

COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS DE CONCRETO ARMADO E CONCRETO PRÉ-FABRICADO PARA FINS DE CRONOGRAMA DE OBRA E ORÇAMENTO DE UM EMPREENDIMENTO

Greici Bergonci, Rebeca Jéssica Schmitz

Resumo: A competitividade no mercado da construção civil promove a busca por métodos construtivos mais econômicos e de menor tempo de entrega das obras. O uso de estruturas pré-fabricadas vem crescendo em virtude da sua agilidade de construção, todavia, o concreto armado ainda é o método mais difundido em construções. Dentro desse contexto, o presente trabalho teve como objetivo realizar um comparativo entre orçamentos e cronogramas de um empreendimento projetado com esses dois tipos de estruturas. Utilizou-se uma edificação projetada por Schneider (2020), de onde foram consultados os quantitativos necessários para proceder com as análises. Foi utilizada como base para estudo a tabela SINAPI, sem desoneração, e o mês de agosto de 2021, além de pesquisa de mercado com fornecedores da região do Vale do Taquari - RS para os elementos pré-fabricados. A definição da duração das atividades se deu através de pesquisa com profissionais da construção civil, e de análises dos coeficientes de produtividades da SINAPI. Obteve-se como resultado uma economia de 67% com a estrutura moldada *in loco*, em contrapartida, a pré-fabricada demandou 51 dias a menos de trabalho quando utilizado os resultados da pesquisa com profissionais e 37,8 dias a menos com o resultado dos coeficientes da tabela SINAPI, confirmando a sua agilidade de execução. Devido a grande diferença de valor entre os orçamentos, entende-se que o uso do pré-fabricado só se justifica caso o empreendimento em funcionamento apresente alta lucratividade, caso contrário o concreto armado é a opção recomendada.

Palavras-chave: estruturas em concreto armado; concreto pré-fabricado; comparação de sistemas construtivos.

Introdução

O mundo da construção civil é competitivo, exige agilidade e qualidade na execução das técnicas construtivas. Para o sucesso de uma obra, é necessário que ela seja bem executada, com materiais e mão de obra de qualidade, respeitando prazos e com custos finais que sigam o previsto em um orçamento inicial bem planejado (LIMA, 2000).

Atualmente, diversos métodos construtivos ganham espaço no mercado, alguns com processo de construção mais moderno, como é o caso do pré-fabricado, outros com processo tradicional e amplamente utilizado na construção civil, como o concreto armado. Cada método possui suas particularidades, seus pontos positivos e negativos, cabe ao engenheiro civil saber diferenciá-los e ajudar seus clientes a escolher, de maneira racional, a solução que atenda às necessidades do seu empreendimento, aliando custos reduzidos e produtividades satisfatórias (SILVA, 2011).

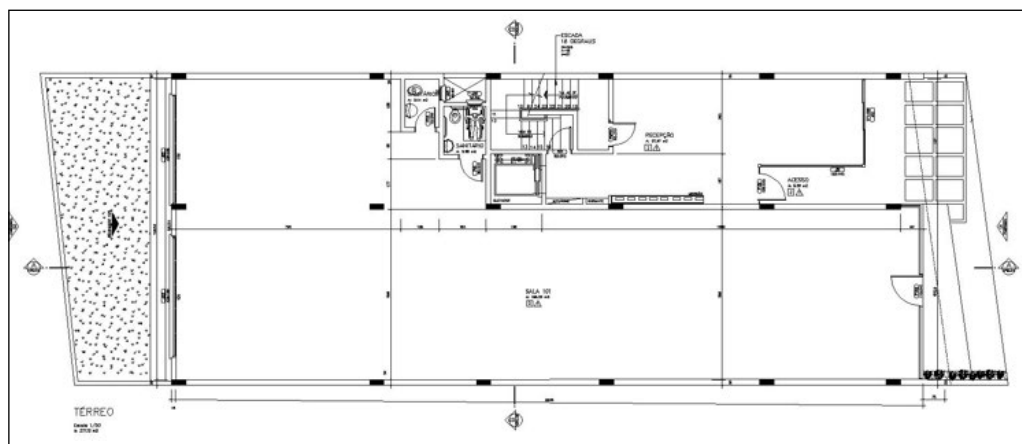
Dentro desse contexto, o presente trabalho traz análises comparativas entre orçamentos e tempos de execução de uma estrutura em concreto armado convencional, e outra em concreto pré-fabricado, projetadas para o mesmo empreendimento. Tal edificação foi projetada por Schneider (2020), onde o autor realizou análises em relação aos quantitativos de aço, concreto e formas utilizados nos dois tipos de estruturas. Ao final do trabalho, o autor concluiu que apenas essas análises não justificam a escolha de um método construtivo. Sendo assim, procedendo a partir dos resultados encontrados pelo autor, e entendendo que a comparação entre custos e tempos de execução é indispensável para definir o tipo de estrutura a ser utilizado na edificação, este trabalho busca encontrar a opção de estrutura mais atrativa em relação ao custo e tempo de execução.

Procedimentos metodológicos

O presente trabalho utilizou como base para estudo uma edificação projetada por Schneider (2020), onde o autor desenvolveu, para o mesmo empreendimento, com mesmo projeto arquitetônico, dois projetos estruturais, sendo um em concreto armado convencional e um em concreto pré-fabricado.

