

COLÉGIO INTEGRAL

O FUTURO DA ENGENHARIA CIVIL
Soluções inovadoras para desafios urbanos

Fortaleza, CE

2024



Ester Pinheiro Guilherme Rodrigues

Luanna Costa Araújo

Orientador: Saul Lima

O FUTURO DA ENGENHARIA CIVIL
Soluções inovadoras para desafios urbanos

Relatório apresentado à 8ª FEMIC - Feira
Mineira de Iniciação Científica.

Orientação do Prof. Saul Lima

Fortaleza, CE

2024



RESUMO

O crescimento desordenado das áreas periféricas no Brasil evidencia a urgência de soluções habitacionais acessíveis e sustentáveis. Nosso projeto visa desenvolver construções modulares de baixo custo, utilizando concreto reforçado com fibras de coco, um material renovável e abundante. A metodologia inclui: Etapa 1 - revisão bibliográfica sobre as propriedades das fibras de coco; Etapa 2 - criação de três protótipos: um com concreto convencional, um com 75g de fibras de coco e outro com 150g de fibras de coco; Etapa 3 - realização de testes rigorosos de resistência ao fogo, umidade e impacto. As construções modulares são compostas por unidades pré-fabricadas que permitem uma montagem rápida e eficiente, reduzindo o tempo de construção em até 40% em comparação com métodos tradicionais. Os resultados preliminares mostram que o protótipo com 75g de fibras de coco é o mais resistente entre os testados. Além disso, a utilização das fibras de coco reduziu os custos de produção em 6% no protótipo de 75g e 12% no protótipo de 150g. Estamos estudando a viabilidade dessa construção modular em diferentes áreas e tipos de solo, garantindo sua eficácia em diversas condições geográficas. As construções modulares são projetadas para serem flexíveis e adaptáveis, permitindo que as famílias ampliem suas casas conforme suas necessidades. Essa adaptabilidade é essencial para comunidades em crescimento, onde as demandas habitacionais podem mudar rapidamente. Os testes realizados indicaram que os protótipos de construções modulares evoluíram em aspectos como resistência e custo-benefício, com o protótipo que utiliza 75g de fibras de coco sendo o mais resistente. A análise de custo apontou uma redução de 0,65 reais nos custos de produção no protótipo de 75g e 0,32 reais no de 150g. Além disso, a utilização de fibras de coco proporcionou uma diminuição no desperdício de material, o que reforça a sustentabilidade da proposta.

Palavras-chave: Construções modulares, sustentabilidade, fibras de coco



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 JUSTIFICATIVA.....	6
3 OBJETIVO GERAL.....	8
4 METODOLOGIA	9
5 RESULTADOS OBTIDOS.....	14
6 CONCLUSÕES.....	20
REFERÊNCIAS.....	21



1 INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado das áreas urbanas no Brasil resulta em desafios significativos relacionados à habitação. Atualmente, muitas comunidades enfrentam a escassez de moradias adequadas, levando à construção de habitações precárias e inseguras, que muitas vezes não atendem às necessidades básicas de conforto e segurança.

Segundo dados do IBGE (2021), aproximadamente 25 milhões de pessoas vivem em áreas de risco, onde as condições de vida são alarmantes, e a falta de infraestrutura agrava ainda mais essa situação. O conceito de construções modulares têm emergido como uma alternativa inovadora, oferecendo soluções rápidas e sustentáveis para a crise habitacional nas periferias. Essas estruturas são fabricadas a partir de unidades pré-fabricadas, permitindo uma montagem mais eficiente e econômica, com um tempo de construção reduzido em até 40% em comparação aos métodos tradicionais (CARRIJO; LIZ; MAKISHIMA, 2002).

Além disso, a introdução de materiais renováveis, como o concreto reforçado com fibras de coco, proporciona benefícios adicionais em termos de sustentabilidade e resistência, fatores fundamentais para a construção em áreas vulneráveis. A utilização de fibras de coco no concreto é respaldada por pesquisas que demonstram seu potencial em aumentar a resistência do material, além de reduzir custos e desperdícios (FIGUEIREDO, 2005). Em um contexto onde a escassez de recursos é uma realidade, a busca por soluções acessíveis e sustentáveis é crucial. (SILVA; SOUZA; SILVA, 1996)

A adaptação de tecnologias de construção modular ao Brasil, especialmente em áreas periféricas, representa uma oportunidade de atender a essa demanda e melhorar as condições de vida da população. Diante dessa realidade, o presente projeto visa desenvolver e avaliar a viabilidade de construções modulares de baixo custo, utilizando concreto reforçado com fibras de coco. Como podemos implementar essas soluções inovadoras para garantir habitações dignas e seguras nas áreas mais afetadas pela precariedade habitacional?



