



Análise comparativa de um edifício projetado em estrutura mista aço-concreto e concreto armado pré-fabricado

Thaís Fernanda Valentin¹, Rebeca Jéssica Schmitz²

¹Universidade do Vale do Taquari - Univates / thais.valentin@universo.univates.br

²Universidade do Vale do Taquari - Univates / rebeca.j.schmitz@gmail.com

Resumo

Devido à necessidade de otimizar a execução de estruturas, os sistemas pré-fabricados vêm adquirindo espaço na construção civil. A fim de analisar diferentes modelos de construção, o presente trabalho propõe uma comparação entre os sistemas em estrutura mista aço-concreto e em concreto armado pré-fabricado para um edifício comercial de quatro pavimentos. Após a definição do desenho arquitetônico, a planta foi modulada em vãos equivalentes, fazendo com que houvesse uma grande similaridade entre os elementos estruturais. Por meio de planilhas eletrônicas no software Excel e modelos matemáticos no Ftool, foi realizado o dimensionamento estrutural dos dois modelos, definindo as seções transversais das vigas e pilares da edificação. Após o dimensionamento, os modelos foram comparados em relação aos custos dos materiais considerando os valores de referência do SINAPI. Obteve-se uma diferença de cerca de 160%, em que os materiais para os elementos pré-fabricados se apresentaram mais econômicos em relação aos materiais necessários para a estrutura mista, sendo que os pilares mistos, apresentaram alto custo de produção. Cabe destacar que a estrutura mista é cerca de 5 vezes mais leve, e isso reflete em economias que não foram contempladas no orçamento realizado devido a delimitação do trabalho.

Palavras-chave

Estrutura mista aço-concreto; Concreto armado pré-fabricado.

Introdução

A escolha dos sistemas construtivo e estrutural a ser adotado para um empreendimento está relacionada a diversos fatores, dentre eles: projeto arquitetônico, uso, realidade local e cultural, prazo de execução, custos, mão de obra disponível. Considerando o quesito prazo de execução, os sistemas que prevêm a construção de peças previamente e apenas montagem no local se destacam pela sua agilidade e racionalização de materiais e processos. Dentro desta metodologia, pode-se citar as estruturas metálicas e as pré-fabricadas em concreto armado e/ou protendido.

Em se tratando das estruturas mistas aço-concreto, Queiroz, Pimenta e Martins (2012) destacam a possibilidade de dispensa de formas e escoramentos, a redução do prazo de execução da obra, o aumento da qualidade e da precisão dimensional da estrutura, a redução do peso próprio da estrutura reduzindo custos de fundação, isso se comparado com as estruturas em concreto. Comparando com estruturas em aço, tem-se o aumento da rigidez da estrutura, a redução do consumo de aço, a redução da aplicação de proteções contra incêndio e corrosão, devido às funções desempenhadas pelo concreto.

Por outro lado, as estruturas pré-fabricadas em concreto também apresentam vantagens, algumas semelhantes àquelas já citadas. Acker (2002) indica como vantagens: maior controle de qualidade devido à industrialização dos produtos, otimização dos materiais, redução do prazo de construção de até 50% quando comparado ao método de construção moldado no local, eficiência estrutural, com atendimento a grande vãos, resistência ao fogo, flexibilidade no uso devido à adaptabilidade para atender o projeto.

Frente às vantagens dos dois sistemas, o presente trabalho tem como objetivo comparar os sistemas de estrutura mista aço-concreto e concreto armado pré-fabricado para um edifício comercial de quatro pavimentos.



Procedimentos metodológicos

Para atingir o objetivo mencionado, o trabalho se desenvolveu segundo as etapas destacadas na Figura 1.

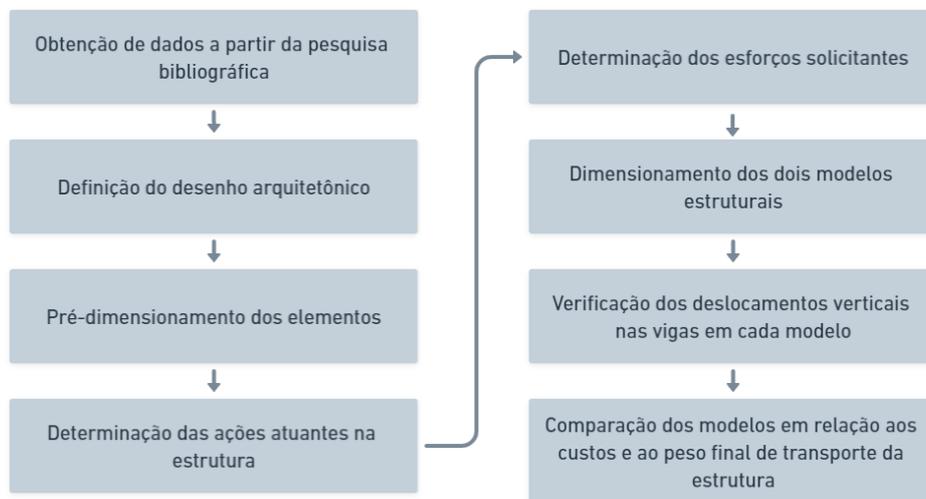


Figura 1 – Etapas do trabalho.

