

ESTRUTURAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO: REDUÇÃO DE RESÍDUOS, SUSTENTABILIDADE, VIABILIDADE ECONÔMICA E OTIMIZAÇÃO DE PRAZOS

PRECAST CONCRETE STRUCTURES: WASTE REDUCTION, SUSTAINABILITY, ECONOMIC FEASIBILITY, AND DEADLINE OPTIMIZATION

Maysa Ferreira Cristino

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2476-7999>

Graduanda do Curso de Engenharia Civil da Universidade de Gurupi – UnirG
Gurupi/TO, Brasil

E-mail: maysafcristino@unirg.edu.br

Patrick Peres Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6913-650X>

Engenheiro Civil e Mestre em Ciências Florestais e Ambientais
Professor do Curso de Engenharia Civil da Universidade de Gurupi – UnirG
Gurupi/TO, Brasil

E-mail: patrick@unirg.edu.br

Resumo

O objetivo desse trabalho é analisar o uso de estruturas pré-moldadas de concreto, destacando seus impactos na redução de resíduos, sustentabilidade, viabilidade econômica e otimização do prazo de execução. A revisão de literatura abrange diversos aspectos relacionados à evolução das estruturas pré-moldadas, evidenciando sua origem e desenvolvimento ao longo do tempo. Discute-se a redução de resíduos gerados na construção civil por meio da utilização de peças pré-moldadas, o que contribui diretamente para a sustentabilidade do processo construtivo. Também são analisados os benefícios econômicos, como a redução de custos e o aumento da eficiência, além da análise de prazos, uma vez que a utilização dessas estruturas permite uma execução mais rápida e com menor necessidade de mão de obra no local da obra. A viabilidade econômica das estruturas pré-moldadas é comparada com outras tecnologias construtivas, evidenciando vantagens e desafios. São ainda abordados os principais desafios e limitações desse modelo, como a necessidade de um planejamento mais rigoroso e a dependência de um fornecimento adequado das peças. Finalmente, o trabalho examina as tendências e o futuro das estruturas pré-moldadas, considerando inovações tecnológicas e o aumento da demanda por soluções mais

sustentáveis na construção civil. Com isso, a pesquisa contribui para uma compreensão mais aprofundada dos benefícios e desafios dessa tecnologia, oferecendo subsídios para a adoção de soluções mais eficientes e ecológicas no setor.

Palavras-chave: Pré-moldados; Pré-fabricados; Concreto.

Abstract

The aim of this work is to analyze the use of precast concrete structures, highlighting their impact on waste reduction, sustainability, economic viability and optimization of execution times. The literature review covers various aspects related to the evolution of precast structures, highlighting their origin and development over time. It discusses the reduction of waste generated in civil construction through the use of precast parts, which contributes directly to the sustainability of the construction process. The economic benefits are also analyzed, such as cost reduction and increased efficiency, as well as the analysis of deadlines, since the use of these structures allows for faster execution and less need for on-site labor. The economic viability of precast structures is compared with other construction technologies, highlighting advantages and challenges. The main challenges and limitations of this model are also addressed, such as the need for more rigorous planning and the dependence on an adequate supply of parts. Finally, the paper examines trends and the future of precast structures, taking into account technological innovations and the increased demand for more sustainable solutions in civil construction. In doing so, the research contributes to a deeper understanding of the benefits and challenges of this technology, offering subsidies for the adoption of more efficient solutions

Keywords: Precast; Prefabricated; Concrete.

1. Introdução

Estruturas pré-moldadas de concreto são uma solução eficiente e inovadora na construção civil, a qual se destaca por promover mudanças significativas no processo construtivo de uma obra e são definidas pela NBR 9062/2017, como sendo componentes estruturais moldados e curados fora de sua posição final na estrutura, os quais são transportados e montados no local da obra. Essa técnica tem se tornado uma ótima opção para atender à crescente demanda por práticas sustentáveis e pela otimização de recursos, especialmente no que se refere à redução de resíduos gerados nas obras, à sustentabilidade ambiental, à viabilidade econômica e à diminuição dos prazos de execução. Segundo El Debs

(2017), as estruturas pré-moldadas possibilitam uma maior racionalização no uso de materiais, além de contribuir para uma construção mais limpa e controlada, características essenciais para atender às exigências do setor.

