



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
ENGENHARIA CIVIL

BRUNO HENRIQUE GUIMARÃES DA COSTA

GUSTAVO DA SILVA PEREIRA

**INCOMPATIBILIDADE DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: análise
dos custos adicionais e prejuízos na execução de obras**

SÃO LUÍS - MA

2026



BRUNO HENRIQUE GUIMARÃES DA COSTA

GUSTAVO DA SILVA PEREIRA

**INCOMPATIBILIDADE DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: análise
dos custos adicionais e prejuízos na execução de obras**

Trabalho de Conclusão e Integração
de Curso (TCC II) apresentado à
Universidade Federal do Maranhão,
como requisito parcial para obtenção
de título em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Aurélio
Araujo Santos.

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Guimarães da Costa, Bruno Henrique.

INCOMPATIBILIDADE DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL :
análise dos custos adicionais e prejuízos na execução de
obras / Bruno Henrique Guimarães da Costa, Gustavo da
Silva Pereira. - 2026.

43 p.

Orientador(a): Marcos Aurélio Araujo Santos.

Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do
Maranhão, Ufma - Centro Pedagógico Paulo Freire - Sala 107
N, 2026.

1. Incompatibilidade de Projetos. 2. Construção
Civil. 3. Custos Adicionais. 4. Bim. 5. Gestão
Integrada. I. Pereira, Gustavo da Silva. II. Araujo
Santos, Marcos Aurélio. III. Título.

RESUMO

Este trabalho analisa os impactos da incompatibilidade de projetos na construção civil, focando nos custos adicionais e prejuízos gerados durante a execução de obras. Através de uma pesquisa de campo com 27 profissionais e estudantes da área, constatou-se que, apesar de 96,3% dos participantes reconhecerem a extrema importância da compatibilização, 88,9% das falhas são detectadas tardiamente, apenas na fase de execução. Esse cenário crítico resulta em retrabalhos e atrasos que podem elevar o custo final do empreendimento em até 42%. Os resultados indicam que a transição para uma gestão integrada e a adoção da metodologia BIM (Building Information Modeling) são estratégias fundamentais para mitigar riscos. O uso de ferramentas de clash detection permite a resolução de conflitos no ambiente virtual, assegurando maior previsibilidade, eficiência financeira e qualidade técnica às edificações.

Palavras-chave: Incompatibilidade de projetos. Construção civil. Custos adicionais. BIM. Gestão integrada.

ABSTRACT

This study analyzes the impacts of project incompatibility in civil construction, focusing on the additional costs and losses generated during work execution. Through field research involving 27 professionals and students, it was found that although 96.3% of participants recognize the extreme importance of project coordination, 88.9% of failures are detected late, only during the execution phase. This critical scenario results in rework and delays that can increase the final cost of an enterprise by up to 42%. The results indicate that the transition to integrated management and the adoption of BIM (Building Information Modeling) methodology are fundamental strategies for risk mitigation. The use of clash detection tools allows for the resolution of conflicts in a virtual environment, ensuring greater predictability, financial efficiency, and technical quality for buildings.

Keywords: Project incompatibility. Civil construction. Additional costs. BIM. Integrated management.

EPÍGRAFE

"Planejar é trazer o futuro para o presente, para que possamos fazer algo a respeito agora."

Alan Lakein.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos a Deus, que nos concedeu força, sabedoria e saúde para enfrentarmos os desafios diários que a Engenharia Civil nos impõe, permitindo a conclusão deste ciclo.

Ao nosso orientador, professor Marcos Aurélio Araújo Santos, pela paciência e condução técnica. A todo corpo docente e em especial aos professores Pedro Henrique Apoliano Albuquerque Lima e Felipe Alexander Vargas Bazan, pelos ensinamentos que moldaram nossa visão profissional. Um agradecimento especial ao professor Fábio Henrique Pinto Borges, por ter sido nossa base em matemática e cálculo no início da faculdade.

Ao nosso amigo Abdias Ribeiro do Nascimento Neto, pela parceria e amizade em todos os momentos desde o primeiro período. Por fim, nossa eterna gratidão aos nossos pais e familiares, que caminharam ao nosso lado e acreditaram em nosso potencial durante todo o processo.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. PROJETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	10
2.1. Compatibilização de Projetos na Construção Civil.....	10
2.2. Falhas decorrentes da falta de compatibilização de projetos.....	11
2.3. Impactos econômicos e prejuízos na execução de obra.....	12
2.4. Compatibilização de projetos como estratégia de mitigação de riscos e retrabalhos (BIM e boas práticas).....	13
2.5. Processo de Desenvolvimento e Coordenação de Projetos na Construção Civil.....	15
2.6. Retrabalho na Construção Civil: Conceitos, Causas e Consequências.....	17
2.6.1. Conceitos de Retrabalho.....	17
2.6.2. Causas do Retrabalho.....	17
2.6.3. Consequências do Retrabalho.....	18
2.7. Gestão da Qualidade Aplicada à Compatibilização de Projetos.....	18
2.7.1. A Importância da Prevenção e das Normas Técnicas.....	19
2.7.2. Metodologias e Tecnologias de Apoio.....	20
2.7.3. Impactos Financeiros e Operacionais.....	20
3. PESQUISA DE CAMPO.....	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	22
4.1. Perfil dos participantes.....	22
4.2. Conhecimento e importância atribuída à compatibilização.....	23
4.3. Mapeamento dos problemas e benefícios sob a ótica do mercado.....	23
4.4. A metodologia BIM como ferramenta estratégica de mitigação.....	25
4.5. Diagnóstico da Prática Tradicional e Impactos Financeiros.....	26
4.6. Análise de Relatos Empíricos e Evidências Práticas.....	27
4.6.1. A Produtividade e a Qualidade como Elementos Indissociáveis.....	27
4.6.2. O Erro "Gratuito" no Ambiente Virtual (Clash Detection).....	28
5. CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS.....	32
APÊNDICE	

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um setor de grande relevância econômica e social, responsável pela materialização de edificações e infraestruturas essenciais ao desenvolvimento urbano. Além disso, contribui significativamente para a movimentação da economia e para a geração de empregos. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2024 a construção civil movimentou R\$ 359,523 bilhões na economia brasileira, representando 4,3% do Produto Interno Bruto (PIB) do país naquele ano. Trata-se de uma atividade caracterizada por elevada complexidade técnica, decorrente da necessidade de integração entre múltiplos sistemas construtivos, diferentes agentes e diversas disciplinas que atuam de forma simultânea ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Nesse contexto, a fase de projeto assume papel fundamental, uma vez que é nesse momento que são definidas as principais soluções técnicas que irão influenciar diretamente o desempenho, os custos, a qualidade e a durabilidade da edificação.

A literatura destaca que falhas ocorridas durante a etapa de projeto tendem a gerar impactos significativos nas fases subsequentes, especialmente durante a execução da obra. Segundo Melhado e Agopyan (1995), as decisões tomadas nessa etapa exercem influência direta sobre o desempenho final da edificação, pois estabelecem os parâmetros que orientarão todo o processo construtivo. Entre os principais problemas associados à fase de projeto, destaca-se a incompatibilização entre os projetos arquitetônico, estrutural e de instalações prediais, situação que ocorre quando os diferentes projetos são desenvolvidos sem a devida coordenação e análise integrada.

A ausência de compatibilização pode resultar em interferências físicas entre elementos construtivos, dificuldades executivas, necessidade de alterações em campo e adoção de soluções improvisadas durante a obra. Como consequência, são observados atrasos no cronograma, aumento dos custos, desperdício de materiais, o qual, sob a ótica do *Lean Construction*, fundamenta-se no princípio de “eliminar fenômenos que não agregam valor à produção” (KOSKELA, 2000), redução da produtividade e ocorrência de retrabalhos. Além dos impactos econômicos, a incompatibilidade entre os projetos também compromete a qualidade técnica das edificações, podendo ocasionar patologias construtivas, redução do desempenho dos sistemas prediais e diminuição da vida útil da construção.

