



# Gestão & Gerenciamento

## ESTRATÉGIAS DE PLANEJAMENTO PARA REDUÇÃO DE ATRASOS E CUSTOS EM GRANDES OBRAS DE INFRAESTRUTURA

*PLANNING STRATEGIES FOR REDUCING DELAYS AND COSTS IN LARGE  
INFRASTRUCTURE PROJECTS*

**Luis Filipe Cruz Rodrigues**

Pós-graduando em Gestão, Planejamento e Controle de Obras Civis; Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

[luis\\_rcruz@hotmail.com](mailto:luis_rcruz@hotmail.com)

**Natalia Cadenazzi Paschoal**

MBA em Engenharia de Custos pelo Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos – IBEC,  
São Paulo – SP, Brasil.

[natalia.cadenazzi@gmail.com](mailto:natalia.cadenazzi@gmail.com)

## Resumo

Grandes Obras de infraestrutura, como: rodovias, ferrovias e portos são fundamentais para o desenvolvimento econômico e social, entretanto apresentam desvios significativos em cronogramas de avanços físicos e orçamentos. A falta de interação entre escopo, prazo e custo, a fragilidade na análise de riscos e a ineficiência nos processos de tomada de decisão ao longo do ciclo de vida do projeto são desafios que a construção civil atual tem enfrentado. Este trabalho visa, por meio de uma abordagem teórico-analítica, analisar os principais obstáculos enfrentados no planejamento de obras de grande impacto, com ênfase na identificação de estratégias capazes de minimizar atrasos e custos excedentes. Com base na literatura especializada, em dados públicos e em boas práticas consolidadas no setor são discutidas técnicas e metodologias de planejamento que favorecem maior a previsibilidade e controle. Além disso, o estudo busca ainda evidenciar o papel estratégico do planejamento integrado como ferramenta de gestão orientada à performance, especialmente em contextos complexos e com múltiplas variáveis de interferência.

**Palavras-chaves:** Planejamento de obras; Infraestrutura; Atrasos; Sobrecustos; Gestão de Riscos

## Abstract

*Large infrastructure projects, such as highways, railways, and ports, are essential for economic and social development. However, they often experience significant deviations in schedules and budgets. The lack of interaction between scope, deadlines, and costs, the weakness in risk analysis, and the inefficiency in decision-making processes throughout the project lifecycle are challenges currently faced by the construction industry. This study aims to analyze the main obstacles encountered in the planning of large-scale projects through a theoretical-analytical approach, with an emphasis on identifying strategies to minimize delays and cost overruns. Based on specialized literature, public data, and best practices in the sector, techniques and planning methodologies that favor greater predictability and control are discussed. Additionally, the study highlights the strategic role of integrated planning as a performance-oriented management tool, especially in complex contexts with multiple interfering variables.*

**Keywords:** Project Planning; Infrastructure; Delays; Cost Overruns; Risk Management

## 1 Introdução

---

A construção civil é uma das atividades econômicas mais relevantes e estratégicas para o desenvolvimento de um país, especialmente quando o assunto se trata de obras de infraestrutura. Projetos de pontes, rodovias, ferrovias, barragens, portos, aeroportos e sistemas de saneamento além de influenciarem na mobilidade urbana e logística nacional, representam altos investimentos de longo prazo, exercendo papel fundamental na economia, sociedade e meio ambiente. No entanto, atrasos e estouros orçamentários ainda são recorrentes, o que evidencia falhas na etapa de planejamento e no gerenciamento integrado de prazos e custos [1],[2].

Historicamente, o Brasil, enfrenta desafios relacionados à execução de obras, a maioria são entregues fora do prazo e custo acima do orçamento inicial. São múltiplas as causas que culminam nesses dados alarmantes, incluindo a baixa maturidade na gestão de projetos, a fragmentação dos processos e a ausência de ferramentas robustas de controle [3]. Segundo dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada [4], cerca de 38% das obras públicas no país apresentam algum tipo de paralisação, muitas delas relacionadas à má elaboração do cronograma inicial ou à gestão inadequada dos riscos.