O setor da construção civil, tradicionalmente conhecido pela alta geração de resíduos e pelo uso intensivo de materiais, enfrenta desafios para adotar práticas mais sustentáveis. Segundo Souza (2014), as técnicas construtivas convencionais são responsáveis por grande parte dos resíduos sólidos gerados nas obras, o que torna essencial a busca por alternativas que promovam a redução desse impacto. Nesse cenário, as estruturas pré-moldadas se destacam por serem produzidas em ambientes controlados, fora do canteiro de obras, o que reduz significativamente a quantidade de resíduos gerados e facilita o gerenciamento de materiais.

Além dos benefícios ambientais, as estruturas pré-moldadas também se mostram vantajosas do ponto de vista econômico. A análise da viabilidade econômica dessas soluções evidencia uma redução nos custos associados à mão de obra e ao tempo de construção, como aponta Souza (2014), ao ressaltar a importância da previsibilidade orçamentária no sucesso dos projetos. Ao acelerar o cronograma de obras, as estruturas pré-moldadas atendem à crescente demanda por entregas mais rápidas e eficientes, conforme El Debs (2017), que destaca o impacto positivo dessas técnicas na otimização dos processos construtivos. Portanto, a capacidade dessas estruturas de acelerar o cronograma de obras permite que os projetos sejam concluídos em prazos mais curtos, atendendo às exigências cada vez maiores por eficiência no setor.

Diante desses aspectos, torna-se evidente a relevância das estruturas pré-moldadas de concreto no contexto atual da construção civil, tendo em vista que seus impactos positivos em termos de sustentabilidade, economia de recursos e otimização dos prazos de execução reforçam seu papel como uma solução promissora para atender às crescentes demandas do setor. Ao reduzir resíduos, viabilizar economicamente projetos e acelerar cronogramas, as estruturas pré-moldadas representam uma alternativa eficaz se comparado com as técnicas tradicionais, contribuindo para o desenvolvimento de práticas construtivas mais modernas e sustentáveis.

1.1 Objetivos gerais e objetivos específicos

Realizar uma análise abrangente do uso de estruturas pré-moldadas de concreto na construção civil, com ênfase em como essas estruturas afetam a redução de resíduos, a sustentabilidade, a viabilidade financeira e a otimização do prazo de execução das obras, para assim, determinar os principais benefícios e desafios da utilização dessa tecnologia, enfatizando como ela contribui para práticas construtivas mais eficientes e ambientalmente responsáveis.

Como resultado, será possível comparar a geração de resíduos e o uso eficiente de materiais em obras com pré-moldados em relação a métodos tradicionais, além de avaliar os impactos ambientais. Também será analisada a viabilidade econômica, comparando custos de produção, transporte e montagem, bem como a otimização do tempo de execução das obras. A partir dos resultados, o artigo pretende oferecer recomendações para a adoção mais ampla dessa tecnologia, promovendo práticas construtivas mais eficientes e sustentáveis.

1.2 Justificativa

O uso de estruturas pré-moldadas de concreto na construção civil oferece informações valiosas sobre suas implicações em práticas construtivas. Um aspecto significativo é a redução de resíduos gerados durante a construção, um fator crítico para promover práticas mais sustentáveis e minimizar o impacto ambiental. A análise desses impactos é fundamental para compreender como a adoção de pré-moldados pode contribuir para um processo construtivo mais ecológico e eficiente.

Outro ponto relevante é a viabilidade econômica das estruturas pré-moldadas. Avaliar o custo-benefício dessas soluções em comparação com métodos tradicionais permite identificar seu impacto financeiro e a acessibilidade para diferentes tipos de projetos. Compreender esses aspectos é essencial para determinar a atratividade e a viabilidade das estruturas pré-moldadas no mercado da construção civil.