Definiu-se uma disposição arquitetônica para a planta baixa do pavimento tipo para uso comercial conforme verifica-se na Figura 2. A fim de simplificar o processo de análise e dimensionamento estrutural, considerou-se que todos os pavimentos são iguais ao tipo, cada um com altura de 3 metros, sendo considerado quatro pavimentos. Definiu-se a modulação da planta com vãos de 6 metros nas duas direções, de forma a atender a proposta de padronização entre os elementos estruturais. Em um dos módulos da estrutura foram localizados o elevador, a escada e demais componentes adjacentes. Desse modo, os pilares foram posicionados nas extremidades de cada módulo e, em seguida, foi estabelecido o lançamento das vigas e das lajes no projeto.

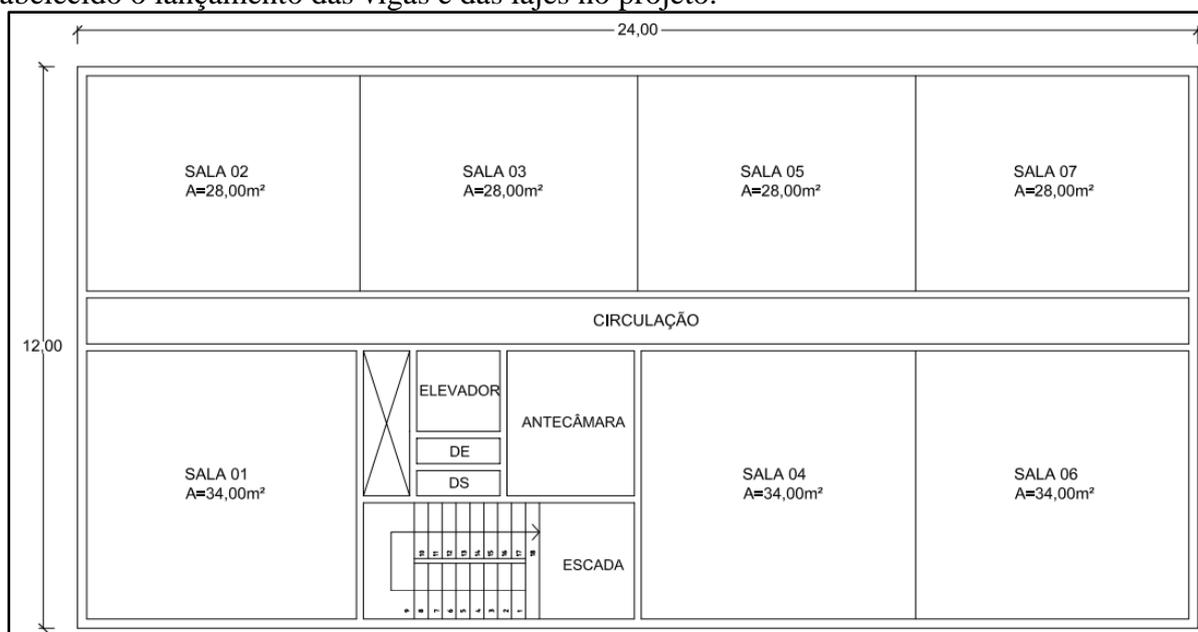


Figura 2 – Desenho esquemático da planta baixa do pavimento tipo.

Para pré-dimensionamento das lajes, faz-se necessário avaliar as cargas atuantes, a Tabela 1 apresenta as cargas consideradas, exceto o peso próprio, considerando como referência a NBR 6120 (ABNT,



2019). Cabe destacar que durante a construção ocorre apenas a sobrecarga de 1 kN/m², e na fase de uso, todas as demais cargas indicadas.

Tabela 1 – Cargas sobre a laje

Cargas	Especificação	Valor (kN/m ²)
Divisórias (<i>drywall</i>)	Permanente	0,5
Forro	Permanente	0,25
Revestimento	Permanente	1,4
Sobrecarga de construção	Variável	1,0
Uso (ocupação)	Variável	2,5

Para a estrutura pré-fabricada, a laje será alveolar, considerando a carga máxima de 4,65 kN/m² e o vão máximo de 6 metros, foi possível definir a laje do tipo PE16¹ (peso próprio 8,15 kN/m²), cuja altura total é 20 cm, sendo 4 cm de capa de concreto. A laje alveolar é fabricada com fck de 45 MPa, requerendo a capa com resistência de 30 MPa. Na Figura 3 verifica-se o lançamento da estrutura pré-fabricada.

Em se tratando das vigas pré-fabricadas, o pré-dimensionamento foi realizado considerando a relação L/10. De modo geral, a edificação possui vigas bi apoiadas com vãos de 6 metros, logo, a altura ficou em 60 cm e a largura foi escolhida como 30 cm. Por fim, os pilares foram considerados com seção 30x60, respeitando as dimensões mínimas indicadas pela NBR 6118 (ABNT, 2014). Adotou-se concreto de fck 35 MPa.