Diante desse cenário, a compatibilização de projetos surge como uma importante ferramenta de gestão, capaz de identificar e corrigir conflitos ainda na fase de planejamento, antes do início da execução. A adoção de procedimentos de coordenação entre as diversas disciplinas envolvidas contribui para a melhoria da qualidade dos projetos, para a redução de desperdícios e para o aumento da eficiência dos empreendimentos da construção civil.

A escolha do tema justifica-se, primeiramente, pela sua relevância econômica. Visto que a incompatibilidades entre projetos são frequentemente responsáveis por aumentos expressivos nos custos das obras, decorrentes de retrabalhos, desperdícios de materiais e atrasos na execução (MOBUSS Construção, 2025; GREGIO, 2025). Amanda Gregio (2025) destaca resultados de uma pesquisa realizada pela Universidade de Brasília (UnB), segundo a qual o retrabalho pode elevar em até 42% os custos totais de um empreendimento. Nesse sentido, a quantificação dos custos adicionais decorrentes da ausência de compatibilização fornece parâmetros objetivos para o planejamento e a gestão de obras, ampliando a compreensão dos impactos financeiros associados a esse problema.

Sob a perspectiva técnica, o estudo contribui para fortalecer a cultura de coordenação e integração entre os projetos arquitetônicos, estruturais e de instalações, em consonância com os requisitos de desempenho, segurança e durabilidade estabelecidos por normas técnicas, como a ABNT NBR 15575. Além disso, ao discutir procedimentos de compatibilização e seus benefícios, a pesquisa busca abordar práticas capazes de minimizar interferências, reduzir patologias construtivas e aprimorar a qualidade das edificações.

A relevância do tema também se estende ao campo acadêmico e profissional. Embora a compatibilização de projetos seja amplamente reconhecida como uma etapa fundamental para o sucesso dos empreendimentos, ainda são relativamente escassos os estudos que relacionam, de forma sistemática, os conceitos de compatibilização com a mensuração dos prejuízos observados em casos reais, especialmente no contexto brasileiro (GOMES; ALMEIDA, 2021). Conforme destacado pelo portal Engrena BIM (2023), a sistematização dessas informações contribui para a formação de profissionais mais conscientes dos impactos da compatibilização sobre custo, prazo e qualidade, incentivando a adoção de metodologias e ferramentas, como o *Building Information Modeling* (BIM), voltadas à redução de retrabalhos e desperdícios ao longo do ciclo de vida das edificações.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo geral apresentar os impactos decorrentes da ausência de compatibilização de projetos na construção civil, por meio da análise dos custos adicionais e dos prejuízos ocasionados durante a execução das obras. Como objetivos específicos, busca-se identificar os principais problemas decorrentes da falta de compatibilização de projetos, verificar os impactos gerados por essas incompatibilidades durante a execução das obras e realizar um estudo sobre estratégias de mitigação desses impactos na construção civil.

Para que os objetivos propostos sejam alcançados foi utilizada nessa pesquisa uma metodologia que partiu de uma situação problema, e referencial teórico pertinente, contextualizada a partir de uma pesquisa de campo envolvendo estudantes e profissionais da área da construção civil.

2. PROJETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O projeto na construção civil é fundamental para o desempenho da edificação, pois define aspectos funcionais, estruturais, de durabilidade e de custo. A incompatibilização de projetos ocorre quando não há integração entre as diferentes disciplinas, como arquitetura, estrutura e instalações, gerando interferências físicas, conflitos funcionais e dificuldades construtivas. Essas incompatibilidades podem ser geométricas, funcionais ou construtivas e são uma das principais causas de retrabalho, desperdício de materiais, aumento de custos e redução da qualidade das edificações. Assim, a literatura destaca que a prevenção desses problemas deve ocorrer na fase de projeto, por meio da coordenação técnica e da compatibilização, processo definido como, segundo Melhado (2005), a integração de todos os projetos, independente do tipo (edificações, loteamentos ou estruturas), com o intuito de obter um padrão de controle desejado a partir do encaixe perfeito entre os mesmos, sendo uma etapa essencial para garantir que o empreendimento seja plenamente executável e atinja os níveis de eficiência esperados.

2.1. Compatibilização de Projetos na Construção Civil

A integração eficiente entre as diversas disciplinas de um empreendimento é um pilar essencial para o sucesso da obra. De acordo com Nakamura (2023), a compatibilização de projetos na construção civil é usualmente definida como o processo de análise, sobreposição e

integração das diferentes disciplinas de projeto – arquitetônico, estrutural e complementares – com o objetivo de identificar e eliminar conflitos antes da execução da obra.

Em termos práticos, essa abordagem trata a edificação como um único sistema, garantindo a coerência técnica e espacial entre os elementos. Sob a ótica da *Lean Construction*, essa coordenação é vital para eliminar atividades que não agregam valor e reduzir desperdícios no fluxo produtivo. Nesse contexto, Nascimento (2014) afirma que a falta de compatibilização provoca perdas recorrentes, estando estas, em sua maioria, relacionadas ao desperdício de materiais. O autor ainda relata que:

[...] as perdas incluem tanto a incidência de gasto de material quanto à realização de trabalhos inúteis que acarretam em custos extras e não oferecem valor final. Essas perdas são decorrência de um processo de baixa qualidade, que apresenta como resultado não só um aumento de custos, como também uma peça final de má qualidade. Às vezes causados por processos que poderiam ser contidos fosse um estudo mais vasto na formação dos projetos e fossem seguidos de uma compatibilização correta (NASCIMENTO 2014).

No processo construtivo, a compatibilização assume papel estratégico por contribuir para a melhoria da qualidade do projeto, redução de não conformidades e maior aderência ao cronograma e orçamento previstos. O grupo Porte Jr. (2018) identifica que ao promover a integração prévia entre os projetos arquitetônico, estrutural e de instalações, essa prática evita interferências como tubulações passando por vigas, dutos conflitando com elementos estruturais ou shafts mal dimensionados, o que reduz retrabalhos, improvisos em campo e riscos técnicos.

Além de ferramenta técnica, a compatibilização configura-se como etapa fundamental do planejamento da obra, uma vez que fornece insumos mais confiáveis para orçamento, sequenciamento de atividades e aquisição de materiais. Ao garantir projetos coordenados, a empresa reduz incertezas na fase executiva e melhora a previsibilidade de custos e prazos. Esse aumento da produtividade global, alinhado às exigências de desempenho e racionalização de Gustavo (2025), permite que o empreendimento atenda plenamente às normas técnicas e às melhores práticas de gestão de projetos vigentes no mercado.

2.2. Falhas decorrentes da falta de compatibilização de projetos

A elaboração de projetos de forma isolada, sem trocas sistemáticas de informações entre arquitetos, engenheiros estruturais e projetistas de instalações, é apontada como uma das principais origens de incompatibilidades na construção civil. Segundo Brito et al. (2025), a

falta de alinhamento prévio entre as disciplinas hidrossanitária e elétrica resulta frequentemente na necessidade perigosa de realizar furos e rasgos em vigas de concreto já executadas, o que compromete severamente a segurança estrutural da edificação. Nesse contexto, cada disciplina é desenvolvida com foco restrito ao seu escopo, o que favorece o surgimento de conflitos geométricos e funcionais que tornam a execução em campo um exercício de improvisação técnica.

As principais incompatibilidades entre projetos costumam ser identificadas apenas durante a execução, quando a obra já se encontra em fase avançada e com frentes de serviço mobilizadas. Conforme destaca São Thiago (2019), a divergência de interpretações induzida pela falta de clareza e baixo detalhamento nas informações de projeto é um erro grave que gera retrabalhos sucessivos e afeta diretamente a produtividade dos trabalhadores. Nessas situações, a solução dos problemas ocorre por meio de modificações de última hora e ajustes sem o devido reestudo global, elevando os custos de mão de obra e materiais. Tais inconsistências impactam negativamente a rentabilidade do empreendimento e podem comprometer a vida útil da construção.