Além disso, a influência das estruturas pré-moldadas na otimização do

prazo de execução das obras é um fator crucial. A capacidade de acelerar o tempo de construção pode atender à demanda por entregas mais rápidas e eficientes, um aspecto cada vez mais valorizado na indústria. Estudar como essas soluções impactam o cronograma de obras oferece uma visão completa de sua eficácia e potencial para melhorar a agilidade no setor.

2. Revisão da Literatura

2.1 Histórico e evolução das estruturas pré-moldadas de concreto

Segundo Serra, Ferreira e Pigozzo (2005), a evolução da indústria da construção civil aconteceu em diversas fases, na qual cada uma é caracterizada por uma diversidade de métodos, arquiteturas e tecnologias próprias. Ordinalmente, é possível verificar uma significativa organização em alguns subsetores, sendo encontrados sistemas construtivos modernos e processos de gestão industrial, ratificam os autores. Dentre estes sistemas, as estruturas pré-fabricadas em concreto armado ganham notoriedade.

A industrialização da construção civil, a qual utiliza-se de peças de concreto armado, promoveu um salto de qualidade nos canteiros de obra – fato que não se deu apenas no Brasil, mas em todo o mundo, conforme evidenciam Serra, Ferreira e Pigozzo (2005), o que resultou em obras mais organizadas e seguras, visto que, com materiais de boa qualidade e fornecedores selecionados, mão-de-obra treinada e qualificada e o uso de componentes industrializados, que possuem um alto controle em sua produção, proporcionaram tal feito.

Vasconcelos (2002) evidencia que não se pode precisar a data em que começou a pré-moldagem, uma vez que o próprio nascimento do concreto armado está intimamente ligado com a pré-moldagem de elementos. Portanto, pode-se afirmar que atividade encontra-se vinculada à invenção do concreto armado.

Conforme Revel (1973), a pré-fabricação se aplica a toda a confecção de elementos de construção civil em indústrias, de forma que são utilizados matérias primas e semi-produtos, devidamente escolhidos e utilizados, nos quais são transportados à obra, visando realizar a montagem da edificação.

2.2 Redução de resíduos na construção civil

Segundo John e Agopyan (2000), a preocupação com resíduos de maneira geral é algo recente no Brasil, diferentemente de outros países, como os EUA, onde já existia uma política para resíduos desde o final da década de 1960, a chamada *Resource Conservation and Recovering Act* (RCRA). No gigante sul-americano, ainda há uma discussão uma legislação mais abrangente, ratificam os autores.

Pinto (1999), em sua pesquisa, expõe uma estimativa de que a massa de resíduos gerados em cidades brasileiras de médio e grande porte varia entre 41% (Salvador, BA) a 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos. No parâmetro internacional, as estimativas variam entre 130 e 3000 kg/hab.ano, informam os autores.

Dados da UNEP – United Environment Programme evidenciam que o setor da construção civil é responsável por, pelo menos, 37% dos gases do efeito estufa. O Sindicato Nacional da Indústria de Cimento menciona que os esforços das indústrias brasileiras de cimento resultaram no posicionamento do país como de menor emissão de carbono (565 kg CO₂/ton. Cimento), tendo uma redução em torno de 19% entre os anos de 1990-2020 (SORANÇO et al., 2023).

Ghaffar, Burman e Braimah (2020) evidenciam que, além do elevado consumo de matéria prima, a qual é consumida pelo setor da construção civil, são gerados cerca de 35% de resíduos em aterros urbanos.

Com base em todas essas informações, pode-se constatar que todos esses avanços tecnológicos têm possibilitado inovações para os materiais de construção, possuindo características sustentáveis e, muitas vezes, são denominados ecoeficientes (SORANÇO et al., 2023).

2.3 Aspectos ambientais e sustentabilidade

Estudos têm sido realizados nos centros de pesquisas do mundo todo, tendo a finalidade de ampliar a sustentabilidade da construção civil. Embora ainda seja utópico reduzir o impacto ambiental das construções a zero, é fundamental que se possa reduzi-lo ao máximo, de forma que a funcionalidade da estrutura não seja prejudicada, afirma Vieira (2014).

