



Contribuição tecnocientífica ao **Construmetal 2025**
10º Congresso Latino-americano da Construção Metálica
09 de Setembro de 2025, São Paulo - SP, Brasil

Tema: Estruturas de aço e mistas de aço e concreto: projeto; dimensionamento; fabricação; e montagem

VIABILIDADE ECONÔMICA DA SOLUÇÃO ESTRUTURAL MISTA E HÍBRIDA EM AÇO-CONCRETO VERSUS CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL EM EDIFÍCIO MULTIANDARES

Cezar Valmor Mortari¹

Resumo

O objetivo geral deste artigo é comparar os custos de sistemas estruturais mistos e híbridos aço-concreto com o sistema estrutural em concreto armado convencional, em edifício alto multipavimentos em Goiânia - GO. Além de executar o orçamento de uma obra idêntica projetada nos dois sistemas estruturais, este estudo procurou encontrar parâmetros que pudessem quantificar e precificar as vantagens do sistema industrializado e pré-fabricado off site. Foram encontradas muitas respostas positivas no sentido de monetizar situações vantajosas para o sistema misto que trazem números animadores para o desenvolvimento deste sistema estrutural, tão popularizado em países mais desenvolvidos da América do Norte, Europa e Ásia e, que agora, encontra amparo na análise puramente financeira. Ainda, a pesquisa identifica vantagens que não puderam ser precificadas, ensejando trabalhos futuros neste sentido. Foram identificadas vantagens que associam a solução Mista com a sustentabilidade e práticas cada vez mais usuais de ESG, diminuindo, ou mitigando, custos normalmente absorvidos pela sociedade. Pode-se asseverar, assim, que a solução mista aço-concreto será, normalmente, uma opção de execução potencialmente possível e desejável na construção civil brasileira.

Palavras-chave: Estrutura Mista Aço-Concreto; Estrutura Híbrida Aço-Concreto; Comparativo Econômico; ESG na construção; Sustentabilidade

ECONOMIC VIABILITY OF THE MIXED AND HYBRID STRUCTURAL SOLUTION IN STEEL-CONCRETE VERSUS CONVENTIONAL REINFORCED CONCRETE IN MULTI-STORY BUILDINGS

The general purpose of this paper is to objectively compare the costs of composite and hybrid steel-concrete structural systems with conventional reinforced concrete in high-rise multi-story Building in Goiânia. In addition to budgeting for an identical project designed with both structural systems, this study search for to identify parameters that could quantify and price the advantages of the industrialized and prefabricated off-site systems. Many positive responses were found in terms of monetizing advantageous situations for the composite system, providing encouraging figures for the development of this structural system, so popular in more developed countries in North America, Europe, and Asia, which is now supported by purely financial analysis. Furthermore, the research made



progress in identifying many advantages that could not be priced, prompting future work in this area. A variety of advantages were identified that associate the composite solution with sustainability and increasingly common ESG practices, reducing or mitigating costs normally supported by society. It can therefore be asserted that the composite Steel-Concrete solution will always be a potentially possible and desirable execution option in the Brazilian civil construction.

Keywords: Steel-Concrete Composite Structure; Steel-Concrete Hybrid Structure; Economic Comparison Steel vs. Concrete Alternative Analysis; ESG in Construction; Sustainability

¹ Engenheiro Civil (UFRGS – 1984); Mestre em Engenharia de Produção (UFG – 2021); Professor convidado no MBI da FATESG; Diretor técnico da Ironbuild Engenharia Metálica - Email: cezar.mortari@ironbuild.com.br



LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCEM – Associação Brasileira da Construção Metálica

AISC – American Institute of Steel Construction

BIM – Building Information Model

CBCA – Centro Brasileiro da Construção em Aço

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

ISO – International Organization for Standardization.

SCI - Steel Construction Institute

SINDUSCON GO – Sindicato da Indústria da Construção no Estado de Goiás

ADEMI GO – Associação das empresas do mercado imobiliário de Goiás

ESG – Environmental, Social and Governance – Ambiental, Social e Governança

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFG – Universidade Federal de Goiás

LEED - Leadership in Energy and Environmental Design (Liderança em Energia e Design Ambiental) -
Certificação dada pela Green Building Council

EDGE - Excellence in Design for Greater Efficiencies (Excelência em Design para Maior Eficiência) –
Certificação dada pelo IFC International Finance Corporation do Banco Mundial

AQUA-HQE - Haute Qualité Environnementale (Alta Qualidade Ambiental) – Certificação de origem
francesa

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU

FCK – Feature Compression Know (Resistência Característica à Compressão) do Concreto

BCSA - British Constructional Steelwork Association

AEPS - Anuário Estatístico da Previdência Social

1 INTRODUÇÃO

No contexto da engenharia civil contemporânea, a busca por soluções estruturais que conciliem desempenho técnico, economicidade e sustentabilidade, se apresenta fundamental para o desenvolvimento das edificações, especialmente em edifícios de andares múltiplos. Entre os desafios enfrentados, destaca-se a seleção do sistema estrutural mais adequado, considerando-se aspectos como rapidez construtiva, custos diretos e indiretos, flexibilidade arquitetônica, comportamento estrutural sob diferentes solicitações e considerações de sustentabilidade. Diante desse cenário, as estruturas Mistas e Híbridas Aço-Concreto despontam como alternativa totalmente viável, contrapondo-se às tradicionais estruturas em Concreto Armado, amplamente empregadas no setor de edificação brasileiro.

Este artigo apresenta um estudo comparativo sobre a viabilidade técnico-econômica das estruturas Mistas e Híbridas Aço-Concreto em relação às estruturas de Concreto Armado convencional, aplicado ao contexto de um edifício hipotético, com 22 pavimentos. A análise abrange parâmetros essenciais como custos de materiais, mão de obra, prazos de execução, impactos ambientais, desempenho estrutural e estuda possíveis ganhos na manutenção ao longo do ciclo de vida do edifício. Busca-se, assim, fornecer subsídios técnicos que orientem projetistas, construtores e investidores na tomada de decisões sobre a escolha do sistema estrutural mais eficiente para empreendimentos verticais de grande porte, contribuindo para o avanço tecnológico e a competitividade no setor.

Este trabalho pretende adicionar elementos de análise econômica objetiva, praticamente inexistente na bibliografia nacional, e mesmo internacional, tendo um caráter de ineditismo que poderá colaborar para o desenvolvimento tecnológico deste setor econômico. O que se quer demonstrar é que os estudos comparativos existentes entre os diversos sistemas construtivos estruturais se restringem à análise dos custos diretos contra custos diretos, face a face (Capex). Desta forma, o que esta pesquisa demonstra é que as vantagens dos sistemas estruturais Mistos e Híbridos Aço-Concreto podem, e devem ser quantificadas para que a análise final seja no padrão *apples to apples* (maçãs com maçãs). De certa forma esta pesquisa retoma e amplia as idéias de Pinho e Penna (2008) apresentadas no *Manual de Viabilidade Econômica*, do CBCA – Centro Brasileiro da Construção em Aço.

Aqui, nos concentraremos nos resultados concretos obtidos nas análises, colaborando com o mercado da construção na viabilidade da migração da construção convencional para a construção industrializada a seco e pré-fabricada (*Off Site*), tendo em vista que diversos fatores da conjuntura atual, segundo entidades relevantes ligadas ao setor da construção civil, em especial a CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção e a ABCEM – Associação Brasileira da Construção Metálica, defendem que este é o caminho que o Brasil deve seguir. A sofisticação do mercado e dos meios de produção, a escassez de mão de obra, o aumento da produtividade e a migração para modelos construtivos mais sustentáveis são aspectos relevantes que estão sendo consistentemente debatidos no meio técnico, que deseja a inovação e as melhorias contínuas.

Não nos deteremos no detalhamento técnico de como se constituem os dois sistemas estruturais apresentados, já fartamente estudados na bibliografia disponível, mas no comparativo monetário direto. O estudo gerou uma ferramenta em planilha Excel, disponibilizada no área de Contribuições Tecnocientíficas do site do Construmetal 2025 <<https://www.even3.com.br/contribuicoes-tecnocientificas-congresso-construmetal-2025/>>, que poderá ser utilizada para análises customizadas. Este estudo pretende incentivar a utilização de sistemas

industrializados na construção e, desta forma, contribuir para a diminuição da pressão sobre os recursos naturais, melhoria da profissionalização da mão de obra do setor e diminuição de custos, hoje suportados pela sociedade como um todo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO / FUNDAMENTAÇÃO

As estruturas de edifícios tipo Mista Aço-Concreto têm a característica de utilizarem o Aço e o Concreto em situação simultânea e em conjunto, de maneira que os dois somente produzirão seus melhores efeitos com a obtenção do FCK do Concreto em sua resistência completa, neste estudo caso das Lajes Mistas, Vigas Mistas, Ligações Mistas e Pilares Mistos. Já as estruturas Híbridas significam Aço e Concreto atuando em partes distintas da estrutura, neste estudo caso do Core (Núcleo) de Concreto Armado.

