

MÉTODOS EXECUTIVOS MODULARES: IMPACTO NO PLANEJAMENTO DE OBRAS VERTICAIS

Autor(es): Marco Antônio de Oliveira Barbosa Souza¹, Matheus Fernandes Andrade²

Orientador: Dr. Luiz Álvaro de Oliveira Júnior³

¹Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil, marcoosouzaaa@gmail.com

²Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil, matheus.fernandes.2423@gmail.com

³Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil, alvarojunior@pucgoias.edu.br

RESUMO: O presente trabalho propõe uma análise comparativa entre métodos construtivos tradicionais (estrutura moldada no local e alvenaria convencional) e soluções modularizadas (estrutura pré-moldada e gesso acartonado) aplicadas em um edifício residencial multifamiliar. A metodologia adotada inclui o levantamento orçamentário, análise de produtividade por profissional e impactos no cronograma dos serviços de estrutura de concreto e alvenarias/vedações. Os resultados demonstraram que a adoção do sistema pré-moldado proporcionou redução de até 18,76% nos custos com estrutura e encurtamento do prazo em 53 dias. Já o uso do *gesso acartonado* permitiu economia direta superior a R\$ 1,2 milhão e ganhos expressivos de produtividade na execução do sistema de vedação vertical. Conclui-se que a modularização é tecnicamente viável e economicamente vantajosa, sobretudo em empreendimentos com alta repetitividade, reafirmando seu papel como solução estratégica para melhorar o desempenho da construção civil no Brasil.

Palavras chaves: *sistemas modulares, produtividade, custo, pré-moldado.*

ABSTRACT: *This study presents a comparative analysis between traditional construction methods (cast-in-place concrete and conventional masonry) and modularized solutions (precast concrete and drywall) applied to a multifamily residential building. The methodology includes budget assessment, productivity analysis per worker, and impacts on the construction schedule for concrete structure and masonry/partitioning services. Results showed that adopting precast systems reduced structural costs by up to 18.76% and shortened the schedule by 53 days. Meanwhile, drywall implementation provided direct savings exceeding R\$ 1.2 million and significant productivity gains in ceiling system execution. The study concludes that modularization is technically feasible and economically advantageous, especially in highly repetitive projects, reinforcing its role as a strategic solution to enhance the performance of the construction sector in Brazil.*

Keywords: *modular systems, productivity, cost, drywall.*

1. Introdução

A construção modular tem ganhado destaque no setor da construção civil por representar uma alternativa eficiente e sustentável em relação aos sistemas tradicionais, como a alvenaria (SIENGE, 2023), representando uma importante estratégia de industrialização da construção, que nada mais é que o emprego de técnicas industriais na produção/execução de componentes e sistemas. De acordo com El Debs (2017), a racionalização refere-se à melhoria dos processos construtivos por meio da padronização, da redução de etapas ineficientes no canteiro de obras, da maior previsibilidade de prazos e qualidade, e da otimização de recursos humanos e materiais.

A técnica da pré-moldagem, um sistema construtivo derivado da industrialização, não tem uma origem exata (VASCONCELOS, 2002), mas consolidou-se entre o final do século XIX e a Segunda Guerra Mundial, impulsionada pela necessidade de reconstrução em larga escala (EL DEBS, 2017; ORDÓÑEZ, 1974; FIB, 2002). Seus primeiros registros de uso em concreto datam de 1892, na França (NEUFERT, 2020).

De acordo com El Debs (2017), o método de construção com elementos pré-moldados baseia-se na produção de elementos estruturais de concreto fora da sua posição definitiva na obra, ou seja, os componentes são moldados em local diferente daquele onde serão utilizados e posteriormente transportados e montados no canteiro.

Conforme a norma NBR 9062 (ABNT, 2017), estruturas de concreto pré-moldado são compostas por elementos moldados fora de sua posição definitiva na obra, com controle tecnológico adequado durante sua fabricação. Isso significa que os componentes estruturais são produzidos previamente, em ambiente com algum nível de controle, seja em fábrica ou em canteiro, e posteriormente transportados e montados no local definitivo de utilização. A norma ressalta que, para que um elemento seja considerado pré-fabricado, não basta apenas sua moldagem fora do local de uso; é necessário que ele atenda a critérios específicos de controle de qualidade em relação aos materiais, à moldagem, à cura e à desmoldagem.

Essa abordagem visa garantir maior precisão, durabilidade e confiabilidade das estruturas. Esse tipo de pré-moldado pode ou não atingir o nível de pré-fabricado, segundo o critério da NBR 9062 (ABNT, 2017) relacionado com o controle de qualidade (EL DEBS, 2017, p. 29). Portanto, o cumprimento dos requisitos estabelecidos pela NBR

9062 é fundamental para a correta classificação e desempenho das estruturas de concreto pré-moldado.

Segundo o Sebrae (2023), a construção modular caracteriza-se por ser composta por partes previamente produzidas em ambiente industrial e que serão apenas montadas no canteiro de obras, já no local definitivo de utilização. Nesse sentido, as técnicas da construção modular se alinham bem com a técnica da pré-moldagem. Essa abordagem proporciona maior controle de qualidade, menor geração de resíduos e uma significativa redução nos prazos de execução, pois permite a execução simultânea de serviços que, na forma convencional de construir, seriam executados em sequência, podendo ser aplicada a outros sistemas da edificação, desde a etapa de fundação do edifício, como elementos estruturais, e sistemas de vedação e revestimento de forro.

Enquanto a construção pelos métodos tradicionais pode levar meses ou até anos, a construção modular reduz significativamente o tempo de obra para semanas, devido à produção em ambiente controlado, minimizando interferências climáticas (SIENGE, 2023). No entanto, exige planejamento rigoroso, especialmente em edifícios verticais, que enfrentam desafios como logística, coordenação entre etapas e integração de módulos com estruturas locais (KAMALI; HEWAGE, 2016). Ainda há lacunas na literatura sobre estratégias de planejamento otimizado, necessitando analisar os impactos dessa metodologia e propor soluções para as dificuldades executivas.