Outro aspecto recorrente é a deficiência na comunicação entre os diferentes projetistas e entre projeto e obra, o que dificulta a consolidação de um modelo único e coerente. De acordo com os estudos de Gomes e Almeida (2021), o desenvolvimento independente de projetos em obras de pequeno e médio porte, sem um estudo prévio das etapas construtivas, é o que favorece o surgimento de inconformidades técnicas difíceis de remediar na fase executiva. A ausência de um responsável pela coordenação global dos projetos favorece lacunas de informação e divergências de premissas. Como consequência direta, erros de concepção tornam-se visíveis apenas no canteiro, gerando atrasos que poderiam ter sido evitados com uma gestão integrada.

2.3. Impactos econômicos e prejuízos na execução de obra

A literatura aponta que a falta de compatibilização de projetos está relacionada ao aumento dos custos na execução das obras, principalmente em função dos retrabalhos necessários para corrigir incompatibilidades identificadas apenas durante a fase de execução. Segundo Chippari (2014), a resolução de conflitos ainda na fase de elaboração dos projetos contribui para evitar problemas no canteiro de obras e possibilita a redução dos custos de mão

de obra entre 5% e 8%. Contudo, é fundamental investir no desenvolvimento adequado dos projetos, uma vez que eventuais discrepâncias podem gerar retrabalhos, acarretando desperdício de materiais e acréscimos financeiros nos contratos de mão de obra.

Esses retrabalhos ocorrem, em grande parte, devido à ausência de uma análise integrada entre os projetos que compõem a edificação, o que compromete o planejamento inicialmente estabelecido. A realização de ajustes durante a obra gera custos adicionais com mão de obra, materiais e equipamentos, além de provocar desperdício de insumos e redução da produtividade no canteiro. Esse cenário confirma o chamado "efeito onda" descrito por Romano (2003), segundo o qual o projeto, embora represente apenas cerca de 5% do custo total do produto, possui a capacidade de influenciar em até 70% os custos de produção e determinar até 90% do custo do ciclo de vida da edificação. Serviços executados de forma inadequada precisam ser refeitos, elevando o consumo de recursos e aumentando o custo final do empreendimento em relação ao orçamento previsto.

Além dos impactos financeiros diretos, a incompatibilização de projetos interfere no cumprimento do cronograma físico-financeiro da obra. A necessidade de corrigir falhas técnicas exige reprogramação das atividades, paralisações temporárias dos serviços e reorganização das equipes, o que pode resultar em atrasos significativos na entrega do empreendimento. De acordo com dados de pesquisas recentes compilados pelo portal Sienge (2023), falhas de compatibilização e a consequente necessidade de retrabalho podem elevar o custo final de um empreendimento em até 42%, comprometendo severamente a previsibilidade do processo construtivo e a própria viabilidade econômica da obra. Dessa forma, a compatibilização de projetos deve ser compreendida como um elemento fundamental para a redução de custos e de prejuízos na construção civil. A adoção de práticas de coordenação técnica ainda na fase de projeto contribui para minimizar retrabalhos, evitar desperdícios e melhorar o desempenho econômico dos empreendimentos, em consonância com os estudos apresentados na literatura especializada.

2.4. Compatibilização de projetos como estratégia de mitigação de riscos e retrabalhos (BIM e boas práticas)

A compatibilização de projetos posiciona-se como a principal estratégia de mitigação preventiva na construção civil, atuando de forma decisiva ainda na fase de projeto executivo.

Segundo Clavijo (2025), o uso estruturado de ferramentas de detecção de interferências é um mecanismo essencial para reduzir a fragmentação dos processos de desenvolvimento, o que diminui drasticamente as fontes de ineficiência no setor. Nesse contexto, sua aplicação visa eliminar incompatibilidades entre as diferentes disciplinas técnicas antes que estas se materializem em retrabalhos, atrasos ou prejuízos financeiros durante a execução da obra. Para que seja efetiva, a compatibilização requer uma estrutura organizacional bem definida, com coordenação formal, divisão clara de responsabilidades, cronograma específico e a participação ativa de todas as especialidades sob a liderança técnica de um profissional designado.

Nesse cenário, o advento da metodologia Building Information Modeling (BIM) representou uma transformação significativa na forma como a compatibilização é conduzida. Ao possibilitar a modelagem paramétrica integrada de todas as disciplinas em um ambiente virtual único, o BIM permite a detecção automática de interferências por meio de processos de clash detection, fundamentados em regras geométricas, funcionais e construtivas previamente definidas (Oliveira et al. 2025). Ferramentas amplamente difundidas no mercado, como Autodesk Navisworks, Revit e Tekla, viabilizam não apenas a identificação visual de conflitos em modelos tridimensionais, mas também sua classificação conforme o grau de criticidade — distinguindo interferências do tipo hard clashes e soft clashes —, além de indicar com precisão sua localização e a disciplina responsável. Essa abordagem contribui para a tomada de decisões mais rápidas e assertivas, reduzindo significativamente o tempo necessário para a resolução de inconsistência.

Como consequência direta da adoção de processos estruturados de compatibilização, especialmente quando associados à metodologia BIM, observam-se benefícios mensuráveis ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Além da simples eliminação de interferências físicas entre sistemas, modelos BIM compatibilizados possibilitam a extração de quantitativos mais precisos, a realização de simulações construtivas (4D), análises integradas de custos (5D) e o desenvolvimento de estratégias de manutenção preditiva (6D). Dessa forma, a compatibilização amplia seu escopo, passando a atuar como ferramenta estratégica de planejamento, gestão e tomada de decisão ao longo de todo o ciclo de vida da edificação (Oliveira et al. 2025).

Para garantir a efetividade desse processo, recomenda-se a adoção de boas práticas consolidadas, como a elaboração de um Protocolo de Compatibilização que estabeleça critérios claros de aceitação e rejeição de soluções técnicas, a realização de reuniões periódicas de coordenação com registros formais em atas circunstanciadas, a definição do nível de desenvolvimento adequado (LOD – Level of Development) para cada disciplina e a validação final dos modelos por um profissional externo e independente (Nakamura, 2023). Adicionalmente, a compatibilização deve estar alinhada às diretrizes normativas vigentes, observando a coordenação modular prevista na ABNT NBR 15873, os requisitos de desempenho estabelecidos pela ABNT NBR 15575 e as especificações técnicas aplicáveis aos sistemas construtivos, conforme a série ABNT NBR 16280.

Dessa forma, a compatibilização de projetos consolida-se como um elemento essencial para a qualidade, eficiência e sustentabilidade dos empreendimentos da construção civil contemporânea. Quando integrada a metodologias digitais como o BIM e respaldada por práticas organizacionais e normativas adequadas, ela deixa de ser uma etapa corretiva para se tornar um instrumento estratégico de prevenção, contribuindo diretamente para a redução de riscos, otimização de recursos e melhoria do desempenho global das edificações.

2.5. Processo de Desenvolvimento e Coordenação de Projetos na Construção Civil

O desenvolvimento de projetos na construção civil é compreendido como um esforço temporário destinado a criar um produto ou resultado único, exigindo uma abordagem disciplinada para planejar, organizar e controlar atividades dentro de prazos e orçamentos assim definidos. Segundo as diretrizes do guia *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK) (2013), um gerenciamento, para que seja eficaz, deve integrar diversas áreas de conhecimento, como escopo, tempo e custo, para garantir que os requisitos propostos sejam atendidos.

Historicamente, o processo de projeto passou por transformações estruturais profundas. Até o final dos anos 80, as grandes construtoras mantinham equipes internas multidisciplinares (arquitetos, engenheiros e calculistas) em suas próprias sedes, o que facilitava a colaboração direta. Contudo, crises econômicas e a necessidade de otimização de recursos levaram à terceirização das disciplinas, pulverizando a elaboração dos projetos em diversos escritórios independentes. Essa fragmentação gerou a necessidade de um profissional

especializado, sendo este o coordenador ou agente gestor, capaz de integralizar e organizar informações de diferentes fontes para conceber um projeto unificado e coerente.