Os elementos Mistos, como o Aço-Concreto, oferecem vantagens em durabilidade, agilidade na execução e racionalização dos materiais, resultando em economias a médio e longo prazo, afirma Costa (2024). Silva Jr et al (2025) sustentam que há necessidade crescente de otimização de recursos e a busca por soluções mais eficientes em termos de custo e desempenho. A necessidade de racionalizar recursos, reduzir prazo e enxugar o efetivo no canteiro de obra, é cada vez mais necessário em um cenário competitivo de mercado, assevera Busanelo (2019).

Panchal e Maratnhe (2011) sustentam que o uso de materiais compósitos, ou híbridos são de particular interesse devido ao seu significativo potencial em melhorar o desempenho geral, por meio de mudanças relativamente modestas nas tecnologias de fabricação e construção. Já Queiroz e Mesquita (2018) conduzem um experimento comparativo e depreendem que a escolha pelo sistema estrutural não deve ser uma concorrência ou competição entre os tipos em estudo. Deve ser realizada com base nas características marcantes do empreendimento e nos aspectos representativos a fim de comparação, priorizando o mandatário, o desejável e o que não se pode mudar que satisfarão o investidor e as necessidades da edificação.

A escolha do sistema estrutural misto como solução estrutural do empreendimento é o seu desempenho, que aliado a condições favoráveis o torna a escolha mais racional, alinhando desempenho e custo, reduzindo tempo de execução e viabilizando um retorno financeiro rápido sustentam Corrêa e Dauszacker (2015). Por outro lado, Cunha (2023) conclui que o custo de execução não é o único ponto que se deve levar em consideração para a decisão de adoção de um sistema estrutural.

As estruturas mistas aço-concreto formadas pela associação de perfis de aço com o concreto constituem uma solução competitiva em sistemas estruturais de edifícios e pontes, sendo bastante empregada em diversos países, assevera Alva (2000). Também outras abordagens de sistemas construtivos como Bonfim (2022), Silva e Ferreira (2021), Nakahara (2017), Zanon (2019), Campos e Mesquita (2018), Lima (2017), Braga (2008), Barbisan et al (2017), Almada et al (2021), Tedia (2014).

O custo total da construção para opções em aço é, em média, cerca de 6% menor que para as opções em concreto, devido aos custos da estrutura e do pavimento superior, mencionados acima, além de fundações menores, coberturas leves e alturas de pavimentos mais baixas, o que reduz custos de revestimento e custos preliminares, foi a conclusão a que chegou a *British Constructional Steelwork Association* (BCSA) em 2011. Após estudos, Gagandeep (2021) sustenta que os resultados finais ilustram

que as estruturas de aço são mais adequadas para estruturas altas, consomem menos tempo e, também são econômicas.

3 METODOLOGIA (MATERIAIS E MÉTODOS)

A pesquisa teve como premissa a análise de um edifício hipotético de andares múltiplos com 22 pavimentos a ser construído no bairro Bueno da cidade de Goiânia GO, com o nome de Business Center Building. O projeto arquitetônico básico foi produzido pelo autor, a ser implantado em um terreno hipotético com tamanho suficiente para acomodar as dimensões previstas do edifício.

3.1 DESENHOS BÁSICOS DO EDIFÍCIO

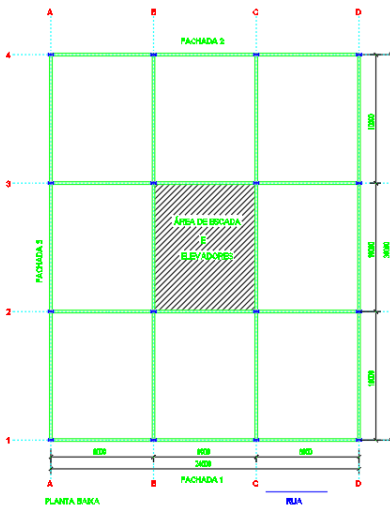
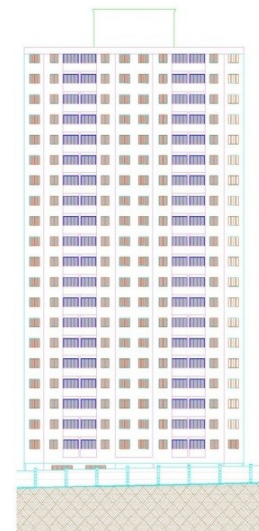


Figura 1: Planta Baixa Edifício
Fonte: Autor



FACHADA
EDIFÍCIO COMERCIAL

Figura 2: Fachada Edifício
Fonte: Autor

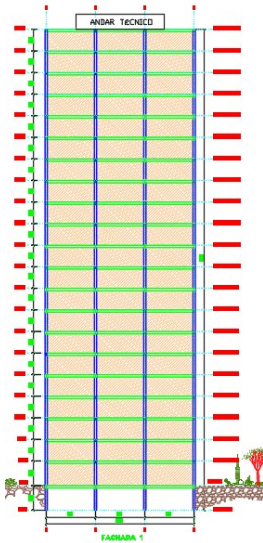


Figura 3: Corte Edifício
Fonte: Autor

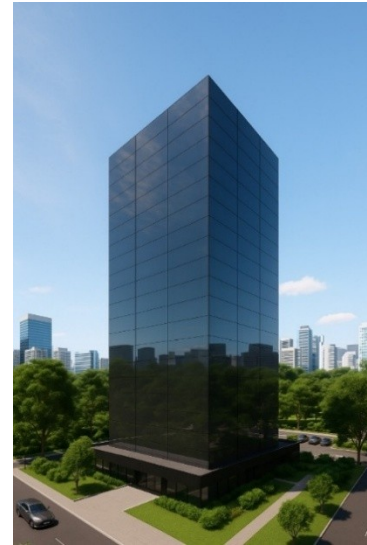


Figura 4: Modelagem da Fachada
Fonte: Arq. Cecília Mortari

Estas definições conduziram aos seguintes quantitativos e parâmetros:

Tabela 1: Parâmetros gerais do edifício

Número de Pavimentos:	01 Subsolo; 01 Térreo e 20 Tipos - Total = 22 Pavimentos			
Comprimento do Edifício:	30	m		
Largura do Edifício:	24	m		
Pé Direito	3,2	m		
Área Construída /Térreo:	1200		1	1200 m2
Área Construída / pavimento Tipo:	720		21	15120 m2
Área Construída Total:			22	16320 m2
Nível 1o. Pavimento:	-	3,2		
Nível Último Pavimento:	+	67,2		
Altura Total dos Pilares:		70,4		
Sobrecarga:		300	kg/m2	

Fonte: Autor

De posse dos Projetos Básicos e das premissas acima, foram elaborados dois estudos para solução estrutural do edifício, assim:

Solução a) **Estrutura em Concreto Armado Convencional tipo Lajes Nervuradas, sem protensão**, e com o apoio do software TQS foram encontrados os seguintes dados dimensionais:

Tabela 2: Resultados quantitativos do projeto em Estrutura em Concreto Armado Convencional

Volume total de Concreto Armado:	4385 m3			
Espessura Equivalente:	0,2687 m3/m2			
Peso de Aço Longo	405601 kg			
Taxa Equivalente:	92,49 kg/m3			
Tipo de Paredes:	Alvenaria leve (bloco de vermiculita e=9cm - 500kg/m³)			
Tipo de Lajes:	Laje tipo Nervurada			
Tipo de Estrutura Principal:	Concreto Armado moldado in loco			
Área de Lajes Total:				16320 m2
Volume total de Concreto Armado:				4385 m3
Peso de Aço Longo				405601 kg
Área de Forma	3 Reutilizações			29597 m2

Fonte: Eng. Ricardo Veiga; Eng. João Bosco Boaventura; Autor

3.2 DESENHOS MODELADOS PARA A SOLUÇÃO EM CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL

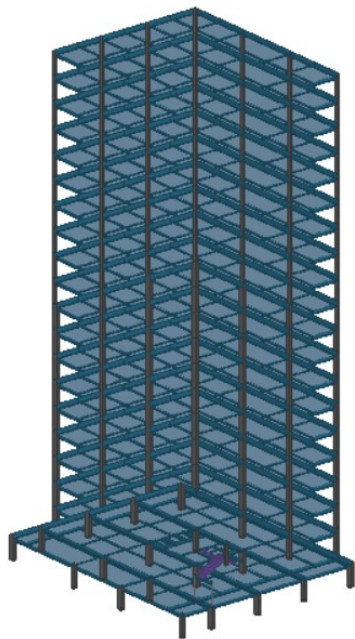


Figura 5: Vista Geral Concreto

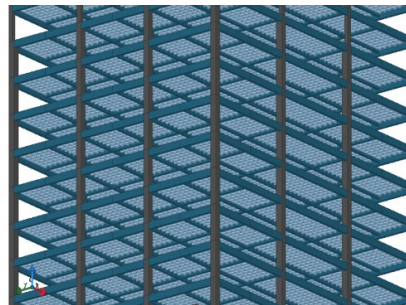


Figura 6:
Vista Geral Concreto

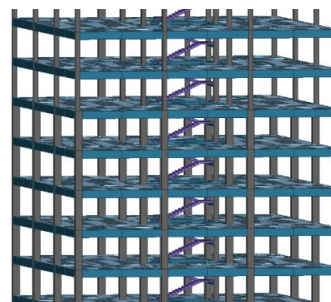


Figura 7:
Detalhe Pavimentos
Laje Alveolar

Fonte: Engº Ricardo Veiga; Engº João Bosco Boaventura; Engª Sara Brandão; Autor

Solução b) **Estrutura tipo Mista e Híbrida Aço-Concreto com Lajes em Steel Deck e Core em Concreto Armado**, e com apoio do software Cype Cad foram obtidos os seguintes dados dimensionais:

Tabela 3: Resultados quantitativos do projeto em Estrutura Mista em Aço-Concreto

Peso da Estrutura Metálica	596000 kg		
Taxa de Consumo	36,52 kg/m ²		
Área Construída Real / Área de Lajes em Steel Deck	16320 m ²		
Peso da Armadura adicional nas Lajes	2,5 kg/m ²	40800 kg	
Volume de Concreto das Lajes	0,115 m ³ /m ²	1877 m ³	
Volume de Concreto do Core de Concreto	506,88 m ³		
Volume de Concreto do preenchimento dos Pilares	121,99 m ³		
Armadura do preenchimento dos Pilares	17932,40 kg		

Fonte: Eng. Paulo Sérgio Ribeiro; Autor

3.3 DESENHOS MODELADOS PARA A SOLUÇÃO EM ESTRUTURA MISTA E HÍBRIDA AÇO-CONCRETO

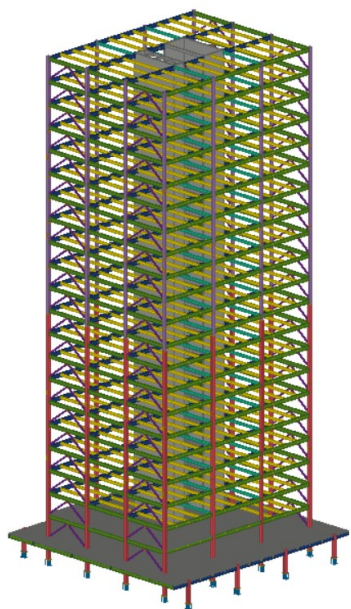


Figura 8: Vista Geral Mista

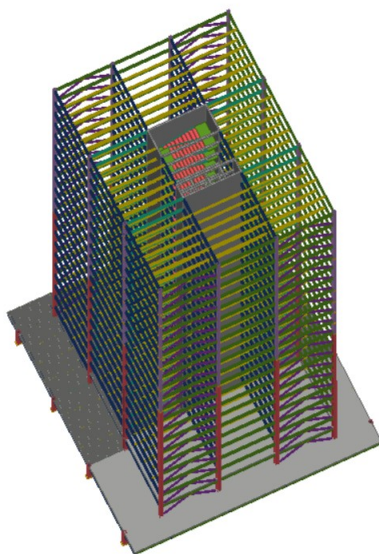


Figura 9: Detalhe Pavimentos

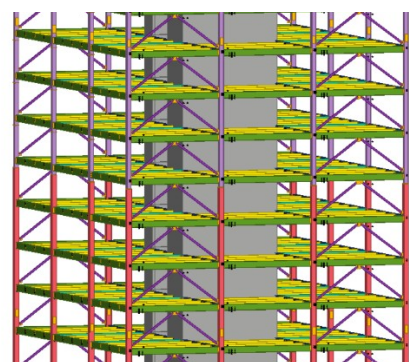


Figura 10: Detalhe Pavimentos Lajes Steel Deck

Fonte: Eng^o Paulo Sergio Ribeiro; Eng^a Sara Brandão; Autor

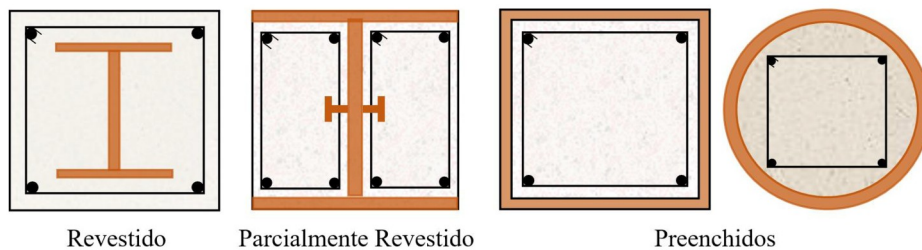


Figura 11: Tipos esquemáticos de pilares mistos Aço-Concreto
Fonte: Bonfim (2022) – Adaptado de NBR 8800/2008

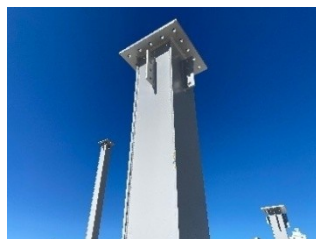


Figura 12: Pilar Misto
Fonte: Autor

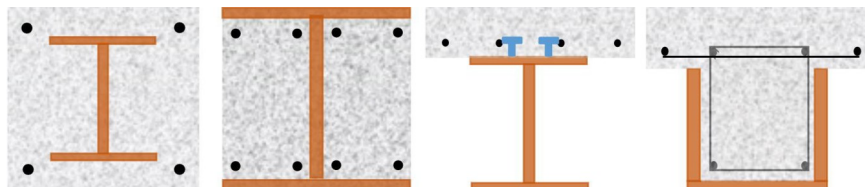


Figura 13: Tipos esquemáticos de vigas mistas Aço-Concreto
Fonte: Bonfim (2022) – Adaptado de NBR 8800/2008



Figura 14: Viga Mista
Fonte: Autor

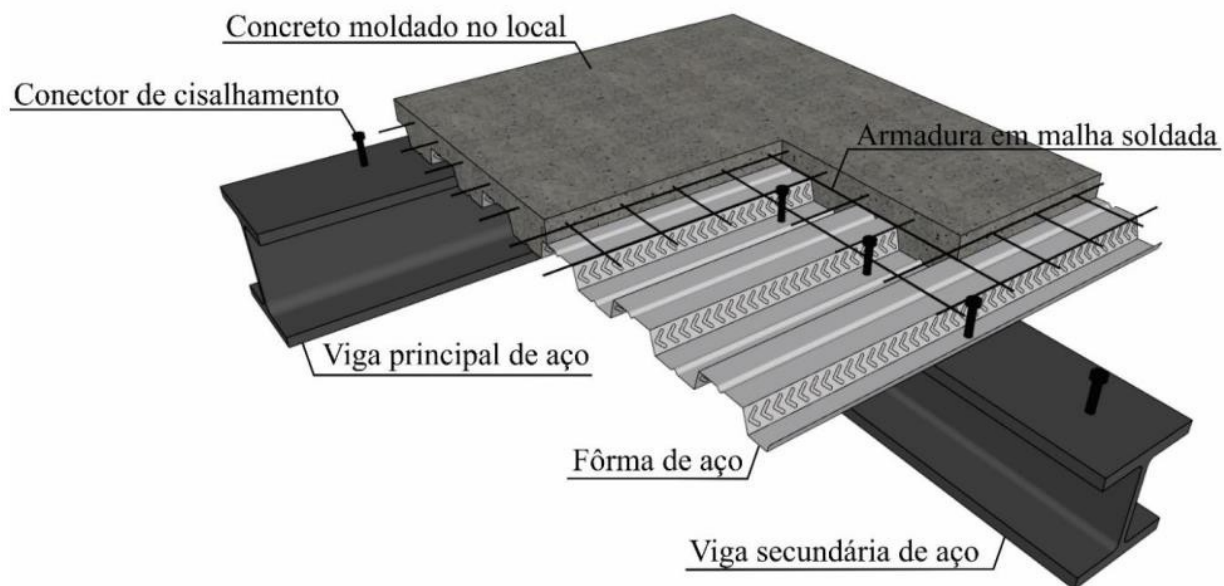


Figura 15: Detalhe esquemático de laje em Steel Deck
Fonte: Rodrigues (2020)

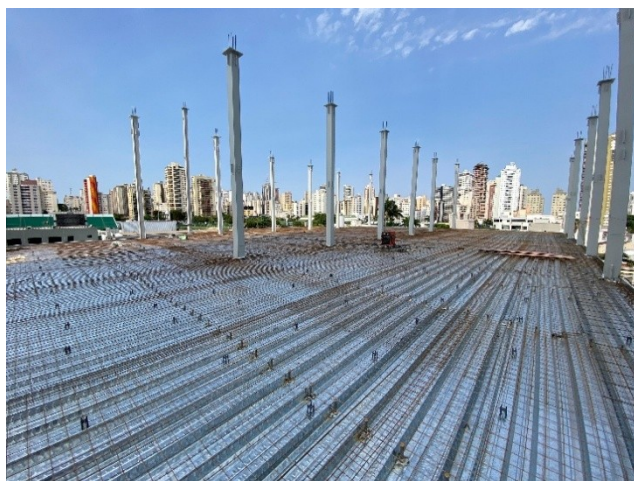


Figura 16: Laje Mista Steel Deck com Armadura - Fonte: Autor



Figura 17: Laje Mista Steel Deck com Stud Bolts - Fonte: Autor

Numa primeira etapa, de posse dos quantitativos, procedeu-se ao orçamento de cada uma das duas alternativas construtivas, no qual foi adotada uma estrutura simplificada em planilha Excel e aplicados preços unitários médios extraídos de pesquisa junto a cinco empresas construtoras da cidade de Goiânia

e mais, os parâmetros obtidos em estudo similar feito há um ano. Os custos das Fundações foram calculados por empresa líder no mercado brasileiro. Os custos de Estruturas Mistas e Híbridas Aço-Concreto foram levantados por empresa líder regional, com expertise no tema pesquisado. Também foram empregados parâmetros de CUB pelo Sinduscon GO, além de índices do mercado imobiliário extraídos de pesquisa da empresa Brain Inteligência Estratégica.