Em obras de grande impacto, os riscos associados ao atraso e ao estouro orçamentário são maiores, pois existe maior complexidade técnica, muitos stakeholders envolvidos e maiores exigências legais e ambientais que regulam o setor. Sendo assim, a execução de projetos desse porte deve ir além da elaboração de cronogramas físico-financeiros, devendo incorporar maiores mecanismos de controle, análise de diversos cenários, identificação de riscos e definição clara de todas as responsabilidades. Estudos da Flyvbjerg [1] demonstram que a maioria dos megaprojetos no mundo sofre de uma combinação de otimismo excessivo e má governança, resultando em tomada de decisões tardias e orçamentos excedidos. Essa realidade deixa cada vez mais notório que a construção civil carece de práticas modernas de planejamento e gerenciamento, com foco na antecipação de problemas e disciplina para tomada de decisões.

Além dos aspectos técnicos, o resultado ineficaz dessas obras afeta diretamente a sociedade. Projetos de infraestrutura têm o poder de transformar o ambiente, pois através deles é possível ter acesso a serviços essenciais, como: transporte, saneamento e energia, afetando diretamente a qualidade de vida de uma população. Quando não são entregues dentro do prazo e custo estabelecidos inicialmente, geram impactos negativos em efeito cascata, pois comprometem o orçamento público, limitam o desenvolvimento da região e descredibilizam a empresas responsáveis pela execução. Nesse contexto, o fortalecimento do planejamento como ferramenta estratégica ganha destaque não apenas como uma exigência técnica, mas como um imperativo ético e social [5].

Diante da relevância do planejamento eficiente e sua complexidade, este artigo tem como objetivo discutir os principais desafios enfrentados no planejamento de obras de grande impacto, com foco em estratégias de diminuir os atrasos e sobrecustos. Através de uma abordagem conceitual e analítica, serão examinadas as causas mais frequentes desses desvios, as boas práticas em projetos bem-sucedidos e elementos-chave para um planejamento eficiente. A pesquisa tem como base a literatura especializada, dados públicos, relatórios técnicos e referências teóricas que tratam da gestão de projetos, planejamento estratégico e governança em infraestrutura.

A relevância do tema se justifica não apenas pela dimensão econômica envolvida em projetos de infraestrutura, mas também pelos impactos sociais gerados por atrasos ou ineficiências. Obras inacabadas ou entregues com falhas comprometem o acesso da população a serviços básicos e geram aumento de custos em várias cadeias. Portanto, o fortalecimento do planejamento, aliado à gestão de riscos e ao uso de indicadores de desempenho, torna-se um diferencial competitivo e uma necessidade para a engenharia contemporânea [6], [7].

## **2 Complexidade de Megaprojetos**

---

As obras de grande impacto na construção civil, como: rodovias, ferrovias, sistemas de saneamento, usinas hidrelétricas e projetos urbanos de revitalização, representam desafios que ultrapassam as fronteiras da engenharia convencional. Nesse tipo de empreendimento, as variáveis técnicas, sociais, ambientais e políticas passam a atuar de forma simultânea, exigindo planejamento integrado e governança robusta [1].

De acordo com o IPEA [4], a extensão territorial dessas obras, frequentemente superior a dezenas ou centenas de quilômetros, impõe condições heterogêneas de solo, clima e vegetação, além de demandas específicas relacionadas à logística de suprimentos e à disponibilidade de mão de obra especializada. Concomitantemente, a negociação com comunidades afetadas e a necessidade de licenciamento ambiental em múltiplas esferas (federal, estadual e municipal) adicionam camadas de complexidade ao planejamento.