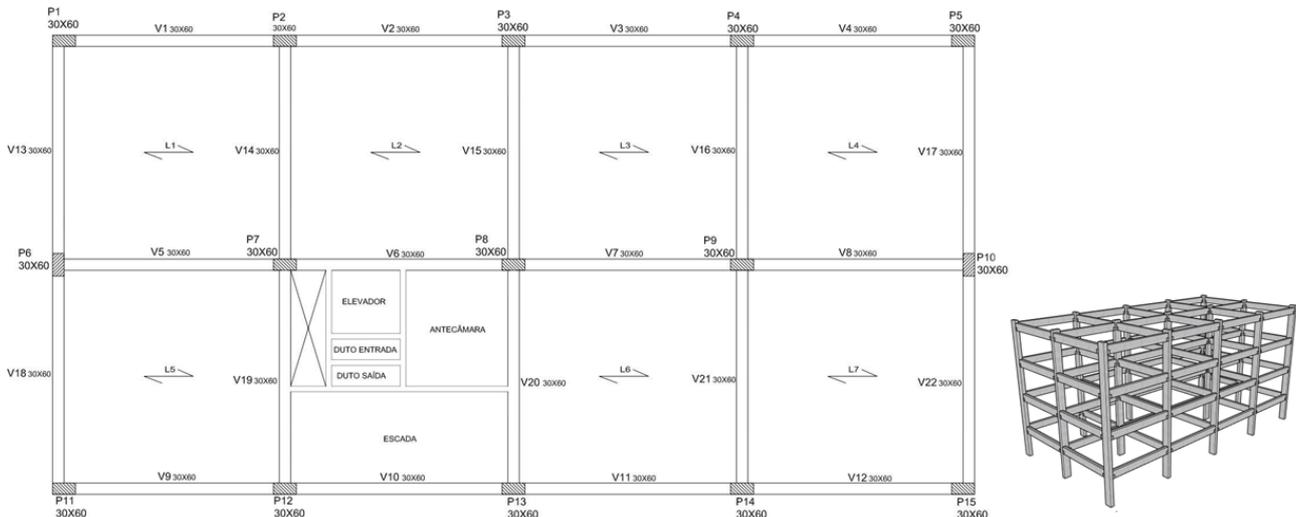


Figura 3 – Estrutura pré-fabricada.

No modelo misto, foram colocadas vigas intermediárias entre os vãos das lajes, tendo em vista o uso de laje mista steel deck sem escoramento. Essas vigas intermediárias têm vãos de 6 metros e reduzem o vão das lajes para 3 metros. Na Figura 4 pode-se observar a disposição dos elementos estruturais.

¹ Considerou-se as tabelas disponibilizadas pelo fabricante TATU Pré-moldados. <https://www.tatu.com.br/lajes-alveolares>. Acessado em: 22 maio 2022.

O modelo de laje escolhido foi o MF-75² de espessura 0,95 mm e altura total de 140 mm, sendo 75 mm da fôrma de aço e 65 mm de concreto, pesando 2,52 kN/m². O aço da forma é o ASTM A653 Grau 40 ($f_y = 280$ MPa) e o concreto tem resistência f_{ck} de 25 MPa.

As vigas mistas têm perfil laminado de seção I em aço ASTM A572 Grau 50 ($f_y = 345$ MPa). Sendo todos os vãos bi apoiados, as vigas foram pré-dimensionadas considerando a relação $L/15$ a $L/30$ recomendada por Fakury, Silva e Caldas (2016). Os conectores de cisalhamento são do tipo pino com cabeça com aço ASTM A108 Grau 1020 de 19 mm de diâmetro e comprimento de 135 mm, recomendados no Anexo A da NBR 8800 (ABNT, 2008).

A seção dos pilares mistos é composta por um perfil laminado (ASTM A 572 Grau 50) parcialmente preenchido por concreto ($f_{ck} = 35$ MPa) e, para esses elementos, não há uma relação usual a ser utilizada no pré-dimensionamento. Com isso, adotou-se o perfil HP 250 x 62,0, atendendo aos requisitos normativos.