A execução de obras em Goiânia enfrenta desafios como escassez de mão de obra qualificada, com déficit estimado em 10 mil profissionais (SINDUSCON-GO, 2022), falhas de planejamento e comunicação, que geram atrasos e retrabalhos (SILVA; LIMA, 2019), além de paralisações frequentes em obras públicas devido a sobrepreços e projetos mal elaborados (CBIC, 2023). Outro problema é a baixa adoção de práticas modernas como o *Lean Construction*, evidenciando a necessidade de modernização do setor (COSTA, 2021).

Os objetivos deste trabalho consistem em analisar índices de produtividade, composição de custo da estrutura e do sistema de vedação vertical e prazos de execução para avaliar a viabilidade financeira da modularização desses dois sistemas. O trabalho se justifica pela necessidade de investigar as implicações práticas da modularização de

sistemas e elementos da edificação visando a racionalização, já que a modularização vem se mostrando uma tendência no setor de construção.

2. Referencial teórico

O método construtivo modular tem se destacado como uma das principais inovações na engenharia civil contemporânea, especialmente no âmbito de obras verticais, caracterizado pela fabricação seriada e sob rígido controle de qualidade de módulos padronizados, que são montados como blocos, em uma estrutura final. Esses módulos podem ser desde estruturas volumétricas até componentes específicos, tais como pilares, vigas, paredes, lajes e alguns elementos de fundação. Esta revisão bibliográfica apresenta uma análise crítica dos trabalhos encontrados sobre o tema, com foco nos impactos dessa metodologia nos processos de planejamento construtivo.

A construção modular destaca-se pela eficiência, com redução comprovada no tempo de construção. Estudos como o de Jaillon e Poon (2014) em Hong Kong mostram uma diminuição média de 30% no cronograma, graças à fabricação *off-site* paralela à preparação do terreno. Casos práticos, como o edifício *The Stack* em Nova York, reforçam essa vantagem, sendo concluído 40% mais rápido que métodos tradicionais (Smith, 2020).

Figura 1: Edifício *The Stack*, Nova York.



Fonte: GLUCK+ (2014)

Além da agilidade na construção, a qualidade construtiva apresenta melhoria substancial, com redução de até 60% em defeitos, conforme apontam Kamali e Hewage (2016), atribuindo esse resultado ao rigoroso controle de qualidade possível em ambientes fabris. Dados do *Modular Building Institute* (2021) revelam que, em uma análise de 15 projetos, houve redução média de 20% nos custos totais, graças à diminuição de desperdícios de materiais e maior eficiência logística. Um exemplo emblemático é o hotel *Marina Bay Sands* em Singapura (Figura 2), que economizou aproximadamente US\$ 50.000.000,00 ao optar pela modularização dos quartos (Lee, 2019). Esses números destacam o potencial da técnica para otimizar investimentos em projetos de grande porte.

Figura 2: Hotel *Marina Bay Sands*, Singapura



Fonte: *Marina Bay Sands* (2025)

A sustentabilidade constitui outro benefício relevante da construção modular. Pesquisas da Universidade de *Cambridge* (2020) indicam que esse método pode gerar até 90% menos resíduos em comparação com técnicas tradicionais. O edifício *Brock Commons Tallwood House* no Canadá (Figura 3) ilustra essa vantagem: sua estrutura modular em madeira permitiu reduzir as emissões de CO₂ em 30% (*Green Building Council*, 2021). Esses resultados alinham-se às demandas contemporâneas por práticas construtivas mais sustentáveis.

Figura 3: Edifício *Brock Commons Tallwood House*, Vancouver, Canadá.



Fonte: Archdaily (2017)

No que diz respeito à qualidade e segurança, a construção modular também apresenta desempenho superior. Relatório da *Health and Safety Executive* (2022) do Reino Unido aponta que obras modulares registram 50% menos acidentes, graças ao ambiente controlado da fabricação. O projeto *CitizenM Bowery* em Nova York exemplifica esse benefício, tendo registrado zero acidentes graves durante a montagem (*Modular Building Institute*, 2022). Essa característica é particularmente relevante em contextos urbanos complexos, nos quais a segurança nos canteiros de obra é prioritária.

A escalabilidade da construção modular tem permitido sua aplicação bem-sucedida em projetos de alta complexidade. Goulding *et al.* (2015) destacam que a técnica oferece maior precisão no desenvolvimento de estruturas sofisticadas, como hospitais e arranha-céus. O 461 *Dean Street* em Nova York (Figura 4), considerado o maior edifício modular residencial do mundo com seus 32 andares, foi entregue seis meses antes do prazo previsto (Forbes, 2020), demonstrando a viabilidade do método mesmo em escalas ambiciosas.

Entretanto, a implementação de métodos modulares em obras verticais enfrenta desafios consideráveis. A logística de transporte e armazenamento de módulos em canteiros urbanos, frequentemente limitados, representa um dos principais obstáculos, podendo elevar os custos no orçamento total. A coordenação entre as diversas etapas do processo exige maior integração entre projetistas, fabricantes e equipes de montagem, com destaque para a utilização de tecnologias como o *Building Information Modeling*

(BIM) em quatro dimensões para otimizar o sequenciamento das atividades (LU *et al.*, 2021).

Figura 4: 461 *Dean Street*, Nova York.



Fonte: 461 *Dean* (2025)

As barreiras regulatórias também se apresentam como entraves relevantes, especialmente em países em desenvolvimento como o Brasil, onde a ausência de normas específicas e a inadequação das regulamentações tradicionais dificultam a plena adoção da construção modular para edifícios de grande altura (SANTOS; FERNANDES, 2023).

As tendências mais recentes apontam para a incorporação de tecnologias disruptivas no processo modular. O uso combinado de BIM com as plataformas de gerenciamento de projetos permite o rastreamento em tempo real dos módulos. Paralelamente, o desenvolvimento de materiais mais leves, como os compósitos de fibra de carbono, promete revolucionar os aspectos logísticos bem como os aspectos estruturais, já que os materiais compósitos apresentam comportamento estrutural superior ao de elementos análogos produzidos com materiais convencionais.

