XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8267

Desempenho do Light Steel Frame vs. Convencional: O Papel do Planejamento e Contrato em um Estudo de Caso

Light Steel Frame vs. Conventional Construction Performance: The Role of Planning and Contracting in a Case Study

Joao Bosco Pinheiro Dantas Filho
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza| Brasil | arquibosco@alu.ufc.br
Marcus Vinicius Silveira Macedo
Instituto Federal do Estado do Ceará | Fortaleza | Brasil | marcus.macedo@ifce.edu.br
Diego Rocha de Abreu
Fundação Oswaldo Cruz| Belo Horizonte | Brasil | diego.abreu@fiocruz.br
Luis Felipe Cândido
Universidade Federal do Ceará | Crateús | Brasil | candido@crateus.ufc.br
José de Paula Barros Neto
Universidade Federal do Ceará | Fortaleza| Brasil | barrosneto@gercon.ufc.br

Resumo

Este estudo investiga o impacto do sistema *Light Steel Frame* (LSF) no desempenho contratual de obras públicas. Realizou-se um estudo de caso comparativo pareado de dois contratos, diferindo apenas no sistema construtivo (convencional vs. LSF), triangulando análise documental e entrevistas com gestores. Os resultados indicam que o LSF apresentou menor variabilidade contratual e menores acréscimos de escopo. Contudo, seu prazo real superou o convencional devido a deficiências no planejamento e compatibilização, dependência logística e inadequação do modelo de pagamento por medição ao fluxo financeiro do LSF. Conclui-se que, no caso analisado, a adoção da tecnologia transferiu e multiplicou riscos, exigindo inovações urgentes na modelagem contratual e gestão de projetos para garantir a celeridade esperada.

Palavras-chave: Sistemas construtivos industrializados; Obras públicas; Light Steel Frame.

Abstract

This study examines the impact of Light Steel Framing (LSF) on the contractual performance of public projects. Using a paired case study, two contracts differing only by construction system (conventional vs. LSF) were compared by triangulating document analysis and interviews. Findings reveal that while LSF yielded less contractual variability and fewer scope changes, its actual execution time was longer. Key obstacles included poor design integration, supply chain dependencies, and the misalignment between traditional "pay-by-measurement" models and LSF's financial flow. The conclusion suggests that, in the observed case, adopting LSF transferred and amplified logistical risks, demanding a structural transformation in institutional contracting frameworks to ensure the expected speed.

Keywords: Industrialized construction; Public Construction; Light Steel Frame.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil concentra investimentos públicos significativos, mas apresenta limitações estruturais: baixa produtividade, elevada variabilidade operacional e dificuldades no controle de custos e prazos — problemas atribuídos ao modelo de gestão tradicional [1]; e à fragmentação da informação [2]. Essas limitações decorrem da predominância de métodos intensivos em mão de obra e dependentes de adaptações executivas [3].

Como alternativa, sistemas construtivos industrializados ampliam a padronização produtiva e integram etapas do ciclo de vida das edificações. Levantamentos setoriais indicam ganhos de produtividade e previsibilidade [4]; relatórios globais, alinhamento com metas de eficiência e resiliência [5]. Contudo, a disseminação desses sistemas no Brasil ainda é limitada, particularmente no setor público, onde barreiras institucionais acentuam os desafios à inovação [6].

A adoção de novas tecnologias é amplamente investigada pelos estudos de transições sociotécnicas para sustentabilidade [7], campo que analisa como mudanças em funções sociais — como habitação — podem promover sustentabilidade [8]. Essas abordagens contrastam com parte significativa da literatura sobre industrialização, que frequentemente se concentra no desempenho técnico e ambiental de sistemas construtivos [9][4], ainda que pesquisas recentes enfatizem a necessidade de compreender transformações sistêmicas em regimes sociotécnicos [10].

Transformações tecnológicas na construção civil devem ser compreendidas como processos sociotécnicos, resultantes da interação entre tecnologias, instituições e redes de atores [11]. Contudo, são escassas investigações empíricas sobre como essa transição se manifesta em obras públicas, particularmente quanto aos efeitos da industrialização sobre a estabilidade contratual e a previsibilidade da execução — dimensões diretamente relacionadas à eficiência dos investimentos governamentais.

Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho é compreender como a industrialização contribui para a redução de incertezas em obras públicas, confrontando o desempenho contratual formal com a realidade operacional à luz da teoria das transições sociotécnicas. A partir da análise deste caso, extraem-se lições sobre as condições necessárias para que a industrialização alcance seu potencial — lições que apontam para a necessidade de inovações institucionais que acompanhem a inovação tecnológica. Os achados revelam uma contradição central: embora o LSF tenha proporcionado maior previsibilidade de escopo contratual, seu prazo de execução superou o do sistema convencional — um resultado contraintuitivo que expõe as tensões entre inovação tecnológica e rigidez institucional no setor público.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A literatura associa as limitações do modelo tradicional à baixa padronização e adaptações durante a obra [1][2]. A industrialização transfere etapas construtivas para ambientes controlados [5] prometendo ganhos de produtividade e previsibilidade [4]. Contudo, investigações sobre seus efeitos na gestão contratual pública ainda são escassas [6].

Transformações tecnológicas são processos sistêmicos que envolvem interação entre inovações, instituições e atores [11]. Sistemas industrializados podem ser entendidos como inovações de nicho que desafiam o regime tradicional da construção civil [11]. O campo das transições para sustentabilidade oferece arcabouços analíticos como a

Perspectiva Multinível (MLP), que distingue nicho, regime e paisagem, e a Gestão Estratégica de Nicho (SNM), que enfatiza o alinhamento entre expectativas e recursos [12]. (Quadro 1).

Quadro 1: Principais características das abordagens de transições para sustentabilidade

Abordagem	Dinâmica Principal	Foco de Análise	Principal Impulsionador
Gestão Estratégica de Nichos	Incubação tecnológica em ambientes protegidos (nichos).	Interação Micro-Meso (tecnologia vs. mercado).	Alinhamento de expectativas e recursos.
Perspectiva Multinível	Mudanças via interação de três níveis hierárquicos.	Agência e trajetória (Nicho, Regime e Paisagem).	Instabilidade do regime e pressão da paisagem.
Sistemas de Inovação Tecnológica	Desempenho através do alinhamento de funções.	Redes de organizações e acordos de cooperação.	Formação de mercado e difusão de conhecimento.
Gestão de Transições	Transição coordenada via governança estatal.	Eficácia de políticas e mecanismos de gestão.	Intervenção governamental e metas coletivas.

Fonte: Elaborado pelos autores baseados em [12].

É nesta lacuna que este estudo se insere, ao confrontar indicadores contratuais com as percepções dos atores que operam na interface entre nicho e regime.

3. MÉTODO

Esta pesquisa adota um desenho de caso comparativo pareado com triangulação de métodos [13], uma estratégia que se mostra particularmente adequada ao objetivo de investigar as fricções entre a inovação tecnológica e a rigidez dos contratos tradicionais na administração pública. A escolha deste delineamento é justificada por sua capacidade de isolar variáveis-chave e aprofundar a compreensão de fenômenos complexos em contextos específicos, sem a pretensão de generalização estatística, mas com vistas à generalização analítica [13]. Para este fim, a pesquisa combina duas técnicas de coleta de dados: análise documental de contratos administrativos e a realização de entrevistas semiestruturadas com os atores envolvidos. Esta triangulação permite um exame multifacetado do objeto, confrontando o desempenho contratual formal (documentos) com a percepção e a experiência dos agentes que planejaram, executaram e fiscalizaram as obras.