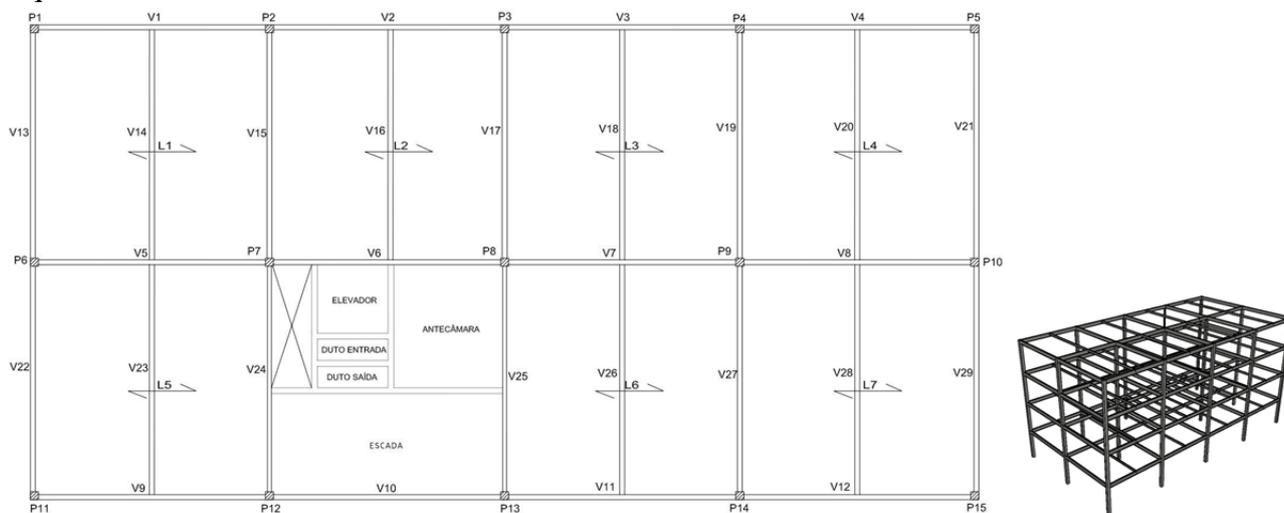


Figura 4 – Estrutura mista.

Além das cargas verticais já mencionadas na Tabela 1 e os pesos próprios dos elementos estruturais e das paredes, consideradas em tijolo furado com peso específico de 14 kN/m³. Em relação a ação do vento, considerou-se os seguintes parâmetros, baseados na NBR 6123 (ABNT, 1988):

- velocidade básica de 45 m/s;
- fator S1 (fator topográfico) igual a 1,0, terreno plano;
- fator S2 (fator de rugosidade) considerando a Categoria IV (terrenos com obstáculos pouco espaçados, em regiões como cidades pequenas e áreas industriais) e a Classe B (a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal deve estar entre 20 e 50 m);
- fator S3 (fator estatístico) considerado igual a 1,0 correspondente a edificação do Grupo 2 (edificações para comércio);
- coeficiente de arrasto: ventos de alta turbulência e ações a 0° e a 90°, gerando os coeficientes de 0,76 e 0,97, respectivamente.

Com isso, calculou-se as cargas totais em cada pavimento e, considerando que a laje tem comportamento de diafragma rígido e todos os pilares têm a mesma rigidez, obteve-se a força do vento sobre cada pilar dividindo a carga do pavimento pelo número de pilares.

Definidas as cargas, fez-se a combinação das mesmas considerando os carregamentos apresentados no Quadro 1.

² Considerou-se as tabelas disponibilizadas pelo fabricante Metform S.A. Telha fôrma (steel deck) - Manual técnico: especificações para projeto, manuseio e montagem. Betim, 2017. <https://metform.com.br/>. Acessado em: 22 maio 2022.



Quadro 1 – Combinações de ações aplicadas nos cálculos dos modelos estruturais

Estado Limite Último (ELU)	Estado Limite de Serviço (ELS)	
Combinações Normais	Combinações Quase Permanentes	
	<u>Estrutura mista</u>	<u>Estrutura pré-fabricada</u>
1) 1,40 CP + 1,40 CA 2) 1,40 CP + 1,40 CA + 1,40*0,6 Vento 90° 3) 1,40 CP + 1,40 CA + 1,40*0,6 Vento 0° 4) 1,40 CP + 1,40*0,7 CA + 1,40 Vento 90° 5) 1,40 CP + 1,40*0,7 CA + 1,40 Vento 0°	Etapa de construção: CP Etapa final: CP + 0,4 CA	CP + 0,40 CA
Sendo: CP = Carga permanente; CA = Carga Acidental; PP = Peso próprio da estrutura		

A obtenção dos esforços atuantes nos elementos estruturais foi obtida por meio da modelagem no Ftool. As vigas foram consideradas como elementos bi apoiados e para análise dos pilares, considerou-se o modelo dos pórticos transversais e longitudinais das estruturas, em que foi adotada ligação rotulada com as fundações e ligação semirrígida entre viga e pilar. As ligações semirrígidas foram modeladas considerando a transmissão de 35% do momento fletor, sendo assim, fez o lançamento de barras com 30 cm de comprimento unindo a extremidade da viga ao pilar, e atribuiu-se a seção transversal que gerou a transmissão de momentos definida. As ligações não foram dimensionadas devido à delimitação da trabalho. A Figura 5 apresenta um exemplo de modelagem de um pórtico da estrutura pré-fabricada.