2 JUSTIFICATIVA

A crescente urbanização nas últimas décadas tem exacerbado problemas sociais e estruturais nas áreas periféricas do Brasil, resultando em um cenário alarmante de habitação inadequada. Dados do IBGE (2020) revelam que cerca de 11 milhões de pessoas vivem em favelas e ocupações informais, onde as condições de moradia são precárias e a vulnerabilidade social é elevada. Esse contexto impõe a necessidade de soluções habitacionais que não apenas atendam às demandas emergentes, mas que também sejam sustentáveis e acessíveis, promovendo a dignidade e a segurança das famílias.

Neste sentido, a construção civil enfrenta um desafio premente: adaptar-se a essa nova realidade por meio de práticas inovadoras que priorizem a eficiência e a sustentabilidade. O conceito de construções modulares se apresenta como uma resposta viável a esses desafios, permitindo a montagem rápida e eficiente de unidades habitacionais. Segundo dados do SEBRAE (2022), a adoção desse modelo pode reduzir o tempo de construção em até 40%, uma economia de tempo crítica em contextos de necessidade imediata.

Além disso, a utilização de concreto reforçado com fibras de coco representa uma inovação significativa no setor. As fibras de coco, um material abundante e renovável, não apenas diminuem o custo de produção, mas também melhoram as propriedades mecânicas do concreto, conforme evidenciado em estudos anteriores (CARRIJO; LIZ; MAKISHIMA, 2002). A pesquisa realizada por REASE (2021) mostra que o uso de aditivos naturais como as fibras de coco pode resultar em uma redução de até 12% nos custos de produção, contribuindo para a viabilidade econômica das construções.

Portanto, este projeto visa não apenas a construção de habitações modulares, mas também o fortalecimento de uma nova abordagem para a engenharia civil, que prioriza a inovação, a sustentabilidade e a responsabilidade social. A pesquisa busca proporcionar visões valiosas que podem ser aplicadas em futuras iniciativas de habitação, contribuindo para a formação de cidades mais inclusivas e resilientes.



3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Desenvolver um sistema de construções modulares sustentáveis, utilizando concreto reforçado com fibras de coco, que permita a criação de habitações acessíveis e seguras em áreas periféricas, contribuindo para a melhoria das condições de vida das comunidades.

3.2 Objetivos específicos

- Pesquisar as propriedades das fibras de coco e sua aplicação em concretos para aumentar a resistência e durabilidade.
- Criar protótipos de diferentes composições de concreto reforçado com fibras de coco, avaliando seu desempenho em testes de resistência ao fogo, umidade e compressão.
- Analisar a viabilidade econômica das construções modulares em comparação com métodos tradicionais, visando a redução de custos e desperdício de material.
- Promover a conscientização sobre a importância de soluções habitacionais sustentáveis e acessíveis por meio de campanhas nas redes sociais e eventos comunitários.



4 METODOLOGIA

1 - Revisão bibliográfica

Para fundamentar nossa pesquisa sobre o uso de fibras de coco em construções modulares, realizamos uma revisão de literatura em revistas especializadas em engenharia civil. Esses artigos discutem tanto as propriedades das fibras de coco quanto as técnicas de construção modular, abordando a integração de soluções sustentáveis.

Analizamos também Trabalhos de Conclusão de Curso (TCCs) que abordam a utilização de fibras naturais em construções, ressaltando suas vantagens e desafios. Além disso, realizamos entrevistas com engenheiros renomados, que compartilharam suas visões sobre o futuro da engenharia civil e a importância da sustentabilidade nas construções.

2 - Construções modulares

As construções modulares são uma abordagem inovadora na construção civil, caracterizadas pela montagem de estruturas pré-fabricadas em módulos ou unidades. Esses módulos são fabricados em ambiente controlado, geralmente em fábricas, o que permite um maior controle de qualidade e eficiência no processo. Cada módulo é construído com materiais como concreto, madeira ou aço e pode incluir acabamentos e instalações elétricas e hidráulicas, reduzindo significativamente o tempo de construção no local. (WEG, 2021).