O autor ainda relata que o tema “sustentabilidade na construção civil” está

em foco, atualmente, de modo que a fiscalização ambiental tem atuado de modo incisivo, visando regularizar e padronizar determinados tipos de serviços e condutas.

Em 1986, o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) tornou pública a RESOLUÇÃO CONAMA nº 1, a qual foi publicada no dia 17 de fevereiro desse ano, no DOU (Diário Oficial da União), onde tal documento descreve o que seria considerado impacto ambiental, caracterizado como “[...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente [...]”.

Velho (2016) evidencia que os sistemas de gestão, assim como, as certificações, especialmente a certificação do Selo de Excelência ABCIC, a qual é voltada para a indústria de pré-moldados, surgem como ferramentas para minimizar os impactos ocasionados ao meio ambiente, assim como para evitar desperdícios e acidentes, ao colaborar para uma melhoria na qualidade dos serviços, ambiente de trabalho e uma melhor visão da empresa.

Alguns autores internacionais realizaram pesquisas para avaliar a sustentabilidade nos ramos da engenharia, com ênfase na parte de estruturas, como por exemplo: Paya-zaforteza et al. (2009) descrevem uma metodologia para projetar estruturas de concreto armado baseada na mínima emissão de CO₂, utilizando a otimização por algoritmo de reprodução simulado (*Simulated Annealing*). Chen et al. (2010) desenvolveram 33 critérios de performance sustentável (SPC – *Sustainable Performance Criteria*). Para tanto, os mesmos se basearam em quesitos de sustentabilidade e requerimentos de diferentes partes interessadas do projeto; Lombera e Aprea (2010) apresentaram um modelo para avaliar a sustentabilidade, sendo chamado de MIVES (*Integrated Value Model for Sustainable Assessment*), com ênfase nas construções industriais (VIEIRA, 2014).

2.4 Viabilidade econômica das estruturas pré-moldadas

Segundo Matté e Rachid (2022), todo o processo de gerenciamento tem os custos e orçamento como um dos pilares de controle, tendo como objetivo auxiliar para atingir as metas previstas com os recursos disponibilizados.

Cardoso (2020) descreve orçamento como a discriminação completa de uma obra, onde o mesmo é a expressão quantitativa de um plano de ação e controle.

O preço dos pré-moldados de concreto costuma ser mais baixo do que o concreto no local, uma vez que a peça já vem pronta, não havendo a necessidade de investir em mão de obra para fazer o trabalho na edificação. Levando isso em consideração, não há necessidade de intervenções, cortes e ajustes nas peças, o que também acarreta na diminuição a ser investida em mão de obra.

Schroden (2019) também enfatiza que o custo benefício é uma das vantagens mais interessantes do pré-moldado, para quem busca economizar. O autor ressalta que, como a montagem é rápida, assim como é terceirizada, há um tempo de ganha e, conseqüentemente, um ganho financeiro ao utilizar esse método construtivo.

2.5 Otimização do prazo de execução

Schroden (2019) destaca que, diferentemente da construção tradicional, que exige muita mão de obra para confecção do concreto, os pré-moldados permitem uma construção com agilidade, uma vez que as peças são feitas em locais separados, assim como independem do andamento da obra. O autor ratifica ainda que as estruturas podem ser executadas ao mesmo tempo em que a fundação da obra é feita. Para tanto, basta garantir o armazenamento correto dessas peças, até o momento de sua utilização.

O quadro a seguir apresenta um comparativo entre custos e cronograma de execução de estruturas pré-fabricadas e moldadas in loco em obras residenciais de médio porte. Ele evidencia que, embora os pré-moldados tenham um custo inicial mais elevado, oferecem uma significativa redução no tempo de execução em comparação ao concreto moldado diretamente no local.

Quadro 01 – Comparação dos métodos construtivos.