No contexto brasileiro, a Lei nº 14.133 introduziu novos critérios para licitação e gestão de contratos administrativos, reforçando a importância de estudos preliminares e de matriz de riscos para obras públicas [8]. Entretanto, a maturidade dessas práticas ainda é limitada, resultando em alto percentual de obras paralisadas ou com aditivos contratuais excessivos. Para Souza e Melhado [5], a governança em megaprojetos brasileiros carece de modelos de coordenação que conciliem interesses de concessionárias, empreiteiras, governos locais e órgãos reguladores, em virtude da fragmentação de atribuições e da burocracia.

## **2.1 Interfaces Técnicas e Logísticas**

A necessidade de integrar diferentes disciplinas de engenharia, como: civil, mecânica, elétrica, geotécnica, ambiental, entre outras, gera interfaces complexas, cada qual com requisitos de projeto e execução específicos [6]. Por exemplo, a implementação de sistemas de drenagem numa rodovia extensa pode demandar estudos avançados de hidrologia e geotecnia, além de sinergias com a equipe responsável pela terraplenagem, para que ambos os projetos não entrem em conflito.

Em termos logísticos, a mobilização de grandes quantidades de insumos (cimento, brita, aço, asfalto) e a gestão de equipes multidisciplinares em diferentes trechos de obra ampliam a possibilidade de atrasos decorrentes de falhas na cadeia de suprimentos [4]. A experiência internacional indica que megaprojetos bem-sucedidos dependem de planejamento de transporte e armazenamento prévio, além de fluxos bem definidos de comunicação, para evitar interrupções e gargalos na produção [9].

## **2.2 Governança e Múltiplos Stakeholders**

Megaprojetos envolvem não apenas o contratante e a construtora, mas também órgãos reguladores, entes públicos financiadores, concessionárias de serviços e comunidades impactadas. A governança, nesse sentido, deve prever mecanismos de tomada de decisão transparente, participação social e monitoramento contínuo das obrigações contratuais [7]. A adoção de modelos de governança corporativa adaptados ao setor público, como comitês interdisciplinares e painéis de controle em tempo real, tem se mostrado útil para reduzir conflitos de interesse e promover maior previsibilidade no andamento da obra [3].

## **2.3 Ferramentas e Técnicas de Planejamento**

O planejamento de obras de grande porte baseia-se em um conjunto de métodos e ferramentas que vão desde técnicas clássicas, como a Estrutura Analítica do Projeto (EAP) e o Caminho Crítico (CPM), até abordagens probabilísticas e metodologias enxutas.

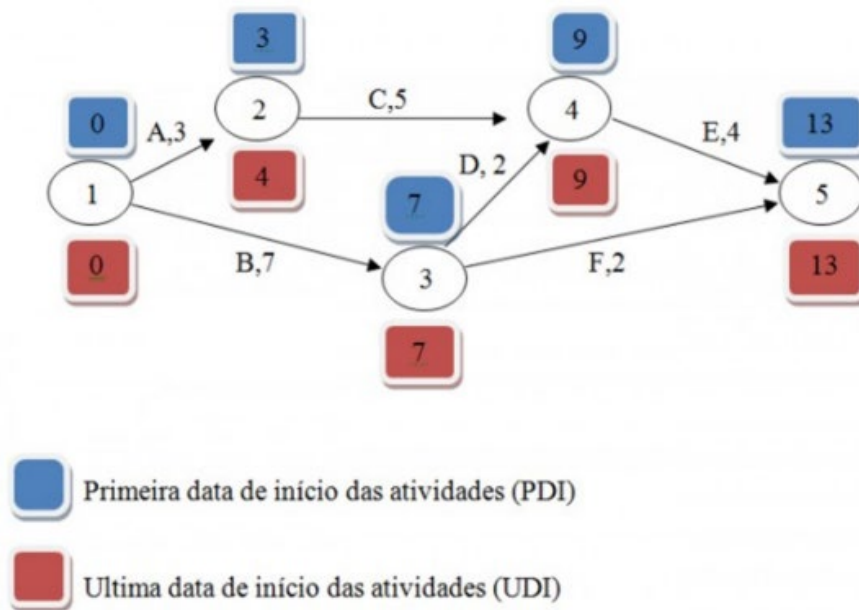
### 2.3.1 Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