A coordenação técnica de projetos é, portanto, essencial para garantir a racionalidade e a eficiência da execução da obra. Conforme Rodriguez (2005), esse modelo de coordenação deve estruturar-se em quatro fases principais: planejamento, desenvolvimento, validação e entrega. Sem essa estrutura, o desenvolvimento isolado das especialidades, principalmente estrutural, hidráulica, elétrica, aumenta drasticamente a probabilidade de interferências físicas no canteiro de obras. Sobre a necessidade de uma gestão integrada e holística, Nascimento (2015) destaca:

Numa época em que se fala em qualidade e, por via de consequência, em produtividade, é preciso que o gerenciamento de um projeto seja feito como um todo, concatenando-se recursos humanos, materiais, equipamentos, de forma a obter-se o produto desejado - a obra construída - dentro dos parâmetros de prazo, custo, qualidade e risco previamente estabelecidos (Nascimento, 2015, p. 4).

A ausência dessa visão coordenada acarreta prejuízos que vão além do simples desperdício de materiais, incluindo o uso ineficiente de máquinas, mão de obra e capital. Estima-se que investir na compatibilização de projetos possa representar de 1% a 1,5% do custo da obra, mas essa prática gera uma economia real que varia entre 5% e 10% do valor total do empreendimento. Quando os projetos não são compatibilizados previamente, as soluções adotadas "no grito" durante a execução costumam ser paliativas, esteticamente desagradáveis e economicamente onerosas.

Atualmente, a metodologia BIM (Building Information Modeling) é apresentada como a ferramenta mais avançada para superar esses desafios de coordenação. Diferente do método tradicional em CAD 2D, que se baseia na sobreposição manual de desenhos frequentemente imprecisos, a tecnologia BIM permite a criação de um modelo virtual tridimensional preciso. Conforme definem Eastman et al. (2014), BIM é um dos mais promissores desenvolvimentos na indústria relacionada à arquitetura, engenharia e construção (AEC). Com a tecnologia BIM, um modelo virtual preciso de uma edificação é construído de forma digital.

Essa tecnologia revoluciona a gestão ao permitir que profissionais de diferentes disciplinas trabalhem simultaneamente no mesmo modelo, facilitando a detecção automática de conflitos (*clashes*) ainda na fase de concepção. O uso de softwares como o Revit® e o Navisworks® possibilita a integração de dados físicos reais a cada objeto projetado,

transformando o projeto de um simples plano gráfico em uma ferramenta estratégica de decisão que minimiza retrabalhos e maximiza a produtividade no canteiro de obras.

2.6. Retrabalho na Construção Civil: Conceitos, Causas e Consequências

2.6.1. Conceitos de Retrabalho

No cenário competitivo da construção civil, as empresas buscam aumentar a efetividade dos processos adotando práticas enxutas, o que torna a preocupação com o retrabalho um ponto central na gestão de canteiros (NETO, 2018). Love (2002) já define o retrabalho como um esforço desnecessário de refazer uma atividade ou processo que foi implementado de forma equivocada na primeira vez. Para a *Construction Industry Development Agency* (CIDA), o termo refere-se à execução de uma tarefa extra para atender requisitos que não foram alcançados (CIDA, 1995 apud MELLO et al., 2018). De maneira complementar, o *Project Management Institute* (PMI) descreve o retrabalho como a "ação tomada para fazer com que um componente imperfeito ou fora de especificações fique em conformidade com os requisitos ou especificações" (PMI, 2013 apud MELO, 2025, p. 10).

Embora o conceito central seja o de corrigir não conformidades, há divergências na literatura sobre o que deve ser contabilizado como retrabalho. Enquanto o *Construction Industry Institute* (CII) exclui do termo as mudanças de escopo solicitadas pelo proprietário, outros autores, como Hwang e Yang (2014), argumentam que tais mudanças geram repetição de processos e, portanto, impactam o orçamento e o cronograma da mesma forma que um erro de execução. Independentemente da fonte de não conformidade, o retrabalho é visto como uma característica intrínseca do processo de produção atual que gera desperdício de recursos e tempo.

2.6.2. Causas do Retrabalho

As causas do retrabalho são multifatoriais e podem ocorrer em qualquer fase do empreendimento, desde a concepção e projeto até a aquisição de materiais e construção propriamente dita. A falta de compatibilização de projetos é apontada como um dos fatores de maior impacto, resultando em interferências que muitas vezes são detectadas apenas durante a execução no canteiro. Estudos indicam que falhas ligadas à Engenharia e Acompanhamento,

que englobam mudanças tardias, erros e omissões de projeto, podem representar até 60% dos incidentes de retrabalho em determinados empreendimentos.

Além das falhas de projeto, destacam-se outras causas relevantes:

- **Mão de obra desqualificada:** A carência de formação técnica e a falta de conhecimento dos procedimentos corretos são responsáveis por uma parcela significativa de erros de execução.
- **Gestão e Planejamento ineficazes:** Decisões gerenciais inadequadas, falta de fiscalização e cronogramas irrealistas forçam a execução de tarefas sob pressão, aumentando a probabilidade de erros.
- **Prática do *Making-do*:** Ocorre quando uma atividade é iniciada sem que todos os seus requisitos (materiais, ferramentas ou informações) estejam disponíveis, levando a improvisações que resultam em serviços incompletos ou errôneos.

2.6.3. Consequências do Retrabalho

As consequências do retrabalho impactam diretamente o chamado "Triângulo de Ferro" da gestão de projetos: custo, prazo e qualidade. No aspecto financeiro, estudos apontam que os custos do retrabalho na construção civil variam, em média, entre 1% e 10% do valor total do empreendimento, embora casos críticos possam apresentar impactos superiores a 28%. Além dos custos diretos, o retrabalho consome uma quantidade excessiva de homens-hora e tempo de supervisão da equipe gerencial, reduzindo a produtividade global.

Quanto aos prazos, a repetição de atividades é classificada como uma das causas de maior impacto em atrasos de obras, pois tais tarefas geralmente não são previstas no cronograma inicial. Socialmente, o retrabalho reflete-se na insatisfação do cliente final, contribuindo para o aumento expressivo de processos judiciais contra construtoras devido a defeitos construtivos e atrasos na entrega. Por fim, embora o retrabalho sirva como um mecanismo para que os padrões de qualidade sejam eventualmente atingidos, sua ocorrência sinaliza falhas nos sistemas de gestão e na melhoria contínua dos processos organizacionais.

2.7. Gestão da Qualidade Aplicada à Compatibilização de Projetos

A interface entre a Gestão da Qualidade (GQ) e o desenvolvimento de projetos é um fator determinante para o sucesso de qualquer empreendimento. No cenário atual, a qualidade

não é apenas um atributo do produto final, mas um processo preventivo que deve permear todas as etapas da construção. Sob a ótica da GQ, o projeto de edificações é entendido como um sistema que utiliza dados de entrada para prover soluções que atendam às necessidades e expectativas dos clientes.

Nesse contexto, a compatibilização de projetos surge como uma ferramenta estratégica da qualidade. Segundo Nóbrega (2017):

A compatibilização nada mais é do que a atividade de gerenciar e integrar os projetos de determinada edificação, visando o ajuste entre eles, com o objetivo de minimizar os conflitos existentes, facilitando a execução, otimizando e racionalizando os materiais, o tempo, a mão de obra e a manutenção.

A ausência desse processo de integração é apontada como a principal responsável por falhas recorrentes nos canteiros de obras. Projetos desenvolvidos de forma isolada, sem troca de informações entre os especialistas, resultam em incompatibilidades físicas e funcionais que só são detectadas durante a execução, gerando retrabalhos e elevação de custos. Estudos indicam que entre 35% a 50% das falhas em edifícios têm origem na etapa de projeto, o que reforça a necessidade de um sistema de gestão preventivo.

2.7.1. A Importância da Prevenção e das Normas Técnicas

Para que um projeto seja considerado um produto de qualidade, ele deve ser elaborado de forma coordenada para evitar alterações resolvidas *in loco*. A aplicação da norma NBR ISO 9001:2000 no gerenciamento de projetos fornece os requisitos necessários para uma visão sistêmica e preventiva, focada na redução de não-conformidades. Petrucci Júnior (2003) enfatiza que o processo de projeto, sob a luz da gestão da qualidade, deve obrigatoriamente incluir a análise crítica e a validação.