Na segunda etapa foram pesquisados, item a item aspectos favoráveis à solução Mista e Híbrida Aço-Concreto, os quais foram precificados por parâmetros pesquisados no mercado. Nesta etapa, houve a colaboração de bancos de dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção– CBIC, da Ademi GO e do Anuário Estatístico da Previdência Social – AEPS. Colaboraram também empresas com expertise em operações financeiras voltadas para o mercado imobiliário.

Numa terceira etapa foram listadas vantagens do sistema estrutural Misto Aço-Concreto, porém sem precificação. Objetivo desta listagem será a continuidade em pesquisas futuras, buscando-se formas de monetização das vantagens ali elencadas.

4 RESULTADOS

Os resultados obtidos na pesquisa são apresentados a seguir, fundamentados nos seguintes parâmetros:

Tabela 4: Parametrização de Valores de Mercado

CUB Adotado (Julho 2025) - Sinduscon GO	2.994,18 R\$/m2	(Padrão Comercial Alto)		
Área Real (AR)	16320 m2			
Área Privativa Total (APT)	88%	da Área Real - Adotado		14362 m2
Valor de Venda de Mercado / m2	R\$ 12.000,00	Fonte: Ademi GO / Brain (Goiânia GO)		(Junho 2025)
VG - Valor Geral de Vendas	APT x Valor de Venda de Mercado / m2		R\$ 172.339.200,00	(Adotado)

Fonte: Elaborada pelo Autor

4.1 ESTRUTURA DE PREÇOS DA ALTERNATIVA CONCRETO ARMADO

Tabela 5: Orçamento alternativa Concreto Armado Convencional

ANÁLISE DA ESTRUTURA DE CUSTOS DA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL MOLDADO IN LOCO:									
Solução Laje Nervurada sem Protensão									
CUSTOS:							Custo / m3	Custo / m2	
1 FORMA:									
1.1	Forma (Fabricação):	R\$ 148,46	R\$/m2	9866 m2	R\$ 1.464.699,66				
1.2	Forma (Mont/Desmont):	R\$ 44,34	R\$/m2	29597 m2	R\$ 1.312.281,84				
1.3	Cimbramento:	R\$ 138,67	R\$/m3	2960 m3	R\$ 410.412,90				
Custo total da Forma:						R\$ 3.187.394,40	R\$ 726,86	R\$ 195,31	
2 CONCRETO:									
2.1	Fornecimento 30 Mpa	R\$ 637,11	R\$/m3	4385 m3	R\$ 2.793.862,12				
2.2	Lançamento:	R\$ 58,96	R\$/m3	4385 m3	R\$ 258.550,45				
2.3	Alisamento:	R\$ 13,04	R\$/m2	16320 m2	R\$ 212.812,80				
2.4	Controle Tecnológico:	R\$ 16,35	R\$/m3	4385 m3	R\$ 71.697,76				
Custo Total do Concreto:						R\$ 3.336.923,13	R\$ 760,95	R\$ 204,47	
3 ARMADURA:									
3.1	Fornecimento CA50/60:	R\$ 6,16	R\$/kg	405601 kg	R\$ 2.500.124,32				
3.2	MDO:	R\$ 2,87	R\$/kg	405601 kg	R\$ 1.164.074,76				
Custo Total da Armadura:						R\$ 3.664.199,07	R\$ 835,59	R\$ 224,52	
4 INSERTS METÁLICOS PARA FIXAÇÃO FACHADA DE VIDRO									
4.1	Fornecimento Aço	R\$ 11,10	R\$/kg	1100 kg	R\$ 12.204,72				
4.2	MDO / Chumbadores :	R\$ 144,24	R\$/unid	2200 unidades	R\$ 317.322,72				
Custo Total da Inserts:						R\$ 329.527,44	R\$ 75,15	R\$ 20,19	
5 MOVIMENTAÇÃO VERTICAL:									
5.1	Grua:	R\$ 33.726,00	R\$/mês	8 mês	R\$ 269.808,00				
5.1	Plataforma de Cremalheira	R\$ 26.019,50	R\$/mês	8 mês	R\$ 208.156,00				
Custo Total da Movimentação:						R\$ 477.964,00	R\$ 109,00	R\$ 29,29	
CUSTO TOTAL:						R\$ 10.996.008,04			
CUSTOS EQUIVALENTES RASO:							R\$ 2.507,54	R\$ 673,78	
Custo Agregado de Administração Direta na obra:				15,00%	R\$ 101,07	R\$ 376,13			
CUSTO EQUIVALENTE COM ADMINISTRAÇÃO DIRETA (m3):							R\$ 2.883,67	(R\$/m3)	
CUSTO EQUIVALENTE COM ADMINISTRAÇÃO DIRETA (m2):								R\$ 774,84	
CUSTO TOTAL COM ADMINISTRAÇÃO DIRETA (R\$):						R\$ 12.645.409,24			

Fonte: Elaborado pelo Autor

Foram estimados os prazos de execução desta alternativa e os custos estimados das Fundações.

Tabela 6: Prazos estimados em cronograma/histograma para a solução Concreto Armado

Prazo Total do Prédio:	600 dias	20 meses
Prazo Total da Estrutura (Fora Fundação/Escavações/Contenções):	240 dias	8 meses
CICLO:	10,91 dias	
Custo Total da Fundação:	R\$ 2.300.000,00	1,15 R\$ 2.645.000,00 (Adotado)

Fonte: Elaborado pelo Autor

4.2 ESTRUTURA DE PREÇOS DA ALTERNATIVA MISTA E HÍBRIDA AÇO-CONCRETO

Tabela 7: Orçamento alternativa Mista e Híbrida Aço Concreto

CUSTOS DA ESTRUTURA METÁLICA MISTA E HÍBRIDA AÇO-CONCRETO:							Custo / m2
1 SOMENTE ESTRUTURA METÁLICA:							
1.1	Estrutura Metálica Principal	R\$	693,87	R\$/m2	16320 m2	R\$ 11.324.000,00	
1.2	Custo total da Estrutura Metálica:					R\$ 11.324.000,00	R\$ 693,87
2 SOMENTE LAJE EM STEEL DECK: Espessura total = 14 cm							
2.1	Laje em Steel Deck com Stud Bolts	R\$	181,25	R\$/m2	16320 m2	R\$ 2.958.000,00	
2.2	Armadura de Retração e Negativa e Incêndio	R\$	8,13	R\$/kg	40800 kg	R\$ 331.728,48	
2.3	Fornecimento Concreto Fck=30 Mpa	R\$	637,11	R\$/m3	1877 m3	R\$ 1.195.735,56	
2.4	Laçamento:	R\$	58,96	R\$/m3	1877 m3	R\$ 110.656,13	
2.5	Alisamento:	R\$	13,04	R\$/m2	16320 m2	R\$ 212.812,80	
2.6	Controle Tecnológico:	R\$	16,35	R\$/m3	1877 m3	R\$ 30.685,68	
	Custo total da Laje Steel Deck:					R\$ 4.839.618,64	R\$ 296,55
3 MOVIMENTAÇÃO VERTICAL:							
3.1	Grua:	R\$	33.726,00	R\$/mês	5,00 mês	R\$ 168.630,00	
3.2	Plataforma de Cremalheira	R\$	26.019,50	R\$/mês	5,00 mês	R\$ 130.097,50	
3.3	Custo Total da Movimentação:					R\$ 298.727,50	R\$ 18,30
4 SOMENTE NÚCLEO DE CONCRETO (Contraventamento) :							
4.1	Paredes Concreto Armado (e=20cm - Fck=30 Mpa)	R\$	2.272,45	R\$/m3	507 m3	R\$ 1.151.859,46	
	Custo total do Núcleo de Concreto:					R\$ 1.151.859,46	R\$ 70,58
5 SOMENTE Preenchimento em Concreto dos Pilares:							
5.1	Armaduras	R\$	9,03	R\$/kg	17932 kg	R\$ 162.001,31	
5.2	Fornecimento Concreto - Fck=30 Mpa	R\$	637,11	R\$/m3	122 m3	R\$ 77.720,98	
5.3	Laçamento Concreto	R\$	58,96	R\$/m3	122 m3	R\$ 7.192,48	
5.4	Stud Bolts nos Pilares (com MDO)	R\$	9,75	R\$/unid	1512 unid	R\$ 14.742,00	
5.5	Controle Tecnológico	R\$	16,35	R\$/m3	122 m3	R\$ 1.994,52	
	Custo total do Preenchimento em Concreto dos Pilares:					R\$ 263.651,28	R\$ 16,16
	CUSTO TOTAL:					R\$ 17.877.856,88	
CUSTOS EQUIVALENTES RASO:							R\$ 1.095,46
	Custo Agregado de Administração Direta na obra:			3 %		R\$ 32,86	
	CUSTO EQUIVALENTE COM ADMINISTRAÇÃO DIRETA (m2):						R\$ 1.128,32
	CUSTO TOTAL COM ADMINISTRAÇÃO DIRETA (R\$):					R\$ 18.414.192,59	