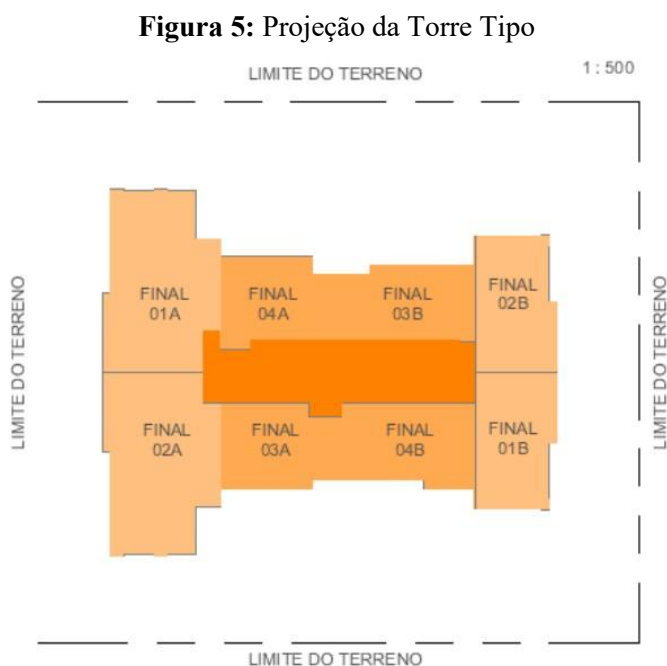
3. Materiais e Métodos

Neste trabalho foram obtidos junto a uma construtora os índices de produtividade, que serão analisados por meio de métricas estabelecidas pela própria construtora como referência, identificando os principais fatores que os afetam, seja positivamente ou não.

A geração de resíduos também será considerada, com enfoque nos impactos ambientais e econômicos.

3.1. Descrição do empreendimento

O empreendimento abordado é um edifício residencial de médio-alto padrão, com 32 pavimentos, 34 lajes e 2 subsolos. Os sistemas construtivos adotados incluem fundação em bloco de coroamento sobre estacas hélice contínua, estrutura em concreto armado, vedação em alvenaria convencional com blocos cerâmicos e de concreto, e forro em sistema de *gesso acartonado* (gesso cartonado). A área equivalente do empreendimento é de 31.151,06 m², enquanto a área construída totaliza 32.812,92 m². O edifício conta com 8 apartamentos por andar, com áreas variando de 68 m² a 162 m² em diferentes configurações de planta, conforme Figura 5.



Fonte: Autores (2025)

A obra teve seu início em junho de 2023 e está atualmente em andamento, com os serviços de obra bruta (alvenaria, contrapiso e reboco) em fase de finalização. Até o momento, o avanço físico registrado é de 49,08%. A previsão de conclusão está programada para abril de 2026, totalizando 34 meses desde o início da construção do empreendimento.

O empreendimento enfrentou problemas na execução da fundação devido às estacas de diâmetro elevado, ao terreno com solo bastante rígido e à escassez de equipamentos

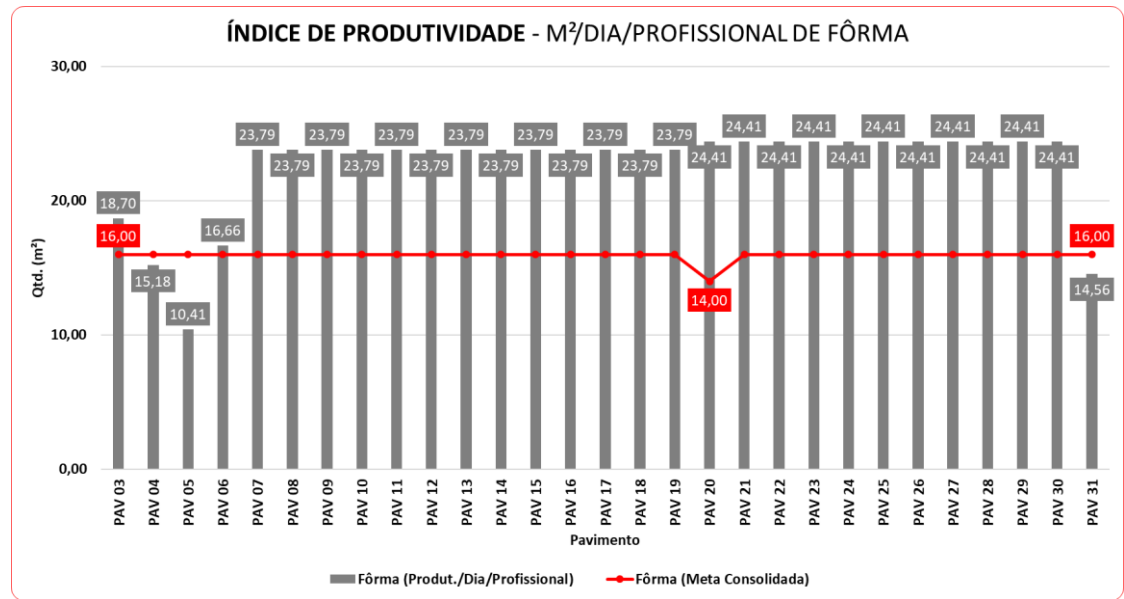
que atendessem às condições de execução no período da obra. Esse contexto resultou em um atraso de 90 dias no cronograma de evolução física. Diante dessa situação, observou-se a necessidade de desenvolver um estudo para análise da viabilidade de sistemas construtivos modulares em canteiros de obras verticais na cidade de Goiânia, visando otimizar os prazos para execução dos serviços e seus caminhos críticos.

As condições analisadas incluíram: volume de serviço; possibilidade de modularização; índice de produtividade; geração de resíduos e disponibilidade de mão de obra especializada.

3.1.1. Índices de produtividade da estrutura da obra em estudo

Os índices de produtividade média consolidada foram fornecidos pela construtora. A produtividade média da montagem de fôrmas do empreendimento em estudo foi de 21,07 m²/dia por profissional (superior à meta de 16 m²/dia), conforme (Figura 6), enquanto a armação de lajes atingiu 290,2 kg/dia (Figura 7), embora com alta variabilidade (ADORNO, 2021; MASSARO, 2019). Importante destacar ainda que a mão de obra envolvida em todas as etapas da produção das estruturas de concreto armado, exceto o lançamento de concreto, era da própria construtora. O lançamento do concreto foi realizado pela equipe da própria fornecedora de concreto.

Figura 6: Índice de produtividade de montagem de fôrma para estrutura.

