Do autor. (2025)

4.2 Teste piloto

A realização de testes piloto é uma etapa preliminar e essencial no desenvolvimento de pesquisas com escopo de *survey*, uma vez que contribui com a validade e confiabilidade do instrumento de pesquisa, visando assegurar a qualidade e a robustez dos resultados. Esta etapa, também chamada de pré-teste, permite o refinamento dos itens do questionário, garantindo maior coerência interna, clareza na formulação das perguntas e alinhamento com os objetivos da investigação. Ademais, o teste piloto possibilita identificar inconsistências e dificuldades de compreensão por parte dos respondentes, promovendo ajustes metodológicos que aumentam a precisão dos dados coletados (Wadood; Akbar; Ullah, 2021).

Dessa forma, o questionário foi concebido e aplicado previamente em um grupo de 3 respondentes, para obtenção das percepções quanto à estruturação e compreensibilidade das questões. Alguns ajustes foram feitos após os insights fornecidos pelos respondentes:

- Duplicidade do campo de e-mail: os respondentes sinalizaram que o formulário apresentava o campo de e-mail no início e no fim do conjunto de perguntas, sendo assim, apenas um campo para o endereço eletrônico foi mantido, ao fim do questionário, para aumentar a possibilidade de respostas do público-alvo.
- Exemplificação de softwares que apresentam recursos para planejamento com a técnica PERT e/ou o método CPM: os respondentes do teste piloto sinalizaram que o uso das ferramentas PERT e CPM poderia indicar aplicação prática puramente por meio das formulações algébricas do PERT e CPM, porém, para contribuir com a compreensão dos respondentes, softwares consolidados no mercado foram adicionados como formas de aplicação, uma vez que a aplicação puramente algébrica das ferramentas PERT e CPM não é a única forma de utilização no planejamento de projetos, e comumente se dá por meio de recursos computacionais como softwares programados com os preceitos do PERT e CPM.

No Apêndice F pode-se visualizar o formulário enviado para conduzir a pesquisa.

4.3 Caracterização dos grupos respondentes

O público-alvo desta pesquisa compreende engenheiros civis que têm algum conhecimento acerca das técnicas PERT e CPM. Nesse sentido, optou-se pela elaboração do questionário em formato digital, utilizando o Google Forms, ferramenta online que possibilita

a criação, distribuição e coleta automática de respostas, reconhecida por sua praticidade e eficiência em investigações on-line (Raju; Harinarayana, 2016)

A aplicação foi realizada em grupos profissionais no LinkedIn, plataforma de natureza estritamente corporativa, comprovadamente eficaz para recrutar amostras especializadas e de difícil alcance (Caers; Castelyns, 2011; (Topolovec-Vranic; Natarajan, 2016). Ademais, estudos como de Stokes et al., (2019) evidenciam que o LinkedIn permite recrutamento rápido e direcionado, reforçando sua adequação para engajar profissionais qualificados

Os grupos escolhidos englobaram a comunidade nacional e internacional, conforme Quadro 17. A seleção dos grupos foi feita com auxílio da barra de pesquisa nativa da plataforma do LinkedIn, utilizando palavras-chave relacionadas à construção civil.

Quadro 17: Grupos selecionados para pesquisa no LinkedIn

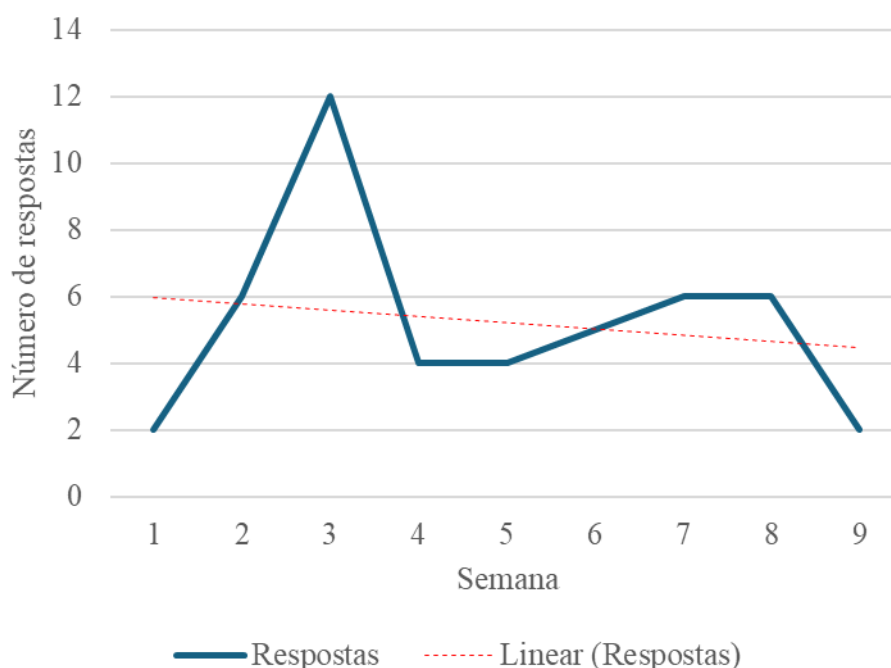
Grupos nacionais	Participantes
Arquitetura, Engenharia e Construção Civil - Carreira e Oportunidades	50 a 100 mil
Brazilian engineering group	50 a 100 mil
Engenharia Civil - Brasil	100 a 150 mil
Engenharia e construção	250 a 300 mil
Gerenciamento de Riscos e Rastreamento	Menos de 50 mil
Gerente de projetos	100 a 150 mil
Profissionais da construção civil	50 a 100 mil
Grupos internacionais	Participantes
Civil Engineer Opportunities (The World's Largest Group)	Menos de 50 mil
Construction	Mais de 500 mil
Construction Who's Who #ConstructionWhosWho #construction #building #engineering #UK #USA #ANZ	200 a 250 mil
Engineering Jobs in USA and Canada	Menos de 50 mil
Engineering, Construction, Oil and Gas Jobs in Canada....	Menos de 50 mil
Major Projects UK - Construction & Civil Engineering and associated industries	Menos de 50 mil
Project Management: PMO, PMI/PMP, Agile, Scrum, Kanban and Program Management	100 a 150 mil

Fonte: Do autor. (2025)

A aplicação do formulário durou 9 semanas, iniciando em 20 de outubro de 2024, e com término em 21 de dezembro de 2024. A Figura 14 apresenta a quantidade de respostas obtidas por semana, e uma linha de tendência também foi plotada, de modo a facilitar a obtenção de um critério de parada na aplicação do questionário.

Nota-se que a linha de tendência possui coeficiente angular negativo, evidenciando um declínio na taxa de respostas com o decorrer das semanas. Na semana 10, o formulário permaneceu aberto, no entanto nenhuma resposta foi obtida, o que era previsto devido ao recesso de fim de ano. Sendo assim, o envio do questionário cessou nesse período.

Figura 14: Quantidade de respostas obtidas por semana



Fonte: Do autor. (2025)

As publicações relacionadas ao questionário obtiveram um total de 8.525 impressões ao longo do período de divulgação, o que corresponde a uma média de aproximadamente 947 visualizações por semana. Esses números indicam um bom alcance da pesquisa na rede social LinkedIn, demonstrando a eficácia da plataforma na difusão de conteúdo técnico e acadêmico entre profissionais da área.

Apesar do alcance expressivo, com média de 947 visualizações por semana, a taxa média de respostas foi de 5,3 por semana. Esse resultado evidencia que, mesmo com boa visibilidade, o público nem sempre se engaja com o preenchimento de formulários de pesquisas acadêmicas online. Diversos fatores podem contribuir para essa baixa taxa de participação,

incluindo a falta de tempo, desinteresse no tema, percepção de irrelevância do conteúdo para o cotidiano profissional e preocupações com privacidade e confidencialidade dos dados (Saleh; Bista, 2017), (Couper, 2000).

Algumas pesquisas indicam que a sobrecarga de convites para pesquisas pode levar à "fadiga de pesquisa", reduzindo ainda mais a disposição dos indivíduos em participar de novos estudos (Maineri; Van Mol, 2022). Além disso, a estrutura e o design do questionário, como a extensão e a complexidade das perguntas, também influenciam significativamente na decisão de participação dos respondentes (Fan; Yan, 2010). Em ambientes digitais como o LinkedIn, onde o fluxo de informações é constante e competitivo, esses desafios tornam-se ainda mais pronunciados, dificultando a conversão de visualizações em respostas efetivas.

4.4 Caracterização dos respondentes

A amostra da pesquisa consiste em 48 respostas válidas de engenheiros civis, sendo que o Quadro 18 apresenta o perfil demográfico e profissional dos entrevistados, com porcentagens calculadas com base no número total de participantes.

Nota-se que a maioria dos profissionais atuam como engenheiros (62,5%), seguidos por gestores (22,9%) e analistas (14,6%). Quanto ao setor de atuação, observou-se predominância expressiva do setor privado (89,6%), sendo mínima a participação do setor público (8,3%) ou de profissionais que atuam em ambos os setores (2,1%).

No que tange à área de atuação, os profissionais atuam em diversos segmentos, com destaque para o setor de transportes (20,8%), seguido por instalações prediais (12,5%). Outras áreas com menor frequência incluem engenharia estrutural, planejamento urbano, projeto arquitetônico, saneamento, geotecnia, entre outras, indicando a heterogeneidade dos campos representados na amostra.

Quanto à experiência profissional, a maioria dos respondentes possui menos de cinco anos de atuação na área (43,8%), enquanto 22,9% possuem mais de 15 anos de experiência, e 20,8% entre 10 e 15 anos. Esse dado demonstra a presença de profissionais em diferentes estágios de carreira, permitindo uma análise diversificada quanto à aplicação das técnicas de gestão.

No que se refere ao uso das técnicas de planejamento analisadas, observou-se que 75% dos participantes utilizam a técnica PERT em seus projetos, já o uso do CPM mostrou-se ainda mais expressivo, sendo adotado por 81% dos respondentes. Em relação ao nível de

conhecimento sobre as técnicas, 43,8% declararam possuir conhecimento avançado sobre PERT e 35% sobre o CPM.

Adicionalmente, verificou-se que a maior parte dos respondentes é oriunda do Brasil (83,3%), o que reforça a representatividade nacional na pesquisa. No entanto, a amostra também contou com a participação de profissionais de outros países, como Austrália (6,3%), Canadá (4,2%), Estados Unidos, França e Reino Unido (cada um com 2,1%). A presença de respondentes estrangeiros, embora pontual, sugere um interesse internacional pelo tema e atribui à pesquisa, ainda que de forma incipiente, uma diversificação dos resultados, devido à origem geográfica dos profissionais, possibilitando uma ampliação da heterogeneidade dos dados obtidos.

Quadro 18: Perfil dos respondentes

Tópico		Respostas	Porcentagem
Cargo	Gestor	11	22,9%
	Engenheiro	30	62,5%
	Analista	7	14,6%
Setor	Privado	43	89,6%
	Público	4	8,3%
	Ambos	1	2,1%
Área	Construção industrializada (<i>steel frame</i> , construção modular e outros)	5	10,4%
	Engenharia estrutural	7	14,6%
	Geotecnia e georreferenciamento	1	2,1%
	Instalações (hidráulica, elétrica, prevenção de incêndio, HVAC e outros)	6	12,5%
	Planejamento urbano e territorial	2	4,2%
	Projeto arquitetônico e design	3	6,3%
	Saneamento e recursos hídricos	3	6,3%
	Transportes (estradas, terminais aeroportuários e outros)	10	20,8%
	Energia	5	10,4%
	Offshore	1	2,1%
	Construção de obras e edifícios	5	10,4%

Tópico		Respostas	Porcentagem
Tempo experiência na área	Menos de 5 anos	21	43,8%
	5 a 10 anos	6	12,5%
	10 a 15 anos	10	20,8%
	Mais de 15 anos	11	22,9%
Utiliza PERT no gerenciamento de projetos	Sim	36	75%
	Não	12	25%
Nível de familiaridade com PERT	Nenhum	8	16,7%
	Iniciante	9	18,8%
	Intermediário	10	20,8%
	Avançado	21	43,8%
Utiliza CPM no gerenciamento de projetos	Sim	39	81%
	Não	9	19%
Nível de familiaridade com CPM	Nenhum	8	20,0%
	Iniciante	8	20,0%
	Intermediário	10	25,0%
	Avançado	14	35,0%
País de origem	Brasil	40	83,3%
	Austrália	3	6,3%
	Canadá	2	4,2%
	EUA	1	2,1%
	França	1	2,1%
	Reino Unido	1	2,1%

Fonte: Do autor. (2025)

4.5 Definição da escala de respostas

No tratamento dos dados obtidos, foi necessário transformar as respostas em variáveis discretas, de modo que a análise com ferramental estatístico pertinente pudesse ser consolidada. Dessa forma, utilizou-se a escala desenvolvida por Rensis Likert em 1932, uma vez que é

amplamente utilizada em pesquisas quantitativas para mensurar percepções e opiniões dos respondentes frente a determinados objetos de estudo (Pescaroli *et al.*, 2020).

A escala de Likert consiste em uma série de afirmações às quais os indivíduos respondem segundo diferentes níveis de concordância ou discordância, geralmente dispostos em formatos de cinco ou sete pontos (Likert, 1932). Sua principal vantagem reside na capacidade de transformar informações subjetivas em dados quantificáveis, facilitando análises estatísticas e interpretações mais robustas (Mira; Leite, 2005). A escala de Likert tem sido reconhecida pela confiabilidade na mensuração de construtos psicossociais, sendo validada em diferentes contextos por meio de técnicas como o alfa de Cronbach (Vanderley; Souki; Neto, 2016) (Meireles, 2024).

Para esta pesquisa, utilizou-se a escala de cinco pontos para cada benefício e dificuldade das ferramentas PERT e CPM. Ademais, no caso das perguntas adicionais de caracterização dos respondentes, como Cargo e Nível de familiaridade com as ferramentas, adaptou-se a escala de acordo com a quantidade opções de resposta, conforme Quadro 19.

Quadro 19: Escala de respostas

Pergunta	Respostas	Respostas como variável discreta
Cargo	Analista	1
	Engenheiro	2
	Gestor	3
Nível de familiaridade com as ferramentas	Nenhum	1
	Iniciante	2
	Intermediário	3
	Avançado	4
Benefício e dificuldade das ferramentas PERT e CPM	Discordo totalmente	1
	Discordo	2
	Neutro	3
	Concordo	4
	Concordo totalmente	5

4.6 Identificação dos *outliers*

A identificação de *outliers*¹⁰ é essencial na análise estatística aplicada às engenharias e ciências exatas, uma vez que valores discrepantes podem comprometer significativamente a integridade dos resultados e levar a interpretações equivocadas, especialmente em estudos experimentais ou amostragens sensíveis (Rousseeuw; Hubert, 2018)

Detectar os pontos de grande dispersão antecipadamente permite ajustar modelos e diagnósticos sobre um conjunto de dados de forma mais precisa, reduzindo o risco de distorções nas medidas de tendência central, como média e variância (Olteanu; Rossi; Yger, 2023).

Dentre os métodos mais utilizados, destacam-se os gráficos *boxplot*, introduzidos por Tukey (1977) que oferecem uma representação gráfica da distribuição dos dados, que são divididos em quartis e intervalos interquartis (IQR), possibilitando a rápida identificação de observações atípicas (McGill; Tukey; Larsen, 1978). Sua aplicação em contextos de engenharia, tem se mostrado útil para o controle de qualidade de dados e para a tomada de decisão em ambientes operacionais (Dastjerdy; Saeidi; Heidarzadeh, 2023).

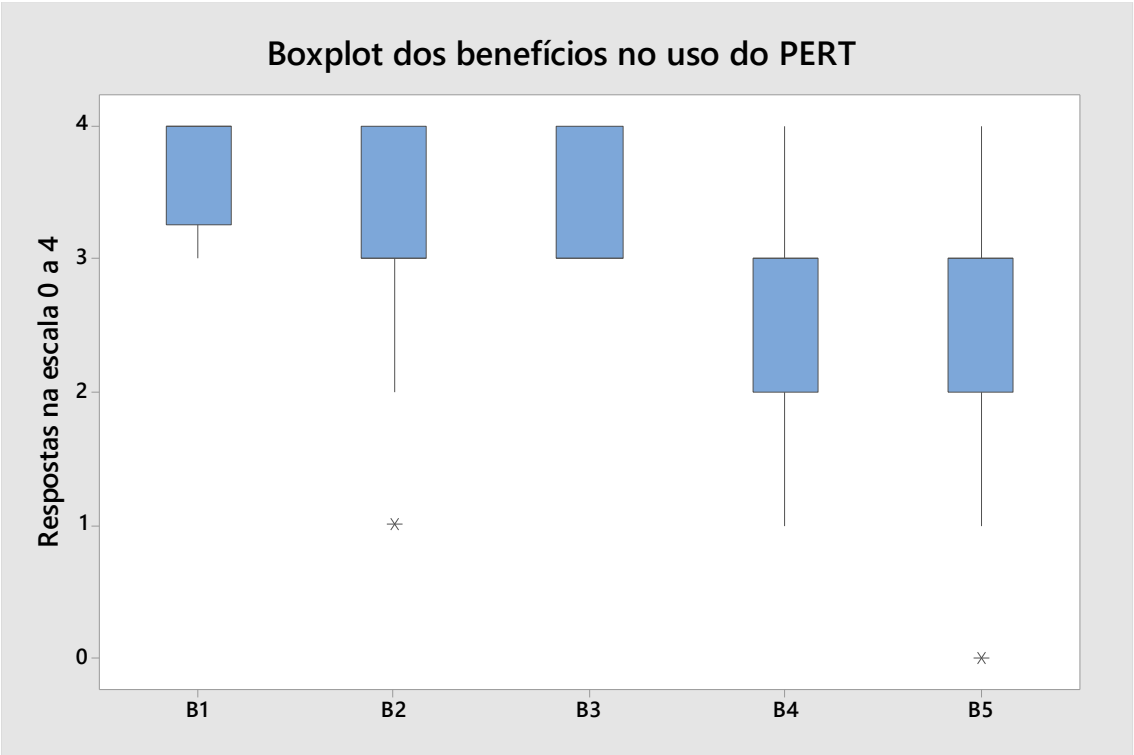
Posto isso, utilizou-se o software Minitab ® para elaboração dos gráficos *boxplot* para os conjuntos de respostas relativas aos usuários que utilizam e que não utilizam as ferramentas PERT e CPM.

4.6.1 Respondentes que utilizam a técnica PERT

A Figura 16 e a Figura 17 apresentam os gráficos obtidos pelo Minitab ® para os respondentes que utilizam a ferramenta PERT, e o Quadro 20 e o Quadro 21 a caracterização dos outliers. Optou-se pelo manutenção dos outliers, tendo em vista que a remoção de tais respostas interfere de forma significativa na consistência interna do questionário, conforme apresentado na seção 4.7, subsequente à seção atual.