Fonte: Elaborada pelo Autor

Tabela 8: Prazos estimados em cronograma/histograma para a solução Mista e Híbrida Aço-Concreto

Prazo Total do Prédio:	510 dias	17 meses	Tempo do Concreto	240	8,00 meses
Prazo Total da Estrutura (Fora Fundação/Excavações/Contenções):	150 dias	5 meses	Tempo da Metálica	150	5,00 meses
CICLO:	6,82 dias		Ganho de Tempo	90	3,00 meses
CUSTO EQUIVALENTE TOTAL					R\$ 1.128,32

Fonte: Elaborada pelo Autor



Com os resultados apresentados acima, depreende-se um Custo Direto a maior, face a face, da solução em Estrutura Mista e Híbrida Aço-Concreto (Custo CAPEX inicial) de 45,62%.

Nesta simulação não foi quantificada Proteção Passiva Contra Incêndio considerando-se que o preenchimento dos Pilares Mistos com concreto atenda ao TRRF (Tempo Requerido de Retenção ao Fogo), que as Vigas e Lajes seriam protegidas por forro adequado e que as Escadas seriam protegidas por suas caixas enclausuradas.

4.3 MONETIZAÇÃO DAS VANTAGENS

Tabela 9: Precificação das vantagens da alternativa estrutural mista e híbrida Aço-Concreto – Parte 1

VALORES E VANTAGENS AGREGADOS PELA SOLUÇÃO MISTA E HÍBRIDA AÇO-CONCRETO - MONETIZAÇÃO DAS VANTAGENS								Valor dos Ganhos		
1 Diminuição das Fundações:										
1.1	Valor das Fundações no Concreto Armado:						R\$	2.645.000,00		
GANHO REAL: Adotado: Valor das Fundações em Estrutura Metálica - Diminuição de 16% nas cargas (Calculado) - Diminuição de 13% no valor (Orçado com empresa especializada)										
1.2	Valor das Fundações na Estrutura Metálica:			13%			R\$	2.301.150,00		
GANHO REAL:								R\$	343.850,00	
2 Precisão das Dimensões:										
2.1	GANHO REAL: * Adotado Diminuição média de 10% nos perfilados de fixação da fachada:	7258 m2			R\$	200,00	10%	R\$	145.152,00	
3 Diminuição pela metade do número de trabalhadores em 8 meses e todos os trabalhadores em 3 meses. Ccontingente em concreto:								37 colaboradores		
3.1	GANHO REAL: Menos Acidentes de Trabalho	0,15%	1,06%	R\$	300.000,00	37		R\$	117.727,27	
Potencial ganho do Índice FAP - Fator de Acidente Previdenciário devido à menor exposição ao risco								1,00%	R\$	30.159.360,00
(Base: 50.000 acidentes / ano em 2,75 milhões de trabalhadores formais em 2023)										
(Fontes: Anuário Estatístico da Previdência Social - AEPS e CBIC)										
* Adotado que R\$ 300 mil seria o custo médio total de um acidente de trabalho										
* Adotado que se evitaria o risco de um aumento em 1% sobre 70% da Mão de Obra total. Considerado que a Mão de Obra seja 50% do custo total da construção e este 50% do VGV										
4 Diminuição pela metade do número de trabalhadores em 8 meses e todos os trabalhadores em 3 meses										
4.1	GANHO REAL: Menos Reclamações Trabalhistas	4		R\$	50.000,00	R\$	200.000,00	0,39%	R\$	79.200,00
(Adotado 4 reclamações no período)										
* Adotado como R\$ 50 mil a média de uma reclamação inicial e acordos por 1/3 da inicial + 20% de honorários										
5 Diminuição de 3 meses no prazo de execução										
GANHO REAL: Redução dos custos fixos da equipe administrativa de obra e de escritório central -										
5.1	Adotado 5%	3	5%	R\$	4.308.480,00			R\$	646.272,00	
* Adotado como incidente sobre o custo estimado da opção Concreto Armado Convencional na proporção de 50% do VGV dividido por 20 meses										
6 Diminuição de 3 meses no prazo de execução										
6.1	GANHO REAL: Redução do Custo Financeiro do Investimento (1,58% ao mês do custo de 100% da estrutura)	1	1,58%	R\$	12.645.409,24			R\$	199.165,20	
* Entendido como Custo financeiro: Capital de Giro para Produção buscado em Fundos de Investimento - porém praticamente anulado pelo desembolso concentrado nas primeiras idades do financiamento para aquisição dos Materiais Metálicos, por isso considerado somente 1 mês de ganhos no não pagamento de juros - Considerado: CDI (14,9%) + 4%										
7 Diminuição de 3 meses no prazo de execução										
7.1	GANHO REAL: Aumento da Produtividade devido ao aumento do faturamento no mesmo prazo - ESCALABILIDADE	5%	15,00%			R\$	172.339.200,00	R\$	1.292.544,00	
* Entendido que haverá um valor agregado ou lucro agregado, devido ao faturamento com recursos humanos externos, adotado como 3 meses de 20 meses, ou seja 15,00% de ganho agregado na equipe de administração própria - pode ser entendido como um potencial aumento de 15,00% no faturamento da empresa, por produtividade, com os mesmos recursos humanos. Assim projetando 5% de possível lucro líquido sobre o incremento de faturamento da Incorporadora										

Fonte: Elaborada pelo Autor

Tabela 10: Precificação das vantagens da alternativa estrutural mista e híbrida Aço-Concreto – Parte 2

8 Menor altura das Vigas: diminuição das Fachadas e Vedações internas							
GANHO REAL: Adotado Diminuição média de 10cm por andar							
8.1	Ganhos nas Fachadas		22	10,8	R\$ 900,00	R\$ 213.840,00	
8.2	Ganhos nas Vedações internas		22	21,6	R\$ 150,00	R\$ 71.280,00	R\$ 285.120,00
9 Menor dimensão dos Pilares conduzindo a maior área de ABL (Área Bruta Locável) ou Área de Vassoura							
GANHO REAL: Adotado Aumento de 0,30% de ABL							
9.1	Ganhos na área de vassoura			0,30%		R\$ 172.339.200,00	R\$ 517.017,60
10 Redução do desperdício / diminuição dos resíduos/entulhos (Custos para o Empreendedor)							
GANHO REAL: Adotado diminuição de 90% das caçambas de entulho em relação à etapa Estrutura e 30% do total de caçambas estimadas para o total da obra					Total Caçambas da obra = 448		
10.1	Caçambas diminuídas		30,00%	448	134	R\$ 1.500,00	R\$ 201.600,00
* Adotado que cada Caçamba de entulho custa R\$ 1.500,00 (R\$ 500,00 serviço; R\$ 200,00 aterro; R\$ 800,00 custos de Mão de Obra de demolição, varrição, transportes e cargas dentro do Canteiro)							
11 Diminuição do consumo de Água e Energia (Custos para o Empreendedor)							
GANHO REAL: Adotado diminuição de consumo de 30% de Água e de 30% de Energia durante 5 meses e de 100% durante 3 meses							
11.1	Ganhos diminuição consumo de Água			450,00%	R\$ 4.525,00	R\$ 20.362,50	
11.2	Ganhos diminuição consumo de Energia			450,00%	R\$ 6.375,00	R\$ 28.687,50	R\$ 49.050,00
12 Por dispensar uso de escoramentos é possível adiantar as tarefas consequentes em ao menos 21 dias							
12.1	GANHO REAL: Adotado ganho de antecipação de tarefas de 21 dias em 11 meses	330,00	6,06%	2,50%	R\$ 172.339.200,00		R\$ 261.120,00
* Adotado um ganho de produtividade de 10% pela antecipação de tarefas em 50% do custo da construção, 100% de MDO, 50% do VGV							
13 Diminuição de 3 meses no prazo de execução							
GANHO REAL: Ganho financeiro na exploração do imóvel (Aluguel) (0,8% do VGV com 80% de ocupação)							
13.1			3	0,64%	R\$ 172.339.200,00		R\$ 3.308.912,64
* Entendido como VGV o Valor Geral de Vendas							
Ganhos Reais Agregados da Solução Estrutura Metálica:							R\$ 7.748.324,31