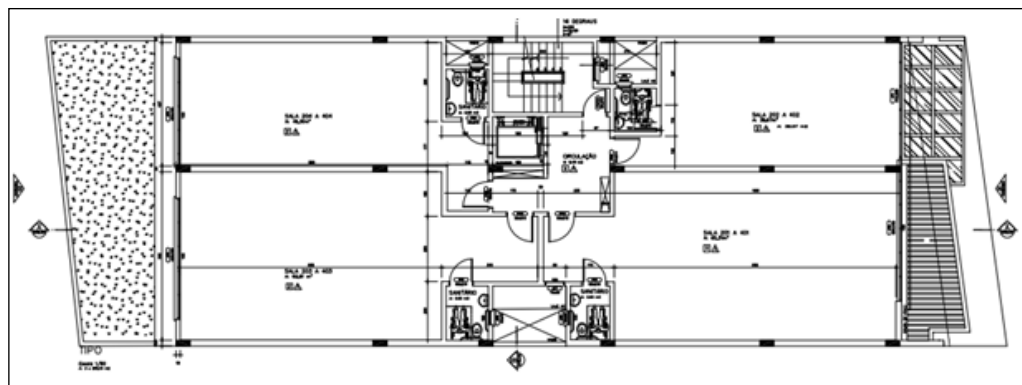
O empreendimento, localizado no Centro do município de Lajeado/ RS, é um edifício comercial de 4 pavimentos, sendo composto pelo pavimento térreo e três pavimentos tipos. O térreo, possui a recepção e uma sala comercial com dois banheiros, com 277,72 m² (FIGURA 1), e o pavimento tipo compreende 4 salas comerciais com sanitários próprios e área de circulação, com total de 262,10 m² por pavimento (FIGURA 2), totalizando 1.064,02 m² de área construída.

Figura 1 – Planta baixa do pavimento térreo



Fonte: Schneider (2020).

Figura 2 – Planta baixa do pavimento tipo (3 x)



Fonte: Schneider (2020).

No projeto da estrutura em concreto armado convencional, Schneider (2020) considerou os pilares, vigas, lajes e escadas, moldadas *in loco*, com aço CA50 e CA60, e o concreto com resistência à compressão (f_{ck}) de 35 MPa. Já para a estrutura pré-fabricada, o autor considerou pilares, vigas, lajes e escadas moldadas em indústria com concreto autoadensável e f_{ck} 40 MPa e aço CA50.

Apenas a estrutura e as escadas foram diferenciadas por Schneider (2020) quanto ao tipo de solução construtiva. No mais, o autor considerou os mesmos tipos de materiais para a construção do empreendimento nos dois métodos construtivos. Salienta-se que os dados extraídos do trabalho de Schneider

(2020) foram utilizados sem serem revisados ou questionados. É pressuposto deste trabalho que os projetos estejam adequados às normativas.

Para início do presente trabalho, realizou-se a montagem do memorial descritivo, especificando todos os materiais e métodos construtivos utilizados na edificação. A definição dos materiais seguiu alguns dados obtidos no trabalho de Schneider (2020), como a espessura das paredes e os revestimentos de pisos e forros, os demais foram desenvolvidos com base nas normas brasileiras pertinentes. Resumidamente, o memorial contemplou os seguintes itens:

- a) estrutura em concreto armado convencional: pilares, vigas e lajes do tipo pré-moldadas com tabelas cerâmicas, utilizando aço CA50 e CA60, e concreto usinado fck 35 MPa;
- b) estrutura pré-fabricada: pilares, vigas e lajes alveolares pré-fabricados com concreto auto-adensável e fck 40 MPa e aço CA50;
- c) formas e escoras: madeira compensada, conforme NBR 14931 (ABNT 2004);
- d) piso térreo: camada com brita compactada de 10 cm, com contrapiso em concreto usinado com fck 30 MPa, de 15cm de espessura, conforme NBR 13753 (ABNT, 1996);
- e) contrapisos: argamassa, traço 1:4, aplicado sobre a laje, com espessura de 20 mm, conforme NBR 13753 (ABNT, 1996). As lajes alveolares receberão capeamento em vez do contrapiso;
- f) alvenarias de vedação: tijolos cerâmicos 6 furos 9x14x19 cm, assentados em pé para as paredes de 15 cm e deitados para as paredes de 20 cm, conforme planta baixa, assentados com argamassa de espessura traço 1:2:8 conforme mm NBR 13529 (ABNT, 2013). Execução de vergas e contravergas em portas e janelas, e encunhamento das alvenarias utilizando argamassa traço 1:2:8, conforme NBR 8545 (ABNT, 1984);
- g) impermeabilizações: pisos e paredes dos banheiros, bem como a base do térreo, impermeabilizados com produto do tipo emulsão asfáltica, conforme especificação da NBR 9574 (ABNT, 2008);
- h) revestimentos das paredes: chapisco e massa única em todas as alvenarias internas e externas, com exceção dos banheiros, em que foi considerado chapisco, emboço e revestimento cerâmico, assentados e rejuntados conforme NBR 14081-1 (ABNT, 2012);
- i) forros: gesso convencional no *hall* de entrada e em todas as salas comerciais, de 12,5 mm seguindo a NBR 16382 (ABNT, 2015). Demais áreas com chapisco e massa única;
- j) pinturas: uma demão de selador acrílico e duas demãos de tinta acrílica, conforme NBR 13245 (ABNT, 2011);

- k) revestimentos do piso: tipo porcelanato acetinado classe de resistência a abrasão 5, assentadas com argamassa ACII, rejuntados e com rodapés. Soleiras e peitoris em todas as portas e janelas com abertura para o exterior, em pedra granito polido com balanço de 2 cm, assentados com argamassa de traço 1:3 (cimento e areia), conforme NBR 13753 (ABNT, 1996);
- l) telhado: estrutura metálica com telhas de fibrocimento onduladas, de 5 mm de espessura. O telhado com 2 águas e inclinação de 10%, ficando escondido entre as platibandas. Calhas de aço galvanizado no contorno central do telhado, rufos no encontro dos telhados com a platibanda, e tubos de queda em PVC para o transporte das águas pluviais;
- m) escadas: escadarias do 1º ao 3º pavimento, com dois lances de degraus em “U”, altura total de 290 cm e largura de 110 cm, com corrimão de alumínio fixado na parede conforme NBR 9050 (ABNT, 2020);
- n) esquadrias: portas de entrada de cada sala comercial de correr, com vidro temperado 10 mm e guarnição em alumínio. Portas dos banheiros em madeira semioca. Janelas dos banheiros do tipo maxim ar, em alumínio. Janelas das salas comerciais de correr, com vidro temperado 10 mm e guarnição de alumínio;
- o) louças dos banheiros: vasos sanitários com caixas acopladas, lavatórios suspensos, e acessórios em metais cromados.