¹⁰ Consistem em dados cuja diferença estatística é acentuada em relação à tendência central, como a média ou mediana

Figura 15: *Boxplot* dos benefícios no uso do PERT



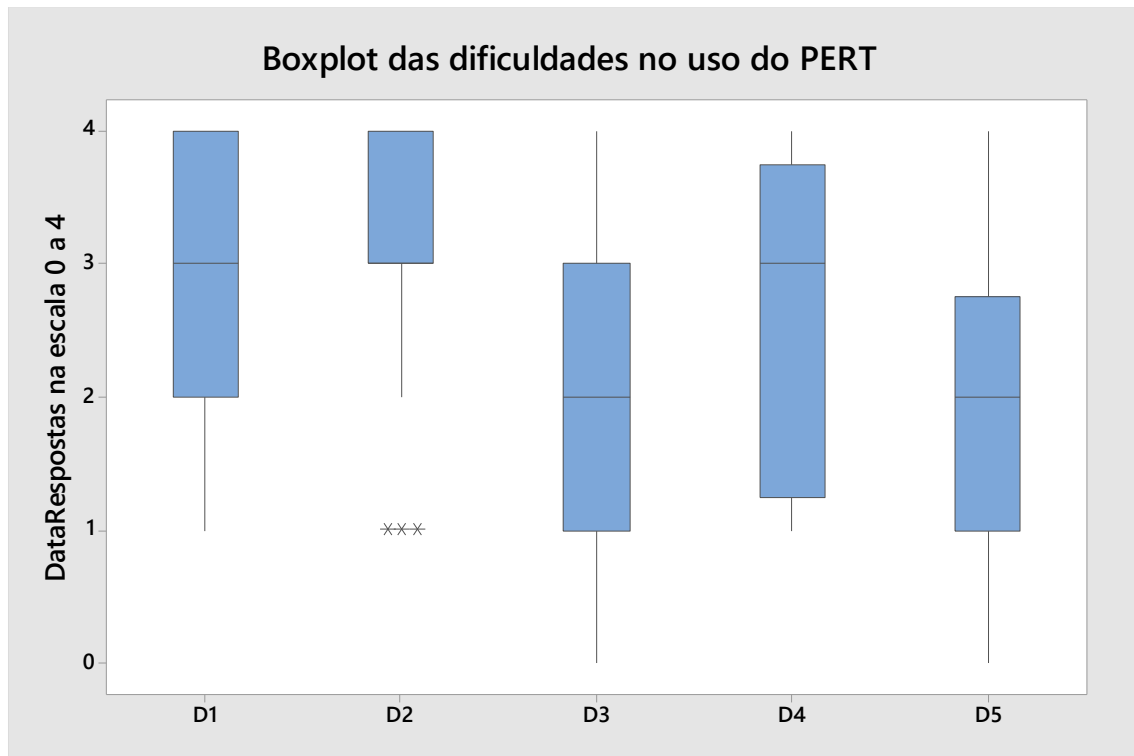
Fonte: Do autor. (2025)

Quadro 20: Outliers dos benefícios do PERT para respondentes que utilizam a ferramenta

Benefício	ID respondente	Cargo	Nível de conhecimento	Tempo de experiência
B2	27	Engenheiro	Iniciante	5 anos
B5	43	Gestor	Avançado	20 anos

Fonte: Do autor. (2025)

Figura 16: *Boxplot* das dificuldades no uso do PERT



Fonte: Do autor. (2025)

Quadro 21: Outliers das dificuldades do PERT para respondentes que utilizam a ferramenta

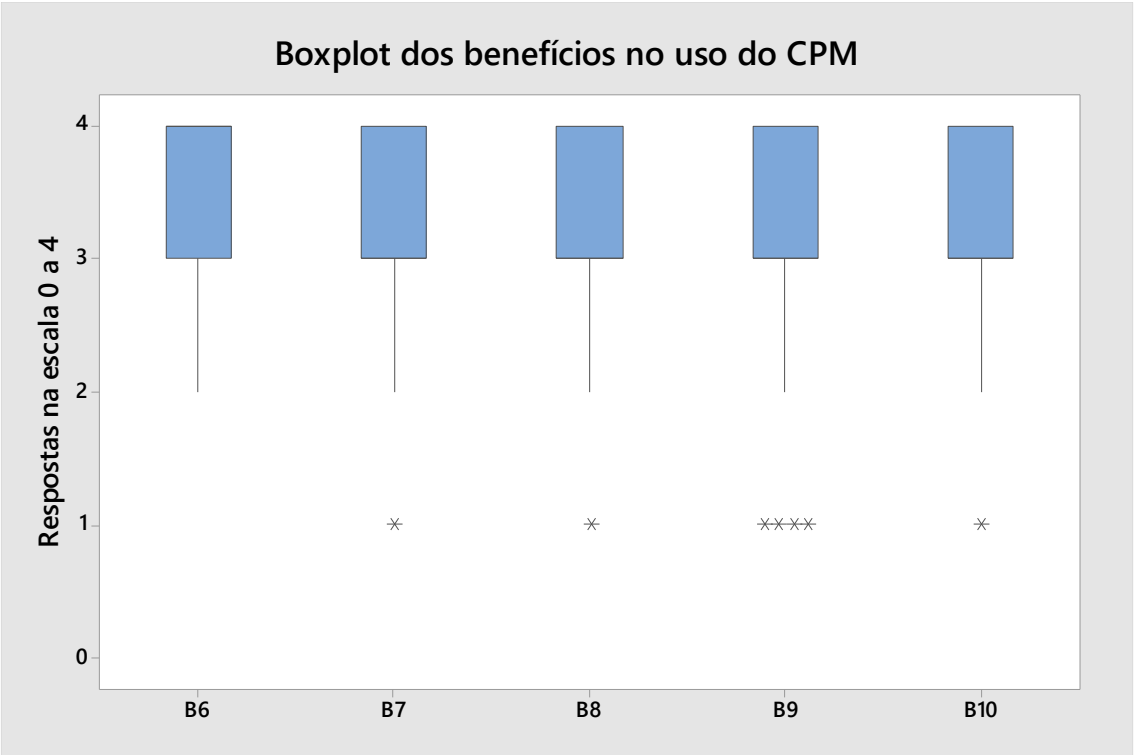
Dificuldade	ID respondente	Cargo	Nível de conhecimento	Tempo de experiência
D2	16	Analista	Intermediário	5 anos
	30	Engenheiro	Iniciante	10 anos
	40	Gestor	Avançado	20 anos

Fonte: Do autor. (2025)

4.6.2 Respondentes que utilizam o método CPM

De maneira análoga aos respondentes que utilizam o PERT, com auxílio do Minitab[®] obteve-se os boxplots para os respondentes que utilizam a ferramenta CPM, conforme Figura 17 e Figura 18. O Quadro 22 e o Quadro 23 elencam os dados de perfil dos outliers. Posto isso, optou-se pelo manutenção dos outliers, tendo em vista que neste caso a remoção de tais respostas também interfere de forma significativa na consistência interna do questionário, conforme apresentado na seção 4.7, subsequente à seção atual.

Figura 17: Boxplot dos benefícios no uso do CPM



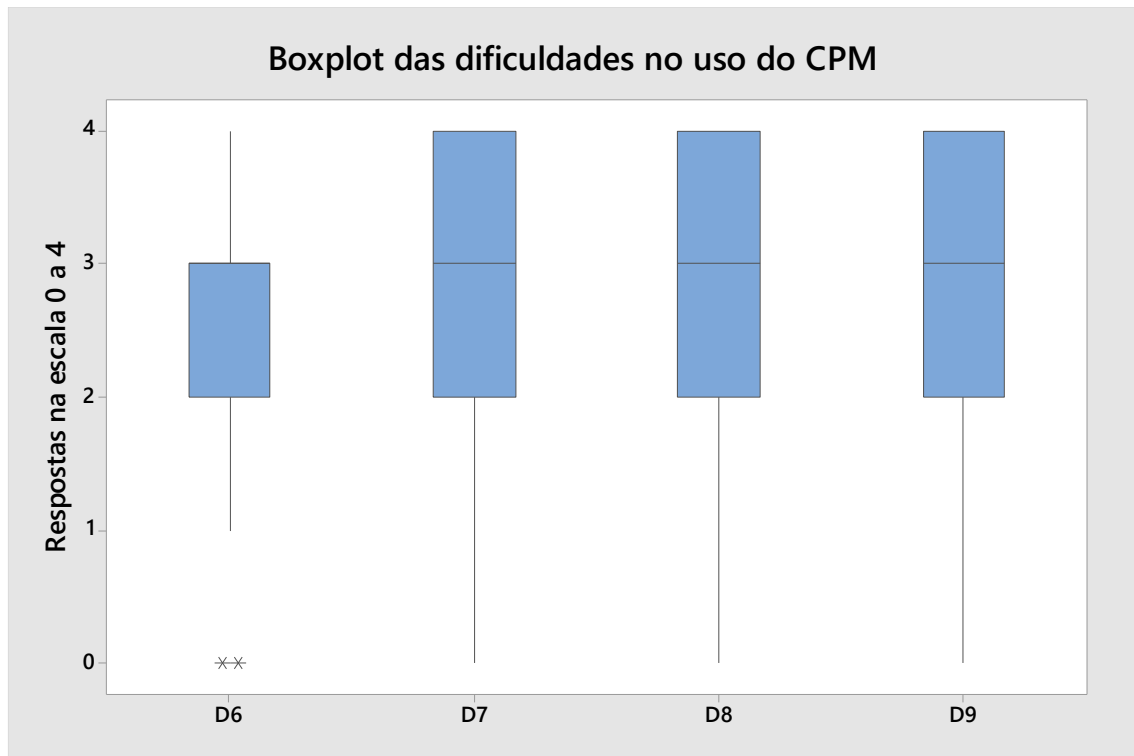
Fonte: Do autor. (2025)

Quadro 22: Outliers dos benefícios do CPM para respondentes que utilizam a ferramenta

Benefício	ID respondente	Cargo	Nível de conhecimento	Tempo de experiência
B7	28	Gestor	Avançado	20 anos
B8	16	Analista	Intermediário	5 anos
B9	8	Engenheiro	Intermediário	5 anos
	25	Engenheiro	Iniciante	20 anos
	27	Engenheiro	Iniciante	5 anos
	31	Engenheiro	Intermediário	10 anos

Fonte: Do autor. (2025)

Figura 18: Boxplot das dificuldades no uso do CPM



Fonte: Do autor. (2025)

Quadro 23: Outliers das dificuldades do CPM para respondentes que utilizam a ferramenta

Dificuldade	ID respondente	Cargo	Nível de conhecimento	Tempo de experiência
D6	ID18	Analista	Avançado	5 anos
	ID40	Gestor	Avançado	20 anos

Fonte: Do autor. (2025)

4.7 Confiabilidade interna do questionário

A consistência interna de um questionário é um indicador estatístico da homogeneidade entre os itens de um mesmo instrumento. A premissa é que, quanto maior a correlação entre os itens, maior a probabilidade de que todos estejam mensurando o mesmo fenômeno (Hair *et al.*, 2017). Assim, garantir a consistência interna é um passo essencial no processo de validação de instrumentos de pesquisa.

Na área da engenharia e das ciências exatas, essa métrica é empregada para a validação de instrumentos de pesquisa, como no estudo de Navarro (2015), no qual a análise das respostas permitiu identificar padrões de comportamento e compreensão dos riscos no setor da construção

civil, evidenciando a necessidade de ferramentas confiáveis e obter diagnósticos precisos sobre aspectos técnicos e gerenciais em contextos complexos da engenharia

Cunha, de Almeida Neto e Stackfleth, (2016) destacam que a utilização de instrumentos confiáveis permite que os resultados obtidos sejam interpretados com maior segurança, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias eficazes e tomadas de decisão mais assertivas. Outrossim, a confiabilidade de um teste reflete o nível de erro presente na medição, ou seja, indica a correlação dos itens (questões) do teste entre si (Tavakol; Dennick, 2011)

DeVellis e Thorpe (2021) por sua vez destacam que uma avaliação psicométrica sólida requer o uso articulado de diferentes métodos estatísticos e o respaldo de uma fundamentação teórica consistente. Assim, diversificar os testes aplicados durante o processo de validação contribui significativamente para o desenvolvimento de instrumentos mais robustos e confiáveis.

4.7.1 Alfa de Cronbach

Um dos principais métodos de avaliação da confiabilidade baseados na consistência interna é o coeficiente Alfa de Cronbach. O parâmetro foi desenvolvido por Lee Cronbach em 1951 (Cronbach, 1951), cuja formulação é dada pela Equação (18), e varia entre 0 e 1.

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_t^2} \right) \quad (18)$$

Em que:

- α : Alfa de Cronbach;
- k : número total de itens (ou variáveis) no instrumento de medida;
- σ_i^2 : variância do item i ;
- σ_t^2 : variância total da soma de todos os itens.

Na literatura, existem interpretações variadas quanto ao coeficiente Alfa de Cronbach. Para Freitas e Rodrigues (2005), a confiabilidade de acordo com o coeficiente pode ser interpretada conforme os limites dispostos no Quadro 24.

Quadro 24: Limites de confiabilidade Alfa de Cronbach

Limites	Confiabilidade
$\alpha > 0,9$	Muito alta
$0,75 < \alpha \leq 0,9$	Alta
$0,6 < \alpha \leq 0,75$	Moderada
$0,3 < \alpha \leq 0,6$	Baixa
$\alpha \leq 0,3$	Muito baixa

Fonte: Adaptado de Freitas; Rodrigues, (2005)

Streiner (2003) por sua vez aponta que valores de Alfa de Cronbach maiores que 0,9 podem indicar redundância entre os itens, recomendando o limite máximo como 0,9 para garantir a melhor construção dos questionários.

O coeficiente alfa também é influenciado pelo tamanho do teste, sendo assim, se o número de itens da amostra for muito pequeno, o valor do alfa pode ser impactado negativamente, não indicando necessariamente que há uma inconsistência na pesquisa, apenas que a amostra tem tamanho limitado (Tavakol; Dennick, 2011).

Ademais, assim como apontado por Tavakol e Dennick (2011), Hair et al. (2017) arguem que o alfa de Cronbach é sensível ao número de itens que compõe o teste, e comumente, tende a subestimar a confiabilidade da consistência interna. Desse modo, pode ser utilizado como um parâmetro mais conservador da consistência interna. Sendo assim, nessa conjuntura Hair et al. (2017) e Streiner (2003) consideram que valores do Alfa de Cronbach entre 0,6 e 0,7 são satisfatórios.

Não obstante, Taber (2018) realizou uma análise minuciosa sobre o uso do coeficiente Alfa de Cronbach em pesquisas educacionais, destacando a diversidade de interpretações atribuídas ao seu valor. Ao compilar dados de estudos científicos, ele evidencia faixas específicas de aceitabilidade, destacando que resultados entre 0,6 e 0,85 são frequentemente considerados adequados para indicar a confiabilidade dos instrumentos de pesquisa.

Posto isso, analisou-se quais os efeitos no Alfa de Cronbach após algumas alterações no conjunto de dados, como a exclusão dos respondentes com conhecimento iniciante nas ferramentas, bem como a remoção dos outliers (Quadro 25 e Quadro 26).

Quadro 25: Alfa de Cronbach excluindo respondentes iniciantes nas ferramentas

Alfa de Cronbach		
Constructo	Excluindo iniciantes	Incluindo iniciantes
Benefícios no uso do PERT	0,5990	0,6414
Dificuldades no uso do PERT	0,6391	0,6435
Benefícios no uso do CPM	0,6463	0,6590
Dificuldades no uso do CPM	0,8991	0,8903

Fonte: Do autor. (2025)

Quadro 26: Alfa de Cronbach excluindo outliers

Alfa de Cronbach		
Constructo	Excluindo outliers	Incluindo outliers
Benefícios no uso do PERT	0,6265	0,6414
Dificuldades no uso do PERT	0,4951	0,6435
Benefícios no uso do CPM	0,6511	0,6590
Dificuldades no uso do CPM	0,8197	0,8903

Fonte: Do autor. (2025)

Tendo em vista tais percepções encontradas e os resultados dispostos no Quadro 25 e no Quadro 26, optou-se por não remover os outliers, bem como os respondentes que são iniciantes no uso das ferramentas PERT e CPM, uma vez que a redução no número de respondentes interfere negativamente no coeficiente alfa de Cronbach. Além disso, os valores encontrados são considerados satisfatórios de acordo com Hair et al. (2017) e Streiner (2003), moderados para Freitas; Rodrigues, (2005) e adequados conforme Taber, (2018).

4.7.2 Método das Duas Metades

O Método das Duas Metades (*Split-Half Reliability*) é um método utilizado para estimar a confiabilidade interna de instrumentos de medida compostos por múltiplos itens que visam mensurar um mesmo construto. A técnica consiste em dividir o conjunto de itens do teste em duas metades equivalentes – muitas vezes de forma aleatória ou alternada, como pares e ímpares – e calcular a correlação entre as pontuações obtidas em cada metade. Uma correlação elevada entre essas metades sugere que os itens avaliam de forma consistente o mesmo fenômeno,

indicando alta confiabilidade interna (Cohen, Swerdlik & Sturman, 2014; Anastasi & Urbina, 2000). Esse indicador é regido pela equação (19).

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2(y_i - \bar{y})^2}} \quad (19)$$

Em que:

- r : correlação de Pearson entre as metades;
- x_i : valor individual do participante “i” na primeira metade do teste;
- \bar{x} : média aritmética de todos os valores dos “i” participantes na primeira metade;
- y_i : valor individual do participante “i” na segunda metade do teste;
- \bar{y} : média aritmética de todos os valores dos “i” participantes na segunda metade.

Como a correlação de Pearson entre as metades tende a subestimar a confiabilidade do instrumento de pesquisa completo, aplica-se a correção de Spearman-Brown, que ajusta a estimativa (Pasquali, 2017). Spearman (1910) e Brown (1910), propuseram tal expressão para ajustar a correlação entre duas metades de um teste, permitindo estimar a confiabilidade da medida total de maneira mais precisa. A equação (20) apresenta a correlação desenvolvida por Spearman (1910) e Brown (1910).

$$r_{SB} = \frac{2r}{1 + r} \quad (20)$$

Em que:

- r_{SB} : correlação de Spearman-Brown;
- r : correlação de Pearson entre as metades.

Neste estudo, considerou-se a divisão dos constructos em duas metades, nas quais a primeira metade (x) engloba os itens de ordem ímpar, e a segunda metade engloba os itens de ordem par (y). Os resultados obtidos pelas equações (19) e (20) estão dispostos no Quadro 27.

Quadro 27: Correlação pelo método Split-Half reliability

	Primeira Metade (x)	Segunda Metade (y)	<i>r</i>	<i>r_{SB}</i>
Benefícios PERT	B1, B3, B5	B2, B4	0,5617	0,7193
Dificuldades PERT	D1, D3, D5	D2, D4	0,5518	0,7112
Benefícios CPM	B6, B8, B10	B7, B9	0,5949	0,7460
Dificuldades CPM	D6, D8	D7, D9	0,9189	0,9189

Fonte: Do autor. (2025)

Embora Spearman (1910) e Brown (1910) não tenham definido faixas específicas para a interpretação dos valores obtidos no desenvolvimento de seus estudos, diretrizes posteriores, como as de Nunnally e Bernstein (1994), sugerem que valores iguais ou superiores a 0,70 ($r_{SB} \geq 0,7$) são considerados aceitáveis em pesquisas, dessa forma, os valores encontrados para os constructos dessa pesquisa, dispostos no Quadro 27, são admissíveis.