SELEÇÃO DOS CASOS E UNIDADE DE ANÁLISE

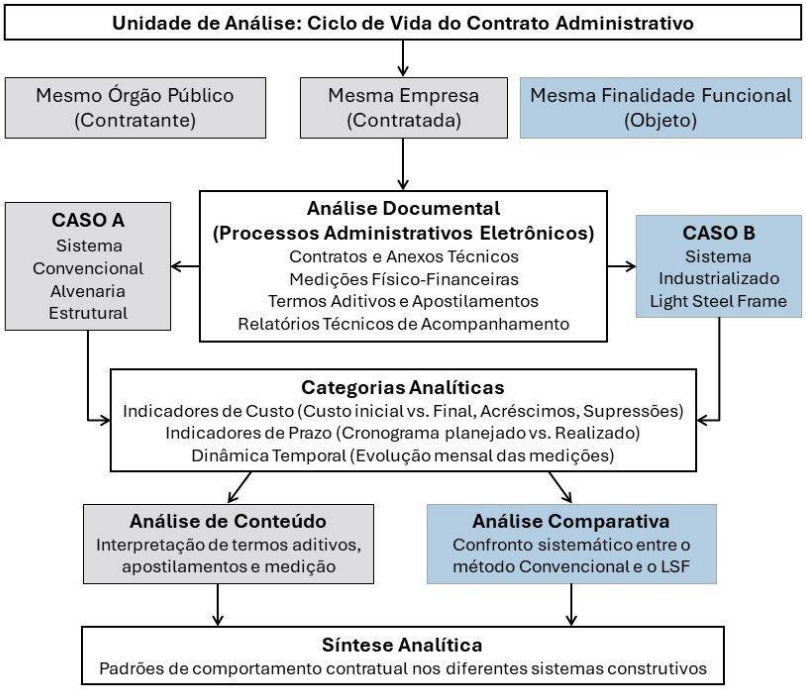
A seleção dos casos obedeceu a um critério de pareamento rigoroso, visando isolar a variável "sistema construtivo" como principal fator de diferenciação. Foram analisados dois contratos administrativos para a construção de equipamentos públicos com idêntica finalidade funcional (Unidades de Alimentação e Nutrição - UAN), área aproximada de 716 m² e executados pela mesma empresa contratada, para o mesmo órgão público e em contextos geográficos similares. Os objetos diferenciam-se pelos sistemas construtivos:

- Caso A (convencional): Estrutura em concreto armado com alvenaria de vedação.

- Caso B (LSF - *Light Steel Framing*): Sistema autoportante em aço galvanizado com fechamento em placas cimentícias e isolamento termoacústico.

A unidade de análise é o contrato administrativo em sua totalidade, compreendendo desde a sua formalização até o estágio de execução em março de 2026. Esta opção permite uma visão holística do processo, abrangendo todas as etapas, alterações e desafios contratuais. O delineamento metodológico completo está sintetizado na Figura 1.

Figura 1: Delineamento da pesquisa baseado no método de caso comparativo pareado.



Fonte: Adaptado de [13] pelo autor.

COLETA DE DADOS E FONTES DE EVIDÊNCIA

A coleta de dados foi estruturada em duas fases complementares, conduzidas de forma longitudinal para acompanhar a evolução contratual ao longo do tempo.

Fase 1 - Análise Documental: consistiu no exame aprofundado dos processos administrativos eletrônicos, incluindo contratos e seus anexos técnicos, termos aditivos, apostilamentos, medições físico-financeiras e relatórios técnicos de acompanhamento. Este levantamento visou extrair dados objetivos sobre valores contratados (inicial e final), prazos de execução, alterações de escopo, prorrogações contratuais e a evolução física das obras.

Fase 2 - Entrevistas Semiestruturadas: Foram realizadas entrevistas com três atores estratégicos, selecionados por seu papel central no processo:

- Gestor Estratégico do Órgão Contratante: Foco no processo decisório, planejamento institucional e na motivação para a escolha dos sistemas construtivos.

- Representante da Empresa Construtora: Abordagem sobre desafios executivos, logística de obra, relação com o órgão fiscalizador e percepção sobre o modelo de pagamento.
- Fiscal da Obra (Órgão Contratante): Discussão sobre a execução diária, compatibilização de projetos, os desafios in loco e a dinâmica da relação com a construtora.

As entrevistas foram guiadas por roteiros semiestruturados, e o anonimato dos respondentes foi garantido em conformidade com os compromissos éticos da pesquisa.

PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados coletados foi conduzida por meio de três abordagens integradas, que se alimentam mutuamente para uma interpretação robusta:

1. Análise Descritiva Quantitativa: Os dados objetivos extraídos dos documentos (custos, prazos, medições) foram organizados em categorias analíticas [14] e comparados entre os dois casos. Cumpre ressaltar que, embora a engenharia de custos estrita ou a avaliação econômico-financeira de orçamentos não constituam o escopo central deste estudo, realizou-se a homogeneização monetária dos valores contratuais (iniciais e finais) por meio do Índice Nacional de Custo da Construção (INCC). Esse ajuste metodológico de nivelamento temporal foi adotado exclusivamente para neutralizar os efeitos inflacionários decorrentes do hiato entre as datas-base dos contratos pareados, mitigando distorções analíticas e assegurando a fidedignidade da comparação direta do desempenho financeiro. Esta etapa permitiu a construção de representações gráficas para evidenciar as diferenças de desempenho contratual entre os sistemas construtivos.
2. Análise Documental Qualitativa: Focou na interpretação do conteúdo dos documentos, buscando identificar padrões de alteração contratual (como motivações para aditivos), características do processo executivo e a previsibilidade (ou imprevisibilidade) do escopo contratual ao longo do tempo.
3. Análise de Conteúdo das Entrevistas: As transcrições foram submetidas a um processo de codificação temática. As categorias de análise foram derivadas tanto da literatura de referência quanto dos achados documentais, como a previsibilidade do escopo. Este procedimento permitiu uma análise sistemática das percepções dos atores.