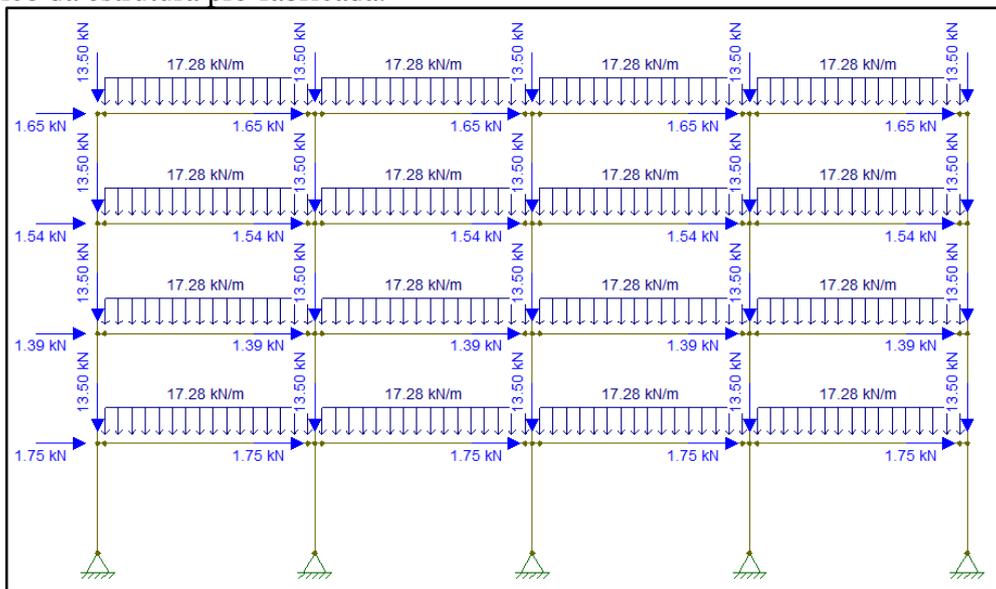


Figura 5 – Modelagem dos pórticos.

Os esforços obtidos para as vigas e pilares foram utilizadas para o dimensionamento dos elementos, sendo que para a estrutura mista tomou-se como referência a NBR 8800 (ABNT, 2008) e para a estrutura em concreto considerou-se a NBR 9062 (ABNT, 2017) e a NBR 6118 (ABNT, 2014). Para aplicação das formulações utilizou-se planilhas e para os pilares em concreto o aplicativo Pcalc. Por fim, quantificou-se os materiais a fim de elaborar um orçamento baseado no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) para o mês de julho, comparando valores de 2020 a 2023, no Rio Grande do Sul. Na estrutura pré-fabricada foram orçados os seguintes itens: concretos, armaduras, laje alveolar protendida. Na estrutura mista considerou-se: perfis laminados, forma para steel deck, conectores de cisalhamento, armaduras, concreto.



Resultados e discussão

Resultados do dimensionamento das estruturas

A Tabela 1 mostra a verificação das vigas pré-fabricadas. Pode-se observar que as vigas mais solicitadas são as vigas centrais, que recebem uma parcela maior de cargas das lajes. No que diz respeito ao içamento, as vigas foram aferidas aos esforços solicitantes, obtendo a parcela de armadura negativa, a qual também serve para evitar a fissuração, visto que todas as vigas resultaram em armadura simples. Além disso, também foram obtidos os diâmetros para as alças de içamento.

Tabela 1 – Verificação das vigas pré-fabricadas

Viga	MSd (kN.m)	Armadura positiva (cm ²)	Barras	Armadura de pele (cm ²)	Barras	VSd (kN)	Estribos	Armadura negativa (cm ²)	Alças
V1-V4; V9-V12	77,74	3,68	3Ø12,5 mm	2,01	4Ø8 mm	51,83	Ø5 mm c/ 10 cm	2Ø6,3 mm	2Ø12,5 mm
V5-V8	77,74	3,68	3Ø12,5 mm	2,01	4Ø8 mm	51,83	Ø5 mm c/ 10 cm	2Ø6,3 mm	2Ø12,5 mm
V13,V17, V18,V22	222,79	10,05	5Ø16 mm	2,01	4Ø8 mm	148,53	Ø5 mm c/ 10 cm	2Ø6,3 mm	2Ø12,5 mm
V14- V16; V19-V21	318,45	15,71	5Ø20 mm	2,01	4Ø8 mm	212,30	Ø5 mm c/ 10 cm	2Ø6,3 mm	2Ø12,5 mm

Após averiguar as seções no P-Calc, os pilares foram dimensionados para o içamento, e os esforços obtidos foram inseridos na verificação, resultando em uma área de aço maior, já que os pilares possuem um comprimento significativo e isso influencia diretamente nos esforços durante o içamento. As alças dimensionadas para o içamento possuem 32 mm de diâmetro e devem ser posicionadas de forma a distribuir igualmente os carregamentos no pilar.

As verificações ELU das vigas metálicas, na fase de construção, e mistas, na fase de uso, estão apresentadas nas Tabelas 2 e 3, respectivamente. Observa-se que todas as condições foram atendidas.