4.8 Discussão dos resultados

Durante o delineamento metodológico do estudo, previa-se que a etapa da *survey* contasse com uma amostra representativa de profissionais tanto brasileiros quanto estrangeiros, o que possibilitaria uma análise comparativa entre contextos nacionais e internacionais. Contudo, a quantidade de respostas provenientes de profissionais de outros países mostrou-se reduzida, inviabilizando a realização de análises estatísticas robustas de comparação direta. Assim, optou-se por adotar uma abordagem metodológica integrada, reunindo todas as respostas em um único conjunto analítico, assegurando maior consistência e validade estatística dos resultados obtidos.

Apesar dessa limitação amostral, a estrutura geral da pesquisa foi mantida conforme o proposto por Forza, (2002), respeitando as etapas de concepção, pré-teste, aplicação e tratamento sistemático dos dados. Diante da composição final da amostra, a análise concentrou-se em procedimentos descritivos e comparativos, especialmente entre os grupos de respondentes classificados por nível de conhecimento (iniciante/intermediário e avançado). Essa adaptação, embora tenha reduzido a complexidade estatística planejada, não comprometeu o alcance dos objetivos principais da pesquisa, visto que os testes de confiabilidade interna do questionário mostraram-se satisfatórios, permitindo a identificação de padrões significativos e alinhados à literatura.

Outro ponto de divergência entre o planejado e o realizado refere-se à confirmação empírica dos achados teóricos. A análise bibliométrica indicava um conjunto amplo de benefícios e dificuldades associados ao PERT e ao CPM, mas nem todos foram percebidos de forma homogênea pelos profissionais respondentes. Em especial, verificou-se maior dispersão nas respostas e elevado índice de neutralidade entre os participantes com menor familiaridade técnica, como será discutido ainda nesta seção. Essa diferença sugere que a compreensão das potencialidades do PERT e do CPM ainda depende fortemente do nível de experiência profissional, o que limita a consolidação dessas técnicas como práticas amplamente difundidas na gestão de projetos da construção civil.

Posto isso, com a compilação dos dados obtidos pela análise bibliométrica, pôde-se identificar a relevância de cada item identificado na literatura por grupos, que nada mais são que uma sumarização itens (benefícios ou dificuldades), formando as respectivas questões aplicadas aos engenheiros por meio da *survey*, conforme Quadro 28 ao Quadro 31.

Ademais, com os resultados da *survey*, criou-se os gráficos apresentados da Figura 19 à **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, nos quais pode-se identificar a frequência de resposta dos respondentes, quanto aos benefícios e dificuldades do PERT e do CPM obtidos conforme agrupamento apresentado na seção 4.1 deste trabalho. Os gráficos se dividem entre dois grupos: respondentes com nível avançado e respondentes com nível iniciante/intermediário quanto às ferramentas.

4.8.1 Benefícios do PERT

Grupo B1 – Gerenciamento de prazos e sequenciamento de atividades

Com relação ao Grupo B1, observa-se um forte alinhamento entre a literatura e a percepção prática. Este grupo é o segundo mais citado nas publicações (12 vezes em frequência absoluta), com destaque para o item “define relações lógicas entre atividades”, que aparece em 26,92% das publicações (Quadro 28). Essa relevância teórica é confirmada pelos respondentes, tanto iniciantes/intermediários quanto avançados, com 100% de concordância quanto à utilidade desses benefícios, evidenciando um consenso sobre a importância do PERT para o gerenciamento do tempo e o sequenciamento de atividades (Figura 19 e Figura 20).

Grupo B2 – Controle de recursos e eficiência operacional

Quanto ao Grupo B2, verificou-se elevada concordância dos profissionais respondentes. Entre iniciantes/intermediários, há 79% de concordância e entre os avançados, os resultados foram ainda mais expressivos, com 100% de concordância (Figura 19 e Figura 20). Esses resultados evidenciam a percepção prática dos profissionais de que o PERT auxilia na definição de prioridades e no sequenciamento de atividades. Na literatura, entretanto, esse benefício aparece de forma menos recorrente, sendo citado apenas duas vezes (Quadro 28). Isso sugere que o controle de recursos possui um impacto prático menos relevante na literatura, ao passo que para os profissionais do mercado os ganhos são mais relevantes nesse aspecto.

Grupo B3 – Controle de custo e cronograma

O grupo B3, assim como o grupo B1, apresenta 100% de aceitação pelos profissionais respondentes, em todos os níveis de conhecimento do PERT, tal como disposto na Figura 19 e na Figura 20. Além disso, esse benefício é citado com frequência moderada na literatura, com uma taxa de 11,54% de citações (Quadro 28), o que indica concordância consistente entre teoria e prática. Os resultados reforçam a relevância do PERT como ferramenta de apoio ao controle de cronogramas e custos de projetos no setor da construção civil.

Grupo B4 – Análise de cenários e tomada de decisões

No benefício B4, as diferenças entre os grupos se tornam mais evidentes. Entre iniciantes/intermediários, predominou a concordância (79%) e entre usuários avançados, observou-se maior dispersão: apenas 36% de concordância, 18% de neutralidade e 47% de discordância (Figura 19 e Figura 20). Em contraste, a literatura destaca fortemente esse grupo, com o benefício “Incorpora incertezas nos tempos de atividade em sua análise” apresentando a maior taxa de citação, equivalente a 46,15% (Quadro 28).

Neste caso, os respondentes menos experientes tendem a enxergar o PERT como um recurso capaz de minimizar atrasos, em alinhamento com os dados obtidos na análise bibliométrica, indicando que o PERT também é visto como uma ferramenta que auxilia em análises de cenários de projetos no setor da construção civil.

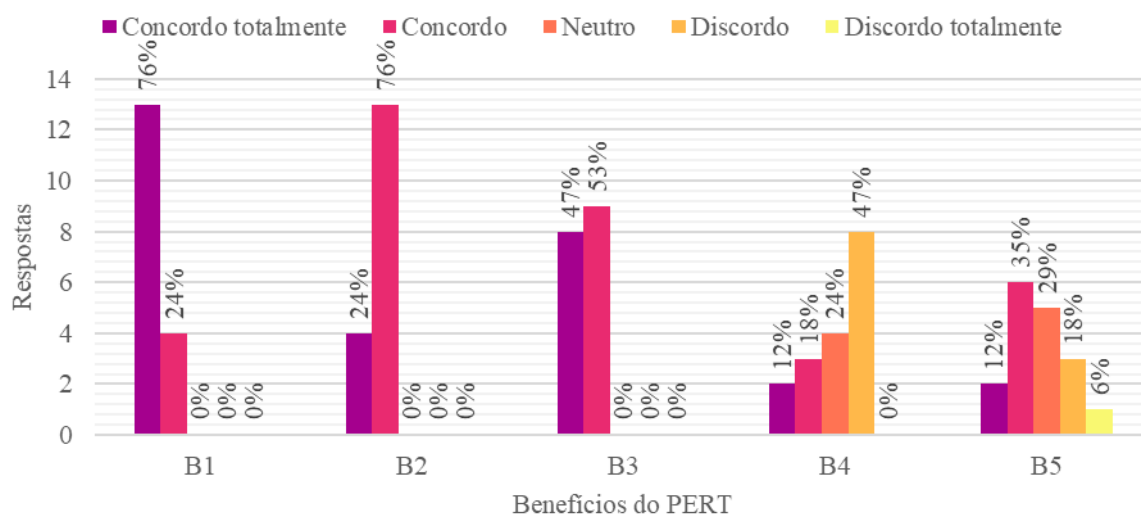
Em contrapartida, as respostas que indicam discordância, provêm exclusivamente de respondentes com nível avançado de conhecimento sobre o PERT, o que aponta que para usuários com mais experiência no setor e maior familiaridade com a ferramenta, o PERT não é visto como uma ferramenta de tomada de decisão assertiva.

Grupo B5 – Facilidade de implementação

O grupo B5 foi também apresentou certa dispersão de opiniões entre os profissionais 58% de concordância entre os iniciantes/intermediários (Figura 20) e 47% entre os avançados (Figura 19), e as demais respostas se dividem entre percepções de neutralidade e discordância. Apesar disso, o benefício corresponde nas publicações científicas – “Possui simplicidade e facilidade de compreensão” – tem uma taxa moderada de citação na literatura, equivalente a 15,38% (Quadro 28).

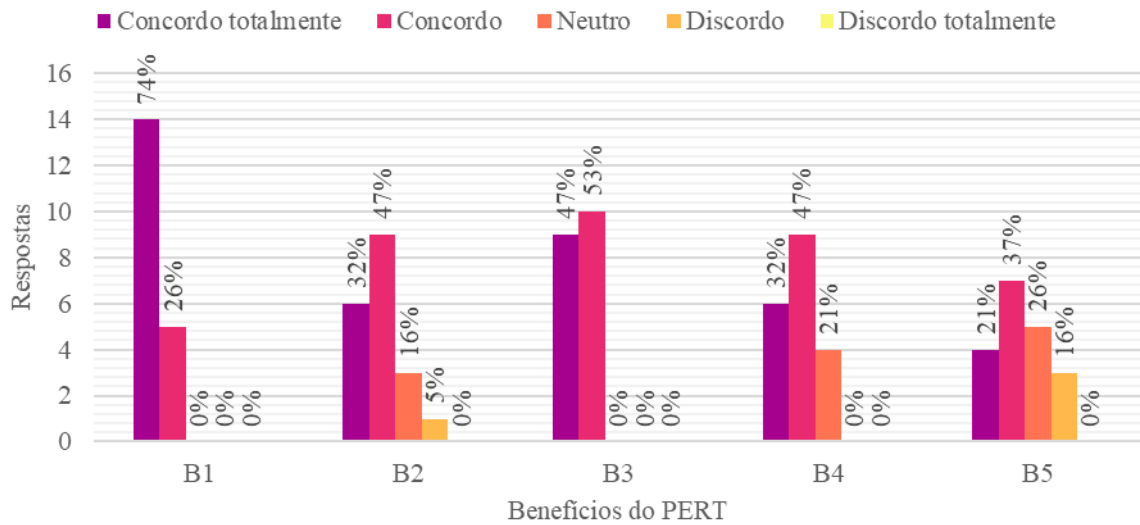
Posto isso, tal análise sugere que apesar do PERT ser considerado da fácil compreensão teoricamente, em alguns cenários sua implementação pode ter desafios que comprometem a percepção de facilidade de entendimento e implementação. Não obstante, observou-se que as respostas que indicam discordância, provêm exclusivamente de respondentes com nível intermediário ou avançado de conhecimento sobre o PERT. A maior senioridade de tais profissionais que não consideram o PERT como uma ferramenta de fácil implementação também corrobora com essa premissa, uma vez que sua experiência pode os conferir uma percepção prática mais acurada sobre os processos de implementação do PERT e seus respectivos desafios.

Figura 19: Benefícios no uso do PERT – respondentes com conhecimento avançado



Fonte: Do autor. (2025)

Figura 20: Benefícios no uso do PERT – respondentes com conhecimento iniciante/intermediário



Fonte: Do autor. (2025)

Quadro 28: Benefícios do PERT encontrados nas publicações

ID Grupo	Grupo	Benefícios do PERT encontrados nas publicações	Frequência de citação nas publicações	Taxa de citação nas publicações (%)
B1	Gerenciamento de prazos e sequenciamento de Atividades	Define relações lógicas entre atividades	7	26,92%
		Estabelece atividades críticas e folgas	2	7,69%
		Auxilia na programação e acompanhamento do andamento das etapas para que o projeto seja concluído dentro do prazo	2	7,69%
		Define prioridades sobre sequência de trabalho e descreve atividades críticas e não críticas	1	3,85%
B2	Controle de recursos e	Auxilia projetos envolvendo um grande número de atividades e uma variedade de força de trabalho	1	3,85%

ID Grupo	Grupo	Benefícios do PERT encontrados nas publicações	Frequência de citação nas publicações	Taxa de citação nas publicações (%)
		Reduz a probabilidade de falhas nas fases iniciais e otimiza o uso de suprimentos e mão de obra	1	3,85%
B3	Controle de custo e cronograma	Melhora o controle dos custos e/ou cronograma dos projetos	3	11,54%
B4	Análise de cenários e tomada de decisões assertiva	Incorpora incertezas nos tempos de atividade em sua análise	12	46,15%
		Permite analisar os melhores e piores cenários	2	7,69%
		Evita as desvantagens da tomada de decisão aleatória	1	3,85%
B5	Facilidade de implementação e entendimento	Possui simplicidade e facilidade de compreensão	4	15,38%

Fonte: Do autor. (2025)

4.8.2 Dificuldades do PERT

Grupo D1 – Imprecisão devido à incerteza e riscos do método

A percepção dos profissionais indica que o grupo D1 é uma das dificuldades mais reconhecidas entre as dificuldades no uso do PERT, com uma taxa de 89% de concordância entre os profissionais com conhecimento avançado (Figura 21). Esse resultado converge para as informações encontradas na literatura (Quadro 29), que destaca esse grupo como o mais citado, com quatro itens entre os mais frequentes. Essa convergência demonstra que tanto os profissionais quanto os autores especializados reconhecem as limitações do PERT em lidar com incertezas probabilísticas, sobretudo quando estas são mal modeladas ou ignoradas.

Por outro lado, os respondentes com nível iniciante ou intermediário na técnica apresentaram respostas mais dispersas, com uma taxa expressiva de neutralidade e de discordância, indicando maior hesitação ou limitação quanto a capacidade de formar opiniões consolidadas sobre o tópico (Figura 22).

Grupo D2 – Escalabilidade e complexidade com o aumento do projeto

O grupo D2 apresenta grande reconhecimento entre os profissionais, em todos os níveis de conhecimento da ferramenta (Figura 21 e Figura 22). O resultado reforça a percepção de que a complexidade de uso do PERT é diretamente proporcional ao número de tarefas do projeto. Na literatura também há uma frequência moderada de citações sobre esse ponto (Quadro 29), desse modo, nota-se alinhamento entre teoria e prática, indicando que a escalabilidade da técnica proporcionalmente ao aumento do tamanho do projeto, é um problema recorrente profissionalmente e frequentemente mencionado em estudos científicos.

Grupo D3 – Pouca praticidade e alta dificuldade de entendimento

Esse grupo mostra uma divisão perceptível na opinião dos profissionais (Figura 21 e Figura 22), em ambos os níveis de familiaridade com o PERT, com taxas de neutralidade e discordância significativas. A literatura especializada, entretanto, aponta que o PERT apresenta dificuldades operacionais e conceituais, como alto tempo de aplicação, dificuldade de uso por profissionais de campo e falta de praticidade (Quadro 29).

Observa-se uma dissonância entre teoria e prática, possivelmente causada por falta de familiaridade operacional dos profissionais com os fundamentos estatísticos do PERT, no caso dos respondentes com nível iniciante sobre a ferramenta, ou até mesmo adaptações práticas do método que minimizam suas complexidades técnicas para os respondentes de maior domínio técnico do PERT. Ressalta-se que a maioria dos profissionais que não consideram o PERT uma ferramenta de pouca praticidade e com alta dificuldade de entendimento possuem conhecimento

intermediário ou avançado sobre este, indicando que para usuários com mais familiaridade sobre a ferramenta, o a complexidade no entendimento desta não é um problema central.

Grupo D4 – Dados ou suposições inadequadas na modelagem

Entre os respondentes avançados (Figura 21), há uma taxa expressiva de concordância sobre o item (71%), nos iniciantes/intermediários, os resultados se dividiram entre 42% de concordo, 37% de discordo e 21% de neutro (Figura 22), mostrando percepção menos consolidada. Essa diferença sugere que os especialistas, por conhecerem mais profundamente a técnica, reconhecem de maneira mais enfática tal limitação. A literatura especializada, por sua vez, enfatiza que a técnica é construída sobre premissas estatísticas frágeis, como suposições de independência entre durações de atividades, uso inadequado de distribuições e desconsideração de dados históricos (Quadro 29).

Desse modo, a comparação dos resultados práticos com as informações acadêmicas evidencia uma percepção alinhada entre os dois campos, embora a intensidade do reconhecimento seja distinta entre os diferentes níveis de conhecimento da ferramenta. A literatura apresenta críticas técnicas contundentes sobre a base conceitual do PERT, e a maioria dos profissionais também identifica essas dificuldades, especialmente no que tange à confiabilidade dos dados e das fórmulas utilizadas.

A consonância sugere que há consciência sobre a necessidade de aprimorar ou complementar o método, especialmente em cenários nos quais a disponibilidade de dados e a variabilidade dos projetos exigem abordagens mais robustas. Ao mesmo tempo, a existência de respostas neutras e discordantes indica oportunidade para maior capacitação técnica dos profissionais quanto aos fundamentos estatísticos da ferramenta.

Grupo D5 – Limitações na tomada de decisão

O grupo D5 apresenta um contraste de respostas entre os profissionais com diferentes níveis de conhecimento em relação ao PERT. Entre os avançados, houve uma taxa significativa de discordância (47%), contra apenas 18% de concordância (Figura 21). Já entre os iniciantes e intermediários (Figura 22), houve um maior índice de concordância (32%), porém ainda com predominância de discordância (37%).

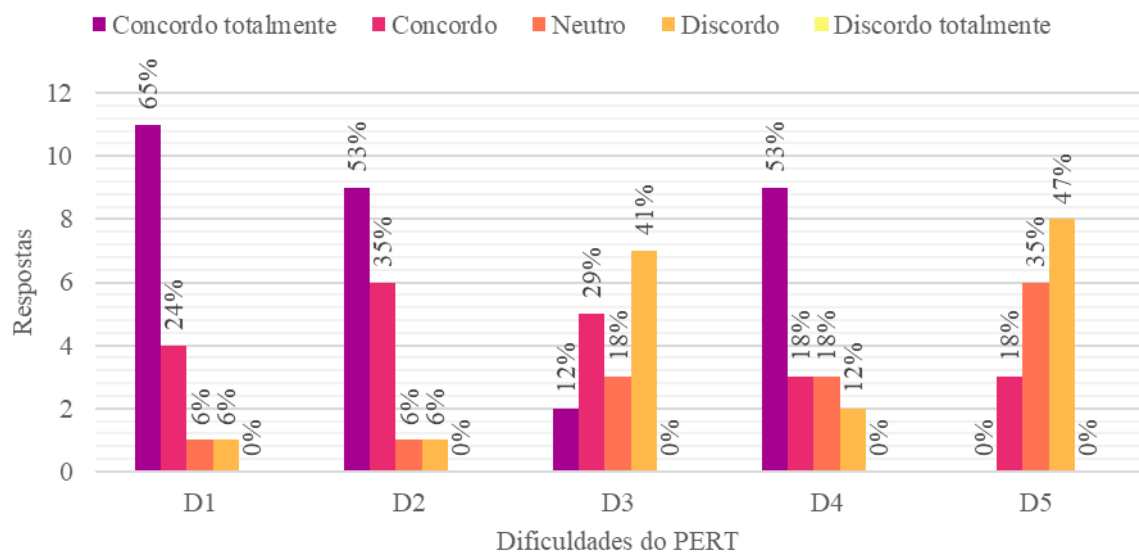
Esse padrão sugere uma baixa percepção de limitação quanto à tomada de decisão associada ao uso do PERT, principalmente entre os especialistas. Tal cenário pode sinalizar que profissionais com maior domínio do método conseguem extrair melhores resultados, superando

limitações atribuídas pela literatura, o que leva a uma menor percepção de limitações quanto a tomada de decisão.