VALIDADE INTERNA E POSICIONAMENTO EPISTEMOLÓGICO

A validade das conclusões é fortalecida pela triangulação das evidências documentais e das narrativas dos atores. Este processo permitiu confrontar o desempenho formal registrado em contrato com a realidade física e as experiências vivenciadas, identificando convergências e contradições que enriquecem a compreensão do fenômeno [13].

Epistemologicamente, a pesquisa filia-se a uma abordagem interpretativa, buscando a generalização analítica [13] em vez da estatística. Assim, o par de obras não constitui

amostra representativa, mas um "caso instrumental" [15] que expõe, em profundidade, as fricções entre a inovação tecnológica (LSF) e a rigidez dos contratos tradicionais. A opção por apenas dois casos, extremamente pareados, foi deliberada para isolar a variável "sistema construtivo" e viabilizar uma análise comparativa aprofundada, cujos insights são transferíveis a contextos análogos mediante avaliação do leitor.

4. RESULTADOS

4.1 DESEMPENHO CONTRATUAL COMPARADO

Diante do hiato temporal de aproximadamente um ano entre a contratação da unidade Convencional (11/01/2024) e da unidade em *Light Steel Framing* - LSF (25/02/2025), realizou-se a homogeneização dos valores para fins de adequada comparação de engenharia de custos. Utilizando o Índice Nacional de Custo da Construção (INCC-M/FGV), cujo acumulado no período entre os contratos foi de 7,18%, o valor inicial da unidade Convencional foi atualizado monetariamente de R$ 1.533.522,98 para R$ 1.643.629,93 na data-base de referência (fevereiro/2025).

No que tange à execução, o LSF apresentou maior estabilidade de custos – sua variação líquida (+4,78%) foi menos de um terço da observada no convencional (+17,81%). Isso indica que o sistema industrializado entrega maior previsibilidade orçamentária e mitiga os riscos de aditivos qualitativos/quantitativos comuns na alvenaria tradicional.

Por outro lado, o prazo apresentou um comportamento paradoxal: o LSF, planejado para 180 dias, consumiu 390 dias — um acréscimo de 116,6% sobre o previsto, enquanto o convencional, com 270 dias iniciais, foi concluído em 300 dias (+11,1%). Esse paradoxo — estabilidade de custos versus dilatação de prazos em um sistema teoricamente mais rápido — será desdobrado nas seções seguintes.

Para fins de precisão jurídico-administrativa sob a Lei nº 14.133/2021, destaca-se que as alterações contratuais que envolvem mutação real do cronograma (prorrogações de prazo) foram formalizadas por meio de Termo Aditivo, reservando-se o instituto do Apostilamento estritamente para os reajustes de preços decorrentes da aplicação do índice inflacionário contratual, conforme determina o Art. 136 da legislação vigente [16]. A Tabela 1 apresenta os indicadores de desempenho contratual das duas obras analisadas.

O valor final da unidade Convencional, fixado em R$ 1.921.253,17 na data-base de 30/09/2025, foi atualizado pelo INCC-M (+1,95%) até o horizonte temporal de janeiro de 2026, atingindo o montante real de R$ 1.958.717,61.

Ao confrontar este valor homogeneizado com os R$ 2.845.722,75 despendidos na unidade em *Light Steel Framing* (LSF), a diferença real de investimento fixa-se em R$ 887.005,14. Esse valor financeiro isola com precisão o efeito inflacionário do período e reflete estritamente o prêmio tecnológico pago pela Administração Pública para obter os ganhos contratuais de estabilidade orçamentária (+4,78% de variação líquida

no LSF contra +17,81% no convencional) e os atributos de sustentabilidade intrínsecos ao método industrializado.