A EAP consiste no desdobramento do escopo em pacotes de trabalho menores e mais gerenciáveis [6]. Em projetos lineares, como rodovias e ferrovias, a EAP pode ser organizada por trechos (lotes), fases de execução (mobilização, terraplenagem, pavimentação etc.) ou disciplinas (estruturas, geotecnia, instalações elétricas). Esse método de decomposição permite alocar recursos, responsabilidades e prazos de maneira sistemática, criando uma visão clara do que deve ser entregue em cada etapa [7].

### 2.3.2 Método do Caminho Crítico (CPM)

O CPM (Critical Path Method) é amplamente utilizado para identificar as atividades que determinam o prazo global do empreendimento. Em obras de infraestrutura, a existência de atividades seriadas, como terraplenagem e pavimentação, torna o caminho crítico particularmente sensível a eventuais atrasos iniciais [4]. Ao mapear as atividades e calcular folgas, o gestor de planejamento pode priorizar recursos e ações mitigatórias nas etapas que não possuem margem de atraso sem afetar a data final prevista [6].

Figura 1: Diagrama de Método do Caminho Crítico



Fonte: PMI [10].

### 2.3.3 Análise de Valor Agregado (EVA)

A EVA (Earned Value Analysis) relaciona o progresso físico da obra ao custo efetivamente realizado e ao orçamento planejado, gerando indicadores como CPI (Cost Performance Index) e SPI (Schedule Performance Index). Tais indicadores auxiliam na detecção precoce de desvios e na tomada de decisão, pois permitem mensurar se a obra está avançando no ritmo financeiro e físico esperado [7]. Em megaprojetos, a análise de valor agregado ajuda a evidenciar etapas com sobrecusto ou subexecução de serviços.

### **2.3.4 Técnicas Probabilísticas (PERT e Simulações de Monte Carlo)**

O PERT (Program Evaluation and Review Technique) introduz a incerteza no cálculo de durações ao considerar estimativas otimistas, pessimistas e mais prováveis para cada atividade [11]. Já a Simulação de Monte Carlo expande essa ideia, executando milhares de iterações para gerar distribuições de probabilidade acerca de prazo e custo. Em obras com grande variabilidade de condições geotécnicas, esse recurso é particularmente útil para dimensionar contingências e reservas gerenciais [9].

### **2.3.5 Lean Construction e Last Planner System**

Inspirada nos princípios do Lean Manufacturing, a Lean Construction propõe eliminar desperdícios e gargalos, promovendo um fluxo contínuo e colaborativo de trabalho [12]. O Last Planner System (LPS) enfatiza a participação ativa das equipes operacionais no planejamento de curto prazo, comprometendo-as com metas realistas de produção [13]. Essa abordagem reduz as incertezas semanais e melhora a confiabilidade das promessas de entrega, fator crucial em projetos de grande escala e alta complexidade.

## **2.4 Gestão de Risco em Projetos de Infraestrutura**

A gestão de riscos em obras de grande impacto envolve a identificação sistemática de eventos incertos que possam afetar prazos, custos e qualidade, bem como a elaboração de planos de resposta apropriados [14]. Em megaprojetos, a subestimação de riscos e o “otimismo irrealista” são responsáveis por grande parte dos desvios [15], [9].

### **2.4.1 Identificação e Classificação de Riscos**

A classificação de riscos em categorias (técnicos, financeiros, contratuais, ambientais, sociais) facilita a análise e o desenvolvimento de ações preventivas [7]. Por exemplo, um risco técnico pode envolver a instabilidade de um talude em determinado trecho de rodovia, enquanto um risco ambiental pode referir-se a restrições de licenciamento que paralise obras em áreas de preservação [3].