Na literatura, esse grupo também é o grupo citado com menor frequência (Quadro 29)., indicando uma percepção alinhada, visto que boa parte dos profissionais também não consideram que a tomada de decisões no uso da ferramenta é limitada à cargos gerenciais ou de maior senioridade.

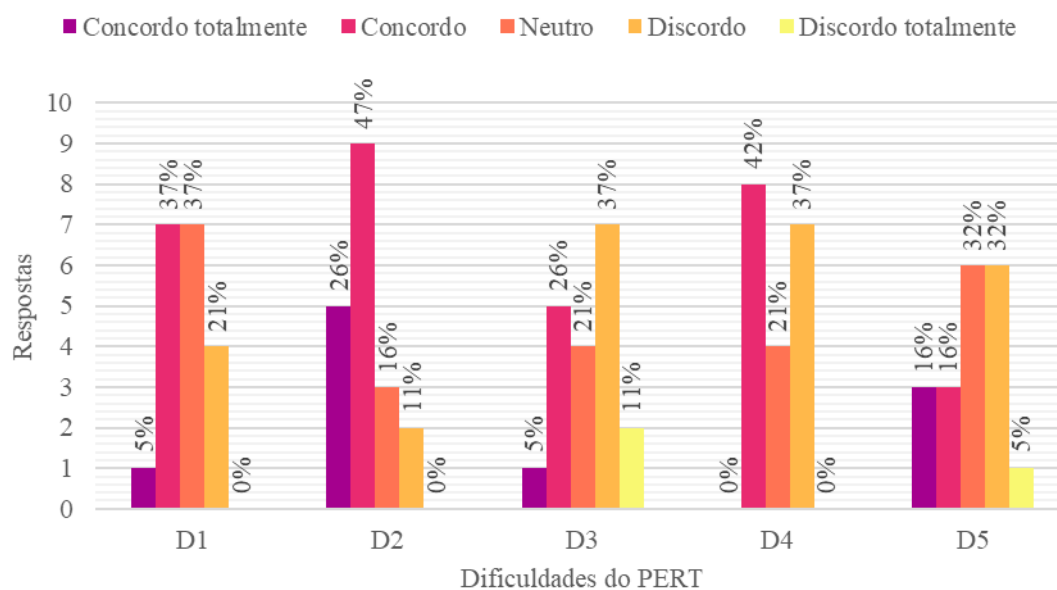
Ademais, as respostas dos profissionais que consideram essa limitação como um problema no uso da ferramenta, podem indicar um menor domínio técnico, uma vez que 67% dos respondentes que assinalaram concordância acerca do grupo possuem nível iniciante ou intermediário no uso do PERT.

Figura 21: Dificuldades no uso do PERT – respondentes com conhecimento avançado



Fonte: Do autor. (2025)

Figura 22: Dificuldades no uso do PERT – respondentes com conhecimento iniciante/intermediário



Fonte: Do autor. (2025)

Quadro 29: Dificuldades do PERT encontradas nas publicações

ID Grupo	Grupo	Dificuldades do PERT encontradas nas publicações	Frequência de citação nas publicações	Taxa de citação nas publicações (%)
D1	Imprecisão devido a incertezas e riscos devido ao uso da técnica no projeto	Faz suposições frágeis, como independência probabilística entre as durações da atividade	4	15,38%
		Faz uma má gestão da incerteza/variabilidade do projeto	3	11,54%
		Ignora a variabilidade da duração, fornecendo datas de conclusão muito otimistas	3	11,54%
		Apresenta dificuldade em lidar com riscos além da incerteza inerente à duração da atividade	2	7,69%
		Subestima a incerteza total devido a correlações ignoradas entre atividades	1	3,85%

ID Grupo	Grupo	Dificuldades do PERT encontradas nas publicações	Frequência de citação nas publicações	Taxa de citação nas publicações (%)
		Apresenta risco associado a todas as durações de tarefas	1	3,85%
D2	Escalabilidade e complexidade com o aumento do tamanho do projeto	Cria muitas margens de segurança, resultando em uma duração de projeto irrealisticamente longa	2	7,69%
		É de difícil aplicação quando nem todas as atividades acontecem ou há um escopo em constante evolução ou há um loop	2	7,69%
		A complexidade aumenta com o tamanho do projeto	1	3,85%
D3	Pouca praticidade, e alta dificuldade de entendimento	Requer grande esforço em termos de compreensão ou trabalho e tempo necessários para sua aplicação	2	7,69%
		Não tem uma abordagem prática	1	3,85%
		Não é frequentemente usado durante as fases operacionais, uma vez que os gerentes de campo frequentemente abandonam a técnica	1	3,85%
D4	Dados e suposições inadequadas na	Utiliza um conjunto incorreto/infeliz de suposições, fórmulas e distribuições estatísticas	4	15,38%
		Ignora ou faz suposições incorretas sobre a disponibilidade de recursos	3	11,54%

ID Grupo	Grupo	Dificuldades do PERT encontradas nas publicações	Frequência de citação nas publicações	Taxa de citação nas publicações (%)
		Carece de dados históricos	2	7,69%
D5	Limitação quanto à tomada de decisão, devido à dependência de gestores com conhecimento	Reduz a possibilidade de tomar decisões ao nível da alta administração	1	3,85%
		Depende de gestores experientes	1	3,85%

Fonte: Do autor. (2025)

4.8.3 Benefícios do CPM

Grupo B6 – Auxílio no planejamento e sequenciamento de atividades

Este grupo apresenta maior consenso entre os profissionais quando se trata dos benefícios do CPM (Figura 23 e Figura 24), com alto índice de concordância entre profissionais de todos os níveis de conhecimento sobre o PERT. A literatura também destaca fortemente os benefícios desse grupo (Quadro 30), indicando grande relevância do método para definir relações lógicas entre atividades. Tal convergência reforça a percepção de que o CPM é altamente eficaz no sequenciamento e planejamento de atividades, sendo valorizado tanto na teoria quanto na prática de gerenciamento de projetos da construção civil.

Grupo B7 – Gestão e otimização de recursos

Embora os profissionais também reconheçam os benefícios do grupo B7, que possui uma taxa de concordância 77% entre os iniciantes/intermediários e (Figura 24) e 81% entre os

avancados (Figura 23), esse grupo é pouco citado na literatura (Quadro 30), com apenas dois registros. Isso sugere que, na prática, o CPM tem sido percebido como útil para alocar e coordenar recursos como mão de obra e suprimentos, ao passo que os estudos teóricos podem estar focados em abordagens mais voltadas ao planejamento do caminho crítico, ou seja, na estrutura da rede de atividades, e não na gestão operacional dos recursos.

Grupo B8 – Controle de custo e cronograma

O grupo B8 também apresenta elevado reconhecimento prático, com 89% de concordância entre os iniciantes/intermediários (Figura 24) e 86% entre os avançados (Figura 23). Nos trabalhos científicos, há uma expressividade dos itens relacionados a controle de custo e cronograma, destacando a importância do método CPM na melhoria do aporte financeiro e da alocação de tempo para as tarefas, bem como na identificação de atividades críticas e suas respectivas folgas (Quadro 30). Desse modo, observa-se uma consonância entre teoria e prática, indicando que o CPM possui grande relevância como ferramenta de apoio ao controle de prazos e custos no planejamento de projetos na construção civil.

Grupo B9 – Facilidade de uso

Esse grupo se destaca por sua alta aceitação prática entre os profissionais com conhecimento avançado no PERT, com 95% de concordância entre o grupo de especialistas (Figura 23), indicando que para boa parte dos profissionais consultados, o CPM é uma ferramenta de simples compreensão. Ademais, tal cenário é corroborado pela literatura (Quadro 30), com menções a benefícios relacionados à simplicidade de entendimento e à rede determinística do CPM, que possui uma abordagem mais simplificada, uma vez que não considera a variabilidade de suas variáveis.

Por outro lado, os respondentes com nível iniciante ou intermediário (Figura 24) apresentaram respostas mais dispersas, com 37% de neutralidade e 21% de discordância, além de taxas menores de concordância. Esse padrão revela maior hesitação ou dificuldade desses profissionais em formar uma opinião consolidada sobre o tópico, sugerindo que a falta de familiaridade com a técnica impacta diretamente sua capacidade de avaliar criticamente suas limitações.

O alinhamento entre as fontes da pesquisa, principalmente quando se analisa a percepção dos especialistas, sugere que a acessibilidade operacional e conceitual do CPM é um de seus benefícios mais valorizados, devido ao fato de o método considerar apenas um valor de duração das atividades, diferentemente do PERT que adota três cenários na determinação do

tempo estimado de cada atividade, tornando o entendimento e uso do método mais simplificado e intuitivo.

Grupo B10 – Análise de cenários e apoio à decisão

O grupo B10 também é bem avaliado entre os iniciantes/intermediários, com 78% de concordância (Figura 24), e entre os avançados, com 81% de concordância (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Na literatura o grupo possui destaque quanto à frequência de citação (Quadro 30), refletindo a mesma ênfase prática encontrada na pesquisa com engenheiros.

Observa-se que tal convergência evidencia que o CPM é reconhecido como uma ferramenta de precisão analítica, permitindo avaliar o impacto de atrasos com clareza. Uma das características mais encontradas na literatura diz respeito à identificação das atividades críticas, ou seja, aquelas que não possuem folga, fazendo com que o CPM permita identificar o tempo exato de atraso do projeto, caso alguma intercorrência aconteça.

Figura 23: Benefícios do CPM – respondentes com conhecimento avançado

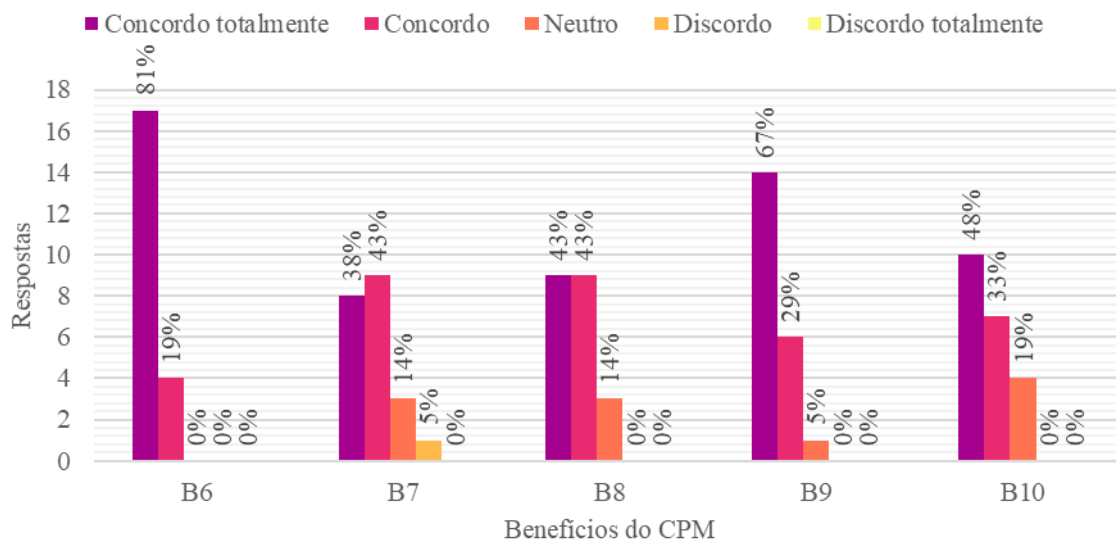
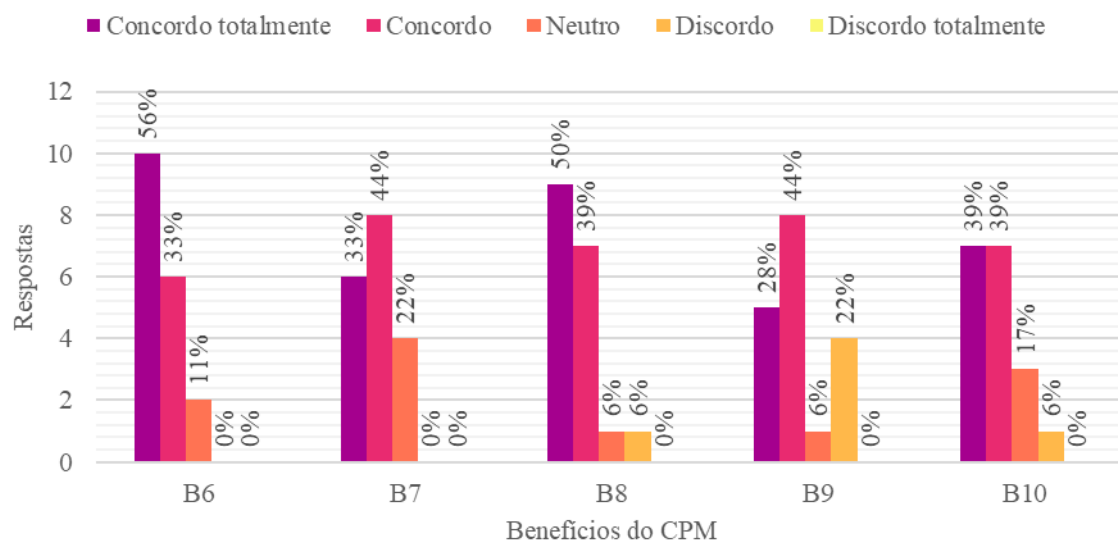


Figura 24: Benefícios do CPM – respondentes com conhecimento iniciante/intermediário



Quadro 30: Benefícios do CPM encontrados nas publicações

ID Grupo	Grupo	Benefícios do CPM encontrados nas publicações	Frequência de citação nas publicações	Taxa de citação nas publicações (%)
B6	Auxilia no planejamento e sequenciamento de atividades	Estabelece relações lógicas entre atividades	7	26,92%
		Melhora o planejamento antes do início das obras	4	15,38%
		Define prioridades sobre a sequência de trabalho e descreve atividades críticas e não críticas	1	3,85%
B7	Gestão e otimização de recursos	Auxilia projetos que envolvem um grande número de atividades e uma variedade de mão-de-obra	1	3,85%
		Reduz a probabilidade de falhas nas fases iniciais e otimiza o uso de suprimentos e mão de obra	1	3,85%

ID Grupo	Grupo	Benefícios do CPM encontrados nas publicações	Frequência de citação nas publicações	Taxa de citação nas publicações (%)
B8	Controle de custo e cronograma	Melhora o controle dos custos e/ou cronograma dos projetos	3	11,54%
		Identifica atividades críticas e/ou folgas	3	11,54%
B9	Facilidade de uso	Apresenta simplicidade e facilidade de compreensão	4	15,38%
		Possui simplicidade na rede determinística	4	15,38%
B10	Análise de cenários e decisões	Identifica atividades críticas sem folga, de modo que, se ocorrer algum atraso, o projeto será executado com atraso pelo tempo exato	7	26,92%
		Evita as desvantagens da tomada de decisões aleatórias	1	3,85%

Fonte: Do autor. (2025)

4.8.4 Dificuldades do CPM

Grupo D6 – Problemas de Precisão no Caminho Crítico

Entre os iniciantes/intermediários (Figura 26), percebe-se grande dispersão, com uma taxa de 50% de incerteza, mostrando que para a maioria dos profissionais menos experientes, a dificuldade não é percebida de forma clara, revelando maior incerteza quanto ao grau de complexidade do CPM, o que em certo nível pode estar atrelado a limitação da sua capacidade de julgamento crítico sobre a ferramenta.

Para os especialistas (Figura 25), a visão é mais consolidada, com 76% de concordância, contribuindo para o pressuposto de que o método fornece um caminho crítico com pouca acurácia ou impreciso em determinadas conjunturas

A literatura, por outro lado, aponta essa limitação com menor ênfase (Quadro 31), citando apenas uma vez a dificuldade relacionada à imprecisão da medida de duração do projeto (3,85%). A percepção prática parece reconhecer mais essa limitação do que a literatura, possivelmente devido à aplicação do CPM em contextos de alta variabilidade, nos quais o caminho crítico fixo não representa fielmente a realidade do projeto.

Grupo D7 – Falta de dados e suposições incorretas

A dificuldade relacionada a suposições inadequadas e ausência de dados apresenta amplo reconhecimento entre os profissionais, iniciantes/intermediários apresentaram 56% de concordância (Figura 26) e avançados 81% (Figura 25). Na literatura há também uma frequência considerável de citações do grupo, com destaque para o item “Ignora ou faz suposições incorretas sobre a disponibilidade de recursos” (Quadro 31).

Nota-se alinhamento entre teoria e prática, incluindo respondentes de todos os níveis de conhecimento sobre o CPM, indicando que a falta de dados históricos e premissas inadequadas ainda comprometem a precisão do método, especialmente em cenários nos quais a disponibilidade de recursos é limitada, por exemplo.

Grupo D8 – Má gestão da incerteza e variabilidade

Este grupo apresenta grande concordância entre os especialistas, com 91% de concordância (Figura 25). A literatura também destaca fortemente esse aspecto, com enfoque para o fato de que o método possui limitações quanto à análise de incertezas, ignorando a variabilidade da duração das atividades (Quadro 31). A alta convergência entre teoria e prática confirma que a abordagem determinística do CPM é amplamente percebida como inadequada para lidar com a incerteza inerente à duração das atividades, podendo levar a cronogramas excessivamente otimistas.