2.1 Aplicação das construções modulares no Brasil

Dados da Associação Brasileira da Construção Metálica (ABCEM) e do Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA) confirmam o recente crescimento da construção modular no Brasil. Em 2020, foi registrado um faturamento de R\$ 10,6 bilhões, representando um aumento de 49,3% em relação a 2019. O mercado de construções modulares no Brasil movimenta cerca de R\$ 300 milhões por ano, evidenciando seu potencial de crescimento. Essa abordagem é especialmente relevante diante da escassez de mão de obra qualificada na construção civil, uma vez que as técnicas modulares permitem uma execução mais rápida e eficiente, reduzindo a



dependência de trabalhadores especializados. (IMOBIL REPORT, 2024); (TV BRASIL, 2022)

O modelo de construção utilizando steel frame está ganhando terreno no mercado brasileiro, oferecendo uma alternativa leve e resistente. O preço de uma construção modular varia de acordo com a escala do projeto e os tipos de materiais utilizados, mas geralmente fica entre R\$ 800,00 a até R\$ 2.000,00 por metro quadrado. Além disso, a construção modular oferece flexibilidade e adaptabilidade, permitindo que as estruturas sejam ampliadas ou modificadas conforme as necessidades dos moradores. Essa característica é particularmente importante em comunidades em crescimento, onde as dinâmicas habitacionais podem mudar rapidamente. (CV CRM, 2023)

3 - Estudo de solos para construções modulares

Os solos podem ser classificados em diferentes categorias, como argilosos, arenosos, siltosos e orgânicos, cada um apresentando características distintas que influenciam a construção. Solos argilosos, por exemplo, são conhecidos por sua plasticidade e podem expandir e contrair com as variações de umidade, o que pode comprometer a estabilidade das estruturas se não forem adequadamente tratados. Já os solos arenosos, embora possuam boa drenagem, podem ser menos coesivos, exigindo medidas de contenção adequadas.

As construções modulares se destacam nesses contextos, uma vez que oferecem flexibilidade e adaptabilidade às condições do terreno. A utilização de sistemas pré-fabricados permite a adaptação das fundações às características específicas do solo, garantindo maior segurança e eficiência. Além disso, a leveza das estruturas modulares minimiza o impacto sobre o solo, reduzindo o risco de deslizamentos e outras instabilidades. (SANTOS; RORIZ, 2020)

Outro ponto positivo das construções modulares é sua rapidez de implementação. Em locais onde a necessidade habitacional é urgente, essa abordagem permite que moradias sejam erguidas em menos tempo do que as construções tradicionais, respondendo à demanda de forma mais ágil. Essa rapidez é especialmente relevante em áreas periféricas, onde as condições socioeconômicas podem tornar a espera por habitação um desafio significativo para as famílias.



4 - Estudo de caso Rua dos Parlamentares

O estudo de caso realizado na Rua dos Parlamentares, em Vicente Pizon, Fortaleza, ilustra de maneira clara os desafios enfrentados em áreas periféricas e as implicações da construção civil em terrenos com características específicas. Essa rua, localizada em uma ladeira, abriga 25 casas, cujos moradores enfrentam questões sérias relacionadas à procedência das construções.

Durante a pesquisa, foi questionado os residentes sobre como suas casas foram construídas. Os resultados mostraram que apenas duas das 25 casas foram erguidas por profissionais qualificados. Aproximadamente 15 casas foram construídas por "faz-tudo", trabalhadores informais que oferecem serviços a preços mais acessíveis, enquanto 8 foram edificadas por membros da própria família, que, apesar de não possuírem formação técnica, tentaram resolver a situação. A maioria das construções, portanto, carece do conhecimento técnico necessário para garantir a segurança e a durabilidade das estruturas.

A fundação do solo da Rua dos Parlamentares é composta predominantemente por areia, o que gera preocupações adicionais em relação à estabilidade das construções. Casos como o do senhor Francisco, um pedreiro autodidata com mais de 30 anos de experiência, destacam a precariedade das fundações. Ele, que é considerado o "faz-tudo" mais respeitado da região, enfrentou um evento dramático quando seu muro desabou na casa da senhora Ivonete durante a madrugada, um incidente que evidenciou as falhas na construção. A falta de uma fundação adequada resultou em danos não apenas à propriedade do senhor Francisco, mas também à casa vizinha, mostrando como a ausência de um conhecimento técnico pode ter consequências graves.