Fonte: Elaborada pelo Autor

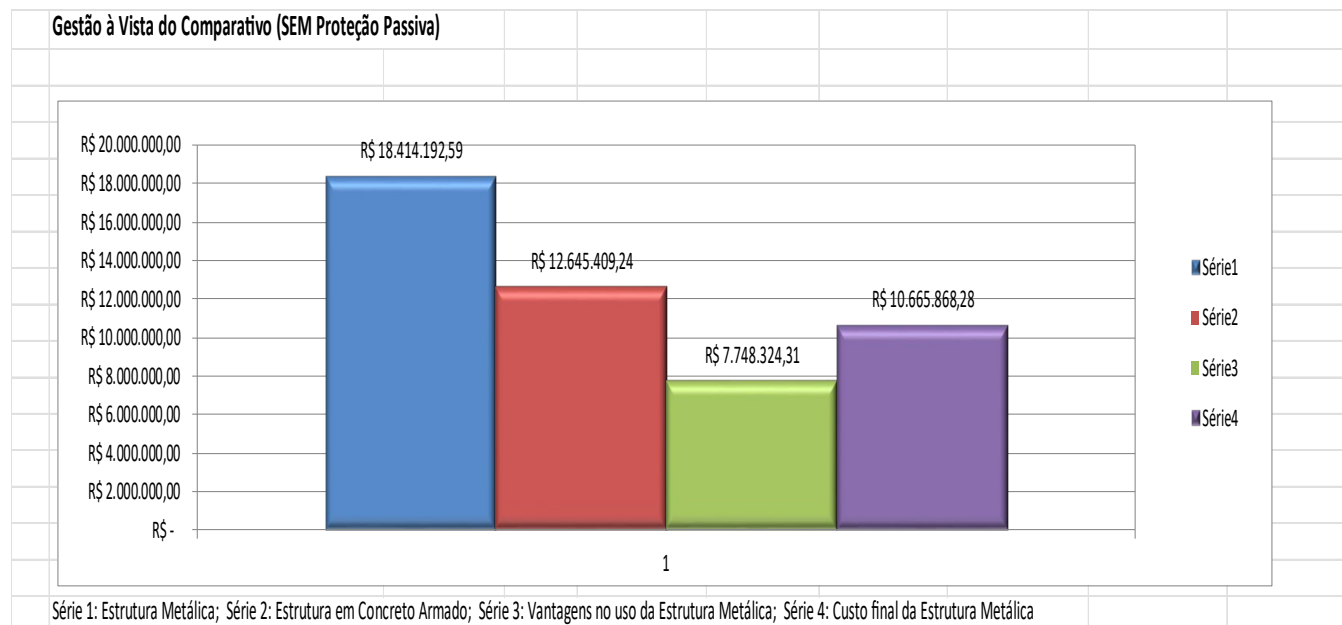
Tabela 11: Resumo comparativo das alternativas e precificação de vantagens – Sem Proteção Passiva Contra Incêndio

Valor Custo Estrutura Metálica:	R\$ 18.414.192,59	(Série 1)
Valor Reduzido com Vantagens da Estrutura Metálica:	R\$ 10.665.868,28	(Série 4)
Valor Custo Concreto Armado Convencional:	R\$ 12.645.409,24	(Série 2)
Diferencial de Custo da solução Estrutura Metálica:	-15,65%	(Porcentagem positiva indica custo a maior da Estrutura Metálica e negativa custo a menor)

Fonte: Elaborada pelo Autor

4.4 DEMONSTRAÇÃO GRÁFICA DOS RESULTADOS

Tabela: 12: Gráfico comparativo - alternativas – Sem Proteção Passiva



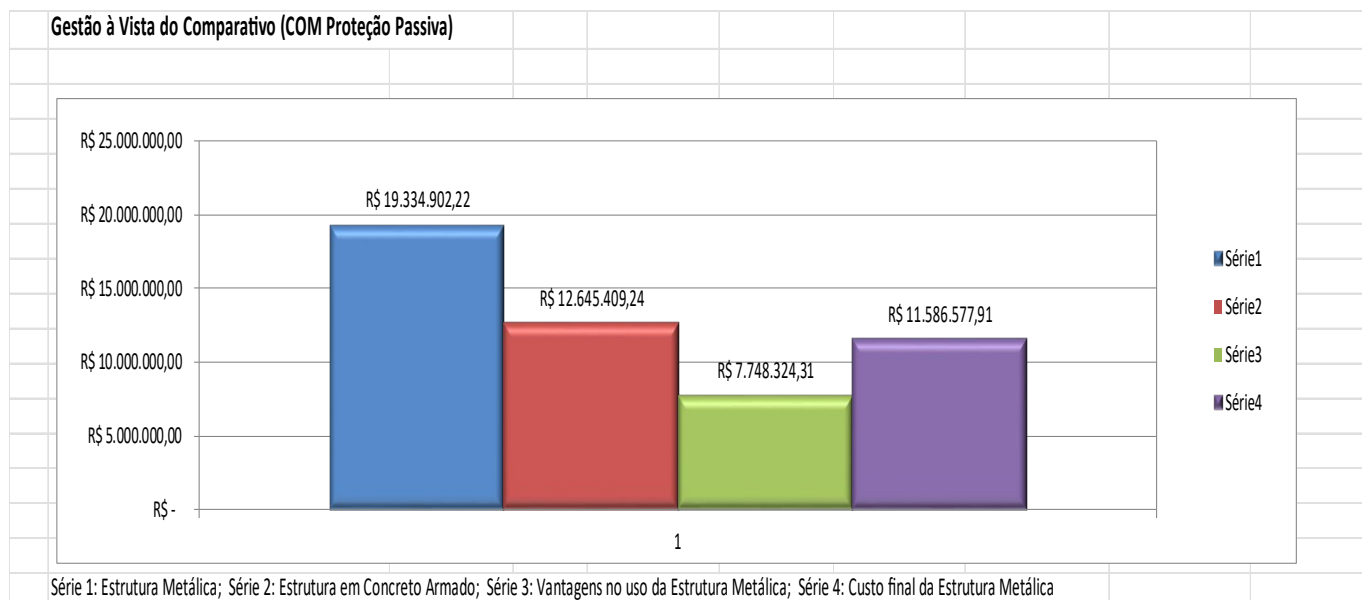
Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 13: Resumo comparativo das alternativas e precificação de vantagens – Com Proteção Passiva Contra Incêndio

PROTEÇÃO PASSIVA CONTRA INCÊNDIO			
Se a Proteção Passiva for exigida (Somente para as Vigas), considerar custo médio de 5% do custo total da opção Estrutura Metálica (Adotado 5% = Custo da Projeção de Argamassa - Custo da Pintura em Fábrica)			
		R\$	18.414.192,59
Valor Custo Proteção Passiva contra Incêndio (com Projeção de Argamassa):		5,00%	R\$ 920.709,63
Valor total custo Estrutura Metálica (com Proteção Passiva):		R\$	19.334.902,22 (Série 1)
Valor Reduzido com Vantagens da Estrutura Metálica (Incluindo Proteção Passiva):		R\$	11.586.577,91 (Série 4)
Diferencial de Custo da solução Estrutura Metálica (Incluindo Proteção Passiva):			-8,37%
(Porcentagem positiva indica custo a maior da Estrutura Metálica e negativa custo a menor)			

Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 14: Gráfico comparativo das alternativas – Com Proteção Passiva



Fonte: Elaborado pelo Autor

4.5 OUTRAS VANTAGENS RELEVANTES A SEREM CONSIDERADAS: A Favor da Solução em Estrutura Metálica - Mista e Híbrida – Aço-Concreto

Aparentemente intangíveis, poderiam ser precificadas/monetizados, caso a caso - a serem confirmadas por estudos posteriores.