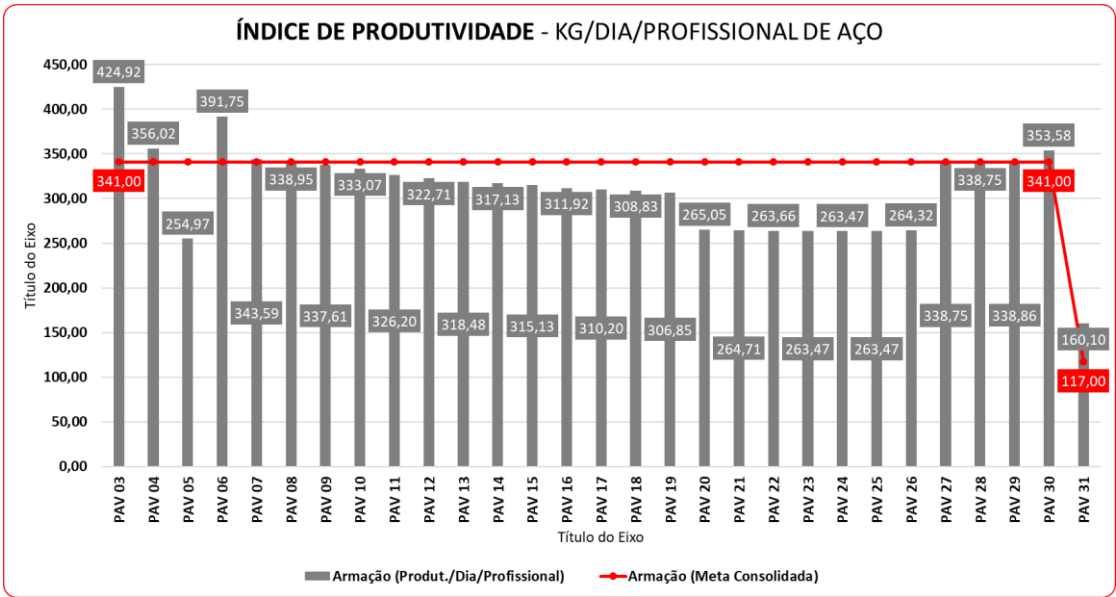


Fonte: Autores (2025)

Da Figura 6 encontram-se índices de produtividade média consolidada de 21,07 m²/dia por profissional ao longo dos 29 pavimentos (colunas cinza); com meta estimada de 16 m²/dia por profissional (linha em vermelho), sendo a meta superada para a maioria dos pavimentos. Houve redução de produtividade nos pavimentos com mais interferências.

A quantidade de armaduras empregadas em estruturas moldadas no local foi, em geral, superior, devido à necessidade de resistir aos esforços durante a concretagem no próprio canteiro. Já no sistema pré-moldado, a racionalização dos elementos permitiu um controle maior da armadura, com menos perdas por sobras ou imprecisões. A montagem de armaduras no local é mais suscetível a erros de posicionamento, enquanto no pré-moldado a qualidade da armadura é padronizada (ADORNO, 2021; MASSARO, 2019).

Figura 7: Índice de produtividade de armação de aço das lajes.



Fonte: Autores (2025)

Da Figura 7 encontram-se índices de produtividade média consolidada de 290,20 kg/dia por profissional ao longo das 29 lajes (colunas cinza); com meta prevista de 341 kg/dia por profissional (linha em vermelho) e alta variabilidade, com produtividade mínima de 117 kg/dia.

Figura 8: Etapa de estrutura de concreto armado na máscara orçamentária do empreendimento.

ORÇAMENTO ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO MOLDADA NO LOCAL		
Descrição	Total (R\$)	Perc. (%)
GRUA COM OPERADOR	405.985,00	0,47%
ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO	16.853.482,10	19,44%
FÔRMAS	5.805.264,77	6,70%
ARMADURAS	5.493.532,38	6,34%
CONCRETO USINADO	5.554.684,94	6,41%
Manta p/ Cura de Laje	40.320,00	0,05%
Concreto Bombeavel Fck 45 MPA, brita 0, slump 12+-2	1.157.193,76	1,33%
Concreto Bombeavel Fck 40 Mpa, brita 0 e 1, Slump 14+-2	959.504,00	1,11%
Concreto Bombeavel Fck 35 MPA, brita 1, slump 16+-2	1.025.921,52	1,18%
Concreto Bombeavel Fck 30 MPA, brita 1, slump 16+-2	1.630.089,52	1,88%
Lançamento de Concreto Piso Vassourado	314.211,20	0,36%
Lançamentos de Concreto Pilar	136.080,00	0,16%
Lixamento a Seco	169.646,40	0,20%
Recuperação de Teto de Garagem e Escadas	59.386,13	0,07%
Controle Tecnológico de Concreto	54.772,40	0,06%
Ensaio de Modulo de Elasticidade	7.560,00	0,01%
	17.259.467,10	19,90%

Fonte: Autores (2025)

De acordo com o levantamento orçamentário da estrutura de concreto armado moldada *no local* (Figura 8), o custo total da etapa alcançou R\$ 17.259.467,10, representando 19,90% do custo global da obra. A maior parcela desse montante está associada às armaduras (Figura 7), que totalizam aproximadamente R\$ 5.493.532,38 (6,34%), considerando o corte, dobra e montagem de aço. A segunda maior rubrica refere-se às formas, com destaque para a mão de obra e escoramento metálico, que somam R\$ 5.805.264,77 (6,70%) (Figura 6).

O custo com concreto usinado também se mostra relevante, com R\$ 5.554.684,94 (6,41%), abrangendo diferentes resistências e lançamentos específicos, como pisos e vassourado. O orçamento revela ainda valores significativos para etapas acessórias como recuperação de teto e escadas (R\$ 169.646,40) e controle tecnológico (R\$ 54.772,40),

indicando a complexidade técnica envolvida na execução do sistema moldado no local. Esses dados reforçam a necessidade de uma gestão integrada de custos e planejamento, especialmente em sistemas tradicionais, cuja execução envolve múltiplas frentes de trabalho e etapas simultâneas.

A Tabela 1 apresenta a comparação orçamentária entre a estrutura moldada no local e o sistema pré-moldado. Observa-se uma redução estimada de 18,76% no custo total da estrutura ao adotar a solução pré-fabricada, com destaque para os itens de formas e escoramentos, que apresentam economia superior a 30%, e armaduras, com redução de mais de 20%, reflexo da maior racionalização do projeto estrutural.