TIPO DE CONSTRUÇÃO	VALOR DE CUSTO	TEMPO DE EXECUÇÃO
In Loco	R\$ 289.649,96	78 dias úteis
Pré-Fabricado	R\$ 311.508,06	21 dias úteis
DIFERENÇA (R\$)	R\$ 21.858,10	57 dias úteis
DIFERENÇA (%)	+ 7,02%	-73,07%

Fonte: SILVEIRA et al. (2022).

2.6 Desafios e limitações das estruturas pré-moldadas

Schroden (2019) relata que as estruturas pré-moldadas se popularizaram nos últimos anos por serem uma opção bastante econômica. Além disso, as mesmas garantem rapidez, qualidade e durabilidade para a obra, sendo um dos métodos mais sustentáveis para construir.

Embora existam diversas vantagens na utilização de pré-fabricados, o autor relata que fazem-se necessários alguns cuidados especiais quanto a viabilidade de sua obra, devido as seguintes limitações: mão de obra qualificada; limitação arquitetônica; limitação para futuras alterações; disponibilidade; investimento inicial.

Quanto aos principais desafios, Schroden (2019) destaca os seguintes pontos:

- Um dos principais desafios da utilização dos pré-fabricados é a necessidade de uma mão de obra qualificada. Mesmo que esse sistema esteja se espalhando pelo país, pode haver escassez de profissionais em uma certa região do país, relata o autor. A mesma justificativa pode ser utilizada para a disponibilidade, uma vez que a falta de uma logística de transporte pode tornar o projeto economicamente inviável, conforme ratifica o autor.
- Quanto à limitação arquitetônica, esta pode ser um desafio para edificações com esse tipo de material, tendo em vista que em uma construção tradicional, o cliente possui a liberdade de modelar o projeto da forma que deseja. Todavia, no caso de pré-moldados, geralmente as empresas especializadas nesse tipo de construção apresentam um portfólio com uma quantidade limitada de possíveis modulações, de forma que o cliente se restringirá a algumas delas.
- Quanto à limitação para futuras alterações, após a construção de uma obra utilizando pré-moldados, quaisquer alterações de layout tornam-se difíceis de serem executadas. Portanto, essas possíveis mudanças já devem ser consideradas desde o início da construção, relata o autor.
- Diferentemente de construções tradicionais, as quais, as despesas

são geradas conforme ocorre a evolução da obra, tendo a possibilidade de interrompê-la, em obras com pré-moldados exige-se um alto investimento inicial, principalmente em razão da fabricação dos painéis.

2.7 Comparação com outras tecnologias construtivas

Rosso (1996) afirma que o modelo fordista de fabricação, o qual se baseia, principalmente, em processos organizados de forma repetitivas, possui aplicação na indústria civil. Entretanto e, conforme ratificado por Eastman et al. (2014), existe uma produtividade estagnada nesse setor, onde os padrões construtivos, que eram usados há décadas, não são mais suficientes para atender às crescentes demandas dos consumidores. Ao basear-se nisso, as construtoras vêm implementando alternativas para otimizar custos e prazos, sendo o sistema de pré-fabricados uma delas.

Caetano (2013) relata que existem diversas opções construtivas que se pode utilizar na construção de uma edificação, como estrutura metálica, alvenaria estrutural, *steel frame*, *wood frame*, entre vários outros. Entretanto, a principal comparação dos pré-moldados é com o concreto moldado *in loco*. Portanto, se dará mais ênfase nessa analogia.

No Brasil, de acordo com Pieper e Oliveira (2021), o método construtivo predominante é a moldagem de concreto *in loco*, que utiliza pilares, lajes e vigas em concreto armado para compor a superestrutura da edificação, enquanto blocos cerâmicos de alvenaria são empregados para a vedação. Esse processo exige o escoramento completo da estrutura, já que o concreto não atinge sua resistência de projeto antes do 28º dia após a concretagem. Esse suporte é essencial para evitar deformações causadas pelo peso próprio das peças, garantindo a integridade estrutural durante o endurecimento do concreto.

Telles (2017) ratifica que o método construtivo com elementos pré-moldados consiste em vigas, pilares, lajes e quaisquer outros elementos estruturais que sejam moldados em ambiente industrial, tendo como principal característica o alto controle de qualidade. Sendo feitos em concreto armado, os mesmos são transportados e fixados de forma definitiva na estrutura da edificação.

Allen e Iano (2013) informam que o método construtivo de pré-moldados

possui muitas vantagens em relação à moldagem *in loco*, uma vez que as operações de moldagem são feitas de maneira mecanizada, como a mistura e o lançamento, por exemplo, o que representa um grande benefício para edificações a serem construídas em locais com condições climáticas adversas, que ocasionariam em um possível atraso na produção com moldagem *in loco*. Uma outra vantagem, segundo o autor, baseia-se na necessidade de menor trabalho após a etapa de acabamento, visto que a superfície de concreto nas peças possui um acabamento melhor.

Mayor (2012), afirma que os pré-moldados permitem a utilização de fôrmas permanentes, as quais podem ser feitas com os seguintes materiais: aço, concreto, plástico reforçado com fibra de vidro ou, até mesmo, painéis de madeira revestidos com películas. Esses materiais dão não apenas uma alta qualidade nas superfícies, como também permitem o reuso por mais vezes, o que acarreta em uma diminuição de custos.

Bezerra (2012) também colabora ao afirmar que as estruturas pré-moldadas guardam relação com a sustentabilidade, visto que as peças são feitas “sob medida” e usadas em sua totalidade, acarretando em uma menor quantidade de resíduos.

3. Considerações Finais

É notória que a análise do uso de estruturas pré-moldadas demonstra ser mais vantajosa em diversos aspectos, especialmente quando comparada ao sistema de concretagem moldado *in loco*, dado que a utilização de pré-moldados resulta em uma significativa redução de resíduos, e o seu processo de fabricação ocorre em ambiente controlado, o que resulta em baixo desperdício de materiais, e melhor otimização no emprego dos recursos.

Ademais, a padronização do tamanho das peças permite uma maior precisão nas dimensões e características do concreto, acarretando na redução de falhas e retrabalhos, e na melhoria da qualidade final da obra.

No âmbito da sustentabilidade, ao levar em consideração que o setor da construção civil é uma das áreas que mais impacta diretamente o meio ambiente, os pré-moldados se destacam não apenas por sua eficiência no consumo de materiais, como também na redução do impacto ambiental, dado ao emprego de

tecnologias que visam o reaproveitamento de resíduos, o que resulta uma gestão mais eficiente dos insumos.

Além disso, destacam-se a viabilidade econômica e a redução de prazos, visto que o emprego de elementos pré-moldados reduz significativamente a necessidade de mão de obra e o período de montagem, concretagem e cura das peças, quando comparado ao método *in loco*, além de minimizar falhas durante o processo de execução e ninhos de concretagem que podem afetar tanto a durabilidade quanto a resistência mecânica.

Referências

ALLEN, E.; IANO, J. Fundamentos da Engenharia de Edificações-: Materiais e Métodos. **Bookman Editora**, 2013.

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

BEZERRA, E. Uso de pré-fabricados reduz tempo de obra. Folha – PE. Disponível em http://www.folhape.com.br/cms/opencms/fohape/pt/edicaoimpresa/arquivos/2012/Marco/23_03_2012/0035.html. 2012. Acesso em 12 nov 2024.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986. **Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)**. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 17 fev. 1986.

CAETANO, G. L. **Estudo comparativo de um pavimento comercial utilizando lajes nervurada pré-moldada, nervurada moldada in loco e maciça em concreto armado**. Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG. 2013.

CARDOSO, R. S. Orçamento de obras em foco. **Oficina de textos**, 2020.

CHEN, Y.; OKUDAN, G. E.; RILEY, D. R. Sustainable Performance Criteria for Construction Method Selection in Concrete Buildings. **Automation in Construction**. v. 19, ed. 2, 10 mar. 2010, p. 235-244. Disponível em: <http://www.journals.elsevier.com/automation-in-construction/>

EL DEBS, M. K. Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações. 2. ed. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2017.

GHAFFAR, S. H.; BURMAN, M.; BRAIMAH, N. Pathways to circular construction: An integrated management of construction and demolition waste for resource

recovery. **Journal of cleaner production**, v. 244, p. 118710, 2020.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. **Reciclagem de resíduos da construção**. São Paulo, 2000.

LOMBERA, J. T. S. J.; APREA, I. G. A system approach to the environmental analysis of industrial buildings. **Building and environment**, v. 45, n. 3, p. 673-683, 2010.

MATTÉ, T. N.; RACHID, L. E. F. Análise da viabilidade financeira de estruturas pré-moldadas em relação à convencional. **XX Encontro Científico Cultural Interinstitucional**. Centro Universitário FAG. 2022.

MAYOR, W. R. **Sistema Construtivo Modular**. Universidade Federal de Minas Gerais Belo horizonte, Belo Horizonte. 105 p. 2012.

PAYA-ZAFORTEZA, I. et al. CO₂-optimization of reinforced concrete frames by simulated annealing. **Engineering Structures**, v. 31, n. 7, p. 1501-1508, 2009.
PIEPER, I. C. S.; OLIVEIRA, C. B. C. Análise do concreto moldado in loco – mapeamento de Colatina/ES. **Revista Científica Integrada**, Ribeirão Preto: UNAERP, v. 5, n. 1, 2021. Disponível em: <https://www.unaerp.br/revista-cientifica-integrada/edicoes-anteriores/volume-5-edicao-1-agosto-2021/4267-rci-analisedoconcreto-06-2021/file>. Acesso em: 01 nov. 2024

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 200 p. 1999.

REVEL, M. **La prefabricacion em la construccion**, 1.ed. Bilbao: Urmo. 457p. 1973.

ROSSO, T. Racionalização da construção. São Paulo: Editora FAU-USP. 1996.

SCHRODEN, M. **Vantagens e desvantagens das estruturas pré-moldadas**. Disponível em: <https://www.alicerceejr.com/post/conheca-as-vantagens-das-estruturas-pre-moldadass>. 2020. Acesso em: 12 nov. 2024.

SERRA, S. M. B.; FERREIRA, M. A.; PIGOZZO, B. N. Evolução dos Pré-fabricados de Concreto. **Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldado**, 1º. São Carlos. Anais... Escola de Engenharia de São Carlos, EESC-USP, 2005.

SILVEIRA, J. et al. Comparação de custos e cronograma entre estruturas pré-fabricadas e moldadas in loco em obras residenciais de médio porte. **Revista de Engenharia e Tecnologia**. V. 16, n. 1. Acesso em 10 mai 2024.

SORANÇO, Laura et al. **Vista do panorama atual dos estudos sobre reaproveitamento de resíduos na construção civil brasileira**. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/enarc/article/view/3003/3884>. 2023. Acesso

em: 12 nov. 2024.

SOUZA, U. E. L. Como reduzir perdas nos canteiros: **Manual de gestão do consumo de materiais na construção**. 8. ed. São Paulo: Pini, 2014.

TELLES, A. A. **Estudo comparativo entre métodos construtivos de concreto moldado in loco e concreto pré-fabricado, por meio da plataforma BIM**. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2017.

VASCONCELOS, A. C. O concreto no Brasil: **pré-fabricação, monumentos, fundações**. Volume III. São Paulo: Studio Nobel, 2002.

VELHO, A. T. Avaliação ambiental e do selo de excelência ABCIC: estudo de caso: **indústria de estruturas de concreto pré-moldado**. 2016.

VIEIRA, A. A. **Redução do impacto ambiental das estruturas em concreto pré-moldado através de otimização por algoritmo genético**. São Paulo: USP, 2014. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-28042014-143439/publico/2014ME_AndredeAraujoVieira.pdf. Acesso em: 12 nov. 2024.