### **2.4.2 Análise Qualitativa e Quantitativa**

Na análise qualitativa, utiliza-se a matriz de probabilidade × impacto para priorizar os riscos mais críticos [11]. Na análise quantitativa, métodos como PERT ou Monte Carlo permitem estimar a probabilidade de cumprimento do cronograma e do orçamento, calculando cenários otimistas e pessimistas. Essa abordagem probabilística possibilita a criação de buffers e contingências realistas, que podem ser vitais em situações de incerteza [1].

### **2.4.3 Plano de Resposta e Acompanhamento**

Um plano de resposta deve contemplar estratégias de prevenção (evitar, transferir), mitigação (reduzir probabilidade ou impacto) e contingência (ações emergenciais) [14]. A adoção de indicadores de gatilho e painéis de controle (dashboards) ajuda a monitorar riscos em tempo real, permitindo intervenções imediatas e coordenadas. Por falta de planejamento e controle, a equipe da obra deixa para tomar providências quando o quadro de atraso já é irreversível [16].

Figura 2: Grau de Oportunidade da Mudança em Função do Tempo



Fonte: Mattos [16].

## 2.5 Boas Práticas e Tendências Emergentes

Diante dos desafios inerentes às grandes obras, a literatura indica a adoção de boas práticas e de tecnologias emergentes como forma de modernizar o planejamento e a execução de projetos.

### 2.5.1 Building Information Modeling (BIM) e Digital Twins

O BIM passou a ser regulado no Brasil por normas específicas, como por exemplo a NBR 14689 [17], possibilitando a modelagem detalhada do projeto em múltiplas dimensões (3D, 4D, 5D etc.). Com BIM 4D, o cronograma é integrado ao modelo tridimensional, permitindo simulações visuais do avanço das atividades e detecção antecipada de interferências [18]. Já o digital twins amplia esse conceito para o ciclo de vida da infraestrutura, monitorando o desempenho real do ativo por meio de sensores e gerando ajustes preditivos no plano de manutenção [19].

### 2.5.2 Big Data e Inteligência Artificial

O uso de Big Data em canteiros de obras permite coletar dados massivos — por exemplo, telemetria de equipamentos, registros de produtividade e condições climáticas — que, quando analisados por algoritmos de Machine Learning, podem identificar padrões de atraso e prever problemas antes que eles ocorram. Essa abordagem ainda é incipiente no Brasil, mas tende a expandir conforme o setor público e privado reconheçam o valor de análises preditivas para a melhoria de processos [20].