A análise crítica não é apenas uma simples conferência de desenhos, mas um "questionamento da qualidade das soluções, segundo critérios preestabelecidos". De forma indireta, entende-se que a compatibilização atua como um filtro de qualidade, assegurando que as partes do sistema (arquitetura, estrutura e instalações) ocupem espaços que não conflitem entre si e compartilhem dados consistentes.

2.7.2. Metodologias e Tecnologias de Apoio

A evolução da gestão da qualidade na construção civil tem incorporado conceitos de outros ramos industriais, como a Engenharia Simultânea (ES). O objetivo da ES é a consideração antecipada e global de todos os elementos do ciclo de vida do produto, desde a concepção até a manutenção. Quando aplicada à compatibilização, a Engenharia Simultânea permite que:

[...] grupos interfuncionais trabalham interativamente e formalmente no projeto do ciclo de vida completo do produto/serviço para encontrar e realizar a melhor combinação entre as metas de qualidade, custo e prazo. (MUNIZ, 1995 apud PETRUCCI JÚNIOR, 2003, p. 36)

Além da ES, a metodologia Building Information Modeling (BIM) tem se mostrado essencial para a gestão da qualidade. O BIM permite a detecção de interferências de forma automatizada e visual (clash detection), garantindo que os conflitos sejam corrigidos antes da fase de execução. Conforme observado em estudos de caso em obras públicas, o uso de ferramentas BIM antecipa problemas como tubulações atravessando vigas ou pilares em locais de esquadrias, evitando decisões improvisadas no canteiro que comprometem a segurança e a estética da edificação.

2.7.3. Impactos Financeiros e Operacionais

Investir na qualidade do projeto e na sua compatibilização traz um retorno financeiro direto. Conforme demonstrado por Nóbrega (2017), quanto maior o investimento e o tempo desempenhados na elaboração do projeto, maior será a probabilidade de redução de custos e prazos na obra final. Pelo contrário, a falta de gestão e compatibilização interfere na eficiência operacional e gera custos adicionais que não agregam valor ao produto, representando desperdícios que podem chegar a 30% do custo total da obra.

Em suma, a gestão da qualidade aplicada à compatibilização de projetos permite atingir metas de construtibilidade, racionalidade e sustentabilidade, garantindo que o empreendimento atenda integralmente aos requisitos técnicos e legais, além de assegurar a satisfação do usuário final.

3. PESQUISA DE CAMPO

Para a consecução dos objetivos estabelecidos neste trabalho, delineou-se uma pesquisa de abordagem mista (quantitativa e qualitativa), classificada quanto aos seus fins como descritiva e exploratória. O procedimento técnico adotado configurou-se como uma pesquisa de campo, viabilizada por meio da elaboração e aplicação de um questionário estruturado em formato digital, composto por 15 questões de caráter tanto objetivo (múltipla escolha) quanto discursivo (perguntas abertas).

O universo amostral da pesquisa foi constituído por 27 participantes selecionados por acessibilidade e conveniência. A amostra subdividiu-se entre engenheiros civis atuantes no mercado, arquitetos, gerentes de obras e estudantes do curso de Graduação em Engenharia Civil. A inclusão dessa diversidade de perfis e tempos de atuação profissional visou garantir uma percepção holística e multifacetada sobre o fenômeno das incompatibilidades de projetos na construção civil, bem como sobre a inserção da metodologia Building Information Modeling (BIM) no cenário contemporâneo. A coleta de dados ocorreu de forma remota durante o primeiro semestre de 2026. O instrumento de pesquisa foi estruturado em quatro blocos temáticos essenciais:

- Caracterização socioprofissional e maturidade técnica dos respondentes;
- Diagnóstico da prática tradicional de engenharia e dos impactos físicos e econômicos gerados pela ausência de coordenação de projetos;
- Avaliação da eficiência da metodologia BIM e de suas ferramentas associadas (como o clash detection) na otimização de processos e na mitigação de retrabalhos;
- Coleta de relatos e evidências empíricas de sinistros operacionais ocorridos em obras reais.

Os dados quantitativos obtidos a partir das respostas fechadas foram submetidos à análise estatística descritiva, sendo tabulados e convertidos em frequências absolutas e percentuais para fins de representação gráfica e em tabelas. Por sua vez, as respostas discursivas abertas foram examinadas sob a ótica da técnica de análise de conteúdo, o que permitiu a posterior categorização temática das evidências empíricas relatadas pelos profissionais e acadêmicos consultados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Perfil dos participantes

A confiabilidade de uma pesquisa de campo está diretamente associada à qualificação técnica da amostra estudada. Conforme exposto na Tabela 1, a distribuição dos 27 respondentes aponta para uma composição predominantemente técnica: 48,1% são engenheiros civis atuantes e 44,4% correspondem a estudantes de Engenharia Civil. Os 7,5% remanescentes englobam arquitetos e gerentes de obras, assegurando que 100% da amostra detenha ligação direta com o ciclo de vida do setor construtivo.

Tabela 1: Caracterização profissional e tempo de atuação da amostra.

Variável de Perfil	Categoria Analisada	Quantidade	Proporção Percentual (%)
Atuação Profissional	Engenheiros Civis	13	48,10%
	Estudantes de Engenharia	12	44,40%
	Arquitetos / Gerentes de Obra	2	7,50%
Total		27	100%
Tempo de Experiência	Estudantes (Sem experiência formal)	8	29,60%
	De 1 a 5 anos	7	25,90%
	De 6 a 15 anos	7	25,90%
	Mais de 15 anos	5	18,50%
Total		27	100%

Fonte: Dados da pesquisa (2026).

No tocante à maturidade profissional, observa-se que, excluindo-se os acadêmicos (29,6%), a soma dos profissionais com experiência prática atinge a maioria expressiva, destacando-se que 18,5% atuam há mais de 15 anos na construção civil. Essa heterogeneidade

de níveis de senioridade enriquece a análise, permitindo contrastar a visão empírica de canteiro com as novas diretrizes acadêmicas sobre os impactos causados pelas falhas de projeto.

4.2. Conhecimento e importância atribuída à compatibilização

Os resultados revelaram que o conceito de compatibilização de projetos encontra-se amplamente consolidado, dado que 96,3% dos participantes afirmaram conhecer o tema, contra apenas 3,7% que declararam desconhecê-lo. Esse alto índice reflete o espaço que a coordenação de projetos conquistou no meio acadêmico e corporativo nas últimas décadas, deixando de ser tratada como um processo acessório e figurando como etapa estratégica essencial.

Essa percepção é ratificada quando analisada a relevância atribuída ao processo para o sucesso global dos empreendimentos. Um consenso absoluto foi registrado: 96,3% classificaram a compatibilização como "muito importante" e os 3,7% restantes como "importante". Nenhuma menção de baixa ou nula relevância foi computada.

Esses dados alinham-se perfeitamente à literatura clássica de Melhado e Agopyan (1995), que postula que as diretrizes fixadas na fase conceitual atuam como balizadoras de todo o desempenho construtivo subsequente, tornando a integração entre as disciplinas um requisito elementar para blindar os indicadores de custos, prazos e qualidade final da edificação.

4.3. Mapeamento dos problemas e benefícios sob a ótica do mercado

Quando instigados a apontar os principais impactos deletérios decorrentes da ausência de processos preventivos de compatibilização, os respondentes puderam selecionar múltiplas opções. Os resultados estão ordenados de forma decrescente na Tabela 2.

Tabela 2: Principais problemas decorrentes da falta de compatibilização.