Tabela 2 – Verificação das vigas mistas na etapa de construção

Viga	Perfil	FLA		FLM		Esforço cortante	
		MSd (kN.m)	MRd (kN.m)	MSd (kN.m)	MRd (kN.m)	VSd (kN)	VRd (kN)
V1-V4; V9-V12	W 360 x 44,6	71,38	245,99	71,38	245,99	24,72	457,06
V5-V8	W 360 x 44,6	139,98	245,99	139,98	245,99	47,59	457,06
V13,V21,V22,V29	W 360 x 32,9	35,34	171,75	35,34	171,75	23,56	380,92
V14-V20;V23-V28	W 360 x 32,9	68,60	171,75	68,60	171,75	45,73	380,92

Tabela 3 – Verificação das vigas mistas na etapa de uso

Viga	Perfil	Momento Fletor		Esforço Cortante		Conectores unidades
		MSd (kN.m)	MRd (kN.m)	VSd (kN)	VRd (kN)	
V1-V4; V9-V12	W 360 x 44,6	189,78	331,30	80,66	457,06	26
V5-V8	W 360 x 44,6	327,36	331,30	126,52	457,06	26
V13,V21,V22,V29	W 360 x 32,9	119,22	280,97	79,48	380,92	20
V14-V20;V23-V28	W 360 x 32,9	137,59	280,97	91,72	380,92	20

Foi possível observar que o estado mais crítico da estrutura se refere ao esforço de momento fletor, principalmente nas vigas V5 a V8. A Tabela 3 também mostra o número de conectores de



cisalhamento necessários para cada tipologia de viga. Esses conectores devem ser posicionados entre cada apoio e a seção de momento máximo da viga, ou seja, a seção central, sendo o valor apresentado o total de conectores para toda a extensão da viga. Como já descrito anteriormente, optou-se pelo uso da interação parcial entre viga e laje, utilizando o valor de 0,5 para o grau de interação.

Em relação aos pilares mistos, as principais verificações ELU estão sintetizadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Verificação dos pilares mistos

Pilar	Perfil	Compressão axial			Flexo-compressão			Cisalhamento Conectores
		NSd (kN)	NRd (kN)	Mx,Sd (kN.m)	Mx,Rd (kN.m)	My,Sd (kN.m)	My,Rd (kN.m)	
P1,P5, P11,P12	HP 250 x 62,0 (H)	680,84	3.362,33	41,10	296,34	17,95	162,33	6
P2,P12	HP 250 x 62,0 (H)	1.039,89	3.362,33	41,70	296,34	17,29	162,33	6
P3,P13	HP 250 x 62,0 (H)	1.039,89	3.362,33	41,70	296,34	17,00	162,33	6
P4,P14	HP 250 x 62,0 (H)	1.039,89	3.362,33	41,70	296,34	16,81	162,33	6
P6,P10	HP 250 x 62,0 (H)	1.138,18	3.362,33	46,66	296,34	20,26	162,33	6
P7, P8, P9	HP 250 x 62,0 (H)	1.726,37	3.362,33	46,66	296,34	17,43	162,33	12

Como a seção escolhida foi parcialmente revestida por concreto, é necessário dispor armaduras longitudinais e transversais para garantir a atuação do concreto. Por esse motivo, o perfil escolhido inicialmente, o qual atendia às solicitações da estrutura, não pôde ser empregado, já que não possuía uma seção transversal adequada para acomodar as armaduras com o espaçamento necessário e o cobrimento adequado, ou seja, não haveria espaço suficiente para esses elementos. Portanto, escolheu-se o próximo perfil da lista do fabricante do tipo HP, necessário devido à sua simetria.

Dessa forma, foram indicadas as armaduras longitudinais e transversais para a seção do pilar, além dos conectores de cisalhamento, os quais devem ser posicionados na região de introdução de cargas, na ligação das vigas com os pilares. O valor apresentado refere-se à quantidade total de conectores para cada pilar. Além disso, foram definidas as armaduras para a seção de concreto dos pilares mistos e, conforme as verificações de área de aço mínima para esses elementos, a armadura longitudinal foi definida como 8 barras de 12,5 mm, sendo 4 barras em cada lado da seção de concreto e estribos de 6,3 mm espaçados a cada 15 cm.

Comparação das flechas das vigas

A Tabela 5 apresenta as verificações ELS feitas para as vigas pré-fabricadas, sendo determinado o valor da abertura de fissuras, além das flechas imediata e diferida, considerando os efeitos de fluência do concreto.

Tabela 5 – Flechas nas vigas pré-fabricadas

Viga	Limite fissuras (mm)	Abertura fissuras (mm)	Flecha limite (mm)	Flecha imediata (mm)	Flecha diferida (mm)
V1-V4; V9-V12	0,3	0,191	24	3,30	9,10
V5-V8	0,3	0,191	24	3,30	9,10
V13,V17,V18,V22	0,3	0,189	24	7,60	19,40
V14-V16;V19-V21	0,3	0,197	24	6,30	14,70



Observa-se que todas as vigas pré-fabricadas atenderam ao limite de abertura de fissuras, de 0,3 mm e ao deslocamento vertical máximo, de 24 mm e, conseqüentemente, atenderam ao estado limite de serviço.