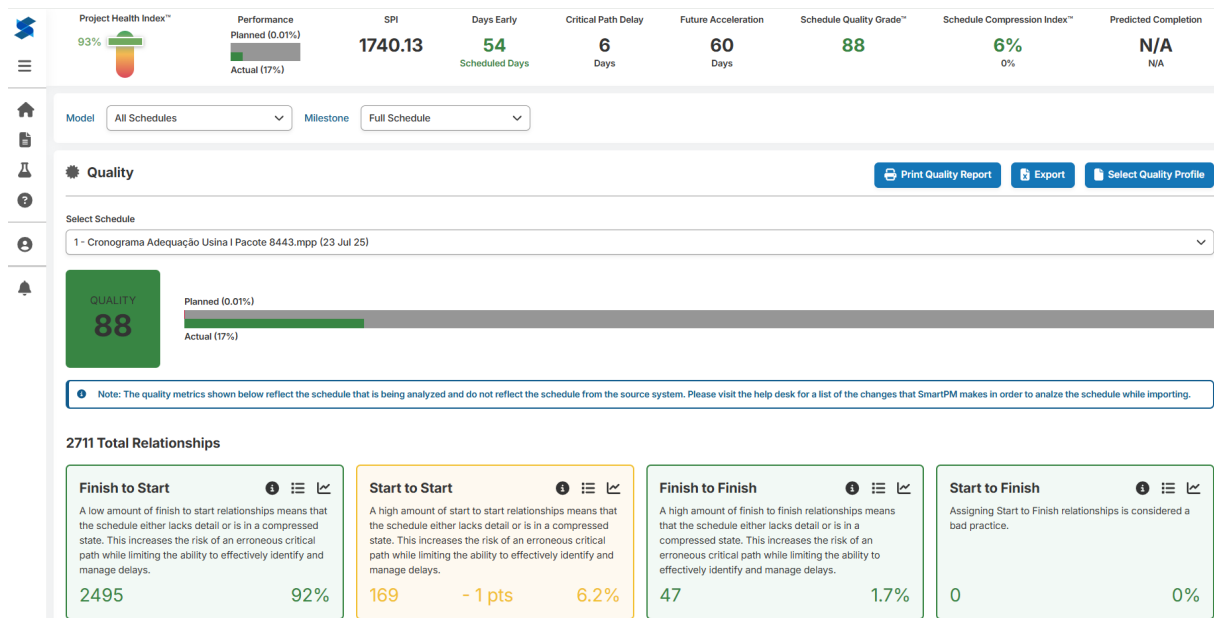
### 2.5.3 Sustentabilidade e Critérios ESG

Com a crescente demanda por responsabilidade ambiental e social, projetos de infraestrutura passam a incorporar métricas de ESG (Environmental, Social and Governance), avaliando impactos socioambientais e práticas de governança [7]. Modelos de planejamento mais avançados incluem parâmetros de redução de emissões, uso eficiente de recursos naturais e engajamento comunitário, o que pode influenciar positivamente o licenciamento ambiental e a aceitação social da obra [19].

## 2.5.4 SmartPM e Monitoramento de Prazo Automatizado

Entre as ferramentas emergentes voltadas para a análise de desempenho em obras, destaca-se o SmartPM, uma plataforma de Business Intelligence especializada na auditoria automatizada de cronogramas. Integrado a softwares tradicionais de planejamento, como MS Project e Primavera P6, o SmartPM permite a análise contínua do cronograma por meio de técnicas como Análise de Valor Agregado, identificação de desvios críticos, medição de variação de caminho crítico (Critical Path Delay Analysis) e comparação entre baseline e cronogramas atualizados. Sua principal contribuição está na capacidade de transformar dados do cronograma em insights acionáveis, permitindo que os gestores identifiquem tendências de atraso, riscos contratuais e perdas de produtividade com maior antecedência. Além disso, a plataforma apresenta visualizações dinâmicas e relatórios automatizados, facilitando o acompanhamento executivo e a prestação de contas em projetos de alta complexidade.

Figura 3: Interface do SmartPM aplicada à análise de qualidade do cronograma



Fonte: SmartPM Technologies [21].

## 2.6 Indicadores e Desempenho de Governança

A complexidade das obras de grande porte exige um conjunto de indicadores que vá além do clássico tripé custo, prazo e qualidade. Indicadores de saúde e segurança, por exemplo são cruciais para acompanhar a frequência de acidentes e a conformidade com normas trabalhistas [7]. Na esfera socioambiental, índices de reclamações comunitárias, de atendimento a condicionantes de licenciamento e de compensações ambientais sinalizam a aderência do projeto a boas práticas de sustentabilidade [3].

Em termos de governança, a adoção de painéis de Business Intelligence (BI) integrados com sistemas ERP e softwares de planejamento (MS Project, Primavera P6) fornece uma visão única do progresso físico-financeiro e dos riscos, permitindo que comitês

multidisciplinares (técnicos, financeiros, jurídicos) tomem decisões embasadas e ágeis [6]. Estudos apontam que essa transparência de dados reduz a margem para desvios e aumenta a confiança entre contratantes e contratados [3].