Tabela 1: Análise comparativa do desempenho contratual

Indicador	(Convencional)	(LSF)
Valor inicial	R$ 1.533.522,98	R$ 2.571.878,04
Valor Inicial Atualizado (INCC Fev/2025)	R$ 1.643.629,93	R$ 2.571.878,04
Acréscimos	+23,21%	+7,25%
Supressões	-5,40%	-2,47%
Variação líquida	+17,81%	+4,78%
Reajustes	R$ 52.870,17	R$ 143.888,95
Valor final	R$ 1.921.253,17	R$ 2.845.722,75
Valor final reajustado (INCC Jan/2026)	R$ 1.958.717,61	R$ 2.845.722,75
Prazo original	270 dias	180 dias
1ª prorrogação	+30 dias	+90 dias
2ª prorrogação	-	+60 dias
3ª prorrogação	-	+60 dias
Prazo TOTAL	300 dias	390 dias
Nº de alterações contratuais	Termo aditivo qualitativo, quantitativo e de prorrogação de prazo e Termo de apostilamento de reajuste	Termo aditivo qualitativo, quantitativo e de prorrogação de prazo, 1º e 2º Termo de apostilamento de prorrogação de prazo de e 3º Termo de apostilamento de reajuste

Nota: Valores contratuais originais em suas respectivas datas base. Para fins de equivalência de engenharia de custos e atendimento ao princípio da economicidade, aplicou-se o fator de correção do INCC-M (+7,18%) sobre a unidade convencional. Fonte: Elaborado pelos autores.

4.2 COMPOSIÇÃO DE CUSTOS

A análise orçamentária detalhada revela as diferenças estruturais e tecnológicas entre os sistemas de engenharia. No LSF, o subsistema de vedação assume o protagonismo econômico, representando 29% do total do orçamento (R$ 904 mil), em contraposição aos 18% demandados pela alvenaria e revestimentos no sistema convencional (R$ 325 mil). Na infraestrutura, a fundação em radier do LSF (R$ 288 mil), necessária para a distribuição uniforme das cargas leves do *steel frame*, substituiu as sapatas isoladas da estrutura convencional (R$ 219 mil).

Sob a ótica da eficiência de canteiro, destaca-se que o custo com a Administração Local no LSF foi 23% menor (R$ 71 mil vs. R$ 98 mil do convencional). Esse dado corrobora a tese de que processos industrializados reduzem sensivelmente os custos fixos de supervisão, logística e manutenção de canteiro por mês de operação, muito embora os atrasos na montagem da estrutura tenham mitigado parte desse ganho potencial de velocidade.

4.3 DINÂMICA DE PRAZOS

O sistema convencional foi concluído em 300 dias, com uma prorrogação de 30 dias (11,1%). O LSF, contratado para 180 dias, exigiu três prorrogações: +90, +60 e +60 dias, totalizando 390 dias — acréscimo de 117% sobre o prazo original.

4.4 PERCEPÇÃO DOS ATORES

As entrevistas revelaram três categorias de fatores explicativos para o desempenho observado:

4.4.1 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS E O CUSTO DO ERRO

O gestor relatou que a obra atingiu 74,89% de execução física em 390 dias — um desempenho aquém do esperado para o prazo total estipulado. Este percentual indica que, mesmo com o prazo dilatado em 117%, a edificação não foi concluída, evidenciando que as correções projetuais demandaram um tempo significativamente superior ao previsto. O fiscal corroborou essa percepção ao afirmar que "a combinação entre correção de projetos e morosidade administrativa afetou significativamente o cronograma".

O construtor detalhou o nexo causal do atraso, apontando que inconsistências no arquivo DXF enviado à fábrica geraram a usinagem de perfis incorretos, paralisando a montagem em canteiro. Segundo o relato do parceiro privado, o rigor dimensional do sistema industrializado remove margens para improvisações: "o sistema não admite erro de projeto; a ausência de planejamento prévio paralisa o fluxo produtivo, gerando dependência crônica de uma fábrica localizada a quilômetros de distância". No caso estudado, os fornecedores dos componentes em aço galvanizado estavam localizados a aproximadamente 800 km do canteiro de obras, o que dilatou o tempo de resposta logística para a substituição das peças avariadas ou incorretas.