Tabela 1: Comparativo - Estrutura de Concreto Armado: Moldada no local vs. Pré-Moldada.

Categoria	Moldada no local (R\$)	Pré-Moldada (R\$)*	Variação (%)
Formas e Escoramentos	5.805.265	3.950.000	-31,96%
Armaduras (Corte, dobra, montagem)	5.493.532	4.250.000	-22,62%
Concreto Usinado	5.554.685	4.700.000	-15,40%
Mão de obra geral e montagem	405.985	920.000	126,64%
Serviços técnicos e controle	167.079	200.000	19,73%
Total estimado	17.259.467	14.020.000	-18,76%

*Considera valores médios para fabricação dos componentes e elementos estruturais. (MOLD Estruturas, 2025; Silveira *et al.*, 2024; Nardi, 2016; Massaro, 2019).

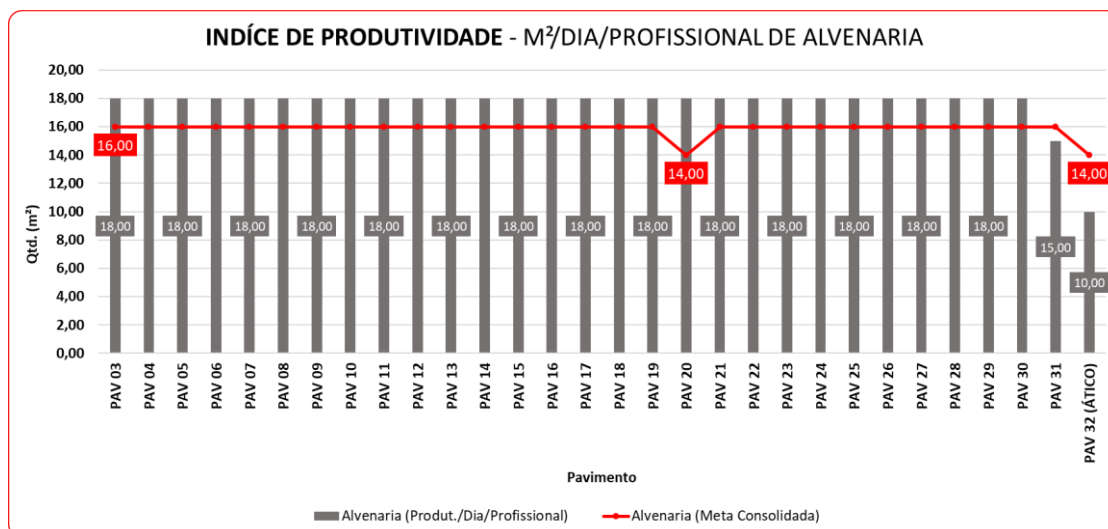
Fonte: Autores (2025).

Por outro lado, os custos com mão de obra especializada para montagem e içamento são mais elevados no sistema pré-moldado, além de maior demanda por controle técnico e logística. Mesmo assim, o pré-moldado apresenta melhor desempenho financeiro global, especialmente em empreendimentos que se beneficiam de execução repetitiva e industrializada, como galpões, supermercados e centros logísticos.

3.1.2. Índices de produtividade da alvenaria da obra em estudo

Dados obtidos a partir do acompanhamento entre os pavimentos 3 e 32 apontam diferenças significativas entre os dois sistemas de vedação: o sistema de *gesso acartonado* proporcionou uma redução de R\$ 1.219.763,82 em custos diretos com paredes e vedações; a produtividade por profissional (mão de obra terceirizada) foi mais do que o dobro do desempenho da alvenaria convencional; a variabilidade de produção foi muito menor no sistema industrializado, refletindo maior estabilidade no planejamento e na execução (SILVA *et al.*, 2020; GONÇALVES *et al.*, 2018).

Figura 9: Índice de produtividade de elevação de alvenaria pelo método convencional.

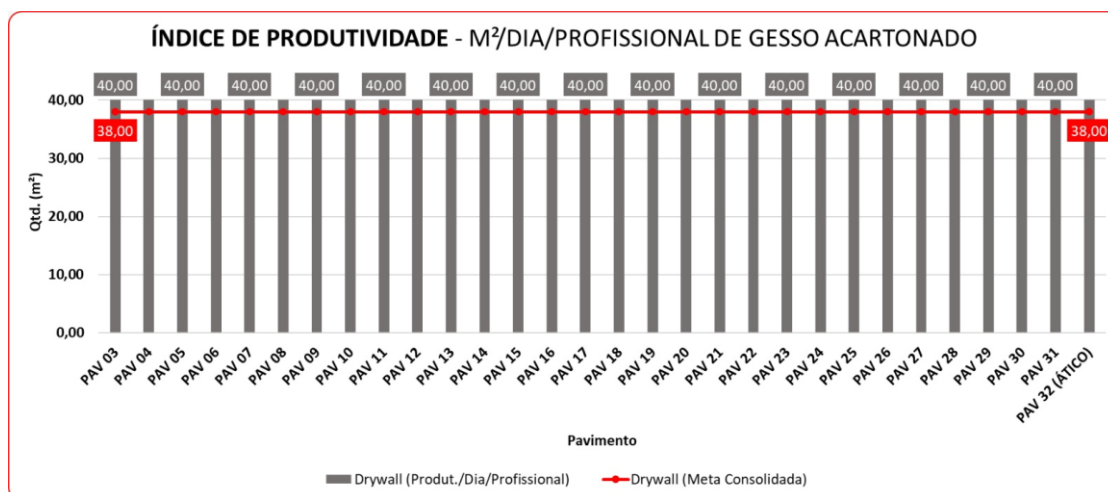


Fonte: Autores (2025)

Da Figura 9 encontram-se índices de produtividade média consolidada de 18 m²/dia por profissional (colunas cinza); meta prevista de 16 m²/dia (linha vermelha) e embora tenha superado a meta em grande parte dos pavimentos, houve quedas expressivas nos níveis superiores, com destaque para o ático (PAV 32), que registrou apenas 10 m²/dia.