## 2.7 Financiamento e Modelos Contratuais

O modelo de financiamento e de contratação influencia diretamente a gestão de riscos e a alocação de responsabilidades. Contratos como empreitada global, preço unitário ou Regime Diferenciado de Contratações (RDC) envolvem diferentes níveis de flexibilidade para aditivos e reajustes, impactando o planejamento de custos [8].

Em termos de parceria público-privada (PPP) e concessões, a previsão de um fluxo de caixa descontado que absorva variações no cronograma é essencial para viabilizar o equilíbrio econômico-financeiro [4]. A alocação de riscos em um “contrato de performance” pode estabelecer metas de produtividade e penalidades em caso de não cumprimento, o que reforça a importância do planejamento integrado e do acompanhamento sistemático [7].

Por outro lado, projetos financiados por bancos de desenvolvimento (BNDES, CAF, Banco Mundial) costumam exigir estudos de viabilidade mais rigorosos e análise de riscos detalhada, resultando em maior robustez do planejamento prévio [2]. Ainda assim, a efetividade dessas exigências depende da governança estabelecida durante a execução e da capacidade de fiscalização do ente financiador.

## 2.8 Síntese Crítica

A revisão bibliográfica demonstra que o planejamento em obras de grande impacto é um processo multifatorial que requer:

1. Visão sistêmica para lidar com interfaces técnicas, logísticas, contratuais e socioambientais.
2. Ferramentas de planejamento tradicionais (EAP, CPM, EVA) combinadas com métodos probabilísticos e metodologias enxutas (Lean Construction).
3. Gestão de riscos sólida, com análises qualitativa e quantitativa, acompanhadas de planos de resposta e indicadores de gatilho.
4. Adoção de tecnologias emergentes (BIM, digital twins, IA) que potencializam a previsão de problemas e a otimização de recursos.
5. Modelo de governança multidisciplinar, respaldado por indicadores de desempenho e sistemas integrados de Business Intelligence.

Dada a alta complexidade e a grande diversidade de atores envolvidos em megaprojetos de infraestrutura, o sucesso do planejamento depende da confluência de boas práticas de engenharia, metodologias gerenciais maduras, mecanismos de governança e inovações tecnológicas. A incorporação de conceitos de sustentabilidade e ESG agrega valor ao projeto, garantindo aceitação social e melhor adequação às exigências regulatórias. Nesse sentido, a profissionalização do planejamento constitui a principal alavanca para minimizar atrasos, sobrecustos e impactos negativos, viabilizando empreendimentos mais eficientes e responsáveis.

### 3 Considerações Finais

---

Este artigo teve como objetivo analisar, sob uma abordagem conceitual e estratégica, os principais desafios enfrentados no planejamento de obras de grande impacto, com ênfase na mitigação de atrasos e custos excedentes. A revisão bibliográfica demonstrou que a ausência de um planejamento estruturado, somada à fragmentação das interfaces técnicas e à baixa maturidade na gestão de riscos, constitui uma das causas mais recorrentes de paralisações, aditivos e ineficiências nos grandes empreendimentos de infraestrutura.

Ficou evidente que métodos tradicionais, como a Estrutura Analítica do Projeto (EAP), o Caminho Crítico (CPM) e a Análise de Valor Agregado (EVA), continuam sendo fundamentais para a organização e o monitoramento do projeto. No entanto, a complexidade crescente das obras exige sua complementação com abordagens probabilísticas, metodologias enxutas (como o Lean Construction e o Last Planner System) e o uso de tecnologias emergentes, como o Building Information Modeling (BIM), digital twins, e soluções baseadas em inteligência artificial e big data.

O estudo também evidenciou a relevância da governança e do envolvimento de múltiplos stakeholders ao longo do ciclo de vida da obra. A adoção de sistemas integrados de planejamento, a implementação de indicadores de desempenho e a institucionalização de comitês de decisão com base em dados tornam-se estratégias indispensáveis para lidar com o dinamismo e a incerteza inerentes a projetos dessa natureza.