1. Sistema construtivo mais silencioso – Redução de impactos na vizinhança, diminuição de problemas de saúde física e mental associados ao ruído - Significativa diminuição dos ruídos por 8 meses e total por 3 meses (Menor custo para a Sociedade) – ESG;
2. Incentivo pela melhoria da qualidade e compatibilidade dos Projetos - Inserção do BIM;
3. Profissionalização da construção - desaparecimento gradativo da figura do Servente - aumento da renda do trabalhador na Construção - ODS e ESG;
4. Diminuição drástica do uso de madeira nas obras: menor pressão ao desmatamento e diminuição de práticas não convencionais de legalização de madeira - Desmaterialização ;
5. Incentivo pela migração contínua para a Construção Industrializada - Aumento da Produtividade - Aumento da Reciclabilidade – Circularidade;
6. Canteiros mais simplificados e mecanizados: facilidades para implantação de práticas Lean Construction e Teoria das Restrições (Goldratt, 1984) e menores custos;
7. Facilidades na passagem de utilidades pela alma das Vigas: previstas nos projetos totalmente modelados em 3D;
8. Dispensabilidade de apelar para a Cláusula de Tolerância para entrega final da obra - Segurança Jurídica - Melhoria da imagem da Incorporadora - Desnecessidade de seguro por extrapolação da Cláusula de Tolerância;
9. Maior confiabilidade por ser material único e homogêneo, com características físicas bem definidas - melhor aplicabilidade da Norma de Desempenho;
10. Melhor desempenho ao Sismo: apesar de pouco conhecido, muitas regiões do Brasil deveriam considerar este efeito, especialmente em edifícios altos;
11. Redução do Desperdício: além de baixos, os resíduos têm mercado reciclador integralmente operante, com LO (Licença de Operação) em toda a cadeia;
12. Redução do Custo de Operação e Manutenção ao longo da viga útil do empreendimento: diminuição do custo do empreendimento para os usuários – ESG;
13. Associado às demais tecnologias pré-fabricadas, gera uma construção com grande facilidade de intervenções com baixo índice de entulho - ESG ;
14. Custos mais previsíveis: redução dos graus de incerteza para os empreendedores - Segurança jurídica - Financiamento à Produção mais preciso - Margens asseguradas;

15. Com a escassez de Mão de Obra, a diminuição de necessidade de novos colaboradores (- 35%) alivia a pressão por admissões e demissões caras e pode desviar os esforços da construtora para áreas da empresa que agregam valor;
16. Além da diminuição do custo da Fundação, por serem cargas menores, podem conduzir a uma solução global de Fundação mais econômica em regiões de solos complexos, como Santos, por exemplo;
17. Por terem pilares mais esbeltos, soluciona-se melhor as interfaces e interferências com construções vizinhas;
18. Por terem esforços de Momentos baixos ou até inexistentes, conduzem a soluções estruturais tecnicamente mais simplificadas;
19. Pode-se iniciar a execução da Fachada de baixo para cima, mais conveniente, com ganhos de tempo nas etapas a jusante da estrutura do edifício;
20. Apesar de não haver metodologia consolidada na literatura de ACV - Análise de Ciclo de Vida para toda a execução da obra e sua utilização, os ganhos de sustentabilidade são evidentes quando comparados *cradle-to-grave* (do berço ao túmulo);
21. Incentivo à implantação da cultura das medidas em Milímetros em todos os setores da obra - maior acurácia das medidas;
22. Diminuição drástica da varrição e retirada de entulhos - Desnecessidade de 134 caçambas de entulho - Custo para a Sociedade (134 viagens de 40 km, 402 t no Aterro Sanitário);
23. Diminuição da possibilidade de perdas e lucros cessantes por embargos e força maior (Diminuição de 3 meses de exposição);
24. Aumento de possibilidades de melhoria na imagem da empresa - Associação da rapidez da Estrutura com competência - *soft benchmark company*;
25. Em função da diminuição do prazo - Diminuição da possibilidade de Autuações do Ministério do Trabalho;
26. Aumento da Produção - Escalabilidade - crescimento mais rápido da empresa;
27. Melhoria do moral da equipe, percebendo-se mais produtiva que os demais players do mercado. Mais facilidade de retenção de talentos ;
28. Ganhos de pé-direito com vigas menos altas: acréscimo de até dois pavimentos em cidades onde o determinante é a altura máxima do edifício;
29. Por terem medidas menores - Menor intromissão dos Pilares nos ambientes permitindo melhor aproveitamento do mobiliário - Ganhos de área útil para o comprador;
30. Por serem os Pilares mais esbeltos, haverá uma melhoria de vagas nas Garagens - mais facilidade para atender às exigências de vagas mínimas nos Códigos de Obra;
31. Pela diminuição de 90% das caçambas de ENTULHO na etapa estrutural - Diminuição da pressão sobre os Aterros Sanitários - Diminuição de viagens – ESG;

32. Nas tarefas de execução da obra e sua utilização - Maior aderência às Certificações LEED, EDGE e AQUA, além de metas de Sustentabilidade;
33. Pela diminuição no consumo de ÁGUA - Diminuição da pressão sobre os reservatórios de Água da cidade - desnecessidade de ampliação de tratamentos de ÁGUA e ESGOTO (Menor custo para a Sociedade);
34. Pela diminuição no consumo de ENERGIA - Diminuição da necessidade de Energia da Concessionária possibilitando melhoria de atendimento aos demais empreendimentos na cidade (Menor custo para a Sociedade);
35. Diminuição dos níveis de poeira - Menor incidência de possíveis problemas de saúde na equipe de campo e melhora do relacionamento com a vizinhança;
36. Pela diminuição do número de VIAGENS - Diminuição de problemas de saúde respiratórios em função da redução da poluição (Menor custo para a Sociedade);
37. Ganhos na diminuição de problemas de trânsito da cidade - menos 634 viagens de 40 km e 634 operações de carga e descarga com média de 3 horas cada, causando transtornos e barulho (Menor custo para a Sociedade);
38. Diminuição da exposição a riscos de acidentes de trabalho pela ausência de escoramentos que geram caminhos potencialmente inseguros na obra;
39. Por possibilitarem maiores vãos livres, com soluções visualmente audaciosas, dando maior liberdade estética aos Arquitetos;
40. Antecipação da ocupação do imóvel perante a concorrência: imagem associada à competência - melhor desempenho de compradores investidores na colocação de seus imóveis no mercado - *soft benchmark company*;
41. Pela amigabilidade à práticas de ESG, possibilidades de melhor cadastro no sistema financeiro;
42. Pela precisão dimensional: Diminuição de retrabalhos para ajustes de esquadro/ prumo/ nível;
43. Pela precisão dimensional: Ganhos por evitar desperdícios à jusante - permite trabalhar com componentes pré-fabricados nos serviços posteriores à Estrutura;
44. Pela Precisão dimensional: Possibilidade de contratação antecipada de componentes de Vedações e Acabamentos, antecipando prazos nas tarefas à jusante;
45. Sistema construtivo com amigabilidade aos princípios de *Lean Construction*, Construção 4.0, e às técnicas da Construção Seca e Construção Modular.

5 DISCUSSÃO

Da análise dos resultados pode-se depreender que a solução estrutural Mista e Híbrida Aço-Concreto para edifícios multiandares é totalmente viável economicamente, sendo 16,65% mais vantajosa frente à outra solução em Concreto Armado convencional, se as vantagens do sistema Misto forem precificadas.

Restou claro no estudo que esta vantagem depende, para que se materialize, de que o fator tempo seja considerado importante. Mesmo que se adicione o eventual custo da proteção passiva contra incêndio somente na solução Mista, ainda assim a vantagem econômica é de 8,37%. Se, por questões de estratégia comercial, o empreendedor não se interessar por velocidade na obra, haverá as outras vantagens, porém não o suficiente para a inversão da diferença inicial, face a face, das duas soluções, que resultou em 45,62% favorável ao Concreto Armado convencional.

Por outro lado, o estudo não conseguiu avançar na monetização de vantagens que, apesar de aparentes e intuitivas, não foi possível sua precificação, caminho a ser trilhado em trabalhos futuros. Ocorre que estes itens elencados dizem mais do posicionamento da empresa construtora e incorporadora perante seus compromissos com a sociedade e do mundo em que vivemos. É sabido que qualquer construção tem um custo para o empreendedor e outro para a sociedade. A questão atual é que o custo para a sociedade não está entrando na conta. Caso deste estudo, onde a solução Mista economizou 634 viagens de 40 km (500 viagens por desmaterialização e 134 por supressão de entulho) como poderia ser precificado? Resulta evidente que há um custo invisível que está sendo suportado por toda a comunidade do entorno da obra, custo este que se evitado, deveria emanar bônus à solução estrutural menos agressiva ao meio ambiente. Bônus que poderiam ser: diminuição de taxas de juros, menos IPTU, menos impostos ou mesmo licenças onerosas com descontos. Enfim, quando a questão ambiental for precificada a solução estrutural Mista será evidentemente cada vez mais vantajosa.

5.1 Fatores Decisivos que colaboraram para viabilização da Estruturação Metálica Mista e Híbrida neste projeto:

- a) Modulação repetitiva e adequada - Atende necessidade modular das Garagens e usa todo o potencial do Aço (Modulações adequadas: 7,50m x 7,50m; 7,50m x 8,00m; 7,50 x 10,00m; 8,00m x 10,00m; 7,50m x 12,50m);
- b) Número reduzido de Pilares - Com núcleo de Contraventamento em posição diametralmente centralizada;
- c) Necessidade de menos Mão de Obra - Trabalhadores mais qualificados, porém em menor quantidade e menos tempo – PRODUTIVIDADE.

5.2 Falso ambiente desfavorável ao sistema estrutural Metálico Misto Híbrido Aço-Concreto:

- a) Acúmulo de custos no início da Construção: soluções bancárias podem ser customizadas para o sistema - tanto para o financiamento da produção como a parcela de entrada do Comprador;
- b) Tecnologia dominada por poucas empresas: aquisição tem que certificar a capacidade do Fabricante de entregar - hoje há empresas capacitadas para execução de edifícios em todas as regiões do país;
- c) Sistema refratário a alterações após início da construção: projetos devem ser compatibilizados totalmente antes do início da Fabricação da Estrutura Metálica - processo industrial - mudança de mindset;

- d) A construtora perde poder de intervenção na obra - “fica na mão do Fabricante”: parceria com Fabricantes confiáveis é muito importante. Além disso, no ambiente de escassez que o setor enfrenta, a construtora tem que migrar para mão de obra de terceiros - administração de contratos.