Diferentemente do método convencional, no qual falhas geométricas são rotineiramente mitigadas por meio de adaptações e ajustes locais no canteiro, o erro de projeto no LSF exige um ciclo complexo de retrabalho fabril e espera logística. Este contraste evidencia que o risco associado ao LSF não reside na tecnologia em si, mas no rigor do planejamento executivo exigido pelo sistema. Essa premissa é ratificada pela experiência da mesma construtora em obras subsequentes nas quais o projeto foi "discutido e compatibilizado antes da aquisição de qualquer componente", resultando em uma execução com "velocidade impressionante" e confirmando que a eficiência do método industrializado é diretamente proporcional à profundidade do planejamento prévio.

Dessa forma, observa-se que enquanto o sistema convencional tolera improvisações e correções in loco, o LSF impõe severas restrições à falta de compatibilização prévia, convertendo falhas de projeto em paralisações operacionais e gargalos logísticos. O problema central não reside, portanto, no sistema construtivo inovador, mas na inadequação do modelo de planejamento a ele associado.

4.4.2 REDISTRIBUIÇÃO DE RISCOS

O gestor observou que o LSF "não isola a obra das deficiências de planejamento". A fiscalização ficou "dependente dos prazos dos projetistas, gerando atrasos".

4.4.3 MODELO DE PAGAMENTO E FLUXO DE CAIXA

O construtor explicou que os materiais do LSF exigem pagamento antecipado, mas as medições ocorrem após a montagem: "a empresa precisou de maior capacidade financeira, afetando o ritmo". O gestor confirmou o "descompasso entre medição e fluxo financeiro".

Embora o modelo de medição tradicional da administração pública tenha sufocado o fluxo de caixa no caso estudado, ressalta-se que essa é uma limitação de modelagem contratual passível de mitigação, e não uma incompatibilidade intrínseca do sistema construtivo. A divisão do objeto em etapas como "aquisição do kit industrializado" e "montagem" poderia alinhar o fluxo financeiro ao cronograma de desembolsos, reduzindo a necessidade de capital de giro e o consequente comprometimento do ritmo da obra.

5. DISCUSSÃO

5.1 ESTABILIDADE CONTRATUAL: CONVERGÊNCIA COM LITERATURA ESPECIALIZADA

Os dados confirmam que o LSF proporciona maior previsibilidade testabilidade contratual no caso analisado: variação líquida de +4,78% contra +17,81% no convencional. Este achado converge com a literatura que associa sistemas industrializados e pré-fabricados à maior previsibilidade de custos e à redução de incertezas durante a execução [1][17]. A racionalização dos processos produtivos, própria da construção enxuta, reduz a variabilidade e os retrabalhos, conferindo maior controle sobre os insumos e o cronograma físico-financeiro [1][2]. No convencional, os aditivos vincularam-se à revisão completa de projetos; no LSF, restringiram-se a ajustes pontuais de compatibilização — o que, embora menos oneroso em termos financeiros, revelou-se igualmente impactante sobre os prazos.

5.2 O PARADOXO DOS PRAZOS: QUANDO A TEORIA NÃO SE CONFIRMA

Contrariando a expectativa teórica de celeridade [4][5], o LSF apresentou prazo real 30% superior ao convencional (390 vs 300 dias). Enquanto o convencional demandou uma prorrogação de 11,1%, o LSF exigiu três prorrogações que totalizaram 117% sobre o prazo original. Este resultado contradiz relatos setoriais [4] e evidencia que, no contexto analisado, as vantagens teóricas da industrialização foram neutralizadas por fatores contextuais.

5.3 REDISTRIBUIÇÃO E MULTIPLICAÇÃO DE RISCOS

A hipótese de redistribuição de riscos foi confirmada, mas com uma importante qualificação: no modelo analisado, os riscos não apenas mudam de lugar, mas se multiplicam. Ao baixo risco de execução no canteiro, somaram-se fragilidades específicas do arranjo institucional e contratual da obra:

- risco de projeto: incompatibilidades que, diferentemente do convencional, não admitem adaptações em obra devido à rigidez do sistema industrializado;
- risco logístico: dependência de fornecedores distantes;
- risco financeiro: a descapitalização da construtora frente a uma necessidade de capital de giro incompatível com o modelo de medição adotado pelo órgão público neste contrato; e
- risco de coordenação: decorrente da separação contratual estrita entre a empresa projetista (contratada por escopo) e a construtora (vencedora de licitação posterior).