A verificação das vigas mistas foi feita considerando a etapa de construção (inicial), apenas seção de aço resistente, e de uso (final), seção mista aço e concreto.

Tabela 6 – Flecha das vigas mistas

Viga	ETAPA INICIAL		ETAPA FINAL		Deslocamento remanescente (mm)
	Flecha limite (mm)	Flecha (mm)	Flecha total (mm)	Contraflecha (mm)	
V1-V4; V9-V12	15,00	0,53	10,00	-	10,00
V5-V8	15,00	0,53	15,43	-	15,43
V13,V21,V22,V29	17,14	5,4	17,00	-	17,00
V14-V20;V23-V28	17,14	10,5	24,10	10	14,10

Em algumas vigas, é necessário aplicar uma contraflecha de 10 mm, pois, para as vigas que recebem paredes, o deslocamento limite é de 15 mm e, em outro modelo, não foi possível aplicar a contraflecha, visto que esse valor não deve ser maior que a flecha causada pelas cargas permanentes na viga. Dessa forma, a flecha ultrapassou em 0,43 mm o limite da norma para as vigas que recebem paredes. Os demais modelos de viga atenderam ao deslocamento limite, considerando a soma da flecha na etapa inicial com a flecha na etapa final.

Comparação de custos

A Figura 6 apresenta os custos considerando lajes, vigas e pilares para as duas estruturas analisadas com base nos custos SINAPI de materiais no Rio Grande do Sul em julho de 2023.

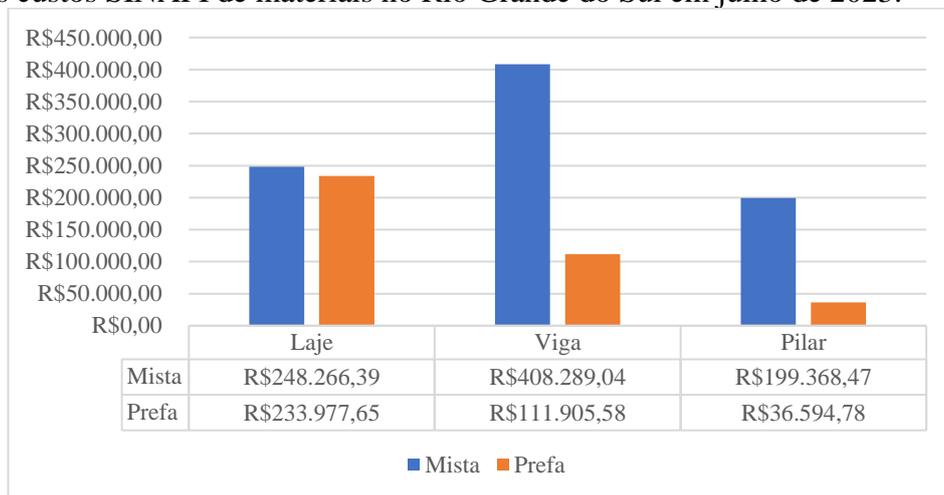


Figura 6 – Custos julho de 2023

Observa-se que as lajes ficaram com valores próximos, enquanto que vigas e lajes tiveram diferenças mais significativas. As vigas mistas ficaram com valores 265 % (R\$ 296000,00) acima das vigas pré-fabricadas, o que corresponde a R\$. Já os pilares demonstraram valores ainda mais discrepantes, os pilares mistos ficaram com valores 445% (R\$ 162000,00) acima dos pilares pré-fabricados.

O valor total dos itens orçados na estrutura mista fica em R\$ 855.923,90, enquanto que a estrutura pré-fabricada ficou em R\$ 382.478,01, uma diferença de 123,8%.

Sendo assim, avaliando somente custos de materiais para os elementos estruturais, o concreto pré-fabricado se apresenta como vantajoso. Entretanto, cabe destacar alguns pontos, os valores obtidos para os perfis já incorporam a mão de obra, enquanto que os valores para o pré-fabricado não estão



considerando mão de obra, exceto na dobra do aço. Ou seja, os custos da fábrica com seus funcionários não estão computados.

Outro ponto a destacar é o peso das estruturas, a massa das vigas e pilares mistos é 61.753 kg, e a massa das vigas e pilares pré-fabricados é 313.200 kg. Logo, a estrutura mista é cerca de 5 vezes mais leve. Isso também impacta nos custos de fundações, que ficam com dimensões menores, além dos custos com deslocamentos e equipamentos de montagem que serão reduzidos, devido a menor capacidade requerida para os equipamentos. Portanto, para avaliar com maior precisão os orçamentos é necessário elaborar um orçamento mais detalhado.

A fim, de investigar essa diferença significativa nos custos das estruturas, calculou-se a evolução dos custos considerando os meses de julho de 2020 a 2023, pois sabe-se que a pandemia de COVID19 afetou os valores dos materiais, em especial, o aço. A Figura 7 apresenta a evolução destes custos³, onde pode-se observar um salto nos valores de 2020 para 2021. O item que sofreu maior impacto foi o aço para perfis estruturais laminados, que passou de R\$ 5,97 para R\$ 15,55, 160% de aumento. O segundo item que teve maior aumento foi o aço das armaduras, em torno de 120 %, dependendo do diâmetro da barra.