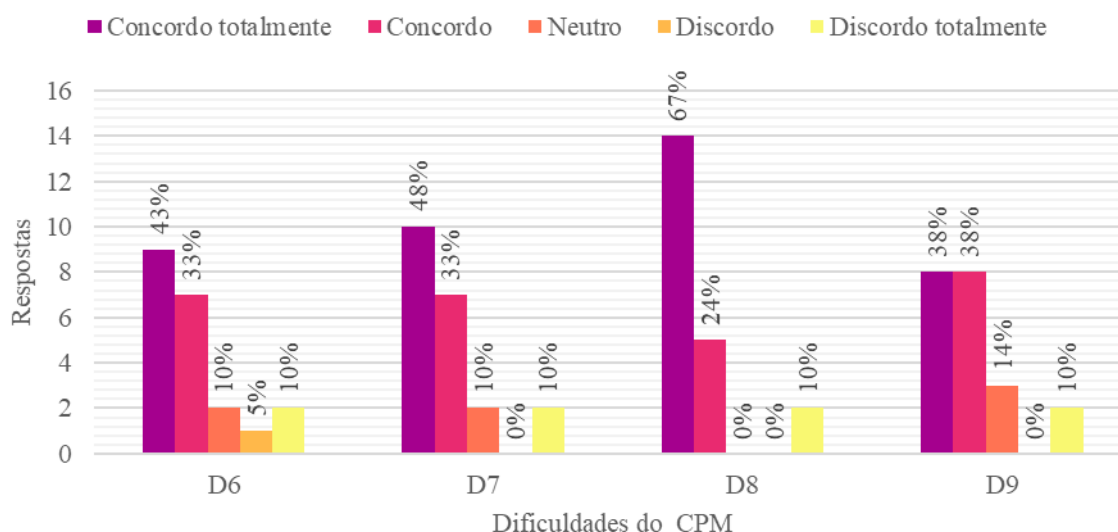
Os iniciantes/intermediários se dividem entre 50% de concordância, 17% de neutralidade e 33% de discordância, evidenciando um alinhamento parcial com a literatura também (Figura 26). As taxas de neutralidade e discordância, que somadas equivalem a 50%, sugerem uma menor maturidade na utilização prática do CPM, o que dificulta a identificação dos entraves associados à manutenção contínua do cronograma. Diferentemente do que aponta a literatura e da percepção dos especialistas, parte dos profissionais com menor experiência tendem a subestimar esse desafio, o que indica um possível distanciamento entre teoria e prática nesse nível de conhecimento.

Grupo D9 – Demanda tempo, depende de usuários experientes e é pouco utilizado operacionalmente

Entre os iniciantes e intermediários, a percepção sobre essa dificuldade mostrou-se pouco consolidada e bastante dispersa. Nenhum respondente assinalou “concordo totalmente”, enquanto 44% concordaram, 33% permaneceram neutros e 22% discordaram (Figura 26). Essa distribuição indica que parte significativa desse grupo não enxerga claramente os entraves do CPM na integração com a gestão de recursos. A elevada taxa de neutralidade sugere que a pouca experiência prática dificulta a identificação de problemas relacionados ao tempo demandado para manutenção do cronograma e à complexidade de sua aplicação operacional, aspectos que são destacados na literatura.

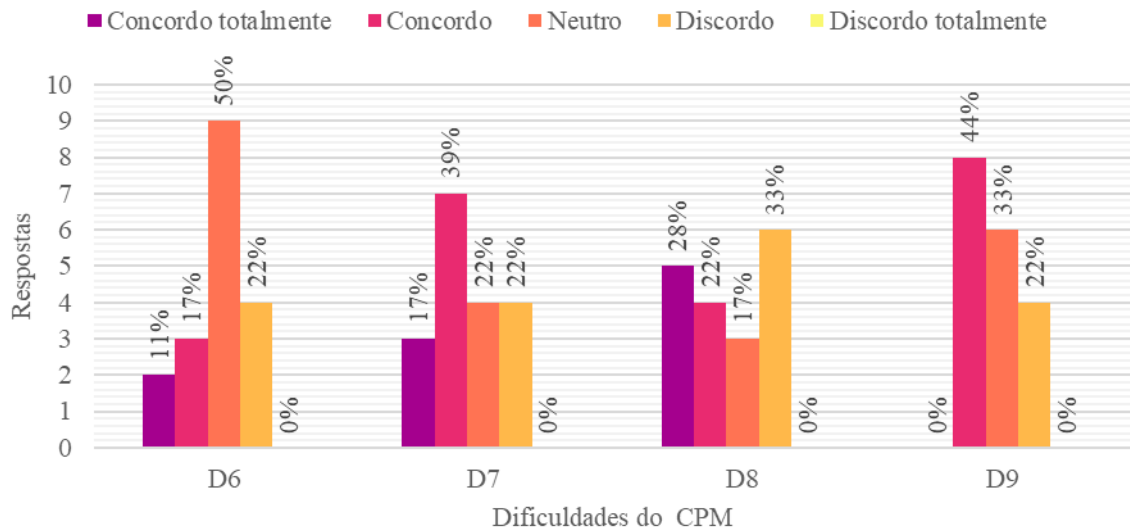
Em contrapartida, a percepção profissional sobre o grupo D9 tem uma taxa elevada de aceitação entre os especialistas, com 76% de concordância (Figura 25). Tal cenário sugere que os profissionais da área frequentemente enfrentam ou reconhecem barreiras similares às apontadas nos estudos acadêmicos (Quadro 31), como dificuldade de aplicação do CPM em projetos complexos ou dinâmicos, bem como a baixa adesão em fases operacionais do projeto.

Figura 25: Dificuldades do CPM – respondentes com conhecimento avançado



Fonte: Do autor. (2025)

Figura 26: Dificuldades do CPM – respondentes com conhecimento iniciante/intermediário



Fonte: Do autor. (2025)

Quadro 31: Dificuldades do CPM encontradas nas publicações

ID Grupo	Grupo	Dificuldades do CPM encontradas nas publicações	Frequência de citação nas publicações	Taxa de citação nas publicações (%)
D6	Problemas de Precisão no Caminho Crítico	Fornece um caminho crítico que tem uma medida imprecisa da duração do projeto	1	3,85%
D7	Falta de dados, e suposições incorretas	Ignora ou faz suposições incorretas sobre a disponibilidade de recursos	3	11,54%
		Ignora condições do local, como clima, aquisição de materiais, escassez de mão de obra ou disponibilidade de equipamentos	1	3,85%

ID Grupo	Grupo	Dificuldades do CPM encontradas nas publicações	Frequência de citação nas publicações	Taxa de citação nas publicações (%)
		Não possui dados históricos	1	3,85%
D8	Má gestão de Incerteza e Variabilidade	Ignora a variabilidade da duração (abordagem determinística), fornecendo datas de conclusão muito otimistas	7	26,92%
		Má gestão da incerteza/variabilidade do projeto	3	11,54%
D9	Demanda tempo, depende de usuários experientes e é pouco utilizado operacionalmente	Demanda muito tempo	2	7,69%
		É de difícil compreensão quando nem todas as atividades podem acontecer, ou há um escopo em constante evolução, ou há um loop	2	7,69%
		Requer conhecimento de especialistas	1	3,85%
		Não é frequentemente usado durante as fases operacionais, uma vez que os gerentes de campo frequentemente abandonam a técnica	1	3,85%

Fonte: Do autor. (2025)

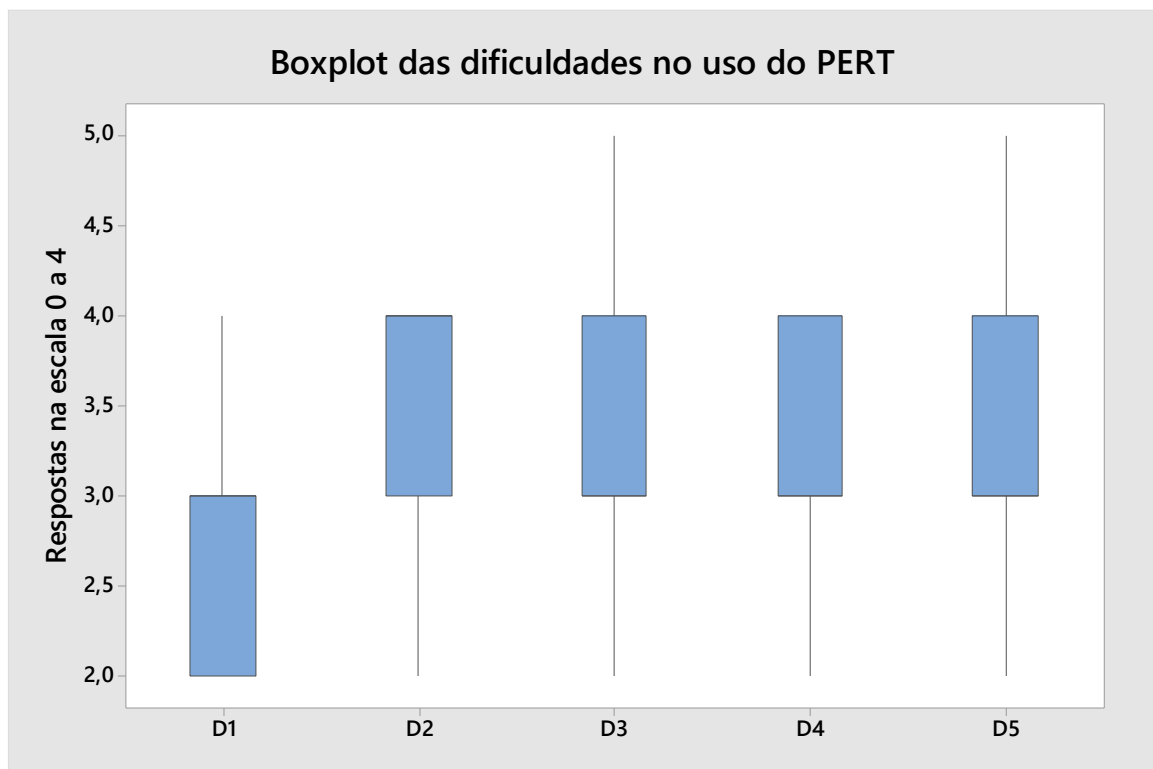
4.8.5 Respondentes que não utilizam as ferramentas PERT e CPM

No questionário aplicado, criou-se uma seção para analisar quais os principais limitadores que impedem os respondentes de não utilizarem as ferramentas PERT e/ou CPM. Desse modo, analisou-se a presença de outliers nos dois grupos (dificuldades no uso do PERT e no uso do CPM), conforme Figura 27 e Figura 28. Observa-se que não há outliers na amostra referente ao PERT, e os outliers na amostra do CPM correspondem ao mesmo respondente,

cujo perfil corresponde a um engenheiro com nível iniciante na ferramenta e até 5 anos de experiência profissional.

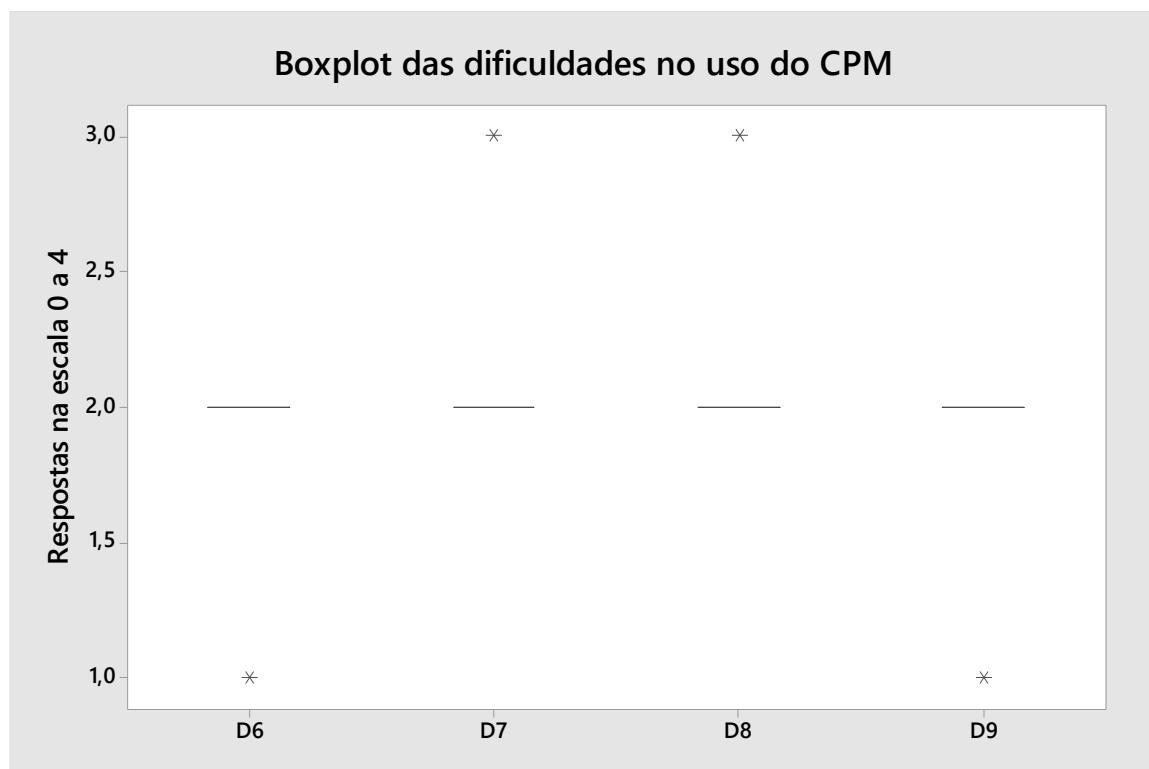
Em conjuntos de dados com amostras pequenas cada ponto exerce influência estatística significativa sobre os resultados, sendo assim, a remoção de outliers pode comprometer a validade das análises e levar a interpretações enviesadas (Gottfredson; Joo, 2013). Dessa forma, optou-se pela não remoção dos outliers nas amostras, devido ao tamanho reduzido destas.

Figura 27: Boxplot das dificuldades no uso do PERT (respondentes que não usam a ferramenta)



Fonte: Do autor, (2025)

Figura 28: Boxplot das dificuldades no uso do CPM (respondentes que não usam a ferramenta)



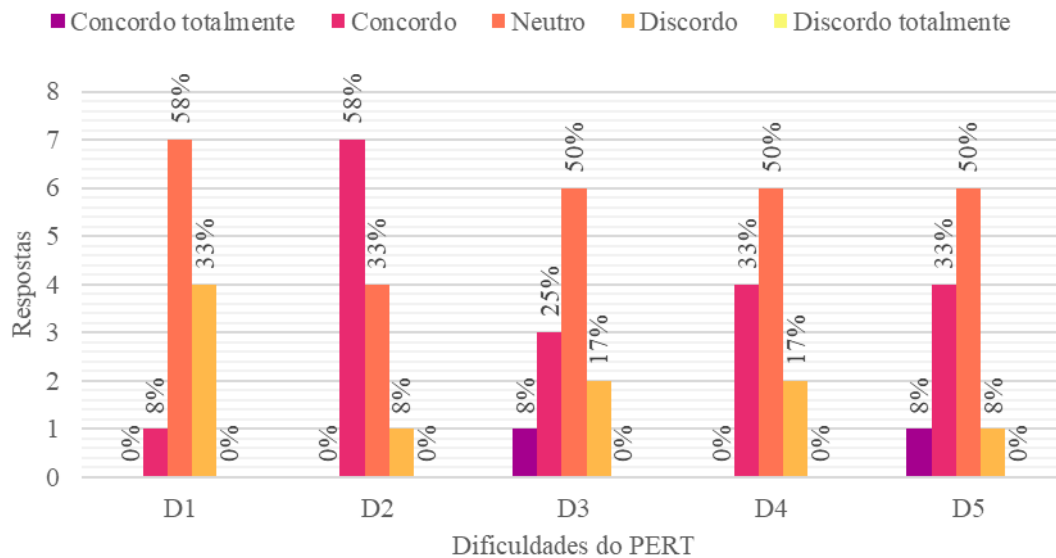
Fonte: Do autor. (2025)

No que tange as dificuldades no uso do PERT (Figura 29), nota-se em todos os grupos (D1 a D5) uma predominância das respostas neutras, indicando pouca familiaridade com a técnica. Além disso, a baixa expressividade nas categorias “discordo” e “discordo totalmente” em todos os grupos (variando de 8% a 17%) reforça que, embora os profissionais não manifestem forte oposição às dificuldades listadas, tampouco as confirmam com ênfase. Esse padrão sugere que as dificuldades atribuídas ao PERT ainda não são percebidas com consenso entre os profissionais, sendo muitas vezes vistas com cautela ou indiferença, talvez em razão do uso limitado ou superficial da técnica em campo.

Ademais, observa-se que a maioria dos profissionais que não utilizam o PERT possui baixo nível de familiaridade com a ferramenta: 50% dos respondentes declararam nenhum conhecimento, e 42% se consideram iniciantes, totalizando 92% da amostra com pouco ou nenhum domínio do método e apenas 8% afirmaram ter conhecimento intermediário, conforme Figura 30. Esse perfil corrobora com a predominância de respostas neutras e a baixa concordância total observadas na Figura 29, pois a ausência de experiência prática tende a limitar a capacidade de avaliar criticamente as dificuldades atribuídas à técnica. Dessa forma,

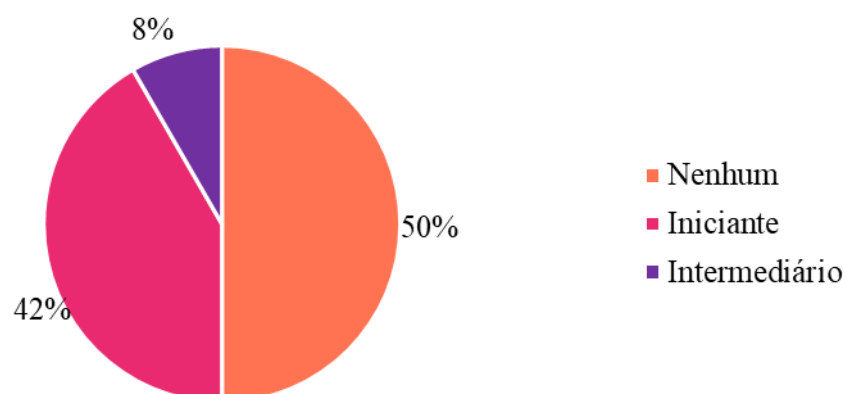
a ambivalência nas percepções dos grupos D1 a D5 pode estar fortemente relacionada ao desconhecimento ou uso superficial do PERT na prática laboral de tais profissionais.

Figura 29: Dificuldades no uso do PERT – respondentes que não utilizam a ferramenta



Fonte: Do autor. (2025)

Figura 30: Nível de familiaridade com o PERT – respondentes que não utilizam a ferramenta.