Após o incidente, a comunidade se mobilizou para ajudar o senhor Francisco e a senhora Ivonete na limpeza dos destroços. Somente após essa situação crítica, o governo interveio, proporcionando a instalação de uma fundação adequada na ladeira, utilizando asfalto para melhorar a situação. No entanto, mesmo após essa intervenção, a segurança da habitação na região ainda é questionável, especialmente para as casas que surgem nas periferias da Rua dos Parlamentares, localizadas em morros onde a falta de asfaltamento agrava a situação.



5 RESULTADOS OBTIDOS

5.1 Resumo dos Testes Realizados

Os seguintes testes foram realizados nos protótipos:

- **Resistência ao Fogo**
- **Teste de Umidade**
- **Teste de Compressão**

Nesta etapa do projeto, realizamos uma série de testes rigorosos para avaliar as propriedades dos três protótipos de cimento desenvolvidos. Os testes foram fundamentais para determinar a viabilidade do uso de fibras de coco em construções modulares e para comparar o desempenho dos protótipos entre si.

5.1.1 Execução de testes de resistência ao fogo.

Os protótipos foram submetidos a testes de resistência ao fogo, onde cada amostra foi exposta a temperaturas de mais de 100°C por cerca de 5 minutos.

- **Cimento com 150g de fibra de coco** - Assim que entrou em contato com o fogo, o protótipo começou a queimar rapidamente devido à quantidade excessiva de fibras de coco. Isso fez com que o fogo se espalhasse, comprometendo a estrutura do material e resultando em uma destruição parcial.
- **Cimento com 75g de fibra de coco** - Este protótipo se saiu significativamente melhor no teste. Após 5 minutos de exposição ao fogo, não houve alteração na integridade do cimento, que permaneceu firme. A quantidade mais controlada de fibras de coco permitiu que elas ficassem mais internas, evitando a queima rápida e proporcionando uma melhor resistência térmica.
- **Cimento sem fibra de coco** - Assim como o protótipo com 75g de fibras, o cimento convencional não apresentou alterações visíveis em sua aparência física. Ele também resistiu bem ao teste, não apresentando danos ou degradação estrutural sob as mesmas condições de fogo.

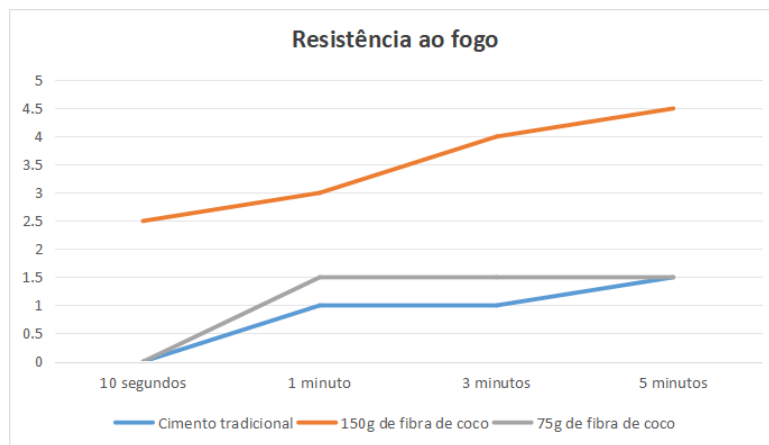


Imagem 3: Gráfico linear de resistência ao fogo

Fonte: Autoras

5.1.2 Testes de umidade

Os testes de umidade foram conduzidos para verificar a permeabilidade dos diferentes protótipos de cimento em relação à água. Os resultados foram os seguintes:

- **Cimento com 150g de fibras de coco** - Este protótipo mostrou-se bastante permeável devido à quantidade excessiva de fibras de coco, que deixou espaços significativos entre as partículas de cimento. Durante o teste, observou-se uma absorção de água acentuada, comprometendo a integridade do material e sua durabilidade a longo prazo.
- **Cimento com 75g de fibras de coco** - Este protótipo teve uma quantidade moderada de água que entrou nele. Embora não tenha absorvido tanto quanto o protótipo com 150g, sua permeabilidade ainda foi maior do que a do cimento convencional, indicando que, apesar de alguma resistência, a presença de fibras influenciou a capacidade de retenção de umidade.