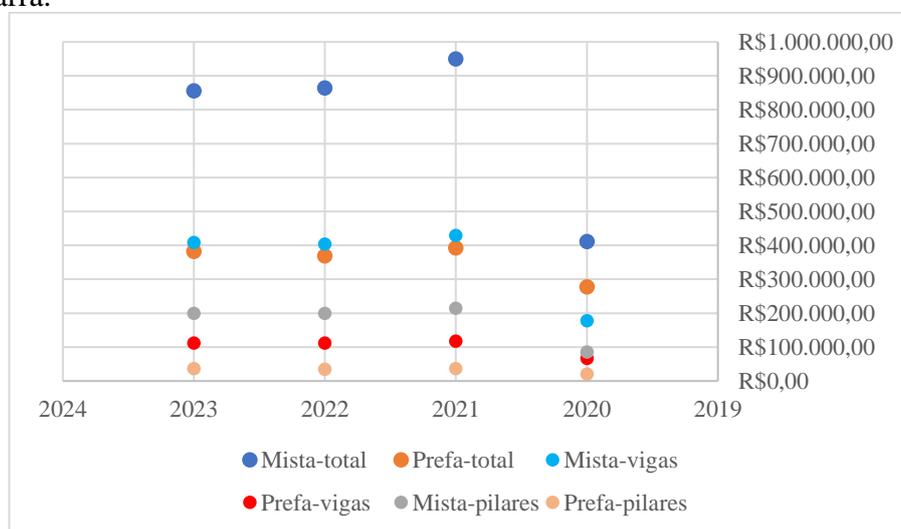


Figura 7 – Evolução dos custos 2020 a 2023

Esse aumento de preços impacta de forma significativa, pois em 2020 a diferença de custos entre os materiais orçados era de 48%. Se considerado todos os aspectos apresentados anteriormente que também refletem no custo total da obra, mas não foram contemplados nesta análise, verifica-se que em 2020 o projeto em aço era muito competitivo frente ao concreto, e possivelmente, mais econômicos no computo total

Conclusões

O presente trabalho teve como objetivo analisar um empreendimento comercial considerando duas soluções estruturais, sistema misto aço-concreto e sistema pré-fabricado em concreto armado, considerando seu desempenho em ELS e custos com materiais nas lajes, vigas e pilares. Para isso, as duas estruturas foram dimensionadas com base nas normativas e com o apoio de modelos no Ftool, planilhas e o aplicativo Pcalc.

As seções adotadas na estrutura pré-fabricada foram de 30x60 tanto para vigas, como para pilares, considerando f_{ck} de 35 MPa e laje alveolar. Já no sistema misto foram considerados perfis W 360 x

³ Conectores de cisalhamento e lajes alveolares foram orçadas com empresas, sendo que estes parâmetros não foram variados conforme a evolução do período de 2020 a 2023.



32,9 e W 360 x 44,6 para vigas e HP 250 x 62,0 para pilares, sendo a laje do tipo steel deck com concreto de 25 MPa.

Pode-se considerar que os perfis indicados atenderam todos os pré-requisitos em relação a ELU, e na condição ELS, algumas vigas mistas requereram contraflecha, enquanto que as vigas pré-fabricadas atenderam o requisito sem necessidade de contraflecha. O peso da estrutura mista, considerando apenas vigas e pilares, é cerca de 5 vezes menor do que a estrutura pré-fabricada.

Em relação aos custos, considerando os valores para materiais em julho de 2023, a estrutura mista fica cerca de 123,8 % mais cara do que a estrutura pré-fabricada. Cabe destacar que diversos itens relevantes no orçamento não foram contabilizados, como, mão de obra, fundações, equipamentos para transporte e montagem. Avaliando os custos de 2020 até 2023, percebe-se que o aço para perfis estruturais teve aumento de 160%. Sendo que, se este mesmo comparativo fosse feito em 2020, a diferença entre os sistemas seria um custo de 48% mais elevado para a estrutura metálica. Logo, acredita-se que se computados todos os parâmetros no orçamento, a estrutura mista poderia levar a condição mais econômica.

Referências

- ACKER, Arnold Van. **Manual de Sistemas Pré-fabricados de Concreto**. São Paulo, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9062**: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6120**: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- FAKURY, Ricardo H.; SILVA, Ana Lydía R. Castro e; CALDAS, Rodrigo B. **Dimensionamento de Elementos Estruturais de Aço e Mistos de Aço e Concreto**. São Paulo: Pearson Education, 2016.
- QUEIROZ, Gilson; PIMENTA, Roberval José; MARTINS, Alexander Galvão. **Manual da Construção em Aço: Estruturas Mistas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil; Centro Brasileiro da Construção em Aço, v.1, 2012.