Fonte: Do autor. (2025)

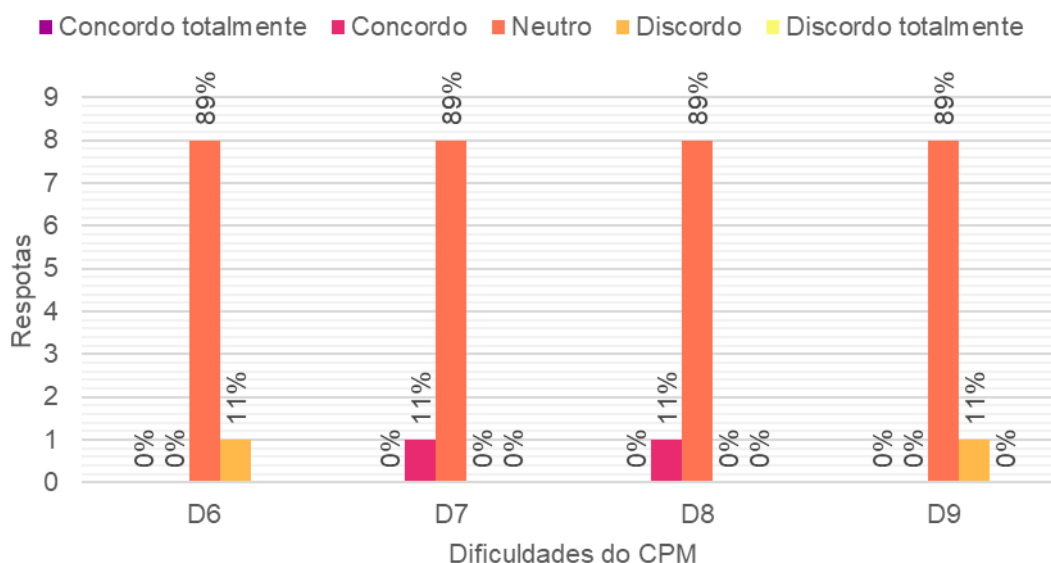
Quanto às dificuldades no uso do CPM para os profissionais que não utilizam a ferramenta, observa-se uma forte predominância de respostas neutras, com 89% dos respondentes indicando neutralidade em todos os itens avaliados no questionário (Figura 31).

Tal conjuntura indica uma baixa familiaridade ou ausência de posicionamento crítico frente às dificuldades do método, sugerindo que a maioria dos participantes deste grupo não possui conhecimento suficiente para avaliar os pontos levantados acerca do método.

Além disso, os demais 11% das respostas se dividem entre "concordo" (D7 e D8) e "discordo" (D6 e D9), mas nenhum participante marcou "concordo totalmente" ou "discordo totalmente", reforçando a conjectura de que os respondentes têm conhecimento limitado ou superficial do CPM. Por fim, 89% dos respondentes que não utilizam o método CPM declararam não possuir nenhum nível de familiaridade com a ferramenta, enquanto apenas 11% se consideram iniciantes (

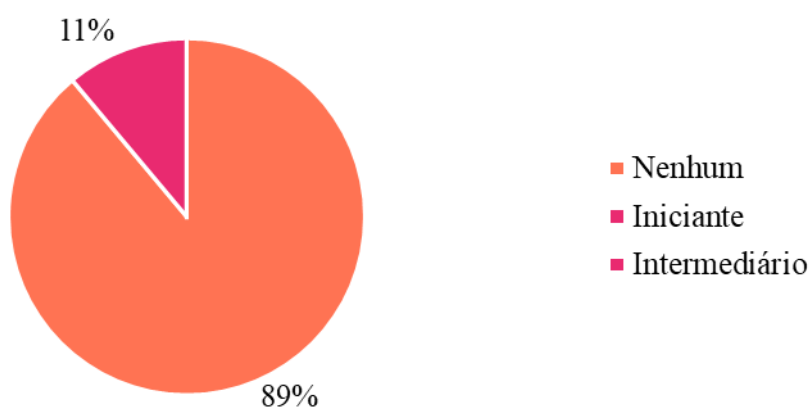
Figura 32), o que possivelmente afeta sua capacidade de identificar com clareza as limitações práticas da ferramenta, não os permitindo formar juízos criticamente quanto às limitações do método.

Figura 31: Dificuldades no uso do CPM – respondentes que não utilizam a ferramenta



Fonte: Do autor. (2025)

Figura 32: Nível de familiaridade com o CPM – respondentes que não utilizam a ferramenta.



Fonte: Do autor. (2025)

Não obstante, neste cenário a constatação de que alguns respondentes não utilizam as ferramentas não se restringe à falta de capacitação técnica, mas reflete um traço cultural recorrente na indústria da construção civil: o imediatismo operacional. Em muitos contextos organizacionais, o foco das equipes e gestores recai sobre a execução física e a obtenção de resultados tangíveis no curto prazo, em detrimento do planejamento estruturado e da análise preditiva (Nguyen; Watanabe, 2017). Em ambientes construtivos, o planejamento tende a ser fragmentado e voltado a respostas de curto prazo, sendo a monitorização e a atuação corretiva mais valorizadas do que ações preventivas e de modelagem antecipada (Dallasega; Rauch; Frosolini, 2018).

Revisões recentes sobre metodologias de planejamento e controle também indicam que, apesar de existir um corpo consolidado de ferramentas como PERT e CPM, na prática essas metodologias frequentemente convivem com abordagens reativas, uma vez que a atualização constante e o investimento em modelagem exigem recursos e maturidade gerencial que muitas organizações não possuem (Dallasega; Marengo; Revolti, 2021; Meng, 2020)

Essa tendência é potencializada por fatores como a pressão por prazos contratuais, margens de lucro reduzidas e ausência de indicadores organizacionais voltados à gestão do planejamento. Empresas de construção com baixa maturidade em gestão de projetos tendem a subvalorizar o planejamento, priorizando ações corretivas em vez de preventivas (KPMG, 2021). Como consequência, o planejamento é frequentemente percebido como uma formalidade burocrática, e não como uma etapa estratégica para otimização de recursos. Essa postura dificulta a adoção de ferramentas como o PERT e o CPM, que demandam um investimento inicial em modelagem e análise, mas que, por outro lado, proporcionam ganhos substanciais em previsibilidade, coordenação e mitigação de riscos ao longo do ciclo de vida do projeto (Burger; Pretorius; Steyn, 2024; Ibrahim; Zayed; Lafhaj, 2024)

A prevalência desse imediatismo gerencial pode, portanto, explicar parte da lacuna observada entre o conhecimento acadêmico e a prática profissional identificada nesta pesquisa. Reverter esse quadro requer mudanças culturais e estruturais, com ênfase no fortalecimento da cultura de planejamento e no desenvolvimento de competências gerenciais voltadas ao uso de dados e ferramentas analíticas (Nguyen; Watanabe, 2017).

4.8.6 Considerações dos respondentes

No formulário empregado para conduzir a pesquisa, havia um campo aberto no qual os respondentes podiam fazer considerações adicionais e comentários sobre a temática. Algumas percepções qualitativas foram obtidas por meio deste campo, complementando a interpretação dos resultados.

Um dos pontos destacados refere-se à formação acadêmica dos engenheiros. Um dos respondentes relatou que o ensino de técnicas de gerenciamento de projetos deveria ser mais aprofundado nos cursos de Engenharia, independentemente da área de atuação, considerando que, em algum momento da carreira, surgirão demandas envolvendo análise de custos, elaboração e controle de cronogramas ou gestão de riscos. Essa percepção encontra respaldo na literatura, uma vez que Toğan e Eirgash (2018) destacam que o gerenciamento de projetos, como disciplina acadêmica, ainda é recente e carece de maior integração nos currículos de engenharia, o que impacta diretamente a familiaridade e o uso de ferramentas como PERT e CPM.

Outra observação diz respeito à escolha das ferramentas computacionais utilizadas, na qual o participante apontou que, em determinadas empresas, o uso do Microsoft Excel é

preferido em relação ao Microsoft Project para gerenciar projetos, devido à maior agilidade e flexibilidade na manipulação de dados e na elaboração de cronogramas simplificados. Ainda que o MS Project ofereça recursos avançados, como a integração direta com redes PERT e CPM e indicadores de desempenho, sua adoção depende de recursos e de capacitação específica, conforme mencionado por Prado (2015) e Mattos (2019) na descrição das ferramentas de planejamento. Esse cenário revela que a cultura organizacional e o nível de maturidade em gestão de projetos influenciam a escolha das ferramentas, muitas vezes em detrimento daquelas mais robustas.

Por fim, um exemplo reportado foi a atuação em contextos nos quais o desempenho de empreiteiros compromete a execução das etapas planejadas, além de limitações decorrentes da baixa experiência e conhecimento técnico de profissionais ligados a órgãos públicos municipais. Esses aspectos estão em consonância com o que Ardití, Nayak e Damci (2017) e Arantes, Silva e Ferreira (2015) identificam como causas recorrentes de atrasos: má gestão de subcontratados, deficiências na supervisão e problemas de coordenação com *stakeholders*. Tais fatores evidenciam que, além da qualidade técnica do planejamento, é fundamental considerar aspectos contratuais, de fiscalização e de capacitação das equipes envolvidas.

Esses depoimentos reforçam que a análise da aplicabilidade das ferramentas PERT e CPM não deve se restringir ao domínio técnico das ferramentas, mas também levar em consideração variáveis como ecossistema de implementação, que envolve o preparo dos profissionais, a cultura organizacional, a infraestrutura tecnológica disponível e a qualidade das relações entre contratantes, contratados e órgãos reguladores. Assim, a eficácia das técnicas depende tanto de seu uso adequado quanto da eliminação ou mitigação das barreiras estruturais e culturais que limitam seu potencial.

5 CONCLUSÕES

A presente dissertação teve como propósito analisar os benefícios e as barreiras na utilização das ferramentas *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) e *Critical Path Method* (CPM) no contexto do gerenciamento de projetos na construção civil. A abordagem adotada integrou uma análise da literatura, com a realização de uma *survey* embasada nos preceitos encontrados na literatura, que fora aplicada a engenheiros civis atuantes no mercado nacional e internacional, proporcionando uma compreensão ampliada sobre a aplicação prática e os desafios teóricos que envolvem essas metodologias.

Por meio da análise bibliométrica, pôde-se notar que, apesar de o PERT e o CPM serem ferramentas tradicionais e consolidadas, com origem na década de 1950, suas contribuições permanecem relevantes para o planejamento e o controle de projetos. Entre os principais benefícios identificados, destacam-se a identificação do caminho crítico, a visualização da sequência lógica de atividades, a estimativa mais precisa de prazos e a possibilidade de antecipação de gargalos operacionais. Essas ferramentas favorecem o raciocínio estruturado e promovem maior clareza na gestão temporal dos empreendimentos, contribuindo para decisões fundamentadas no ciclo de vida do projeto.

Contudo, as ferramentas também apresentam limitações, algumas das quais foram amplamente discutidas na literatura analisada. O PERT, por exemplo, baseia-se em estimativas subjetivas de tempo e na distribuição beta, cujo tratamento estatístico nem sempre encontra respaldo empírico. Já o CPM, apesar de seu caráter determinístico e simplicidade de aplicação, não contempla a variabilidade inerente a projetos complexos, nem considera restrições de recursos de forma integrada. Além disso, estudos apontam que o uso isolado dessas ferramentas, sem o apoio de softwares especializados ou a combinação com outras metodologias, pode comprometer a eficácia dos resultados.

A *survey* aplicada com profissionais com formação em engenharia civil permitiu compreender a distância existente entre o conhecimento acadêmico e a prática cotidiana no setor. Apesar do reconhecimento dos potenciais ganhos proporcionados pelas ferramentas PERT e CPM, observou-se que a adoção ainda possui limitações, sendo que os principais entraves relatados pelos profissionais dizem respeito a, dentre outros fatores, carência de capacitação técnica, da dificuldade de adaptação dos métodos às especificidades de projetos e da baixa familiaridade dos profissionais com ferramentas computacionais e algébricas associadas às metodologias.

Paradoxalmente, os profissionais que afirmaram utilizar as ferramentas de forma sistemática relataram experiências positivas, sobretudo no que se refere à clareza na alocação de recursos, à antecipação de riscos e à melhoria da comunicação entre os agentes envolvidos nos projetos. Esses relatos reforçam a hipótese de que as barreiras não estão necessariamente nas ferramentas em si, mas sim no ambiente organizacional e na cultura gerencial das empresas.

Com base nos achados desta pesquisa, conclui-se que o uso eficaz das ferramentas PERT e CPM pode ser um diferencial competitivo para empresas da construção civil, sobretudo em um setor marcado por altos índices de desperdício, atrasos e incertezas. Para que esses métodos sejam mais amplamente adotados, é fundamental fomentar ações de capacitação continuada no ambiente de trabalho, ampliar a inserção dessas ferramentas nos currículos da graduação em engenharia civil e estimular a integração entre métodos tradicionais e ferramentas mais recentes, como o BIM (*Building Information Modeling*) e o *Lean Construction*.

Ademais ressalta-se a necessidade de um reposicionamento estratégico por parte das organizações, no sentido de compreender o planejamento como uma atividade essencial e não apenas como uma exigência contratual. A superação das barreiras identificadas depende de uma mudança cultural que valorize o planejamento estruturado, o uso de dados e a análise preditiva como pilares da boa gestão de projetos, possibilitando mitigar possíveis gargalos de empreendimentos civis.

Por fim, considerando os resultados e as limitações do presente estudo, algumas direções para futuras pesquisas são recomendadas, como estudos investigativos abordando a possibilidade de integração entre metodologias tradicionais, como PERT e o CPM, e tecnologias emergentes, como o BIM e o *Lean Construction*. Recomenda-se também a realização de estudos com uma amostra mais ampla e representativa, tanto em termos de número de participantes quanto de diversidade regional. Isso permitiria uma maior precisão estatística e a generalização dos resultados para diferentes contextos da construção civil.

Diante da análise realizada, conclui-se que os objetivos propostos nesta dissertação foram alcançados. A investigação permitiu identificar e classificar, com base em fontes bibliográficas e em evidências empíricas, os principais benefícios e limitações no uso das ferramentas PERT e CPM na construção civil, ao passo que a análise da literatura proporcionou uma sólida base teórica para compreensão das metodologias. Por outro lado, a aplicação da *survey* com engenheiros civis ampliou a visão sobre a realidade prática do setor, permitindo um paralelismo entre teoria e prática, que contribuiu significativamente para uma avaliação crítica e contextualizada das ferramentas, gerando subsídios relevantes para a academia, profissionais do setor e tomadores de decisão. Dessa forma, o estudo cumpre seu papel de colaborar com a

melhoria contínua dos processos de planejamento e gerenciamento de projetos, além de lançar luz sobre lacunas ainda existentes na adoção dessas ferramentas no cenário atual.

REFERÊNCIAS

ABBASIAN-HOSSEINI, S. Alireza; NIKAKHTAR, Amin; GHODDOUSI, Parviz. Verification of lean construction benefits through simulation modeling: A case study of bricklaying process. **KSCE Journal of Civil Engineering**, [s. l.], vol. 18, nº 5, 2014.

ABDULHAYOGLU, Mehmet Ali; THIJS, Bart. Use of locality sensitive hashing (LSH) algorithm to match Web of Science and Scopus. **Scientometrics**, [s. l.], vol. 116, p. 1229–1245, 2018.

AGYEI, Wallace. Project planning and scheduling using PERT and CPM techniques with linear programming: case study. **International journal of scientific & technology research**, [s. l.], vol. 4, nº 8, p. 222–227, 2015.

AGYEKUM-MENSAH, George; KNIGHT, Andrew David. The professionals' perspective on the causes of project delay in the construction industry. **Engineering, Construction and Architectural Management**, [s. l.], vol. 24, nº 5, p. 828–841, 2017.

AMARKHIL, Qais; ELWAKIL, Emad. Enhanced planning and scheduling in building construction projects: an innovative approach to overcome scheduling challenges. **International Journal of Construction Management**, [s. l.], p. 1–11, 2023.

AMLIE, Thomas T. Constrained Optimization Problems in Cost and Managerial Accounting--Spreadsheet Tools. **American Journal of Business Education**, [s. l.], vol. 2, nº 6, p. 11–22, 2009.

ANDERSON, Gary. **U.S. R&D Increased by 72 Billion in 2021 to 789 Billion; Estimate for 2022 Indicates Further Increase to 886 Billion | NSF - National Science Foundation**. [S. l.]: [s. d.], 2024. Disponível em: <https://nces.nsf.gov/pubs/nsf24317#:~:text=U.S.%20R%26D%20Increased%20by%20%2472>.

ARANTES, A; SILVA, P F da; FERREIRA, L M D F. Delays in construction projects - causes and impacts. 2015. **2015 International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM)**. [S. l.]: [s. d.], 2015. p. 1105–1110.

ARAUJO, A V; VIVAN, A L; PALIARI, J C. COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS PERT, FUZZY-PERT E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA O PLANEJAMENTO DE OBRAS. **Revista Científica UNAR**, [s. l.], vol. 17, nº 2, p. 131, 2018.

ARDITI, David; NAYAK, Shruti; DAMCI, Atilla. Effect of organizational culture on delay in construction. **International Journal of Project Management**, [s. l.], vol. 35, nº 2, p. 136–147, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786316303052>.

AZEVEDO, Rogério Cabral de. Um modelo para gestão de risco na incorporação de imóveis usando metodologia multicritério para apoio à decisão-construtivista (MCDA-C). [s. l.], 2013.

AZHAR, Salman. Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. **Leadership and management in engineering**, [s. l.], vol. 11, nº 3, p. 241–252, 2011.

BAGSHAW, Karibo Benaiah. PERT and CPM in project management with practical examples. **American Journal of Operations Research**, [s. l.], vol. 11, nº 4, p. 215–226, 2021.

BA'ITS, Hamzah Abdul; PUSPITA, Ika Arum; BAY, Achmad Fuad. Combination of program evaluation and review technique (PERT) and critical path method (CPM) for project schedule development. **International Journal of Integrated Engineering**, [s. l.], vol. 12, nº 3, p. 68–75, 2020.

BALLARD, Glenn; TOMMELEIN, Iris. 2020 Current process benchmark for the last planner (R) system of project planning and control. [s. l.], 2021.

BALLESTEROS-PÉREZ, Pablo; LARSEN, Graeme D; GONZÁLEZ-CRUZ, María-Carmen. Do projects really end late? On the shortcomings of the classical scheduling techniques. **Journal of Technology and Science Education**, [s. l.], vol. 8, nº 1, p. 17–33, 2018.

BARRA, Renata *et al.* **ELABORAÇÃO DE REDE PERT/CPM NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE MS PROJECT: UM ESTUDO DE CASO.** [S. l.]: [s. d.], 2013.

BARRA, Renata Brabo Mascarenhas *et al.* **Elaboração De Rede Pert/Cpm Na Indústria Da Construção Civil Através Da Utilização Do Software Ms Project: Um Estudo De Caso.** [S. l.]: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2013.

BELFIORE, Patrícia; FÁVERO, Luiz Paulo. **Pesquisa operacional para cursos de engenharia.** [S. l.]: Elsevier Brasil, 2013. vol. 1

BENJAORAN, Vacharapoom; TABYANG, Wisitsak; SOOKSIL, Nart. Precedence relationship options for the resource levelling problem using a genetic algorithm. **Construction Management and Economics**, [s. l.], vol. 33, p. 1–13, 2015.

BEZERRA, Francisco Diniz. **Análise setorial indústria da construção.** [s. l.], 2020.

BROWN, William. Some experimental results in the correlation of mental abilities 1. **British Journal of Psychology**, 1904-1920, [s. l.], vol. 3, nº 3, p. 296–322, 1910.

BURGER, Erik; PRETORIUS, Suzaan; STEYN, Herman. Project management maturity and its impact on perceived project success: a case study. **South African Journal of Industrial Engineering**, [s. l.], vol. 35, nº 2, p. 171–183, 2024.