A sensibilidade do sistema a fatores como logística vertical, deslocamento de materiais e interferência entre equipes comprometeu o desempenho em alturas elevadas (ARAÚJO *et al.*, 2020).

Figura 10: Índice de produtividade de vedação em sistema *gesso acartonado*.



Fonte: Autores (2025)

Da Figura 10 encontram-se índices de produtividade média consolidada de 40 m²/dia por profissional (colunas cinza); meta prevista de 38 m²/dia (linha vermelha) e alta consistência em todos os pavimentos, com desempenho uniforme e superior à meta.

A execução padronizada e o menor número de etapas operacionais explicam o bom desempenho, que favorece o cumprimento rigoroso do cronograma (OLIVEIRA & HADDAD, 2021).

Figura 11: Etapa de alvenarias e vedações na máscara orçamentária.

ORÇAMENTO ALVENARIA CONVENCIONAL		
Descrição	Total (R\$)	Perc. (%)
PAREDES / VEDAÇÕES	4.086.896,14	4,71%
ALVENARIA DE VEDAÇÃO - TIPO	2.952.283,15	3,40%
DRYWALL - TIPO	476.812,68	0,55%
PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO -TIPO	47.855,55	0,06%
ALVENARIA DE VEDAÇÃO - ÁREA COMUM	573.189,99	0,66%
DRYWALL - ÁREA COMUM	24.352,98	0,03%
PRÉ-MOLDADOS DE CONCRETO - ÁREA COMUM	12.401,79	0,01%
	3.585.730,48	4,14%

ORÇAMENTO FECHAMENTO EM GESSO ACARTONADO		
Descrição	Total (R\$)	Perc. (%)
PAREDES / VEDAÇÕES	2.365.966,67	4,71%
DRYWALL - TIPO	2.365.966,67	3,40%
	2.365.966,67	2,73%

CUSTO TOTAL DA OBRA (R\$)	86.709.907,47
ECONOMIA (R\$)	1.219.763,82
ECONOMIA (%)	1,41%

Fonte: Autores (2025)

De acordo com o orçamento consolidado (Figura 11), observam-se os seguintes dados: a) custo total com alvenaria convencional: R\$ 3.585.730,48; b) custo total com substituição parcial por gesso acartonado: R\$ 2.365.966,67 e c) economia direta: R\$ 1.219.763,82, representando 1,41% do custo global da obra (R\$ 86.709.907,47).

Além da redução de etapas como marcação, rejuntamento e acabamento, o *gesso acartonado* reduziu também os custos indiretos relacionados à ocupação de canteiro, logística interna e tempo de execução (MARTINS & FERREIRA, 2017).

A análise integrada dos índices de produtividade e custos diretos indica que o sistema gesso acartonado é superior em diversos aspectos conforme a Tabela 2. A sua adoção em empreendimentos verticais proporciona: (a) maior produtividade por profissional; (b) redução de custo direto com materiais e mão de obra; (c) padronização da execução e

menor variabilidade entre andares; (d) aderência ao planejamento e cronograma e (e) melhor relação custo-benefício, principalmente em edifícios com alta repetitividade de layout.

Tabela 2: Comparativo – Sistema de Vedação: Alvenaria vs. *Gesso acartonado*.

Critério	Alvenaria Convencional	Gesso Acartonado
Produtividade média (m²/dia)	18	40
Meta de produtividade	16	38
Custo total (materiais + serviços)	R\$ 3.585.730,48	R\$ 2.365.966,67
Economia total com drywall	—	R\$ 1.219.763,82
Variação entre pavimentos	Alta	Baixa
Impacto no cronograma	Negativo (queda no ático)	Positivo (ritmo constante)

Fonte: Autores (2025)

3.2. Orçamentação e produtividade

A etapa de orçamentação representa a base para a viabilidade econômica do projeto. Envolveu a estimativa dos custos diretos e indiretos associados aos sistemas construtivos adotados sendo realizada para as estruturas de concreto e o sistema de vedação. Os dados de fabricação de pré-moldados foram fornecidos pela MOLD Estruturas em maio de 2025 e usados para fazer o comparativo de custo, prazo e produtividade da execução da estrutura de forma modular.

3.3. Análise de viabilidade

Com base nos dados orçamentários e nos índices de produtividade apresentados nas seções 3.1.1 e 3.1.2, confirma-se que, a estrutura pré-moldada resultaria em uma economia de até 18,76% nos custos da etapa estrutural, além de uma redução de aproximadamente 53 dias no cronograma da obra (MOLD Estruturas, 2025; Silveira *et al.*, 2024).

A adoção do sistema *gesso acartonado* para vedações reduziria os custos diretos em mais de R\$ 1,2 milhão, com produtividade superior a 100% em relação à alvenaria convencional e redução significativa na variabilidade da execução entre pavimentos (SILVA *et al.*, 2020; OLIVEIRA & HADDAD, 2021).

A integração dos dois sistemas industrializados compensaria com folga os três meses de atraso ocorridos na fundação, possibilitando reequilíbrio do cronograma global. A modularização também contribui para a sustentabilidade do canteiro, com redução de

resíduos sólidos, uso racional de recursos e menor impacto ambiental, conforme apontam Barbosa *et al.* (2019) e Gonçalves *et al.* (2018)].

Portanto, a viabilidade técnico-econômica da adoção de sistemas modularizados foi confirmada para este empreendimento, especialmente pela compatibilidade com o porte da obra, a repetitividade de pavimentos e a necessidade de recompor prazos críticos.

4. Resultados e Discussão

4.1. Estrutura de concreto armado: moldada no local versus pré-moldada

A Tabela 3 apresenta a comparação entre os sistemas estruturais moldados no local e pré-moldados. Observa-se que a estrutura pré-moldada apresenta desempenho superior em diversos aspectos. A produtividade de formas é consideravelmente maior, resultado da padronização dos componentes, o que contribui para a racionalização do processo executivo.

Além disso, a estrutura pré-moldada proporcionou uma redução de aproximadamente 53 dias no cronograma da obra, além de apresentar reduções significativas nos custos com armaduras (superior a 20%) e com formas e escoramentos (superior a 30%). No total, o custo da etapa foi reduzido em R\$ 3.240.309,21, evidenciando uma economia relevante e impacto positivo na viabilidade do empreendimento.