No cenário analisado, o órgão público (promotor do empreendimento) terceirizou o projeto a uma empresa especializada e, posteriormente, licitou a execução de forma isolada. A ausência de interface prévia e de relação jurídica entre quem elaborou os projetos e quem executou a obra gerou um gap de coordenação. Essa desconexão culminou em ineficiências e falhas nos projetos que só foram detectadas no momento do envio para a fabricação dos perfis de *steel frame*, sobrecarregando financeiramente e operacionalmente a construtora, que não participou da fase de concepção.

O caso do DXF ilustra esse fenômeno: um erro dimensional ou de interferência que, no sistema convencional (baseado em alvenaria e concreto), seria rapidamente resolvido com ajustes de fôrmas, cortes manuais de blocos ou pequenos reparos ("quebras e remendos") no próprio canteiro, no LSF não admite improvisos. Por se tratar de um sistema cujos perfis estruturais de aço galvanizado são usinados milimetricamente em fábrica por máquinas CNC a partir da leitura direta do arquivo digital, adaptações manuais na obra são inviáveis, pois comprometeriam a integridade estrutural e a garantia do sistema. Desse modo, o erro se transformou em paralisação, refabricação e espera logística — multiplicando o impacto sobre o prazo.

Este achado dialoga com a literatura de transições sociotécnicas [11]. Pela Perspectiva Multinível (MLP) [10], o LSF, como inovação de nicho, enfrentou resistências do regime institucional (regras de pagamento, separação projeto-execução) e pressões da paisagem (dependência logística). A ausência de transformações correspondentes no regime — o que a Gestão Estratégica de Nicho (SNM) denomina "falta de alinhamento entre expectativas e recursos" [12]— neutralizou as vantagens potenciais da inovação.

5.4 IMPLICAÇÕES PARA A GESTÃO PÚBLICA E MODELAGEM CONTRATUAL

O achado mais relevante não é uma falha inerente ao LSF, mas a inadequação do modelo de pagamento por medição para a construção off-site no caso estudado, que concentra custos na aquisição antecipada do kit industrializado. Este descompasso entre fluxo financeiro e cronograma de medições compromete o ritmo da obra e anula a vantagem de celeridade do sistema — especialmente para empresas de pequeno e médio porte, que não possuem lastro para o desembolso inicial.

Contudo, essa é uma limitação de modelagem contratual, não uma incompatibilidade intrínseca do sistema construtivo. Soluções como a divisão do objeto contratual em etapas (ex.: aquisição de kit + montagem, com medições independentes) podem mitigar o problema, alinhando o fluxo financeiro à dinâmica de desembolsos. A

experiência da construtora em obras subsequentes – com projeto discutido e compatibilizado antes da aquisição de qualquer componente – reforça que o diferencial de desempenho não reside na tecnologia em si, mas no rigor do planejamento e na adequação do modelo contratual ao sistema escolhido.

6. CONCLUSÃO

Este estudo de caso comparativo teve como objetivo investigar as fricções entre a inovação tecnológica (LSF) e a rigidez dos contratos tradicionais na administração pública. Os achados demonstram que, embora o LSF possa oferecer maior previsibilidade orçamentária, suas vantagens potenciais — notadamente a celeridade — são anuladas quando sua implementação não é acompanhada por inovações institucionais correspondentes no modelo de planejamento, contratação e gestão.

A principal contribuição teórica reside na demonstração empírica de que a redistribuição de riscos proporcionada pela industrialização não elimina incertezas, mas as desloca e pode multiplicá-las, gerando vulnerabilidades nas fases de projeto, logística, financiamento e governança. Este achado corrobora a perspectiva das transições sociotécnicas, ao evidenciar como inovações de nicho (LSF) podem ser neutralizadas por um regime institucional ainda estruturado para a construção convencional.

Para a gestão pública, os resultados sugerem que a eficiência dos investimentos governamentais e a observância ao princípio da economicidade não devem ser mensuradas estritamente pelo menor custo nominal imediato, mas sim pela capacidade do sistema em mitigar riscos e garantir a previsibilidade orçamentária ao longo do ciclo de vida do contrato. Sob essa perspectiva, a adoção do LSF requer, como condição de sucesso: (i) a revisão do modelo de pagamento por medição, para alinhar o fluxo de caixa à dinâmica de aquisição do kit industrializado; (ii) a contratação integrada de projeto e execução, reduzindo a fragmentação e os riscos de coordenação; e (iii) o reconhecimento da curva de aprendizado, com mecanismos que garantam a compatibilização projetual exaustiva antes do início da obra.