CAERS, Ralf; CASTELYN, Vanessa. LinkedIn and Facebook in Belgium. **Social Science Computer Review**, [s. l.], vol. 29, p. 437–448, 2011.

CARVALHO, Marly; JUNIOR, Roque. **Fundamentos em Gestão de Projetos: Construindo Competências para Gerenciar Projetos.** [S. l.]: [s. d.], 2015.

CBIC. **Informativo Econômico CAGED 2023.** [S. l.]: CBIC - Câmara Brasileira Da Indústria Da Construção , 2023. Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2024/01/informativo-economico-caged-2023.pdf>. .

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**, [s. l.], vol. 29, nº 1, 2017.

CNI. **CNI – Perfil da Indústria Brasileira**. [S. l.]: [s. d.], 2024a. Disponível em: <https://industriabrasileira.portaldaindustria.com.br/#/industria-total>.

CNI. **Informe Conjuntural, Ano 40, Número 2, Abril/Junho 2024**. [S. l.]: [s. d.], 2024b. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/15/d3/15d39b93-1ac8-40fa-aa78-8062be5c3ad1/informe_conjuntural_2o_trimestre_de_2024.pdf.

COUPER, Mick P. Web surveys: A review of issues and approaches. **The public opinion quarterly**, [s. l.], vol. 64, nº 4, p. 464–494, 2000.

CRONBACH, Lee J. Coefficient alpha and the internal structure of tests. **Psychometrika**, [s. l.], vol. 16, nº 3, p. 297–334, 1951. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF02310555>.

CUNHA, Guilherme Antonio Corrêa. A importância da construção civil para a economia brasileira: a partir de uma abordagem insumo-produto. [s. l.], 2022.

CUNHA, Cristiane Martins; DE ALMEIDA NETO, Omar Pereira; STACKFLETH, Renata Stackfleth. Principais métodos de avaliação psicométrica da confiabilidade de instrumentos de medida. **Revista de Atenção à Saúde**, [s. l.], vol. 14, nº 49, p. 98–103, 2016.

DA COSTA, Danilo; SILVA, Gustavo Javier Castro; DE ASSUNÇÃO, Maria Aparecida. Scopus vs. Web of Science: uma avaliação comparativa das principais bases de dados para a pesquisa acadêmica. **Cadernos do FNDE**, [s. l.], vol. 4, nº 09, p. e0982–e0982, 2023.

DA ROCHA LIMA JR, João; MONETTI, Eliane; DE ALENCAR, Claudio Tavares. **Real Estate: fundamentos para análise de investimentos**. [S. l.]: Editora Blucher, 2023.

DALLASEGA, Patrick; MARENGO, Elisa; REVOLTI, Andrea. Strengths and shortcomings of methodologies for production planning and control of construction projects: a systematic

literature review and future perspectives. **Production planning & control**, [s. l.], vol. 32, nº 4, p. 257–282, 2021.

DALLASEGA, Patrick; RAUCH, Erwin; FROSOLINI, Marco. A lean approach for real-time planning and monitoring in engineer-to-order construction projects. **Buildings**, [s. l.], vol. 8, nº 3, p. 38, 2018.

DASTJERDY, Behzad; SAEIDI, Ali; HEIDARZADEH, Shahriyar. Review of applicable outlier detection methods to treat geomechanical data. **Geotechnics**, [s. l.], vol. 3, nº 2, p. 375–396, 2023.

DE SOUZA, Victor Barbosa *et al.* UTILIZAÇÃO DO MODELO PERT/CPM PARA OTIMIZAR A RELAÇÃO TEMPO-CUSTO: UM ESTUDO DE CASO. **Revista Interdisciplinar Pensamento Científico**, [s. l.], vol. 3, nº 1, 2017.

DEGRAF MIARA, Renata; SCHEER, Sergio. Optimization of Construction Waste Management Through an Integrated BIM API. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, [s. l.], vol. 11, nº 22, 2019.

DEVELLIS, Robert F; THORPE, Carolyn T. **Scale development: Theory and applications**. [S. l.]: Sage publications, 2021.

EAST, William. **Critical Path Method (CPM) tutor for construction planning and scheduling**. [S. l.]: McGraw Hill Professional, 2015.

ESTEVES, Juliana Cardoso. Planejamento e gestão do ambiente construído em universidades públicas. [s. l.], 2013.

FAN, Weimiao; YAN, Zheng. Factors affecting response rates of the web survey: A systematic review. **Computers in human behavior**, [s. l.], vol. 26, nº 2, p. 132–139, 2010.

FORZA, Cipriano. Survey research in operations management: a process-based perspective. **International journal of operations & production management**, [s. l.], vol. 22, nº 2, p. 152–194, 2002.

FREITAS, Andre Luis; RODRIGUES, Sidilene. **A avaliação da confiabilidade de questionários: uma análise utilizando o coeficiente alfa de Cronbach.** [S. l.]: [s. d.], 2005.

GALVÃO, Taís Freire; PANSANI, Thais de Souza Andrade; HARRAD, David. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. **Epidemiologia e serviços de saúde**, [s. l.], vol. 24, p. 335–342, 2015.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** [S. l.]: 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

GOTTFREDSON, Ryan; JOO, Harry. Best-Practice Recommendations for Defining, Identifying, and Handling Outliers. **Organizational Research Methods**, [s. l.], vol. 16, p. 270–301, 2013.

HAHN, Eugene D; MARTIN, Maria del Mar Lopez. Robust project management with the tilted beta distribution. **SORT-Statistics and Operations Research Transactions**, [s. l.], vol. 39, n° 2, p. 253–272, 2015.

HAIR, Joseph F. *et al.* **Hair, JF Jr., Hult, GTM, Ringle, CM, Sarstedt, M.(2017). A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM).** Sage Publications. 2. ed. [S. l.]: Sage, 2017.

HAJDU, Miklos; BOKOR, Orsolya. The Effects of Different Activity Distributions on Project Duration in PERT Networks. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, [s. l.], vol. 119, p. 766–775, 2014.

HERRERÍAS-VELASCO, José Manuel; HERRERÍAS-PLEGUEZUELO, Rafael; VAN DORP, Johan René. Revisiting the PERT mean and variance. **European Journal of Operational Research**, [s. l.], vol. 210, n° 2, p. 448–451, 2011.

HOSSEINI, MReza *et al.* BIM adoption within Australian Small and Medium-sized Enterprises (SMEs): an innovation diffusion model. **Construction Economics and Building**, [s. l.], vol. 16, n° 3, p. 71–86, 2016.

HUSIN, Albert Eddy *et al.* M-PERT and lean construction integration on steel construction works of warehouse buildings. **Int. J. Eng. Adv. Technol.**, [s. l.], vol. 8, n° 4, p. 696–702, 2019.

IBRAHIM, Abdelazim; ZAYED, Tarek; LAFHAJ, Zoubeir. Enhancing construction performance: A critical review of performance measurement practices at the project level. **Buildings**, [s. l.], vol. 14, n° 7, p. 1988, 2024.

ISLAM, Noushin *et al.* Review on sustainable construction and demolition waste management—challenges and research prospects. **Sustainability**, [s. l.], vol. 16, n° 8, p. 3289, 2024.

JOUDA, Methaq Azeez; SHIKER, Mushtak A K. Comparing the Effectiveness of PERT and CPM Techniques in a House Construction Project: A Case Study. **Journal Européen des Systèmes Automatisés**, [s. l.], vol. 57, n° 3, p. 781, 2024.

KERZNER, Harold. **Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling**. [S. l.]: John Wiley & Sons, 2025.

KLINGWORT, Jonas; TOEPOEL, Vera. Effects of survey design features on response rates: a meta-analytical approach using the example of crime surveys. **arXiv preprint arXiv:2411.02552**, [s. l.], 2024.

KOSKELA, Lauri *et al.* The foundations of lean construction. *In*: DESIGN AND CONSTRUCTION. [S. l.]: Routledge, 2007. p. 211–226.

KOTHARI, Chakravanti Rajagopalachari. **Research methodology: Methods and techniques**. [S. l.]: New Age International, 2004.

KPMG. **Global Construction Survey 2021 – The Road to Recovery: Building confidence in an uncertain world**. London: KPMG, 2021. Disponible en: <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/ie/pdf/2021/09/ie-global-construction-survey-2.pdf>. .

LACHTERMACHER, Gerson. **Pesquisa operacional na tomada de decisões** . [S. l.]: Grupo Gen-LTC, 2016.

LALMI, Abdallah; FERNANDES, Gabriela; SOUAD, Sassi Boudemagh. A conceptual hybrid project management model for construction projects. **Procedia Computer Science**, [s. l.], vol. 181, p. 921–930, 2021.

LIKERT, Rensis. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of psychology**, [s. l.], 1932.

LIMA, Lidia Elke Carvalho. A importância do planejamento nos canteiros de obra para garantia da segurança e redução do desperdício. [s. l.], 2015.

LIMA, Gabriela Santos; RIBEIRO, Rhubens Ewald Moura. Análise bibliométrica das publicações do enegep sobre educação em Engenharia de Produção entre 2016 e 2020. **Research, Society and Development**, [s. l.], vol. 10, nº 8, p. e2510816570–e2510816570, 2021.

LIN, Edward Y H *et al.* On The Estimation of Mean Remaining Activity Duration for an Ongoing Project Activity in PERT. **International Journal of Mathematics**, [s. l.], vol. 973, p. 7545, 2017.

LINES, Brian C *et al.* Overcoming resistance to change in engineering and construction: Change management factors for owner organizations. **International Journal of Project Management**, [s. l.], vol. 33, nº 5, p. 1170–1179, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786315000095>.

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. [s. l.], 2018.

LU, Ming; LI, Heng. Resource-Activity Critical-Path Method for Construction Planning. **Journal of Construction Engineering and Management-asce - J CONSTR ENG MANAGE-ASCE**, [s. l.], vol. 129, 2003.

MAHARDIKA, Andrew Ghea *et al.* Analysis of Time Acceleration Costs in Level Building Using Critical Path Method. 2019. **Journal of Physics: Conference Series**. [S. l.]: IOP Publishing, 2019. p. 012025.

MAINERI, Angelica M; VAN MOL, Christof. An experimental study on the impact of contact design on web survey participation. **Social Science Computer Review**, [s. l.], vol. 40, nº 5, p. 1203–1222, 2022.

MALCOLM, Donald G *et al.* Application of a technique for research and development program evaluation. **Operations research**, [s. l.], vol. 7, nº 5, p. 646–669, 1959.

MATIAS, Leandro; NUNES, Alane Fernandes; CRUZ, Rita de Cássia Alves Leal. Desperdícios na construção civil. **Revista Campo do Saber**, [s. l.], vol. 4, nº 3, 2018.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. [S. l.]: Oficina de Textos, 2019.

MAUÉS, Luiz Maurício Furtado. Modelo para estimar o prazo de execução de obras residenciais verticais: por meio da lógica fuzzy. [s. l.], 2017.

MCGILL, Robert; TUKEY, John W; LARSEN, Wayne A. Variations of box plots. **The american statistician**, [s. l.], vol. 32, nº 1, p. 12–16, 1978.

MEIRELES, Manuel. Validação de escala Likert: 1-Conceito. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, [s. l.], vol. 18, nº 1, p. 1–4, 2024.

MENG, Xianhai. Proactive management in the context of construction supply chains. **Production planning & control**, [s. l.], vol. 31, nº 7, p. 527–539, 2020.

MIRA, Vera Lucia; LEITE, Maria Madalena Januario. Instrumento para mensuração de atitudes frente ao processo de avaliação de desempenho. **Revista Brasileira de Enfermagem**, [s. l.], vol. 58, nº 5, p. 563–7, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0034-71672005000500012>.

MONTAZERI, Behzad. **Comparing Critical Chain Project Management with Critical Path Method: A Case Study**. [S. l.]: [s. d.], 2017. Disponível em: <https://digitalcommons.wku.edu/theses/1935/>.

MONTEIRO, Ana Caroline Nogueira *et al.* Compatibilização de projetos na construção civil: importância, métodos e ferramentas. **Revista Campo do Saber**, [s. l.], vol. 3, nº 1, 2017.

MORRIS, Peter W G; PINTO, Jeffrey K. **The Wiley guide to project organization and project management competencies**. [S. l.]: John Wiley & Sons, 2007.

NAVARRO, Antonio Fernando. Percepção, Compreensão e Avaliação de Riscos: Análise de resultados de pesquisas de campo. [s. l.], 2015.

NGUYEN, Luong Hai; WATANABE, Tsunemi. The impact of project organizational culture on the performance of construction projects. **Sustainability**, [s. l.], vol. 9, nº 5, p. 781, 2017.

NUNNALLY, J C; BERNSTEIN, I H. **Psychometric Theory**. [S. l.]: McGraw-Hill Companies, Incorporated, 1994. (McGraw-Hill series in psychology). Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=r0fuAAAAMAAJ>.

OLIVIERI, Hylton; GRANJA, Ariovaldo Denis; PICCHI, Flávio Augusto. Planejamento tradicional, Location-Based Management System e Last Planner System: um modelo integrado. **Ambiente Construído**, [s. l.], vol. 16, p. 265–283, 2016.

OLTEANU, Madalina; ROSSI, Fabrice; YGER, Florian. Meta-survey on outlier and anomaly detection. **Neurocomputing**, [s. l.], vol. 555, p. 126634, 2023.

PAGE, Matthew J *et al.* A declaração PRISMA 2020: diretriz atualizada para relatar revisões sistemáticas. **Revista panamericana de salud publica**, [s. l.], vol. 46, p. e112, 2023.

PASQUALI, Luiz. **Psicometria: teoria dos testes na psicologia e na educação**. [S. l.]: Editora Vozes Limitada, 2017.

PATAH, Leandro Alves; CARVALHO, Marly Monteiro de. Sucesso a partir de investimento em metodologias de gestão de projetos. **Production**, [s. l.], vol. 26, 2016.

PAVITT, Keith. Public policies to support basic research: What can the rest of the world learn from US theory and practice?(And what they should not learn). **Industrial and corporate change**, [s. l.], vol. 10, nº 3, p. 761–779, 2001.

PESCAROLI, Gianluca *et al.* A Likert Scale-Based Model for Benchmarking Operational Capacity, Organizational Resilience, and Disaster Risk Reduction. **International Journal of Disaster Risk Science**, [s. l.], vol. 11, nº 3, p. 404–409, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13753-020-00276-9>.

PETERS, Linda. Impact of probability distributions on real options valuation. **Journal of Infrastructure Systems**, [s. l.], vol. 22, nº 3, p. 04016005, 2016.

PICKAVANCE, Neil; ROSS, Andrew; FEARON, Damian. Participant Influences on the Success of Critical Path Method Planning in Construction Project Environments. **55th ASC Annual International Conference**, [s. l.], p. 40, 2019.

PMI. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Seventh Edition and The Standard for Project Management (ENGLISH)**. [S. l.]: Project Management Institute, 2021. (PMBOK® Guide). Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=lKsxEAAAQBAJ>.

POIRIER, Erik A; FORGUES, Daniel; STAUB-FRENCH, Sheryl. Understanding the impact of BIM on collaboration: a Canadian case study. **Building research & information**, [s. l.], vol. 45, nº 6, p. 681–695, 2017.

PRADO, Darcí. **Pert/cpm**. [S. l.]: Falconi Editora, 2015. vol. 4

PRADO, Darcí. **Programação linear**. [S. l.]: Falconi Editora, 2016. vol. 1

PRADO, Darcí; LADEIRA, Fernando. **Planejamento e controle de projetos**. [S. l.]: Falconi Editora, 2014. vol. 2

PRADO, Darci; MARQUES, Marcus. **Usando o MS-Project 2016 em Gerenciamento de Projetos**. [S. l.]: Falconi Editora, 2017.

PREGINA, Kulandaisami; KANNAN, Mariappan Ramesh. Fuzzy-Graphical Evaluation and Review Technique for Scheduling Construction Projects. **KSCE Journal of Civil Engineering**, [s. l.], vol. 28, n° 7, p. 2573–2587, 2024.

R, Jaya; MYNENI, Kranti. Barriers for Adoption of Integrated Project Delivery in Indian Construction Industry. **International Journal of Management and Humanities**, [s. l.], vol. 8, p. 8–13, 2022.

RAJU, P S; HARINARAYANA, N S. Online survey tools: A case study of Google Forms. **Library Hi Tech News**, [s. l.], vol. 33, n° 4, p. 12–14, 2016.

REGIS, Márcio Rômulo da Silva. **Ferramenta de gestão de riscos aplicada na fase de pré-construção de empreendimentos de construção civil**. 2023. - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

REZAEI, Alireza. **Project management in the Iranian construction industry**. [S. l.]: [s. d.], 2012.

RODGERS, Callum *et al.* Building information modelling (BIM) within the Australian construction related small and medium sized enterprises (SMEs): Awareness, practices and drivers. **Construction Law Journal**, [s. l.], vol. 32, p. 257–268, 2016.

ROGHANIAN, E; ALIPOUR, M; REZAEI, M. An improved fuzzy critical chain approach in order to face uncertainty in project scheduling. **International Journal of Construction Management**, [s. l.], vol. 18, n° 1, p. 1–13, 2018.

ROLSTAD, Sindre; ADLER, John; RYDÉN, Anna. Response burden and questionnaire length: is shorter better? A review and meta-analysis. **Value in Health**, [s. l.], vol. 14, n° 8, p. 1101–1108, 2011.

ROSENFELD, Yehiel. Root-cause analysis of construction-cost overruns. **Journal of construction engineering and management**, [s. l.], vol. 140, n° 1, p. 04013039, 2014.

ROUSSEEUW, Peter J; HUBERT, Mia. Anomaly detection by robust statistics. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery**, [s. l.], vol. 8, n° 2, p. e1236, 2018.

SACKS, Rafael *et al.* **BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility managers**. [S. l.]: John Wiley & Sons, 2018.

SACKS, Rafael *et al.* Construction with digital twin information systems. **Data-centric engineering**, [s. l.], vol. 1, p. e14, 2020.

SALEH, Amany; BISTA, Krishna. Examining factors impacting online survey response rates in educational research: Perceptions of graduate students. **Journal of Multidisciplinary evaluation**, [s. l.], vol. 13, n° 29, p. 63–74, 2017.

SANGROUNGRAI, S; SUKCHAREONPONG, P; WITCHAKUL, S. Engineering, procurement and construction (EPC) project management for reducing cost and time: A case study of petrochemical plant. 2018. **2018 5th International Conference on Business and Industrial Research (ICBIR)**. [S. l.]: [s. d.], 2018. p. 402–406.

SENTHIL, J; MUTHUKANNAN, M. Predication of construction risk management in modified historical simulation statistical methods. **Ecological Informatics**, [s. l.], vol. 66, p. 101439, 2021.

SILVA, Ricardo William da. Resíduos da Construção Civil: controle por meio do método Lean Construction. [s. l.], 2018.