Cimento sem fibras de coco - O protótipo sem fibras se destacou como o menos permeável, continuando intacto após o teste de umidade. Isso demonstra que a ausência de espaços deixados por fibras permite uma maior resistência à penetração de água, sendo uma escolha favorável em ambientes com alta umidade.

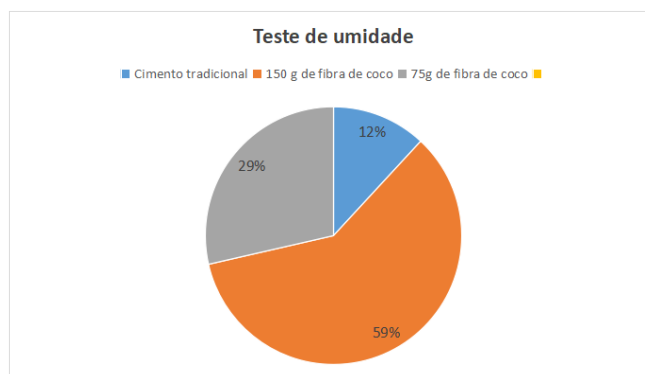


Imagem 4: Gráfico de teste de umidade

Fonte: Autoras

5.1.3 Testes de compressão

Os testes de compressão foram realizados para avaliar a resistência dos protótipos sob carga. Os resultados mostraram uma clara diferença na resistência entre os diferentes tipos de cimento:

- **Protótipo com 150g de Fibras de Coco:** Este material apresentou uma resistência à compressão significativamente inferior, o que pode ser atribuído à maior permeabilidade e à fragilidade gerada pela quantidade excessiva de fibras. A estrutura não suportou adequadamente as cargas aplicadas, resultando em fissuras e degradação.
- **Protótipo com 75g de Fibras de Coco:** Este protótipo apresentou melhor desempenho em comparação ao anterior, demonstrando uma resistência à compressão razoável. A quantidade de fibras foi mais equilibrada, permitindo que o cimento mantivesse sua integridade estrutural sob carga, embora ainda não tenha atingido os padrões ideais.
- **Cimento Sem Fibras:** O protótipo convencional se destacou em resistência à compressão, apresentando os melhores resultados entre todos os testes. Isso reforça a eficácia do cimento sem adições de fibras em termos de durabilidade e resistência em condições de carga.

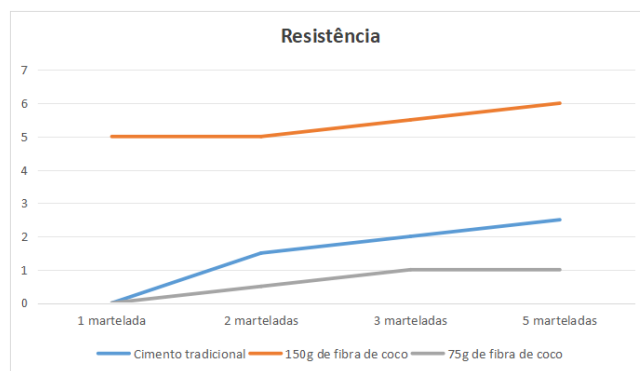


Imagem 5: Gráfico de resistência

Fonte: Autoras

5.2 Análise de Viabilidade Econômica

Nesta etapa do projeto, realizamos uma análise de viabilidade econômica dos protótipos de cimento desenvolvidos com fibras de coco. O objetivo foi avaliar os custos de produção, comparar com métodos de construção tradicionais e analisar a redução de desperdício de material.

5.2.1 Análise dos custos de produção

A avaliação dos custos o levantamento de preços dos materiais utilizados na produção dos protótipos, incluindo cimento, fibras de coco e aditivos. Os custos foram detalhados na tabela abaixo:

Materiais	Quantidade (Kg)	Custo por m2 (R\$)
Cimento convencional	10	5,40
Fibras de coco 1 (150g)	8,8	4,75
Fibras de coco 2 (75g)	9,4 g	5,8

Imagem 6: Análise de custos dos protótipos

Fonte: Autoras



6 CONCLUSÕES

Este projeto buscou desenvolver e avaliar a viabilidade de protótipos de cimento que incorporam fibras de coco, visando soluções sustentáveis e acessíveis para a construção civil em áreas periféricas. Ao longo do processo, foi possível verificar a relevância da pesquisa e a aplicação prática das construções modulares, que se mostram promissoras diante das condições desafiadoras enfrentadas nas comunidades. A criação dos três tipos de cimento (convencional, com 75g e 150g de fibras de coco) demonstrou que o protótipo com 75g de fibras teve o melhor desempenho em resistência ao fogo e compressão, enquanto o com 150g apresentou maior permeabilidade, indicando a necessidade de um equilíbrio na quantidade de fibra utilizada.