O memorial descritivo serviu como base para as demais etapas do trabalho, que consistiram em desenvolver orçamentos e cronogramas para as duas estruturas em estudo.

Orçamentos

Os orçamentos das estruturas moldada *in loco* e pré-fabricada limitaram-se aos custos diretos com materiais, equipamentos e mão de obra necessários para a execução das atividades do memorial descritivo resumidas anteriormente. Foram desconsideradas atividades de infraestrutura, instalações elétricas e hidrossanitárias, além das instalações e manutenções do canteiro de obras.

Os orçamentos das edificações foram realizados com base no Sistema Nacional de Aferição de Preços e Índices da Construção Civil (SINAPI), seguindo como referência a tabela da Região Sul do Brasil e o mês de agosto de 2021, sem desoneração.

Inicialmente foi realizado um levantamento de todos os quantitativos de materiais necessários para execução da edificação em concreto armado convencional e em pré-fabricado. Para a edificação moldada *in loco*, os

quantitativos de aço, concreto e formas foram retirados do trabalho de Schneider (2020). Para a edificação pré-fabricada, foram utilizados quantitativos da metragem cúbica dos pilares e vigas apresentados pelo autor. Já para as lajes, foi utilizado o projeto estrutural do edifício, de onde foram retiradas todas as suas dimensões, visto que, o autor não trouxe essas informações especificadas em seu trabalho. Os demais foram quantificados através de cálculos da metragem quadrada, cúbica ou peso de cada insumo, baseado nas dimensões do projeto conforme plantas baixas.

Em relação ao consumo de aço, Schneider (2020) trouxe os quantitativos para a edificação em concreto armado, apresentando $72,7 \text{ kg/m}^3$ para as vigas, $138,15 \text{ kg/m}^3$ para os pilares e $15,3 \text{ kg/m}^3$ para as lajes. Para a estrutura pré-fabricada os dados referentes à taxa de aço não foram especificados pelo autor.

Para a edificação em concreto armado convencional, se considerou a utilização de dois jogos de formas para os pilares, 4 jogos para as vigas, 2 jogos para as lajes e 2 jogos para as escadas, sendo isso definido em razão das dimensões dos elementos verificados no projeto estrutural, que possibilitam ou não reutilizar formas de um pavimento para outro.

Com os quantitativos prontos, procedeu-se definição dos custos. Todos os custos dos serviços da edificação em concreto armado convencional foram baseados na tabela SINAPI.

Para a definição das composições unitárias necessárias para a execução de cada serviço, utilizou-se a tabela SINAPI com composições analíticas. Essa tabela apresenta uma visão detalhada dos coeficientes de consumo, e dos custos unitários e totais de cada item das composições, separando custos de mão de obra, materiais, equipamentos e outros custos ligados à composição.

A SINAPI não apresenta mais a composição e nem o insumo para concreto usinado com fck 35 MPa, o qual foi utilizado no projeto estrutural da edificação moldada *in loco*. O manual de Metodologias e Conceitos da Caixa Econômica Federal (CAIXA, 2020), regido pelo artigo 8º do decreto 7.983/2013, indica que em casos onde não há composição na tabela, deve-se utilizar os dispostos em Cadernos Técnicos relevantes para o serviço da composição. Dessa forma, para orçar o concreto usinado, foi utilizada a indicação apresentada no Caderno de Composições Representativas 009 da CAIXA (2017), o qual considera que a classe do concreto traz pouca variação em seus custos unitários, devendo estes serem considerados iguais para concretos com fck entre 25 e 35 MPa.

Baseado nisto, foi utilizada a composição do concreto fck 25 MPa para a composição de custos da estrutura em concreto armado. Para a concretagem dos pilares utilizou-se a composição pronta, apresentada na SINAPI, e para a concretagem de vigas e lajes, foi necessário a montagem da composição, conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição criada para concretagem das vigas e lajes

COMPOSIÇÃO	1	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES PREMOLDADAS COM USO DE BOMBA EM EDIFICAÇÃO COM ÁREA MÉDIA DE LAJES MENOR OU IGUAL A 20 M ² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015	M3	COEFICIENTE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
INSUMO	1527	CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C25, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 100 +/- 20 MM, INCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)	M3	1,103	407,67	449,66
COMPOSIÇÃO	88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,112	21,31	2,38
COMPOSIÇÃO	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,67	21,53	14,42
COMPOSIÇÃO	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,744	17,76	13,21
COMPOSIÇÃO	90586	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV - CHP DIURNO. AF_06/2015	CHP	0,079	1,93	0,15
COMPOSIÇÃO	90587	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV - CHI DIURNO. AF_06/2015	CHI	0,144	0,41	0,05

Também foi necessário elaborar a composição unitária para as lajes da edificação em concreto armado convencional, pois não há composição pronta para a espessura de laje utilizada. Além disso, o projeto no qual esse trabalho se baseia indica utilização de aço com bitolas diferentes nas lajes, e no modelo de composição de lajes há somente um tipo de bitola, então optou-se por criar a composição de laje pré-moldada sem incluir a armadura (TABELA 2), utilizando para estas, composições de armações encontradas na SINAPI.