Impacto Construtivo/Econômico	Frequência de Apontamento (n)	Percentual de Citabilidade (%)
Atrasos no cronograma físico da obra	25	92,60%

Aumento dos custos orçados (Prejuízos)	23	85,19%
Retrabalhos sucessivos no canteiro	23	85,19%
Desperdício de materiais e insumos	12	44,44%
Perda de qualidade técnica/patologias	8	29,63%
Riscos e problemas de segurança do trabalho	6	22,22%

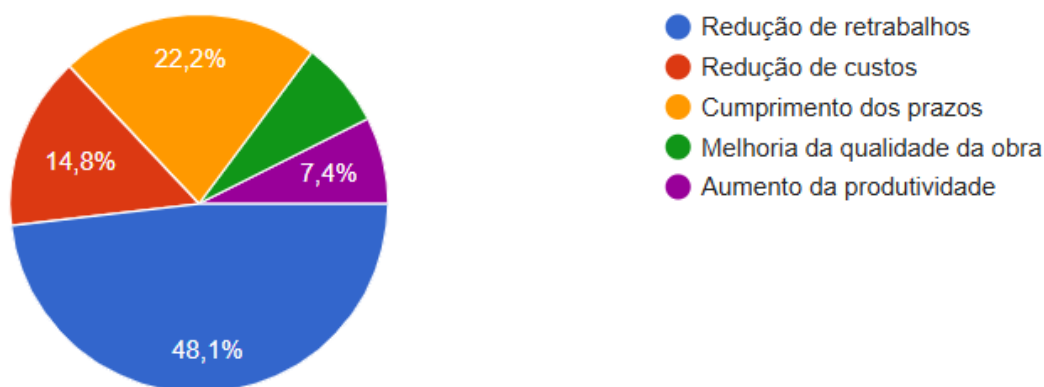
Fonte: Dados da pesquisa (2026).

Os atrasos no fluxo físico lideram o índice de criticidade com 92,6%. Na sequência, emergem o aumento de custos (85,19%) e os retrabalhos (85,19%). Esses achados encontram total eco na literatura especializada brasileira: Gomes e Almeida (2021) já haviam sinalizado que o desenvolvimento isolado de projetos acarreta inconformidades cujas correções tardias geram inevitáveis perdas econômicas e dilatação de prazos.

Adicionalmente, embora a variável "segurança" tenha obtido a menor frequência (22,22%), sua lembrança evoca o alerta emitido por Brito et al. (2025), que apontam que furos e rasgos improvisados em vigas e pilares para a passagem tardia de tubulações elétricas ou hidrossanitárias fragilizam severamente a estabilidade estrutural das edificações, transpondo o prejuízo do campo estritamente financeiro para o risco de integridade física.

Em contrapartida, ao avaliar o principal benefício gerado pela aplicação da compatibilização, a amostra elegeu a redução de retrabalhos como o fator preponderante (48,1%), seguida pelo cumprimento dos prazos (22,2%), redução de custos (14,8%) , melhoria da qualidade (7,4%) e incremento da produtividade (7,4%).

Gráfico 1: Benefícios da compatibilização de projetos.



Fonte: Dados da pesquisa (2026).

O fato de quase metade dos profissionais situarem a mitigação do retrabalho no topo das vantagens valida conceitualmente os preceitos do Lean Construction estruturados por Koskela (2000), visto que o retrabalho constitui um esforço inútil e desnecessário que consome homens-hora e materiais sem agregar qualquer valor ao cliente final. A compatibilização atua, portanto, como um filtro enxuto que extirpa esses desperdícios ocultos antes do início da mobilização das frentes de serviço.

4.4. A metodologia BIM como ferramenta estratégica de mitigação

A transição dos processos tradicionais bidimensionais (CAD 2D) para fluxos de modelagem virtual integrada tridimensional (Building Information Modeling) apresentou forte eco na pesquisa. Constatou-se que 88,9% dos respondentes detêm conhecimento sobre a metodologia BIM, demonstrando a sua célere disseminação mercadológica e acadêmica impulsionada, em grande parte, pelas recentes políticas e decretos de incentivo governamentais vigentes no Brasil.

A eficiência da tecnologia digital na detecção de falhas é referendada por 88,9% dos participantes, os quais afirmaram concordar totalmente que o BIM reduz as incompatibilidades entre projetos, enquanto 7,4% demonstraram neutralidade e uma fração residual concordou parcialmente. Como consequência lógica desse entendimento, a identificação antecipada de conflitos (clash detection) foi eleita de forma majoritária como o benefício mais relevante da metodologia.

Do ponto de vista científico, essa percepção ratifica as lições de Eastman et al. (2014) e Oliveira et al. (2025), ao evidenciarem que o BIM revoluciona a gestão de engenharia por permitir que interferências geométricas complexas (como colisões físicas duras ou hard clashes) sejam resolvidas de forma automatizada no ambiente virtual, poupando o canteiro de obras de paralisações onerosas.

Para potencializar essa eficiência, a pesquisa revelou uma refinada maturidade técnica da amostra quanto à forma de mitigar esses riscos de modo definitivo: 66,7% dos participantes indicaram que a estratégia ideal não reside em um software ou ação isolada, mas sim na combinação sistêmica de todas as alternativas propostas: compatibilização de projetos, uso do BIM, reuniões de coordenação frequentes e revisões técnicas periódicas.

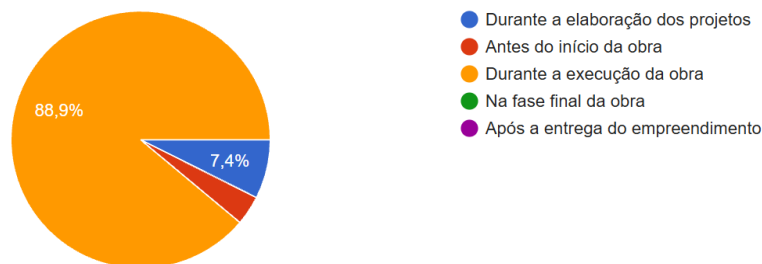
Essa visão vai ao encontro do guia PMBOK (2013) e das teses de Rodriguez (2005), os quais preconizam que o gerenciamento e coordenação de projetos eficazes demandam a indissociável integração entre tecnologia, processos organizacionais padronizados e comunicação assertiva entre as equipes multidisciplinares.

4.5. Diagnóstico da Prática Tradicional e Impactos Financeiros

A pesquisa evidenciou um cenário alarmante e contraditório que caracteriza a indústria da construção civil nacional : a expressiva maioria de 88,9% dos participantes confirmou já ter presenciado ou estudado casos reais de incompatibilidade que geraram prejuízos severos em obras , atestando que o problema é uma constante crônica e recorrente no setor.

Complementarmente, um dado crucial desvelou a raiz dessa ineficiência operacional: 88,9% dos respondentes afirmaram que, rotineiramente, as incompatibilidades são identificadas apenas durante a fase de execução da obra, enquanto uma parcela irrisória de 7,4% apontou sua detecção na etapa correta de elaboração dos projetos, conforme sintetizado no Gráfico 1.

Gráfico 2: Fase de Identificação das Incompatibilidades na Prática Comum.



Fonte: Dados da pesquisa (2026).

Esse achado descortina um gargalo grave. Ao postergar a descoberta do erro para a fase física, o setor incorre em custos de correção exponencialmente maiores. Esse fenômeno justifica o elevado nível de concordância verificado na pesquisa, onde 92,6% dos participantes afirmaram concordar totalmente que a ausência de compatibilização inflaciona diretamente os custos finais da obra. E também corrobora com as estatísticas compiladas pelo portal Sienge (2023), mencionadas no referencial, indicando que falhas crônicas de integração e a consequente necessidade de retrabalho subsequente possuem a capacidade destrutiva de elevar em até 42% o custo final estimado de um empreendimento.

4.6. Análise de Relatos Empíricos e Evidências Práticas

As seções finais de respostas discursivas, correspondentes às questões 14 e 15 do formulário, trouxeram ricas contribuições qualitativas que consolidam de forma fidedigna as teorias até aqui defendidas. A partir da análise de conteúdo das respostas abertas fornecidas pelos estudantes e profissionais, foi possível sintetizar os dados em três grandes eixos conceituais de discussão:

4.6.1. A Produtividade e a Qualidade como Elementos Indissociáveis

Os participantes foram praticamente unânimes (96,3% de concordância total) ao afirmar que a compatibilização impulsiona a produtividade e a qualidade global. Nas justificativas abertas, foi destacado de forma recorrente que a integração prévia atua como um mecanismo estabilizador do fluxo de trabalho.

Sob a ótica da Gestão da Qualidade (GQ) e de autores como Petrucci Júnior (2003), os respondentes evidenciaram que evitar interrupções abruptas em campo para solucionar "erros de papel" garante maior conformidade entre o planejado e o executado, gerando estruturas duráveis, seguras e livres de patologias secundárias decorrentes de improvisações feitas "no grito".