Durante o desenvolvimento do projeto, foram identificados desafios relacionados à dosagem das fibras e à necessidade de garantir a segurança estrutural dos protótipos. Soluções foram implementadas, como a realização de testes rigorosos e a adaptação da metodologia, que permitiram otimizar os resultados. Em suma, o projeto demonstrou que as construções modulares utilizando fibras de coco não apenas são viáveis, mas também oferecem uma abordagem sustentável e econômica para a construção civil, especialmente em áreas com limitações de recursos. Embora o processo tenha envolvido tentativas e erros, cada fase contribuiu para um melhor entendimento da aplicabilidade das fibras de coco e suas potencialidades. A pesquisa contribui para o campo da engenharia civil, destacando a importância de soluções inovadoras que atendam às necessidades habitacionais de comunidades em crescimento.



REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Luiza Rangel de; OLIVEIRA, Danielle Meireles de. Principais vantagens do uso de construção modular de concreto armado para habitações populares. TCC. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-A3YFTB/1/monografia_p_s_luiza_rangel_de_almeida.pdf
- ADIÇÃO NO CONCRETO. Antonio, Julia Bonin; LARA, Fábio Alexandre Rodrigues de; SOUZA, Julia de Paula; CAPPELLETTI, Tathiane Tomaiolo; AMARAL, Patrícia Tolaine do. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/564379/2/ANÁLISE%20TÉCNICA%20DO%20COMPORTAMENTO%20DA%20FIBRA%20DE%20COCO.pdf>
- DEGAINI, Jonathan. Construção Modular: o que é e 10 motivos para implementar. [s.l.], 2022. Disponível em: <https://www.sience.com.br/blog/construcao-modular/>
- FIORNTIN, Lucas Demarco; ANDRETTA, Erli Raquel Zortea; BATISTON, Eduardo Roberto. Utilização de fibra de coco como componente para aumentar a resistência final do concreto. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/siau/article/view/27916>
- ROBERTO, Rodrigo Coelho; SILVA, Tiago Dias da; MELO, Thiago Xavier de; SOUZA, Rafael da Silva; COSTA, Rafael da Silva. Estudo do concreto com adição de fibra da casca de côco verde. XIV Simpósio Internacional de Ciências Integradas da UNAERP Campus Guarujá. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.unaerp.br/documentos/2759-estudo-do-concreto-com-adicao-de-fibra-da-casca-de-coco-verde/file#:~:text=A%20fibra%20de%20côco%20pode,se%20encontra%20disponível%20na%20natureza.>
- TROMPOWSKY TAULOIS SILVEIRA, Guilherme. Construção modular no Brasil e análise dos seus entraves. [s.l.], [s.d.].



TEIXEIRA NETO, Antônio Garcia; GABRI, Gustavo Lacerda; FREITAS, Jhony Silva; POLICARPO DA CONCEIÇÃO, Jully Wanderson da Silva. Fabricação do concreto com adição de fibra de coco. [s.l.], [s.d.]. Disponível em:

<http://www.repositorio.poli.ufrj.br/monografias/projpoli10040093.pdf>

OPUS. O que é construção modular? Aprenda tudo sobre o tema. [s.l.], 2020.

Disponível em: <https://opuscm.com.br/construcao-modular/>

WEG. Entenda como funciona a construção modular. [s.l.], 2021.

SEBRAE. Construções modulares: conheça a nova tendência da construção civil. [s.l.], 2022. Disponível em:

<https://www.weg.net/tomadas/blog/arquitetura/entenda-como-funciona-a-construcao-modular/>

LAFATE. Construção modular: o que é, quais são as vantagens e exemplos práticos. [s.l.], 2020. Disponível em:

<https://www.lafaetelocacao.com.br/artigos/construcao-modular/>