Tabela 2 – Composição criada para laje

COMPOSIÇÃO	2	LAJE PRÉ-MOLDADA UNIDIRECIONAL, BIAPOIADA, ENCHIMENTO EM CERÂMICA, VIGOTA TRELICADA ALTURA TOTAL DA LAJE (ENCHIMENTO+CAPA) = (16+4). AF_11/2020	M2	COEFICIENTE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
INSUMO	43351	LAJE PRE-MOLDADA TRELICADA (LAJOTAS + VIGOTAS) COM LAJOTA CERAMICA 20 X 30 X 16 CM (L X C X A) E VIGOTA VTR 12 X 16 CM (L X A), PARA PISO, UNIDIRECIONAL, SOBRECARGA DE 350 KGF/M2, VAO ATE 4,50 M (SEM COLOCACAO)	M2	1,117	61,74	68,96
COMPOSICAO	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,354	17,76	6,28
COMPOSICAO	1	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES PREMOLDADAS COM USO DE BOMBA EM EDIFICAÇÃO COM ÁREA MÉDIA DE LAJES MENOR OU IGUAL A 20 M ² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015	M3	0,044	479,87	21,11

Para as estruturas pré-fabricadas, foi realizada tomada de preço com empresas fornecedoras. Verificou-se que as empresas consultadas comercializam os elementos já incluindo a sua montagem. Para estimar as

parcelas do valor referente à mão de obra, material e equipamento englobadas no valor da metragem orçada pelas empresas, utilizou-se os coeficientes dados pela composição do Caderno Técnico citado no parágrafo anterior, multiplicado pela metragem.

A tomada de preço contemplou 3 empresas de pré-fabricados localizadas nas cidades de Estrela/RS, Cruzeiro/RS e Teutônia/RS, cada qual forneceu o valor de metro cúbico dos pilares e vigas, metro quadrado das lajes, e de cada lance de escadas. As demais etapas da edificação pré-fabricada seguiram as mesmas especificações da moldada *in loco*, sendo assim, se utilizou as mesmas composições unitárias da SINAPI para definição dos custos.

A partir de cada composição foram extraídos os custos totais com mão de obra, materiais e equipamentos necessários para a execução de uma unidade de serviço, não sendo considerados os custos indiretos. Posteriormente, os fatores custo unitário da composição e quantidade de insumo foram multiplicados, obtendo como produto os custos totais referentes a cada serviço.

Ao produto da multiplicação referida, aplicou-se a taxa de BDI (Benefícios e Despesas Indiretas), seguindo o Acórdão 2622/2013 do Tribunal de Contas da União (TCU). De acordo com o TCU (2013), esse percentual deve ser aplicado para determinar o preço final dos serviços. Para definição do BDI, optou-se por utilizar os percentuais da taxa média estabelecida pelo TCU, e a taxa ficou em 22,88%, considerando as alíquotas de impostos para o município de Lajeado/RS, conforme Tabela 3 e Equação 1.

$$BDI = (((1+AC+S+G+R) * (1+DF) * (1+L)) / (1-I)) - 1 \quad BDI = 22,88\% \quad (1)$$

Sendo:

AC - administração central

S + G - seguro e garantia

R - riscos

DF - despesas financeiras

L - lucro

I - tributos (PIS, COFINS, ISS, CPRB)

Tabela 3 – Percentuais adotados para definição do BDI

ITENS		ADOTADO	MÍNIMO	MÉDIO	MÁXIMO
AC	ADM CENTRAL	4,00%	3,00%	4,00%	5,50%
S+G	SEGURO E GARANTIA	0,80%	0,80%	0,80%	1,00%
R	RISCO	1,27%	0,97%	1,27%	1,27%
DF	DESP. FINANCEIRAS	1,23%	0,59%	1,23%	1,39%
L	LUCRO	7,40%	6,16%	7,40%	8,96%
I	IMPOSTOS (sem desoneração)	6,15%			
	PIS	0,65%	Legislação		
	COFINS	3,00%			
	ISSQN	2,50%			
	CPRB	0,00%			

Cronogramas

Para elaboração dos cronogramas de obra das duas edificações, foram consideradas as atividades resumidas anteriormente neste capítulo. O objetivo foi encontrar a diferença de tempo para conclusão dos serviços orçados, quando comparados os dois métodos construtivos.

A definição da duração de cada atividade se deu de duas maneiras: através de entrevista com profissionais, e utilizando coeficientes de produtividades encontrados na SINAPI.

De início foi realizada pesquisa com 3 profissionais da área da construção civil, sendo um Engenheiro Civil, uma Arquiteta e um Mestre de Obras, cada profissional indicou o tempo que as etapas da obra em concreto armado convencional levariam para acontecer, de acordo com as suas experiências. Ao final foi feita uma média simples entre as respostas dos três profissionais, chegando à duração total das atividades. Para a estimativa de tempo de montagem dos elementos pré-fabricados, contatou-se as respectivas empresas que forneceram as pesquisas de preço. A média se procedeu da mesma maneira do concreto armado convencional. Para estimativa de tempo, os profissionais levaram como base 7 operários trabalhando em jornadas de 8 horas diárias, 5 dias por semana.

Após, foi realizado levantamento dos coeficientes de produtividade da mão de obra apresentados na tabela SINAPI. Utilizou-se as mesmas composições analíticas do orçamento, das quais foram extraídas todas as horas necessárias para execução de uma unidade de serviço, sendo multiplicados pela quantidade total exigida por cada atividade da obra. Para a estrutura pré-fabricada, utilizou-se os coeficientes de produtividade apresentados no modelo

de composição do Caderno Técnico de Serviço 003 (CAIXA, 2018), a qual está especificada no subcapítulo 2.1 deste trabalho.

Dentro das composições da SINAPI, os coeficientes de produtividades são separados conforme cada tipo de profissional (pedreiro, armador, entre outros), porém, simplificada, foi considerado que cada operário da obra desempenharia todos os serviços necessários, somando-se todas as horas dadas pelos coeficientes unitários, sem distinção de profissional. O total de horas extraídas foi dividido entre o número total de operários e dividido novamente pelo total de horas trabalhadas por dia.

Após, as informações de tempo foram lançadas no MS Project, onde se dispôs a duração total das atividades ao longo das semanas, a fim de encontrar a provável data de conclusão das atividades.

Resultados e Discussão

Através da tomada de preço realizada com três empresas fornecedoras dos elementos pré-fabricados, aqui denominadas como A, B e C, o m³ dos pilares e vigas foram orçados em R\$ 5.200,00, R\$ 5.000,00 e R\$ 3.355,00; o m² da laje alveolar em R\$ 270,00, R\$ 240,00 e R\$ 350,00; e cada lance de escada em R\$ 13.500,00, R\$ 12.500,00 e R\$ 13.000,00. Esses valores já englobam a montagem da estrutura, com grauteamento, e o deslocamento até o local da obra. Obteve-se como média de orçamento R\$ 4.518,33/m³ dos pilares e vigas, R\$ 286,67/ m² da laje alveolar e R\$ 13.000,00 cada lance de escada.

As edificações em concreto armado convencional e em concreto pré-fabricado apresentaram custos de R\$ 1.162.082,55 e R\$ 1.937.308,41, respectivamente. Considerando a aplicação do BDI, obteve-se o orçamento final de R\$ 1.427.967,04 para a moldada *in loco* (TABELA 4) e R\$ 2.380.564,57 para a pré-fabricada (TABELA 5).

Tabela 4 – Planilha orçamentária concreto armado

Valor total do empreendimento sem BDI		RS	1.162.082,55		
BDI		22,88%	RS	1.427.967,04	
ETAPA		FONTES	CÓDIGO	MÃO DE OBRA	MATERIAL
1 ESTRUTURA	1.1 Pilares	SINAPI	92759/92762/92763/92764/92415/92722	RS 14.323,83	RS 65.933,93
	1.2 Vigas	SINAPI	1/92759/92760 / 92761/92762/92763/92764/92765/92451/	RS 49.080,98	RS 186.068,26
	1.3 Lajes	SINAPI	2/92769/92770 / 92771/92772/92773/92768	RS 21.684,21	RS 139.037,40
	total da unidade			RS 85.089,02	RS 391.039,59
2 ESCADAS		SINAPI	1527/92874/101980/95944/99857/95946	RS 3.956,85	RS 10.096,32
3 ALVENARIAS		SINAPI	87525/87524/93200/93188/93187/93186/93196/93197/98557	RS 83.860,47	RS 97.691,37
4 PAVIMENTAÇÕES	4.1 Piso térreo	SINAPI	96624/97095	RS 1.042,77	RS 18.682,82
	4.2 Impermeabilizações	SINAPI	98557	RS 2.437,11	RS 8.702,01
	4.3 Contrapiso	SINAPI	87620/87735	RS 7.781,59	RS 17.674,45
	total da unidade			RS 11.261,48	RS 45.059,28
5 REVESTIMENTOS	5.1 Cerâmicas	SINAPI	87260/98689/101965/87264	RS 14.624,84	RS 107.797,35
	5.2 Chapisco, emboço/ massa única	SINAPI	87879/87905/87809/87535/87529/	RS 68.558,36	RS 49.056,27
	5.3 Forro em gesso	SINAPI	96113	RS 15.248,26	RS 18.791,95
	5.4 Pinturas	SINAPI	88484/88489/95624	RS 15.784,87	RS 21.894,56
	total da unidade			RS 114.216,33	RS 197.540,12
6 ESQUADRIAS		SINAPI	94569/100674/94572/94569/94805/90821/90822	RS 4.757,43	RS 71.976,92
7 COBERTURA		SINAPI	92543/100368/94210/94227/94231/102706	RS 6.089,17	RS 28.033,38
8 LOUÇAS		SINAPI	86888/95546/100866/86943	RS 1.155,60	RS 10.259,22
TOTAL				RS 310.386,35	RS 851.696,20

Tabela 5 – Planilha orçamentária concreto pré-fabricado

Valor total do empreendimento sem BDI		R\$		1.937.308,41	
BDI		R\$		2.380.564,57	
ETAPA		FONTE	CÓDIGO	MÃO DE OBRA	MATERIAL
1 ESTRUTURA	1.1 Pilares	TOMADA DE PREÇO	-	R\$ 4.051,40	R\$ 266.244,60
	1.2 Vigas	TOMADA DE PREÇO	-	R\$ 3.298,47	R\$ 651.649,53
	1.3 Lajes	TOMADA DE PREÇO	-	R\$ 8.082,22	R\$ 254.081,43
	total da unidade			R\$ 15.432,09	R\$ 1.171.975,56
2 ESCADAS		SINAPI	-	R\$ 118,11	R\$ 77.881,89
3 ALVENARIAS		SINAPI	87525/ 87524/ 93200/ 93188/ 93187/ 93186/ 93196/93197/ 98557	R\$ 83.860,47	R\$ 97.691,37
4 PAVIMENTAÇÕES	4.1 Piso térreo	SINAPI	96624/97095	R\$ 1.042,77	R\$ 18.682,82
	4.2 Impermeabilizações	SINAPI	98557	R\$ 2.437,11	R\$ 8.702,01
	4.3 Contrapiso	SINAPI	87620/87735	R\$ 7.781,59	R\$ 17.674,45
	total da unidade			R\$ 11.261,48	R\$ 45.059,28
5 REVESTIMENTOS	5.1 Cerâmicas	SINAPI	87260/98689/ 101965/ 87264	R\$ 14.624,84	R\$ 107.797,35
	5.2 Chapisco, emboço/ massa única	SINAPI	87879/87905/87809/87535/ 87529/	R\$ 68.558,36	R\$ 49.056,27
	5.3 Forro em gesso	SINAPI	96113	R\$ 15.248,26	R\$ 18.791,95
	5.4 Pinturas	SINAPI	88484/88489/ 95624	R\$ 15.784,87	R\$ 21.894,56
	total da unidade			R\$ 114.216,33	R\$ 197.540,12
6 ESQUADRIAS		SINAPI	94569/100674/94572/ 94569/94805/ 90821/90822	R\$ 4.757,43	R\$ 71.976,92
7 COBERTURA		SINAPI	92543/100368/94210/ 94227/94231/ 102706	R\$ 6.089,17	R\$ 28.033,38
8 LOUÇAS		SINAPI	86888/95546/100866/ 86943	R\$ 1.155,60	R\$ 10.259,22
TOTAL			R\$ 236.890,67	R\$ 1.700.417,74	

Conforme pode ser observado nas Tabelas 4 e 5, a estrutura (pilares, vigas e lajes) e escadas representaram 42% do total orçado para a edificação em concreto armado convencional e 65% da pré-fabricada. Entre os demais serviços orçados, os revestimentos representaram maior custo, totalizando 26,8% do orçamento da edificação moldada *in loco* e 16% da pré-fabricada. As representações gráficas dos valores orçados em cada etapa das obras em

concreto convencional e em concreto pré-fabricado, podem ser observados nas Figuras 3 e 4, respectivamente.

Figura 3 – Valor orçado para as etapas da obra moldada *in loco*

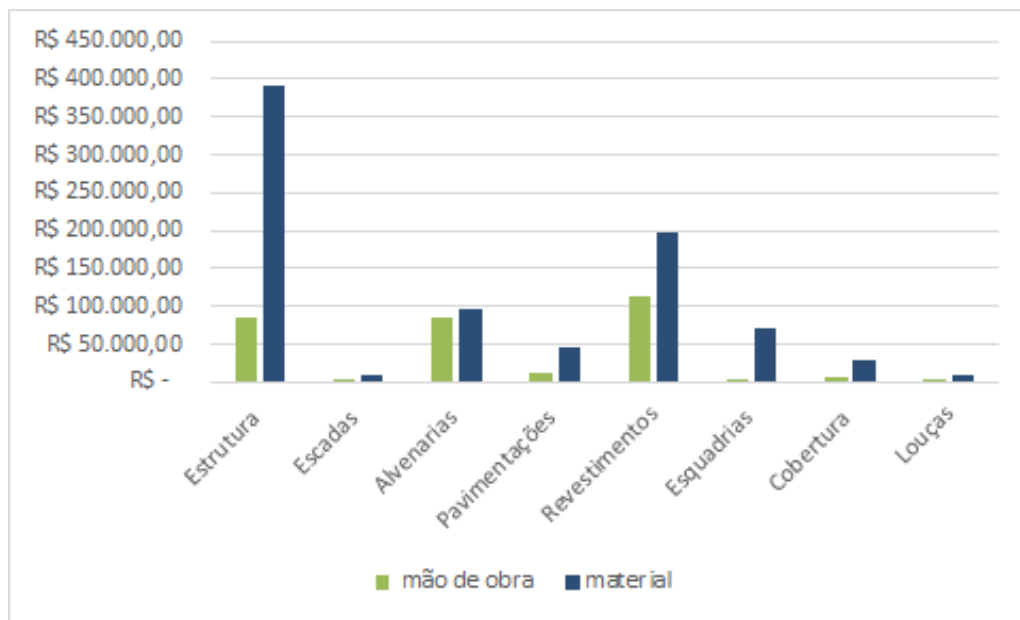
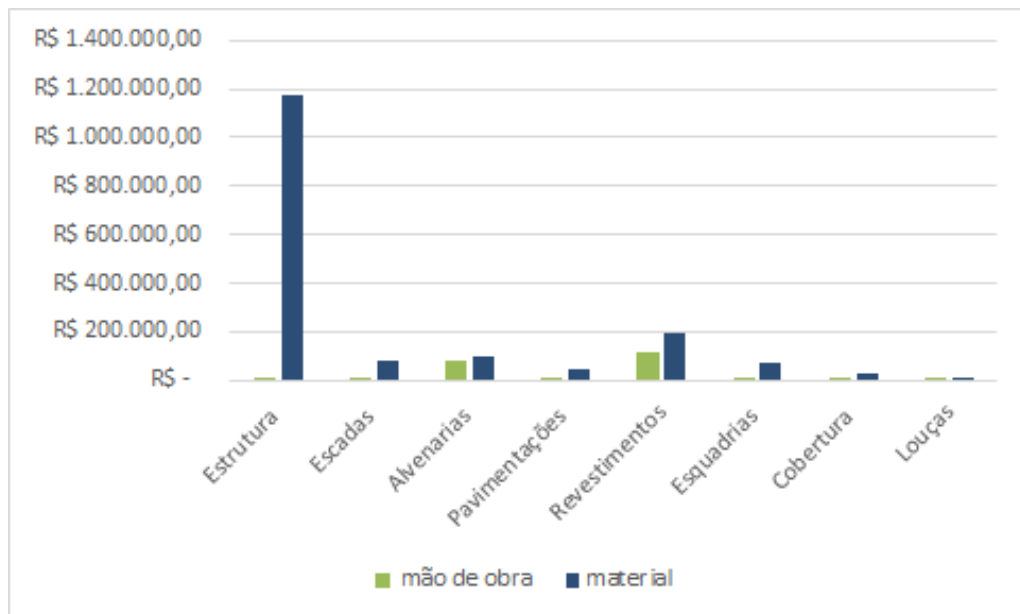


Figura 4 – Valor orçado para as etapas da obra pré-fabricada



A edificação pré-fabricada apresentou custo aproximadamente 67% maior do que a moldada *in loco*, percentual que corresponde a R\$ 775.225,87. Deste total, os pilares, vigas e lajes equivalem a R\$ 711.279,04, e escadas a R\$ 63.946,83.

Na edificação em concreto armado, a diferença entre o total gasto com os pilares, vigas e lajes em relação às demais etapas da obra podem ser consideradas pequenas, quando comparado ao concreto pré-fabricado, onde o valor da estrutura, principalmente das vigas, ficou muito acima do valor orçado para as demais etapas. Outra diferença significativa foi a mão de obra, que na edificação moldada *in loco* representou 26,67% do total orçado, enquanto na pré-fabricada, esse percentual foi de 12,28%.

Em relação aos tempos demandados na execução de cada atividade das edificações, obteve-se os resultados apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Duração das atividades por pesquisa

DIAS DE SERVIÇO - PESQUISA			
		CONCRETO ARMADO	PRÉ-FABRICADO
1 ESTRUTURA	1.1 Pilares	17,67	25
	1.2 Vigas	32,33	
	1.3 Lajes	19,3	
	TOTAL	69,3	
2 ESCADAS		6,7	
3 ALVENARIAS		95	95
4 PAVIMENTAÇÕES	4.1 Piso térreo	2,33	2,33
	4.2 Impermeabilizações	3	3
	4.3 Contrapiso	9,67	9,67
	TOTAL	15	15
5 REVESTIMENTOS	5.1 Cerâmicas	19,33	19,33
	5.2 Chapisco, emboço/ massa única	73,33	73,33
	5.3 Forro em gesso	16,67	16,67
	5.4 Pinturas	26,67	26,67
	TOTAL	136	136
6 ESQUADRIAS		7,33	7,33
7 COBERTURA		6,67	6,67
8 LOUÇAS		3	3
TOTAL GERAL		339	263

O método de pesquisa com profissionais, resultou em 51 dias de diferença, sendo que a edificação moldada *in loco* apresentou 339 dias e a pré-fabricada 288 dias trabalhados. A edificação pré-fabricada tem pilares, vigas, lajes e escadas montados ao mesmo tempo, começando pelos fundos do terreno.

Durante a pesquisa pode ser observado que os profissionais se sentiram inseguros em indicar um tempo exato de duração de atividades, visto que dependendo da agilidade dos operários que trabalham em uma obra, os tempos podem ter variações consideráveis.

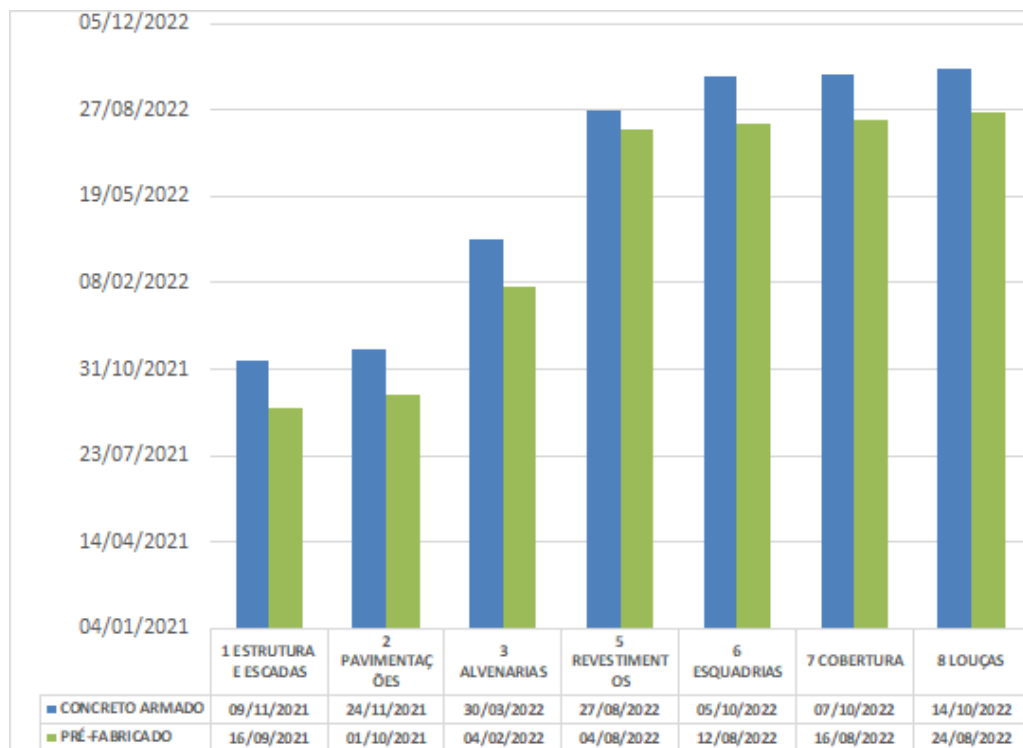
Utilizando o método de análise dos coeficientes de produtividades da SINAPI, obteve-se o total de 16411,98 horas para a edificação moldada *in loco* e 14297,56 horas para a pré-fabricada. Uma diferença de 2114,42 horas trabalhadas. Quando considerado uma equipe de 7 operários trabalhando 8 horas diárias, a obra pré-fabricada ficaria pronta em 255,3 dias e a moldada *in loco* em 293,1 dias, resultando uma diferença de 37,8 dias de trabalho. Independentemente da qualificação funcionários, o que se observa é que a obra moldada *in loco* demanda um tempo superior de horas trabalhadas, como era esperado.

Quando comparados os dois métodos, se observa que os coeficientes de produtividades da SINAPI indicaram um tempo de obra menor do que por meio da pesquisa com profissionais, com diferença de 45,9 dias para a edificação em concreto armado e 32,7 dias para a pré-fabricada. É provável que isso se deva ao fato de que para definição dos coeficientes, a SINAPI desconsidera o tempo ocioso dos operários em obra, conforme indicado no livro SINAPI - Metodologias e Conceitos (CAIXA, 2020), enquanto os profissionais entrevistados estimaram os tempos baseados em suas experiências, sem considerar o tempo ocioso dos trabalhadores.

Além disso, os coeficientes dados pela SINAPI, são resultados de pesquisas em campo, com observações diárias e coleta de grande quantidade de dados, o que torna os coeficientes bem próximos da realidade (CAIXA, 2020). Sendo assim, para prosseguir com as demonstrações gráficas, se optou por utilizar somente os resultados obtidos pela SINAPI.

Os resultados obtidos pela SINAPI foram lançados no MS Project, em forma de Estrutura Analítica de Projeto (EAP), distribuindo o tempo total das atividades ao longo das semanas e desconsiderando sábados e domingos. Para fins de demonstrações gráficas, se considerou o início da obra em 24 de agosto de 2021. Obteve-se como término das atividades da edificação em concreto armado a data de 14 de outubro de 2022 e a pré-fabricada em 24 de agosto de 2022. A Figura 7 traz um comparativo entre as datas de término das atividades ao longo do tempo.

Figura 7 – Comparativo entre o término das atividades



Sabe-se que na prática é comum mais de uma atividade de obra acontecer ao mesmo tempo, porém, foi considerado uma atividade por vez, com o total de operários trabalhando. Entende-se que independente da maneira que a divisão de atividades é realizada, a data final da obra seria a mesma, visto que caso se dividisse os funcionários entre as tarefas, as mesmas demorariam mais tempo para serem concluídas.

As atividades que apresentavam suas durações expressas com casas decimais foram arredondadas em unidades, utilizando o número acima ou abaixo mais próximo. Foi considerado que a equipe trabalharia de segundas às sextas feiras, sem pausa em dias de feriado. Isso não traria diferença significativa entre as comparações dos cronogramas.

Considerações finais

Utilizando os projetos desenvolvidos por Schneider (2020), foi possível executar a análise comparativa entre custos e tempo de conclusão das edificações em concreto armado convencional e em pré-fabricado de concreto. Utilizou-se como base para orçamentos a tabela SINAPI sem desoneração e o mês de agosto de 2021, além da cotação de preços de mercado para os elementos pré-fabricados, obtendo-se os orçamentos das duas edificações. Através dos

métodos de pesquisa com profissionais e dos coeficientes de produtividades dados pela SINAPI, pode-se encontrar o tempo total que as atividades de cada edificação levariam para ficar prontas.

Obteve-se como orçamento final da edificação moldada *in loco* o valor de R\$ 1.427.967,04 e para a pré-fabricada o valor de R\$ 2.380.564,574, considerando o BDI de 22,88%. A estrutura e as escadas representaram 42% do total orçado para a edificação em concreto armado convencional e 65% da pré-fabricada. Entre os demais serviços orçados, os revestimentos representaram maior custo, totalizando 26,8% do orçamento da edificação moldada *in loco* e 16% da pré-fabricada

O tempo de conclusão das atividades pelo método da pesquisa com profissionais, apontou duração de 339 dias para a moldada *in loco* e 288 dias para a pré-fabricada, enquanto o método dos coeficientes de produtividade resultou em duração de 293,1 e 255,3 dias respectivamente. A diferença entre dias trabalhados ficou em 51 dias utilizando o método de pesquisa com profissionais e 37,8 dias utilizando o método dos coeficientes de produtividades da SINAPI.

Independentemente do método utilizado, observou-se que a edificação moldada *in loco* demanda um tempo de execução maior, enquanto a pré-fabricada tem uma maior agilidade de construção. Em contrapartida, o empreendimento em concreto armado convencional se mostrou ser mais viável economicamente, ficando 67% mais barato do que a edificação pré-fabricada.

Se o total da diferença entre os orçamento fosse dividido entre as salas comerciais, conforme suas metragens quadradas, teria que ser desembolsado entre R\$ 34.000,00 e R\$ 39.000,00 a mais para cada sala localizada entre o 2º e 4º pavimento, e R\$ 146.685,00 a mais para a sala com área maior, localizada no térreo.

Portanto, no caso da edificação estudada neste trabalho, pode se considerar que a escolha pelo método do concreto pré-fabricado só seria viável caso as salas fossem ocupadas por algum tipo de negócio lucrativo, que compensasse o alto investimento, caso contrário a melhor opção seria a estrutura moldada *in loco*.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8545**: execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos. Rio de Janeiro: ABNT 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13753**: revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - procedimento. Rio de Janeiro: ABNT 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931**: execução de estruturas de concreto. Rio de Janeiro: ABNT 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13245**: tintas para construção civil — execução de pinturas em edificações não industriais — preparação de superfície. Rio de Janeiro: ABNT 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14081-1**: argamassa colante para assentamento de placas cerâmicas-requisitos. Rio de Janeiro: ABNT 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529**: revestimentos de paredes e tetos de argamassa inorgânica. Rio de Janeiro, ABNT 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16382**: placas de gesso para forro. Rio de Janeiro: ABNT 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9574**: execução de impermeabilizações. Rio de Janeiro: ABNT 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050**: acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2020.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. Acórdão 2622. **Valores do BDI por tipo de obra**. Relator: Marcos Bemquerer Costa. Distrito Federal, 2013.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL – CEF. SINAPI: **Metodologias e Conceitos**. 2020. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-manual-de-metodologias-e-conceitos/Livro1_SINAPI_Metodologias_e_Conceitos_8_Edicao.pdf>. Acesso em: 05 out. 2021.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL – CEF. SINAPI: **Cadernos técnicos de composições representativas**. 2017. Disponível em <https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-composicoes-afetadas-lote1-habitacao-fundacoes-estruturas/SINAPI_CT_LOTE1_COMPOSICOES_REPRESENTATIVAS_v009.pdf>. Acesso em 06 out. 2021.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL – CEF. SINAPI: **Cadernos técnicos de composições representativas para pré-moldados**. 2018. Disponível em <https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-composicoes-afetadas-lote1-habitacao-fundacoes-estruturas/SINAPI_LOTE1_CT_PRE_MOLDADOS_V003.pdf> Acesso em 06 out. 2021.

LIMA, Jorge Luiz Patriota. **Custos da construção civil**. 2000. 122 f. Dissertação (Mestrado em Produção Civil) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2000.

SCHNEIDER, Kallís. **Análise comparativa do projeto estrutural de uma edificação de quatro pavimentos nos sistemas de concreto moldado in loco e pré - fabricado**. Lajeado, 2020. 53 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade do Vale do Taquari.

SILVA, Marize Santos Teixeira Carvalho. **Planejamento e controle de obras.** Salvador, 2011. 98 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal da Bahia. Disponível em < [http://www.gpsustentavel.ufba.br/downloads/Planejamento%20e%20Controle%20de %20Obras%20-%20Marize%20Silva.pdf](http://www.gpsustentavel.ufba.br/downloads/Planejamento%20e%20Controle%20de%20Obras%20-%20Marize%20Silva.pdf) > Acesso em: 20 mai. 2021.