Como limitação inerente ao desenho metodológico, o estudo baseou-se em um único par de obras, o que restringe a generalização estatística dos resultados. Investigações futuras, com múltiplos casos e controle de variáveis institucionais, são necessárias para consolidar as hipóteses aqui levantadas e ampliar a compreensão sobre as condições de sucesso da industrialização no setor público.

DECLARAÇÃO

Durante a preparação deste artigo, o autor Joao Bosco Pinheiro Dantas Filho utilizou o DeepSeek (modelo de linguagem de grande escala) para revisão gramatical, aprimoramento de coesão e estruturação de tópicos. A ferramenta foi utilizada como apoio à redação, sem substituir a autoria ou a responsabilidade intelectual do pesquisador. Após o uso da ferramenta, o autor revisou e editou o conteúdo conforme

necessário, verificando a precisão das informações, a adequação das citações e a consistência dos argumentos apresentados. O autor assume total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado, incluindo a originalidade do texto e a correta atribuição das fontes citadas, em conformidade com o disposto no art. 9º, inciso I, alíneas "c" e "f", da Portaria CNPq nº 2.664/2026.

REFERÊNCIAS

[1] KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford: Center for Integrated Facility Engineering. Department of Civil Engineering. Stanford Univeristy, 1992. Disponível em: <http://cife.stanford.edu/node/491>. Acesso em: 18 abr. 2016.

[2] EASTMAN, C. M. C. et al. **BIM Handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 2nd ed. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

[3] LAWSON, M.; OGDEN, R.; GOODIER, C. Design in Modular Construction. 24 fev. 2014.

[4] DATA&ANALYTICS, D. **Prefabrication and Modular Construction 2020**. Bedford: [s.n.]. Disponível em: <https://www.modular.org/documents/public/PrefabModularSmartMarketReport2020.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2026.

[5] UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **2022 Global Status Report for Buildings and Construction | UNEP - UN Environment Programme**. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/publication/2022-global-status-report-buildings-and-construction>. Acesso em: 18 fev. 2026.

[6] BRUNA, L.; MONTEIRO, R.; PALIARI, J. C. Os desafios da industrialização da Construção Civil no contexto brasileiro. **ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, v. 20, n. 1, 7 out. 2024.

[7] KÖHLER, J. et al. An agenda for sustainability transitions research: State of the art and future directions. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 31, p. 1–32, 1 jun. 2019.

[8] CHANG, R. D. et al. Approaches for Transitions Towards Sustainable Development: Status Quo and Challenges. **Sustainable Development**, v. 25, n. 5, p. 359–371, 1 set. 2017.

[9] ANDRADE, P. A. F. L.; GUIMARÃES, I. F. G. Desafios no uso do digital twin na construção pré-fabricada – uma revisão sistemática. **REVISTA FOCO**, v. 16, n. 8, p. 1–20, 15 ago. 2023.

[10] GEELS, F. **The Multi-Level Perspective on Sustainability Transitions: Background, overview, and current research topics**. ManchesterCambridge University Press, , 3 dez. 2024. Disponível em: <https://www.cambridge.org/engage/coe/article-details/674dc3ed7be152b1d0aef5d8>. Acesso em: 18 fev. 2026

[11] CÂNDIDO, L. F. **Agência em rede na transição para sustentabilidade: análise de uma rede de inovação do setor da construção civil**. Tese—Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2024.

[12] CÂNDIDO, L. F. et al. Sustainability Transitions in the Construction Sector: A Bibliometric Review. **Sustainability**, v. 15, n. 17, p. 12814, 24 ago. 2023.

[13] YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

[14] BOWEN, G. A. Document Analysis as a Qualitative Research Method. **Qualitative Research Journal**, v. 9, n. 2, p. 27–40, 3 ago. 2009.

[15] STAKE, R. E. **The art of case study research**. Thousand Oaks: Sage Publications, 1995.

[16] BRASIL. **LEI Nº 14.133, DE 1º DE ABRIL DE 2021. Dispõe sobre licitações e contratos administrativos**. **Diário Oficial da União**Brasília, DF, 1 abr. 2021. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14133.htm>. Acesso em: 26 dez. 2025

[17] GIBB, A. G. F. **Off-site fabrication: prefabrication, pre-assembly and modularisation**. 1. ed. Caithness: Whittles Publishing, 1999.