4.6.2. O Erro "Gratuito" no Ambiente Virtual (Clash Detection)

Um dos argumentos mais robustos sintetizados a partir das respostas abertas diz respeito à capacidade da modelagem paramétrica em alterar o momento de ocorrência do erro. Os profissionais enfatizaram que a grande virtude da tecnologia BIM é transferir a detecção de conflitos do ambiente físico para o ambiente digital.

Dessa forma, colisões físicas complexas (hard clashes) entre redes hidráulicas, calhas elétricas, vigas e esquadrias arquitetônicas são filtradas automaticamente pelas ferramentas de software antes que o primeiro bloco de alvenaria seja assentado. Conforme defendido por Nóbrega (2017), o investimento em horas de engenharia na fase virtual anula custos de demolição, perda de insumos e retrabalhos onerosos em campo.

Dois relatos práticos colhidos na pesquisa sintetizam os prejuízos causados pela ausência dessa gestão preventiva:

- **Caso 1 (Restaurante Universitário):** Um dos respondentes relatou a necessidade de realização de seis revisões consecutivas em um projeto de restaurante universitário após o início das atividades de campo, devido a severas interferências locais entre as disciplinas de arquitetura e estrutura. Esse conflito resultou em atrasos expressivos no cronograma físico e na emissão compulsória de termos aditivos contratuais de custo.
- **Caso 2 (Galpão Metálico):** Outro participante descreveu problemas na execução de um galpão metálico, onde desajustes geométricos crônicos entre os projetos específicos de fabricação e montagem com as redes hidráulicas e elétricas paralisaram as frentes de serviço. O imprevisto exigiu retrabalhos onerosos e estendeu o custo final estimado originalmente.

Essas evidências empíricas confirmam o chamado "efeito onda" postulado por Romano (2003) e as métricas de Nóbrega (2017), reafirmando que a falta de investimento e de tempo despendido no refinamento e na validação integrada das soluções de projeto resulta em uma queda drástica da eficiência operacional.

Diante do exposto, os dados qualitativos e os relatos empíricos fornecidos pela amostra evidenciam que o desenvolvimento isolado de projetos não é mais sustentável frente às exigências de produtividade e controle de custos do mercado contemporâneo. A análise integrada e a transição para fluxos de trabalho parametrizados em ambiente digital deixam de ser vistas apenas como inovações tecnológicas acessórias e passam a se consolidar como requisitos gerenciais de sobrevivência operacional, cujos reflexos práticos repercutem diretamente na saúde financeira e no desempenho das empresas construtoras.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho permitiu ratificar a hipótese de que a incompatibilidade de projetos constitui um dos principais gargalos de eficiência na construção civil contemporânea, exercendo um impacto severo e direto sobre o "Triângulo de Ferro" da gestão: custo, prazo e qualidade. Através da análise teórica e empírica, evidenciou-se que a fragmentação das disciplinas de projeto, sendo estes arquitetônico, estrutural e de instalações, gera um cenário de incertezas que se materializa em prejuízos econômicos significativos durante a fase executiva.

Os resultados da pesquisa de campo revelaram um paradoxo crítico no setor: embora 96,3% dos profissionais reconheçam a extrema importância da compatibilização, a prática comum ainda é marcada por uma identificação tardia de falhas. O dado de que 88,9% das incompatibilidades são detectadas apenas durante a execução da obra demonstra uma falha na gestão preventiva, forçando o setor a operar sob a lógica do retrabalho e de soluções paliativas, as quais podem elevar o custo final de um empreendimento em até 42%.

A investigação confirmou que o investimento em coordenação técnica e em tecnologias de modelagem paramétrica, como o BIM (Building Information Modeling), não deve ser encarado como um custo adicional, mas como um investimento estratégico. Conforme discutido, o projeto representa cerca de 5% do custo total, mas possui a capacidade de influenciar até 70% dos custos de produção. A transição para fluxos de trabalho que priorizam a detecção de interferências (clash detection) no ambiente virtual permite que o erro seja "gratuito", eliminando a necessidade de demolições e perdas de insumos no canteiro.

Destaca-se que esta pesquisa buscou estabelecer relações entre teoria e prática, buscando torná-la inteligível. Porém, foi identificado como limitação do método, o tempo para aplicação do questionário ao público alvo. Ressalta-se que esta limitação foi mitigada a partir da seleção qualitativa dos entrevistados.

Em última análise, conclui-se que a mitigação de prejuízos na construção civil exige uma mudança de cultura organizacional, substituindo o desenvolvimento isolado de disciplinas por uma gestão integrada e holística. A compatibilização deixa de ser uma etapa acessória para se consolidar como um requisito de sobrevivência operacional. Como recomendação para estudos futuros, sugere-se a análise da viabilidade financeira da

implementação do BIM em obras de pequeno e médio porte, visando democratizar o acesso a essas ferramentas de controle e garantir a saúde financeira e a qualidade técnica das edificações no cenário nacional.

REFERÊNCIAS

BRITO, Estephane Barbosa; PESSOA, Lucas Ruan Gomes; SANTOS JUNIOR, Gil Alves dos. **Os impactos na execução de obras residenciais de alto padrão: análise da importância da compatibilização de projetos.** *Revista FT*, v. 29, ed. 146, 30 maio 2025.

CAMPOS, Andre. **Retrabalho em obras pode aumentar custos em até 42%, revela estudo.** Publicado por Andre Campos. 30 ago. 2023. Disponível em: <https://sienge.com.br/blog/retrabalho-em-obras/>. Acesso em: 16 jun. 2026.

CBIC. **Construção Civil cresce 4,3% em 2024 e impulsiona economia nacional.** *Agência CBIC*, 15 jul. 2025. Disponível em: <https://cbic.org.br/construcao-civil-cresce-43-em-2024-e-impulsiona-economia-nacional/>. Acesso em: 14 jun. 2026.

CHIPPARI, Patrizia. **Compatibilização de projetos economiza tempo e dinheiro.** Florianópolis, 2014. Disponível em: http://www.aecweb.com.br/cont/m/cm/compatibilizacao-de-projetos-economiza-tempo-e-dinheiro_6907. Acesso em: 13 jan. 2026.

CLAVIJO, Dennis Alonso Sanchez. **Compatibilização BIM como estratégia para redução de retrabalhos: uma revisão narrativa com ênfase em empreendimentos residenciais horizontais.** *Aurum Revista Multidisciplinar*, v. 1, n. 10, p. 117-130, 2025.

CONCRETIZE JR. **Como a falta de compatibilização de projetos afeta o seu negócio.** CONCRETIZE JR. Disponível em: <https://www.concretizejr.com/single-post/falta-de-compatibilizacao-afeta-o-seu-negocio>. Acesso em: 12 jan. 2026.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** Bookman, 2014.

ENGRENA BIM. **A importância da compatibilização de projetos na construção civil.** ENGRENA BIM. Disponível em: <https://engrenabim.com.br/compatibilizacao-de-projetos/a-importancia-da-compatibilizacao-d-e-projetos-na-construcao-civil/>. Acesso em: 13 jan. 2026.

GOMES, Lorrann Nunes; ALMEIDA, Diego Henrique de. **Impacto da ausência de compatibilização de projetos na execução de uma obra residencial.** *The Journal of Engineering and Exact Sciences – jCEC*, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 1-9, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/ojs/jcec>. Acesso em: 13 jan. 2026.

GREGIO, Amanda. **Retrabalho na construção civil: causas, impactos e como evitar.** OBRA Prima. Disponível em: https://blog.obraprima.eng.br/retrabalho-na-construcao-civil/?client_id=1769507930.1768259168&fbp=fb.1.1768259167708.5658862158. Acesso em: 12 jan. 2026.

GUSTAVO. **Como a compatibilização de projetos reduz custos e retrabalhos em obras comerciais e residenciais.** JSOUTO Construtora. Disponível em: <https://www.grupojsouto.com.br/site/como-a-compatibilizacao-de-projetos-reduz-custos-e-retrabalhos-em-obras-comerciais-e-residenciais/>. Acesso em: 12 jan. 2026.

HWANG, B.; YANG, S. **Rework and schedule performance: A profile of incidence, impact, causes and solutions.** *Engineering, Construction and Architectural Management*, v. 21, n. 2, p. 190-205, 2014.

JÚNIOR, Roberto Petrucii. **Modelo para gestão e compatibilização de projetos de edificações usando engenharia simultânea e ISO 9001.** 2003. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

KOSKELA, Lauri. **An exploration towards a production theory and its application to construction.** Espoo: Technical Research Centre of Finland, VTT Publications 408, 2000. 296 p.

LOVE, P. E. D.; HOLTA, G. D.; SHEN, L. Y.; LI, H.; IRANIC, Z. **Using systems dynamics to better understand change and rework in construction project management systems.** *International Journal of Project Management*, v. 20, n. 6, p. 425-436, 2002.

MELHADO, Silvio Burrattino. **Coordenação de projetos de edificações.** São Paulo: O Nome da Rosa, 2005.

MELHADO, Silvio Burrattino; AGOPYAN, Vahan. **O conceito de projeto na construção de edifícios.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1995.

MELLO, Luiz Carlos Brasil de Brito; BANDEIRA, Renata Albergaria de Mello; BRANDALISE, Nilson. **Seleção de metodologia de mensuração de retrabalho através da utilização do método AHP.** *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 25, n. 1, p. 94-106, 2018.

MOBUSS CONSTRUÇÃO. **Compatibilização de projetos: como evitar erros e retrabalhos na construção.** MOBUSS Construção. Disponível em: <https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/compatibilizacao-de-projetos/>. Acesso em: 12 jan. 2026.

NAKAMURA, Juliana. **Compatibilização de projetos: veja boas práticas para suas obras.** AUTODOC. Disponível em: <https://autodoc.com.br/conteudos/compatibilizacao-de-projetos-veja-boas-praticas-para-suas-obras/>. Acesso em: 12 jan. 2026.

NASCIMENTO, José. **A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil.** *Revista Especialize On-line IPOG*, Goiânia, 7. ed., n. 007, v. 01, jul. 2014.

NASCIMENTO, Rafael Lucas do. **Compatibilização de projetos de edificações.** 2015. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

NETO, Thomé Moreira Borges. **Estudo do impacto do retrabalho nos custos de um empreendimento**. 2018. 89 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2018.

NÓBREGA, Ugo Rafael Gonçalves. **A importância da compatibilização de projetos das edificações para minimizar as falhas na execução, reduzir custos e garantir um maior controle de qualidade**. 2017. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

OLIVEIRA, J. C. de S.; TAVARES, T. C.; NETO, D. de C. e S. **Uso da tecnologia BIM na compatibilização de projetos: estudo de caso em edificação residencial**. *BJPE*, v. 11, n. 3, p. 383-395, 2025. DOI: 10.47456/bjpe.v11i3.48357. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/48357>. Acesso em: 13 jan. 2026.

PORTE JR. **Compatibilização de projetos: como funciona e quais são os benefícios para a obra**. PORTE JR. Disponível em: <https://portejr.com.br/compatibilizacao-de-projetos/>. Acesso em: 12 jan. 2026.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Project Management Body of Knowledge (Guia PMBOK)**. 5. ed., 2013.

RODRIGUEZ, M. A. A. **Coordenação técnica de projetos: caracterização e subsídios para sua aplicação na gestão do processo de projeto de edificações**. 2005. 172 p. Tese (Doutorado) – UFSC, Florianópolis, 2005.

ROMANO, Fabiane Vieira. **Modelo de Referência para o Gerenciamento do Processo de Projeto Integrado de Edificações**. 2003. 326 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

SÃO THIAGO, Henrique Andrade. **A importância da compatibilização de projetos para verificação de incompatibilidades na obra**. *Revista Boletim do Gerenciamento*, Rio de Janeiro, n. 1, p. 62-71, jul. 2019.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 16. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

APÊNDICE

Avaliação da Compatibilização de Projetos e seus Impactos nos Custos, Prazos e Qualidade das Obras na Construção Civil

Este questionário faz parte de um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) em Engenharia Civil e tem como objetivo analisar a percepção de estudantes e profissionais da construção civil sobre a compatibilização de projetos, seus impactos nos custos, prazos, retrabalhos e qualidade das obras, além da utilização da metodologia BIM como ferramenta de prevenção de incompatibilidades.

As respostas são anônimas e serão utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos.

** Indica uma pergunta obrigatória*

1. 1. Você é: *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Estudante de Engenharia Civil
- ☐ Engenheiro civil
- ☐ Arquiteto
- ☐ Técnico em edificações
- ☐ Gerente de obras
- ☐ outros

2. 2. Caso seja profissional, há quantos anos atua na construção civil? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Não se aplica (sou estudante)
- ☐ Menos de 1 ano
- ☐ 1 a 5 anos
- ☐ 6 a 10 anos
- ☐ 11 a 15 anos
- ☐ Mais de 15 anos

3. 3. Você conhece o conceito de compatibilização de projetos? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
- ☐ Não

4. 4. Você considera a compatibilização de projetos importante para o sucesso de uma obra? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Muito importante
- ☐ Importante
- ☐ Pouco importante
- ☐ Sem importância

5. **5. Quais problemas podem ser causados pela falta de compatibilização de projetos? (Marque até 3 opções)** *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Retrabalho
- ☐ Aumento dos custos
- ☐ Atraso na obra
- ☐ desperdício de materiais
- ☐ Problemas de qualidade
- ☐ Problemas de segurança

6. **6. Qual você considera o principal benefício da compatibilização de projetos?** *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Redução de retrabalhos
- ☐ Redução de custos
- ☐ Cumprimento dos prazos
- ☐ Melhoria da qualidade da obra
- ☐ Aumento da produtividade

7. **7. Você conhece a metodologia BIM?** *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
- ☐ Não

8. **8. Você acredita que o BIM contribui para reduzir incompatibilidades entre projetos?** *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Concordo totalmente
- ☐ Concordo parcialmente
- ☐ Neutro
- ☐ Discordo parcialmente
- ☐ Discordo totalmente

9. **9. Qual benefício do BIM você considera mais relevante?** *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Identificação antecipada de conflitos
- ☐ Melhor planejamento da obra
- ☐ Redução de erros de projeto
- ☐ Redução de custos
- ☐ Maior integração entre equipes
- ☐ Não conheço BIM

10. 10. Na sua opinião, qual é a melhor forma de evitar incompatibilidades de projetos? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Compatibilização dos projetos
- ☐ Utilização do BIM
- ☐ Reuniões de coordenação entre projetistas
- ☐ Revisões técnicas periódicas
- ☐ Combinação de todas as alternativas

11. 11. Você já presenciou ou estudou algum caso de incompatibilidade de projetos que gerou problemas em uma obra? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Não me recordo

12. 12. Em qual fase as incompatibilidades de projetos são mais frequentemente identificadas? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Durante a elaboração dos projetos
- ☐ Antes do início da obra
- ☐ Durante a execução da obra
- ☐ Na fase final da obra
- ☐ Após a entrega do empreendimento

13. 13. Você acredita que a falta de compatibilização pode aumentar os custos de uma obra? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Concordo totalmente
- ☐ Concordo parcialmente
- ☐ Neutro
- ☐ Discordo parcialmente
- ☐ Discordo totalmente
- ☐ Opção 6

14. 14. Você acredita que a compatibilização de projetos contribui para aumentar a produtividade e melhorar a qualidade da obra? *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Concordo totalmente
- ☐ Concordo parcialmente
- ☐ Neutro
- ☐ Discordo parcialmente
- ☐ Discordo totalmente

15. **15. Em sua opinião, qual a importância da compatibilização de projetos e do BIM para a redução de problemas na execução de obras? Caso possua experiência prática, relate brevemente um exemplo.** *

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Link de acesso ao formulário:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSc5MnAnD2MEI2WQf3zep7J0Pi4U4ZvhfZa8CWEKmPjxKeGU1Q/viewform?usp=sharing&ouid=102051578009462140516>