5.3 Análise Macroeconômica:

- a) Normalmente o custo da construção é de 50% do VGV;
- b) Normalmente o custo da estrutura é de 30% do custo total da obra, ou seja, o custo da estrutura equivale a 15% do VGV;
- c) Sendo assim, cada 10% de aumento de custo da estrutura significa, na verdade, aumento de 1,5% de impacto no VGV.

6 CONCLUSÃO

O objetivo deste artigo, que propunha se concentrar nos resultados concretos obtidos nas análises, contrapondo uma solução estrutural do tipo Mista e Híbrida Aço-Concreto versus uma solução estrutural em Concreto Armado convencional, foi alcançado, demonstrando que as evidentes vantagens, constantemente elencadas pelo meio técnico agora estão precificadas, mostrando que, as estruturas Mistas e Híbridas Aço-Concreto são mais vantajosas economicamente.

Resta evidente que na medida em que as práticas de ESG, a adesão às Certificações tipo LEED, EDGE e AQUA-HQE, além de metas de Sustentabilidade estiverem efetivamente incorporadas ao cotidiano das empresas da construção então, aquelas vantagens não precificadas certamente terão valor, tornando a alternativa construtiva em estrutura Mista e Híbrida Aço-Concreto altamente atraente.

Mais ainda, quando, num futuro próximo, houver parâmetros consolidados de medição para as ACVs (Análises do Ciclo de Vida) das obras de construção civil, *cradle to grave* (do berço ao túmulo), desde os materiais aplicados, os sistemas e serviços construtivos durante a obra, o uso do edifício e sua desmontagem final, então se poderá assegurar que as soluções industrializadas *off site* (fora do canteiro) tem “pegada de carbono” menor e índices indiscutivelmente melhores de Sustentabilidade, por todos os itens elencados neste estudo, especialmente: diminuição da exposição ocupacional; drástica redução de resíduos; grande redução dos ruídos, da poeira e das viagens de transporte de remoção de resíduos; significativa redução no consumo de água e energia durante a obra; *retrofits* facilitados e reciclabilidade próxima a 100% ao final da vida, evidenciando a sustentabilidade ambiental.

Dessa forma, se espera que o presente estudo colabore com o mercado da construção na viabilidade concreta de migração da construção convencional para a construção industrializada e pré-fabricada.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao apoio de profissionais, empresas e entidades que, com suas colaborações tornaram possível este trabalho. Em especial os engenheiros Ricardo Veiga, João Bosco Boaventura, Paulo Sérgio Ribeiro, Sara Brandão, Lucas Novato, Luciano Fonseca, Sarkis Nabi Curi, Camila Storti, Ibsen Rosa, Fernando Ottoboni Pinho e Luis Henrique Ceotto. As arquitetas Cecília Mortari e Carolina Lacerda. As empresas CMO Construtora, Palme Construtora, OM Construtora, Ironbuild Metálica e Toctao Engenharia. As entidades ABCEM, CBCA, Sinduscon GO, Ademi GO, AISC e CBIC. Também minha alma mater UFRGS e a UFG. Especial agradecimento a minha esposa e filhos, pela paciência e apoio.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCEM – Associação Brasileira da Construção Metálica – Disponível em www.abcem.org.br (Acesso em 21/07/25).

ABNT NBR 14323:2013 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio.

ABNT NBR 16775:2020 - Estruturas de aço, estruturas mistas de aço e concreto, coberturas e fechamentos de aço — Gestão dos processos de projeto, fabricação e montagem — Requisitos.

ABNT NBR 8800:2008 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.

ALVA, G.M.S. Sobre o projeto de edifícios em estrutura mista aço-concreto - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

BELLEI, P.; DA PAZ, R. Comparativo de custos entre estruturas de aço e concreto armado em Xanxerê – SC.

BONFIM U. Comparativo construtivo entre estruturas mistas aço-concreto e estruturas convencionais de aço e de concreto armado – UFERSA Universidade Federal Rural do Semi-Árido – 2022.

BUSANELLO, J. Estudo de comparativo entre estrutura de concreto armado e estrutura metálica mista na construção de edifício comercial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

CBCA – Centro Brasileiro da Construção em Aço – www.cbca-acobrasil.org.br (Acesso 21/07/25).

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção – www.cbic.org.br (Acesso 21/07/25)

CORRÊA, A.F.; DAUZACKER L.V.J. Estruturas Mistas - Aço Concreto: Vantagens Da Utilização - Faculdade Capixaba da Serra –Serra ES - 2015

CORUS - Comparing the cost of steel and concrete framing options for commercial buildings – Corus Construction and Industrial – 2013

COSTA J. M. Viabilidade técnico-financeira e eficiência - construtiva das estruturas mistas em aço e concreto na construção civil. 1º Congresso Brasileiro de Estruturas Mistas (CBEM24) Maringá/PR, 2024

CUNHA, F.M. Estudo comparativo entre projetos estruturais de edifício de múltiplos andares de alto padrão em concreto armado e em estrutura mista de aço e concreto. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2023.

FABRIZZI, M. A. Contribuição para o projeto e dimensionamento de edifícios de múltiplos andares com elementos estruturais mistos aço-concreto. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

GAGANDEEP. Time and cost comparison of reinforced cement concrete and steel structure Gagandeep - Department of Civil Engineering, Chandigarh University, Mohali, Punjab, India, 2021

<https://www.madeinsteel.com.br/analise-comparativa-custos-estrutura-metalica-x-estrutura-de-concreto/> (Acesso 21/07/25)

https://www.steelconstruction.info/Multi-storey_office_buildings?utm_source=chatgpt.com (Acesso 21/07/25)

<https://www.clgengenhariaconsultiva.com.br/blog/estrutura-em-concreto-armado-x-estrutura-metalica-qual-a-melhor-escolha-para-o-seu-projeto-de-obra.html> (Acesso 21/07/25)

https://www.steelconstruction.info/Cost_comparison_study?utm_source=chatgpt.com (Acesso 21/07/25)

IYAPPAN R. Comparative study of cost and time evaluation in RCC, steel and Composite high rise Building - Valliammai Engineering College - Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences – 2015

LIMA, J.R. Estudo comparativo entre estrutura metálica e de concreto armado em uma edificação: estudo de caso—UNICEUB - Centro Universitário de Brasília – UniCEUB - Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS – Brasília DF –2017

NAKAHARA, F.S. Análise da viabilidade estrutural e econômica entre estruturas de concreto armado e estruturas metálica, UNESP – Universidade Estadual Paulista –Campus de Guaratinguetá SP - 2017

MOHAMED, H. Structural And Cost Analysis Of Reinforced Concrete And Steel Framed Structures: A Comparative Study In Lefkoşa - Department of Civil Engineering, Faculty of Civil and Environmental Engineering, North Cyprus, Turkey – 2023.

PANCHAL D.R., MARATNHE. P.M.Comparative Study of R.C.C, Steel and Composite (G+30 Storey) Building – Nirma University, Ahmedabad – India - 2011.

PAUL T. COST. Comparative study of steel concrete composite and rcc structure - IRJET Journal– College Engineering – Kerola – India – 2022.

PIMENTA, F. L. Análise comparativa de projeto de estrutura mista e concreto armado convencional utilizando ferramentas computacionais. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Anápolis - GO, 2021.

QUEIROZ, M., MESQUITA, L. Comparativo de custos, consumo de materiais e peso entre sistema estrutural em concreto armado e sistema misto de aço e concreto aplicados em um edifício de múltiplos andares - Universidade Federal de Viçosa, Rio Paranaíba– 2018.



RODRIGUES, Y. O. Análise numérica e experimental do comportamento da interface aço-concreto de lajes mistas - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, 2020.

SILVA JÚNIOR, E. et al. Estudo de caso: análise comparativa entre estrutura de concreto armado e estrutura mista de concreto e aço – Revista Caderno Pedagógico – 2025.

SILVA, I.; FERREIRA, A. Estudo de caso: comparativo de custos entre estruturas de aço e concreto armado em uma edificação multifamiliar – Centro Universitário do Rio Grande do Norte – 2021.

TEDIA A. Cost, Analysis and Design of Steel-Concrete Composite Structure Rcc Structure (CASDD) Department of civil, U.E.C, Ujjain, Madhya Pradesh, India – 2014.

VASCONCELOS, A. As surpreendentes vantagens que as estruturas mistas e híbridas proporcionam à sua obra. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/surpreendentes-vantagens-que-estruturas-mistas-e-%C3%A0-sua-vasconcellos/?originalSubdomain=pt>. 2015. (Acesso 21/07/25)

PINHO, F. O.; PENN, F. Manual de Viabilidade Econômica – IBS / CBCA - 2008

ZHANG X. Comparison of LCA on steel-and concrete construction office buildings: A case study - Tongji University – 2007.