Por fim, destaca-se a importância da atuação técnica e gerencial do engenheiro de planejamento. Cabe a esse profissional antecipar gargalos, propor ajustes de escopo, reequilibrar prazos e custos e garantir que o projeto avance com disciplina e transparência. O fortalecimento dessa função, aliado à adoção de boas práticas consolidadas e à incorporação de critérios ESG, representa um passo decisivo para tornar a engenharia de infraestrutura mais previsível, eficiente e alinhada às demandas contemporâneas.

### 3 Referências

---

- [1] FLYVBJERG, Bent. **Megaprojects and risk: an anatomy of ambition**. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.
- [2] SOUZA, Paulo A.; MELHADO, Sérgio B. **Planejamento integrado em obras de infraestrutura**. São Paulo: Pini, 2020.
- [3] TCU. Tribunal de Contas da União. **Relatório de fiscalização de obras públicas**. Brasília: TCU, 2021. Disponível em: <https://www.tcu.gov.br/portal/pls/portal/docs/2818026.PDF>. Acesso em: 22 mar. 2025.
- [4] IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Infraestrutura no Brasil: diagnósticos e perspectivas para 2035**. Brasília: Ipea, 2022. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/220801\\_livro\\_infraestrutura\\_no\\_brasil.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/220801_livro_infraestrutura_no_brasil.pdf). Acesso em: 22 mar. 2025.
- [5] MELHADO, Silvio Burrattino. **Coordenação de projetos de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005.

- [6] KERZNER, Harold. **Gestão de projetos: as melhores práticas**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2017.
- [7] PMI. Project Management Institute. **A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)**. 7. ed. Newtown Square: PMI, 2021.
- [8] BRASIL. **Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021. Nova Lei de Licitações e Contratos Administrativos**. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2019-2022/2021/lei/L14133.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2019-2022/2021/lei/L14133.htm). Acesso em: 22 mar. 2025.
- [9] FLYVBJERG, Bent. **What you should know about megaprojects and why: an overview**. Project Management Journal, v. 45, n. 2, p. 6–19, 2014.
- [10] PMI. Project Management Institute. **A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide)**. 5. ed. Newtown Square: Project Management Institute, 2015
- [11] HILLSON, David. **Effective opportunity management for projects: exploiting positive risk**. New York: Marcel Dekker, 2003.
- [12] KOSKELA, Lauri. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland, 2000.
- [13] BALLARD, Glenn. **The last planner system of production control**. Birmingham: University of Birmingham, 2000.
- [14] ISO. **ISO 31000:2018 – Risk management guidelines**. Genebra: International Organization for Standardization, 2018.
- [15] LOVALLO, Dan; KAHNEMAN, Daniel. **Delusions of success: how optimism undermines executives' decisions**. Harvard Business Review, v. 81, n. 7, p. 56–63, 2003.
- [16] MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: PINI, 2010. Disponível em: <https://philipepradoengenharia.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/02/planejamento-e-controle-de-obras-aldo-dc3b3rea-mattos.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2025.
- [17] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14689: representação de projetos de edificações – arquitetura**. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- [18] EASTMAN, Chuck et al. **BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 2. ed. Hoboken: Wiley, 2011.
- [19] LU, Qian et al. **Digital twin: enabling technologies, challenges and open research**. IEEE Access, v. 8, p. 108952–108971, 2020.
- [20] ZHANG, Jack et al. **Artificial intelligence in construction management: a review**. Automation in Construction, v. 106, p. 102851, 2019.
- [21] SMARTPM. **SmartPM Technologies: plataforma de análise de cronogramas e gestão de desempenho em obras**. Disponível em: <https://smartpmtech.com>. Acesso em: 12 mar. 2025.