Tabela 3: Comparativo de desempenho entre sistema de estruturas moldadas *no local* e estruturas pré-moldadas.

Critério	Moldada no local	Pré-Moldada
Produtividade de fôrmas	21,07 m ² /dia	Superior devido à padronização
Custo total da etapa	R\$ 17.259.467,10	R\$ 14.019.158,25
Redução de prazo	—	-53 dias
Armadura (custo)	R\$ 5.493.532,38	Redução > 20%
Formas e escoramentos	R\$ 5.805.264,77	Redução > 30%

Fonte: Autores (2025).

4.2. Sistema de vedação: alvenaria convencional versus gesso acartonado

A Tabela 4 compara os sistemas de vedação utilizados na obra. O sistema *gesso acartonado* apresentou produtividade média de 40 m²/dia, mais que o dobro da alvenaria convencional (18 m²/dia). Também superou a meta de produtividade estipulada, atingindo 38 m²/dia em comparação aos 16 m²/dia da alvenaria.

Quanto ao custo total, o sistema *gesso acartonado* apresentou valor inferior (R\$ 2.365.966,27) em relação à alvenaria convencional (R\$ 3.585.730,48), resultando em uma economia total de R\$ 1.219.763,82. Além disso, a variação de produtividade entre pavimentos foi menor no *gesso acartonado*, indicando maior padronização, menor interferência de fatores externos e maior previsibilidade na execução.

Tabela 4: Comparativo de desempenho entre sistemas de vedação convencionais e *gesso acartonado*.

Critério	Alvenaria Convencional	Gesso Acartonado
Produtividade	18 m ² /dia por profissional	40 m ² /dia por profissional
Meta Consolidada de Produtividade	16 m ² /dia por profissional	38 m ² /dia por profissional
Custo Total (Serviços e Materiais)	R\$ 3.585.730	R\$ 2.365.967
Percentual sobre o custo da obra	4,14%	2,73%
Execução	In loco, artesanal	Montagem a seco, rápida e industrializada
Prazo de Execução	5 a 7 dias por pavimento	2 a 3 dias por pavimento

Fonte: Autores (2025).

4.3. *Análise integrada*

Os resultados evidenciam que os sistemas modularizados apresentam vantagens expressivas tanto do ponto de vista produtivo quanto econômico. A estrutura pré-moldada possibilitou uma redução média de 18,76% no custo da etapa, enquanto o *gesso acartonado* contribuiu para uma economia de R\$ 1.219.763,82 apenas na fase de vedação.

Além da redução de custos, os sistemas industrializados permitiram otimizações significativas nos prazos de execução, o que é fundamental para a recuperação de atrasos e o controle efetivo do cronograma da obra. Tais características tornam os sistemas modularizados estratégias vantajosas para a construção civil, especialmente em projetos com prazos rígidos e necessidade de maior controle executivo.

5. Conclusão

A adoção de métodos executivos modulares na construção civil, especialmente em obras verticais, apresenta vantagens significativas em termos de produtividade, racionalização de recursos, redução de custos e prazos, além de contribuir para uma gestão mais eficiente do canteiro de obras.

Com base nos índices de produtividade, na composição de custo da estrutura e do sistema de vedação vertical, bem como nos prazos de execução, ao comparar a solução em estrutura moldada no local (a referência) com a solução em pré-moldados (solução

modularizada) observou-se uma economia de até 18,76% nos custos com o sistema estrutural e uma antecipação de cerca de 53 dias no tempo de entrega da estrutura, reforçando o potencial do pré-moldado como solução estratégica em contextos que demandam celeridade e precisão. Da mesma forma, na obra analisada o sistema de vedação em *gesso acartonado* superou amplamente a alvenaria convencional em produtividade, padronização e controle orçamentário, proporcionando uma economia direta de R\$ 1.219.763,82.

Mais do que números, os resultados apontaram para uma mudança de paradigma: a industrialização da construção não é apenas viável, mas necessária diante das crescentes exigências por sustentabilidade, agilidade e eficiência na cadeia produtiva da engenharia civil. A modularização, quando bem planejada e integrada ao escopo do projeto, é capaz de reverter atrasos, diminuir desperdícios e elevar a qualidade da entrega final.

Dessa forma, entende-se que os métodos modulares não devem ser encarados como tendência passageira, mas sim como uma resposta inteligente e inovadora aos desafios contemporâneos da construção urbana. A experiência prática dos autores reforça que, mesmo diante de limitações logísticas e culturais, a transformação é possível, e começa pelo conhecimento técnico aliado à disposição para inovar.

6. Referências Bibliográficas

ADORNO, V. C. M. Avaliação comparativa de preços entre estrutura de concreto armado pré-fabricada e moldada no local. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2021.

ARAÚJO, M. B.; NASCIMENTO, L. C.; PEREIRA, A. L. Análise de desempenho da alvenaria convencional em obras verticais. *Revista Técnico-Científica do CREA-PR*, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 55–67, 2020.

ARCHDAILY. Brock Commons: fachada em madeira. 2017. Disponível em: <https://www.archdaily.com/879625/inside-vancouvers-brock-commons-the-worlds-tallest-timber-structured-building/59b98cf0b22e38f34700008f-inside-vancouvers-brock-commons-the-worlds-tallest-timber-structured-building-image>. Acesso em: 27 maio 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062:2017 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

BARBOSA, F. M.; QUEIROZ, R. S.; LIMA, R. V. Impacto da variabilidade da produtividade no planejamento da construção civil. *Revista Gestão e Projetos*, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 102–115, 2019.

CBIC. TCU e CBIC retomam diálogo e debatem gargalos que envolvem a execução de obras públicas no país. Brasília: CBIC, 2023. Disponível em: <https://cbic.org.br>. Acesso em: 22 maio 2025.

COSTA, M. T. Implementação de práticas de Lean Construction em uma obra residencial em Goiânia – Estudo de caso. Universidade Federal de Goiás, 2021. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br>. Acesso em: 22 maio 2025.

EL DEBS, M. K. Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON. Prefabrication in civil engineering: history and modern trends. Lausanne: FIB, 2002.

FORBES. The Rise of Modular Skyscrapers. 2020. Disponível em: <https://www.forbes.com>. Acesso em: 27 maio 2025.