SILVA, Assis Leão da; SANTOS, Yego Viana Amorim de. A produção de dissertações e teses sobre o Programa REUNI entre 2009 e 2018. **Jornal de Políticas Educacionais**, [s. l.], vol. 14, 2020.

SINGH, Vivek Kumar *et al.* The journal coverage of Web of Science, Scopus and Dimensions: A comparative analysis. **Scientometrics**, [s. l.], vol. 126, p. 5113–5142, 2021.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. Como reduzir perdas nos canteiros: manual de gestão do consumo de materiais na construção civil. **São Paulo: Pini**, [s. l.], 2005.

SPEARMAN, Charles. Correlation calculated from faulty data. **British journal of psychology**, [s. l.], vol. 3, nº 3, p. 271, 1910.

STOKES, Yehudis *et al.* Using Facebook and LinkedIn to recruit nurses for an online survey. **Western journal of nursing research**, [s. l.], vol. 41, nº 1, p. 96–110, 2019.

STREINER, David L. Starting at the beginning: an introduction to coefficient alpha and internal consistency. **Journal of personality assessment**, [s. l.], vol. 80, nº 1, p. 99–103, 2003.

SWANSON, Lloyd A; PAZER, Harold L. Implications of the underlying assumptions of PERT. **Decision Sciences**, [s. l.], vol. 2, nº 4, p. 461–480, 1971.

TABER, Keith S. The Use of Cronbach's Alpha When Developing and Reporting Research Instruments in Science Education. **Research in Science Education**, [s. l.], vol. 48, nº 6, p. 1273–1296, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2>.

TAKAKURA, Yuya *et al.* Application of critical path method to stochastic processes with historical operation data. **Chemical Engineering Research and Design**, [s. l.], vol. 149, p. 195–208, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263876219303090>.

TAVAKOL, Mohsen; DENNICK, Reg. Making sense of Cronbach's alpha. **International journal of medical education**, [s. l.], vol. 2, p. 53, 2011.

TEZEL, Algan; KOSKELA, Lauri; AZIZ, Zeeshan. Current condition and future directions for lean construction in highways projects: A small and medium-sized enterprises (SMEs) perspective. **International Journal of Project Management**, [s. l.], vol. 36, nº 2, p. 267–286, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026378631730858X>.

TOĞAN, Vedat; EIRGASH, Mohammad. Time-Cost Trade-off Optimization of Construction Projects using Teaching Learning Based Optimization. **KSCE Journal of Civil Engineering**, [s. l.], vol. 23, 2018.

TOPOLOVEC-VRANIC, Jane; NATARAJAN, Karthik. The Use of Social Media in Recruitment for Medical Research Studies: A Scoping Review. **J Med Internet Res**, [s. l.], vol. 18, nº 11, p. e286, 2016. Disponível em: <http://www.jmir.org/2016/11/e286/>.

TORCHIANO, Marco *et al.* Lessons learnt in conducting survey research. 2017. **2017 IEEE/ACM 5th International Workshop on Conducting Empirical Studies in Industry (CESI)**. [S. l.]: IEEE, 2017. p. 33–39.

TRIETSCH, Dan; BAKER, Kenneth R. PERT 21: Fitting PERT/CPM for use in the 21st century. **International journal of project management**, [s. l.], vol. 30, nº 4, p. 490–502, 2012.

TUKEY, John Wilder. **Exploratory data analysis**. [S. l.]: Springer, 1977. vol. 2

TURNER, J Rodney. **The handbook of project-based management**. [S. l.]: McGraw-Hill Education New York, NY, 2014. vol. 92

TURNER, J Rodney; ANBARI, Frank; BREDILLET, Christophe. Perspectives on research in project management: the nine schools. **Global Business Perspectives**, [s. l.], vol. 1, nº 1, p. 3–28, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40196-012-0001-4>.

TWOHIG, Richard *et al.* Features of research project management in European higher education institutes. **Perspectives: Policy and Practice in Higher Education**, [s. l.], vol. 27, nº 2, p. 68–78, 2023.

UK CABINET OFFICE. **Managing Successful Projects with PRINCE2**. 6. ed. London: The Stationery Office, 2017.

ULBRICHT, Gerson; DOS SANTOS, Emanuel Arildo; MOURA, Cassiano Rodrigues. Gerenciamento de projetos com utilização de redes PERT/CPM: uma aplicação industrial.

2020. **CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**. [S. l.]: [s. d.], 2020.

VANDERLEY, Bárbara Madureira; SOUKI, Gustavo Quiroga; NETO, Mário Teixeira Reis. Qualidade Percebida, Atitudes e Intenções Comportamentais de estudantes: Desenvolvimento e validação de uma escala de avaliação/Perceived Quality, Attitudes and Behaviors Student Behaviors: Development and validation of an evaluation scale. **Revista da Micro e Pequena Empresa**, [s. l.], vol. 10, nº 1, p. 44, 2016.

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.], vol. 15, nº 1, p. 75–88, 2017.

VIANA, Brenda *et al.* **O SEQUENCIAMENTO DE ATIVIDADES DA CONSTRUÇÃO DE UMA QUADRA POLIESPORTIVA**. [S. l.]: [s. d.], 2020.

VIVAN, André Luiz; DE ARAUJO, Alexandre Vicentini; PALIARI, José Carlos. PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS SOB A ÓTICA DA NÃO LINEARIDADE. **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, [s. l.], vol. 17, nº 1, p. 1557–1565, 2018.

WADOOD, Fazli; AKBAR, Fazal; ULLAH, Imran. The importance and essential steps of pilot testing in management studies: A quantitative survey results. **Journal of Contemporary Issues in Business and Government Vol**, [s. l.], vol. 27, nº 5, 2021.

WEAVER, Patrick. Why Critical Path Scheduling Is Wildly Optimistic!. [s. l.], 2010.

WIGMORE, Steve. **What Is a Good Survey Length for Online Research?**. [S. l.]: [s. d.], 2022. Disponível em: <https://www.kantar.com/north-america/inspiration/research-services/what-is-a-good-survey-length-for-online-research-pf>.

YANG, Huixing; WANG, Deling. Application of Lean–Agile Hybrid Methods in Complex Construction Project Management. **Buildings**, [s. l.], vol. 15, nº 13, p. 2349, 2025.

ZANCUL, Eduardo *et al.* **Estudo sobre produtividade na construção civil: desafios e tendências no Brasil.** [S. l.]: [s. d.], 2014.

ZAREEI, Samira. Project scheduling for constructing biogas plant using critical path method. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], vol. 81, p. 756–759, 2018.

ZULETA-CASTELLANO, Humberto *et al.* Performance management in construction projects: a systematic literature review •. **Dyna (Medellin, Colombia)**, [s. l.], vol. 90, p. 55–65, 2023.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Quadro ID da publicação, título, ano e autores

ID	Título	Ano	Autores
1	From Dimes to Deadlines: What Project Management Techniques Are Right for You?	2024	Smith R.; Liggett W.; Niewola J.; Hegarty K.
2	Improving Dijkstra's algorithm for Estimating Project Characteristics and Critical Path	2022	Siripurapu A.; Nowpada R.S.; Srinivasa Rao K.
3	Do projects really end late? On the shortcomings of the classical scheduling techniques	2018	Ballesteros-Pérez P.; Larsen G.D.; González-Cruz M.C.
4	Integrating a procurement management process into Critical Chain Project Management (CCPM): A case-study on oil and gas projects, the piping process	2018	Jo S.-H.; Lee E.-B.; Pyo K.-Y.
5	An overview of critical path applied to project management with WinQSB software	2012	Gurau M.A.; Melnic L.V.
6	An overview of Critical Chain applied to Project Management	2011	Correia F.; Abreu A.
7	State of the Art of Correlation-Based Models of Project Scheduling Networks	2011	Junwen Mo, Yilin Yin, and Mingxia Gao
8	Project's duration prediction: Traditional tools or simulation?	2007	Diamantas V.K.; Kirytopoulos K.A.; Leopoulos V.N.
9	Decision model for priority control of traffic signals	2006	Head L.; Gettman D.; Zhiping W.
10	Resource-constrained project management using enhanced theory of constraint	2002	Wei C.-C.; Liu P.-H.; Tsai Y.-C.
11	Activity scheduling in the dynamic, multi-project setting: choosing heuristics through deterministic simulation	1999	Ash Robert C.
12	Clarification of node representation in generalized activity networks for practical project management	1994	W Dawson C.; J Dawson R.

ID	Título	Ano	Autores
13	Artificial intelligence techniques for generating construction project plans	1988	Levitt R.E.; Kartam N.A.; Kunz J.C.
14	Simulation approach for managing engineering projects	1986	Kostetsky Oleh
15	The trade-off between the net present cost of a project and the probability to complete it on schedule	1986	Shtub A.
16	Duração ótima para a construção de uma residência unifamiliar na cidade de Quixadá - CE	2023	Matias <i>et al.</i>
17	Duração ótima do projeto de construção uma edificação no sertão central do Ceará	2022	Souza <i>et al.</i>
18	O sequenciamento de atividades da construção de uma quadra poliesportiva	2020	Viana <i>et al.</i>
19	Alterações no planejamento e controle de um empreendimento poliesportivo de Quixadá-CE através da aplicação de ferramentas de gestão	2019	Ribeiro <i>et al.</i>
20	Proposta de um método para o dimensionamento de prazo de projetos da construção civil	2015	Souza, I. S.; Souza, T. F.; Carvalho, P. P. S.
21	Estudo comparativo entre PERT/CPM e corrente crítica	2015	Nazareth, M. M.; Mello, L. C. B.; Chakour, P. R.
22	Elaboração de rede PERT/CPM na indústria da construção civil através da utilização do software MS PROJECT: um estudo de caso	2013	Barra <i>et al.</i>
23	Aplicação da avaliação multicritério no controle de serviços na construção civil	2003	Alencar, L. H.; Miranda, C. M. G.; Almeida, A. T.
24	Uso de técnica de line of balance – LOB – em empreendimentos com grande repetitividade estudo de caso: parque gráfico – o globo	1998	Blak, G; Séllós, L.; Qualharini, E. L.
25	O papel do planejamento, interligado a um controle gerencial, nas pequenas empresas de construção civil	1997	Araújo, N. M. C.; Meira, G. R.

ID	Título	Ano	Autores
26	Desenvolvimento de um modelo de simulação para apoio ao gerenciamento de projetos de desenvolvimento de medicamento genérico em uma empresa farmacêutica	2015	Silva, E. M. L.

APÊNDICE B – Quadro de Vantagens do PERT

ID Publicação	Programação e acompanhamento do andamento das etapas para que o projeto seja concluído dentro do prazo	Define prioridades sobre a sequência de trabalho e descreve atividades críticas e não críticas	Auxilia projetos que envolvem um grande número de atividades e uma variedade de mão de obra	Reduz a probabilidade de falha nos estágios iniciais e otimiza o uso de suprimentos e mão de obra	Melhora o controle dos custos e/ou cronograma dos projetos	Estabelece atividades críticas e folgas	Define relações lógicas entre atividades	Permite analisar os melhores e piores cenários	Simplicidade e facilidade de compreensão	Evita as desvantagens da tomada de decisões aleatórias	Incorpora incertezas nos tempos de atividade em sua análise
1								X			X
2								X			X
3									X		
4											
5	X										X
6											
7											
8									X		
9							X				
10											X
11									X		
12											X
13											X
14											X
15											X

APÊNDICE C – Quadro de Desvantagens do PERT

ID Publicação	Incorpora incertezas nos tempos de atividade em sua análise	Subestima a incerteza total devido a correlações ignoradas entre atividades	A complexidade aumenta com o tamanho do projeto	Risco associado a todas as durações de tarefas	Suposições frágeis, como a independência probabilística entre durações de atividades	Grande esforço em termos de compreensão ou trabalho e tempo necessários para sua aplicação	Falta de dados históricos	Dificuldade em lidar com riscos além da incerteza inerente à duração da atividade	Reduzir a possibilidade de tomar decisões ao nível da alta administração	Uso de um conjunto incorreto/infeliz de suposições, fórmulas e distribuições estatísticas	Cria muitas margens de segurança, resultando em uma duração de projeto irrealisticamente longa	Má gestão da incerteza/variabilidade do projeto	Ignora ou faz suposições incorretas sobre a disponibilidade de recursos	Depende de gestores experientes	Não tem uma abordagem prática	Não é frequentemente usado durante as fases operacionais, uma vez que os gerentes de campo frequentemente abandonam a técnica	É de difícil aplicação quando nem todas as atividades acontecem ou há um escopo em constante evolução ou há um loop	Ignora a variabilidade da duração, fornecendo datas de conclusão muito otimistas
1	x		x	x														
2	x									x								
3					x					x							x	x
4											x	x	x					
5	x					x	x		x									
6												x	x					x
7		x			x													

APÊNDICE D – Quadro de Vantagens do CPM

ID Publicação	Incorpora incertezas nos tempos de atividade em sua análise	Ignora a variabilidade da duração, fornecendo datas de conclusão muito otimistas	Estabelece relações lógicas entre atividades	Auxilia projetos que envolvem um grande número de atividades e uma variedade de mão-de-obra	Reduz a probabilidade de falhas nas fases iniciais e otimiza o uso de suprimentos e mão de obra	Identifica atividades críticas e/ou folgas	Melhora o controle dos custos e/ou cronograma dos projetos	Define prioridades sobre a sequência de trabalho e descreve atividades críticas e não críticas	Melhor planejamento antes do início das obras	Simplicidade e facilidade de compreensão	Evite as desvantagens da tomada de decisões aleatórias	Simplicidade da rede determinística	Identifica atividades críticas sem folga, de modo que, se ocorrer algum atraso, o projeto será executado com atraso nello temno exato
1	x							x	x				
2	x						x		x				
3		x								x			x
4													
5	x		x					x	x				
6		x											
7													
8		x											
9			x										
10	x							x					

[illegible]

Legenda de cores:

	Scopus
	Scopus e WoS
	ENEGEP
	BDTD

APÊNDICE E – Quadro de Desvantagens do CPM

ID Publicação	Incorpora incertezas nos tempos de atividade em sua análise	Ignora a variabilidade da duração, fornecendo datas de conclusão muito otimistas	Identifica atividades críticas sem folga, de modo que, se ocorrer algum atraso, o projeto será executado com atraso pelo tempo exato.	Demanda muito tempo	Requer conhecimento de especialistas	Não possui dados históricos	Ignora ou faz suposições incorretas sobre a disponibilidade de recursos	Má gestão da incerteza/variabilidade do projeto	É difícil de compreender quando nem todas as atividades podem acontecer ou há um escopo em constante evolução ou há um ciclo	Fornece um caminho crítico que tem uma medida imprecisa da duração do projeto	Ignora as condições do local, como clima, aquisição de materiais, escassez de mão de obra ou disponibilidade de equipamentos	Não é frequentemente usado durante as fases operacionais, uma vez que os gerentes de campo frequentemente abandonam a técnica	Ignora a variabilidade da duração (abordagem determinística), fornecendo datas de conclusão muito otimistas
1	X			X	X				X				X
2	X												X
3		X	X						X				X
4							X	X					
5	X			X		X							
6		X					X	X					X
7													X
8		X											
9													
10	X						X						
11							X						

[illegible]

Legenda de cores:

	Scopus
	Scopus e WoS
	ENEGEP
	BDTD

APÊNDICE F – Questionário

Área de atuação *

- ☐ Construção industrializada (steel frame, construção modular e outros)
- ☐ Engenharia estrutural
- ☐ Geotecnia e georreferenciamento
- ☐ Instalações (hidráulica, elétrica, prevenção de incêndio, HVAC e outros)
- ☐ Planejamento urbano e territorial
- ☐ Projeto arquitetônico e design
- ☐ Saneamento e recursos hídricos
- ☐ Transportes (estradas, terminais aeroportuários e outros)
- ☐ Outro: _____

Cargo/função *

- ☐ Analista
- ☐ Engenheiro
- ☐ Gestor
- ☐ Outro: _____

Setor *

- ☐ Privado
- ☐ Público
- ☐ Outro: _____

Tempo de experiência na área *

- ☐ Menos de 5 anos
- ☐ 5 a 10 anos
- ☐ 10 a 15 anos
- ☐ Mais de 15 anos

SEÇÃO 1: Benefícios e dificuldades no uso do PERT

Você tem experiência com a aplicação da **técnica PERT** em gerenciamento de projetos? *

Exemplos: Microsoft Project, @RISK, Crystal Ball, Primavera Risk Analysis

Tradução: PERT (Program Evaluation and Review Technique) = Técnica de Revisão de Avaliação de Programa

- ☐ Sim
- ☐ Não

Nível de familiaridade com PERT *

- ☐ Nenhum
- ☐ Iniciante
- ☐ Intermediário
- ☐ Avançado

SEÇÃO 1: Benefícios e dificuldades no uso do PERT

Assinale os **benefícios** que você encontra no uso do PERT *

	Concordo totalmente	Concordo	Neutro	Discordo	Discordo totalmente
Gerenciamento de prazos e sequenciamento de Atividades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Controle de recursos e eficiência operacional	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Controle de custo e cronograma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Análise de cenários e tomada de decisões assertiva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de implementação e entendimento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Assinale as **dificuldades** que você encontra no uso do PERT *

	Concordo totalmente	Concordo	Neutro	Discordo	Discordo totalmente
Imprecisão devido a incertezas e riscos devido ao uso da técnica no projeto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Escalabilidade e complexidade com o aumento do tamanho do projeto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pouca praticidade, e alta dificuldade de entendimento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dados e suposições inadequadas na concepção da técnica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Limitação quanto à tomada de decisão, devido à dependência de gestores com conhecimento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

SEÇÃO 2: Benefícios e dificuldades no uso do CPM

Você tem experiência com a aplicação do **método CPM** em gerenciamento de projetos? *

Exemplo: Gráfico de Gantt ou Diagrama de rede no Microsoft Project

Tradução: CPM (Critical path method) = Método do caminho crítico

- ☐ Sim
- ☐ Não

Nível de familiaridade com CPM *

- ☐ Nenhum
- ☐ Iniciante
- ☐ Intermediário
- ☐ Avançado

SEÇÃO 2: Benefícios e dificuldades no uso do CPM

Assinale os **benefícios** que você encontra no uso do CPM *

	Concordo totalmente	Concordo	Neutro	Discordo	Discordo totalmente
Auxilia no planejamento e sequenciamento de atividades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gestão e otimização de recursos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Controle de custo e cronograma	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de uso	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Análise de cenários e decisões	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Assinale as **dificuldades** que você encontra no uso do CPM *

	Concordo totalmente	Concordo	Neutro	Discordo	Discordo totalmente
Imprecisão devido a incertezas e riscos em decorrência do uso da técnica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Falta de dados, e suposições incorretas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Má gestão de Incerteza e Variabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Problemas de precisão no caminho crítico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Agradecimento

Obrigado pela dedicação e respostas! Sua opinião é muito importante!

Caso você tenha interesse de receber os resultados dessa pesquisa, por favor, informe o teu e-mail:

Sua resposta _____

Há mais algum comentário ou observação que gostaria de fazer sobre o tema?

Sua resposta _____