GONÇALVES, G. S.; OLIVEIRA, A. R.; CORRÊA, A. M. Aplicação de Lean Construction em sistemas industrializados de vedação. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 79–96, 2018.

GOULDING, J. *et al.* Offsite Production and Manufacturing for Construction. Londres: Routledge, 2015.

GREEN BUILDING COUNCIL CANADA. Case Study: Brock Commons Tallwood House. 2021. Disponível em: <https://www.cagbc.org>. Acesso em: 27 maio 2025.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE (HSE). Safety Performance in Modular Construction. 2022. Disponível em: <https://www.hse.gov.uk>. Acesso em: 27 maio 2025.

JAILLON, L.; POON, C. S. Life cycle design and prefabrication in buildings: A review and case study in Hong Kong. Automation in Construction, v. 39, p. 195-202, 2014.

KAMALI, M.; HEWAGE, K. Lifecycle performance of modular buildings: a critical review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 62, p. 1171-1183, 2016. DOI: 10.1016/j.rser.2016.05.031.

KOUMOULOS, D. *et al.* Carbon fiber-reinforced polymers in modular building systems: Mechanical properties and durability. Construction and Building Materials, v. 208, p. 787-799, 2019. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.03.042.

LEE, K. Prefabrication Strategies for High-Rise Buildings. Singapore: NUS Press, 2019.

LU, W. *et al.* Building Information Modeling (BIM) para gestão de projetos modulares. Revista de Engenharia Avançada, v. 15, n. 3, p. 45-60, 2021.

MARINA BAY SANDS. Vista aérea do Marina Bay Sands. Disponível em: <https://www.marinabaysands.com/company-information/about.html>. Acesso em: 27 maio 2025.

MARTINS, H. A.; FERREIRA, C. B. Análise comparativa entre sistemas Gesso acartonado e alvenaria quanto à produtividade e custo. Revista da Construção Civil, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 33–47, 2017.

MASSARO, L. A. P. Comparação de custos entre estrutura de concreto moldada no local e pré-fabricada: um estudo de caso. UTFPR, 2019. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/19174>. Acesso em: 22 maio 2025.

MODULAR BUILDING INSTITUTE (MBI). 2021 Annual Report: Cost Benefits of Modular Construction. 2021. Disponível em: <https://www.modular.org>. Acesso em: 27 maio 2025.

MODULAR BUILDING INSTITUTE (MBI). Safety Innovations in Modular Projects. 2022. Disponível em: <https://www.modular.org>. Acesso em: 27 maio 2025.

MOLD ESTRUTURAS. Construção pré-moldada. Disponível em: <https://www.mold.com.br/construcao-pre-moldada>. Acesso em: 28 maio 2025.

MOLD ESTRUTURAS. Relatório de projetos industriais. 2025. Disponível em: <https://www.mold.com.br>. Acesso em: 28 maio 2025.

NARDI, H. F. Comparação de custos na execução de prédio com estrutura pré-moldada e estrutura convencional em concreto armado. Universidade do Vale do Taquari – Univates, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10737/1277>. Acesso em: 22 maio 2025.

NEUFERT, E. Arte de projetar em arquitetura. 18. ed. São Paulo: Gustavo Gili, 2020.

OLIVEIRA, M. J.; HADDAD, A. N. Construção modular: produtividade e integração de sistemas. Revista Habitar, Brasília, v. 17, n. 1, p. 88–99, 2021.

ORDÓÑEZ, J. La prefabricación en la construcción: evolución histórica y técnicas modernas. Madrid: Instituto Eduardo Torroja, 1974.

SANTOS, R. M.; FERNANDES, L. P. Desafios normativos da construção modular no Brasil. Revista Construção Modular, v. 8, p. 12-30, 2023.

SEBRAE. Construções modulares: conheça a nova tendência da construção civil. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/construcoes-modulares-conheca-a-nova-tendencia-da-construcao-civil,d8267197e7b05810VgnVCM100000d701210aRCRD>. Acesso em: 22 maio 2025.

SIENGE. Construção modular: o que é e quais as vantagens para construtoras. 2023. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/construcao-modular/>. Acesso em: 22 maio 2025.

SIENGE. Etapas da construção modular: o que é e como funciona esse sistema?. Disponível em: <https://sienge.com.br/blog/etapas-da-construcao-modular/>. Acesso em: 22 maio 2025.

SILVA, L. F.; LIMA, M. M. C. (2019). Falhas de planejamento e comunicação que geram atrasos e retrabalhos na construção civil. Revista Brasileira de Gestão de Projetos, São Paulo, SP, v. 10, n. 3, p. 234–250, 2019.

VASCONCELOS, J. A. V. Pré-fabricação: industrialização da construção. São Paulo: Pini, 2002.

GUCK+. THE STACK: 4857 Broadway. Disponível em: <https://gluckplus.com/project/the-stack-4857-broadway/>. Acesso em: 27 Mai. 2025.

461 DEAN. 461 Dean Amenities [Imagem]. Disponível em: https://461dean.com/assets/images/cache/461_Dean_Amenities-16-27d9060f47bda5baccf6d502026222b3.jpg. Acesso em: 28 maio 2025.

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O estudante **MATHEUS FERNANDES ANDRADE** do Curso de **ENGENHARIA CIVIL** matrícula **2020.2.0025.0009-2**, e-mail **matheus.fernandes.2423@gmail.com**, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **MÉTODOS EXECUTIVOS MODULARES: IMPACTO NO PLANEJAMENTO DE OBRAS VERTICAIS**, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 09 de junho de 2025.

Assinatura do autor: _____

Nome completo do autor: _____

Assinatura do professor-orientador: _____

Luiz Álvaro de Oliveira Júnior:

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

O estudante **MARCO ANTÔNIO DE OLIVEIRA BARBOSA SOUZA** do Curso de **ENGENHARIA CIVIL** matrícula **2020.2.0025.0016-5**, e-mail **marcoosouzaaa@gmail.com**, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **MÉTODOS EXECUTIVOS MODULARES: IMPACTO NO PLANEJAMENTO DE OBRAS VERTICAIS**, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 09 de junho de 2025.

Assinatura do autor: _____

Nome completo do autor: _____

Assinatura do professor-orientador: _____

Luiz Álvaro de Oliveira Júnior: