

# ANÁLISE DE DESEMPENHO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS PARA EMPREGO EM CONSTRUÇÕES HABITACIONAIS SUSTENTÁVEIS.

PERFORMANCE ANALYSIS OF ECOLOGICAL BRICKS FOR USE IN  
SUSTAINABLE HOUSING CONSTRUCTIONS.

**Gustavo Jorge de Castro e Silva**

gjcs@discente.ifpe.edu.br

**Yuri Barros Lima de Moraes**

yurimoraes@recife.ifpe.edu.br

---

## RESUMO

Este trabalho analisa o desempenho de tijolos de solo-cimento para construção de edificações habitacionais como medida de redução dos impactos ambientais da indústria da construção. Esse produto é conhecido popularmente como tijolo ecológico devido sua mistura de solo natural com uma pequena porção de cimento Portland na fase de produção, com possibilidade de utilização de resíduos da construção e demolição (RCD) e outros tipos de resíduos na mistura. Dessa forma, este trabalho se propõe a analisar o nível de desempenho dos tijolos de solo-cimento, por meio de ciclos de molhagem e secagem e ensaios de resistência à compressão e de absorção de água. Constatou-se que o tipo de solo, o processo de mistura dos insumos e a adição de cal hidratada interferem diretamente na resistência à compressão e na absorção de água dos tijolos ecológicos

Palavras-chave: Sustainable Constructions; Soil – cement; Performance.

## ABSTRACT

This paper analyzes the performance of soil-cement bricks for the construction of residential buildings as a measure to reduce the environmental impacts of the construction industry. This product is popularly known as ecological brick due to its mixture of natural soil with a small portion of Portland cement in the production phase, with the possibility of using construction and demolition waste (CDW) and other types of waste in the mixture. Thus, this paper aims to analyze the performance level of soil-cement bricks, through wetting and drying cycles and compressive

strength and water absorption tests. It was found that the type of soil, the mixing process of the inputs and the addition of hydrated lime directly interfere in the compressive strength and water absorption of ecological bricks.

Keywords: Climate Adaptation; Ecological Bricks; Sustainable Construction.

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil desempenha um papel crucial no desenvolvimento social, mas também enfrenta problemas significativos quando se trata de sustentabilidade e preservação da biodiversidade. Com a expansão urbana e a crescente demanda por infraestrutura, os impactos ambientais dessa indústria são inevitáveis. No entanto, é fundamental que este setor adote práticas que minimizem esses efeitos indesejáveis e protejam os ecossistemas naturais (GBC Brasil, 2022).

Como principais desafios, pode-se elencar a diminuição do consumo de energia e da emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Segundo a Saint-Gobain(2022) apud sienge(2024), o setor responde por 37% das emissões globais de CO<sub>2</sub>, gera 40% dos resíduos sólidos e consome 50% dos recursos existentes no mundo, o que contribui severamente para a acelerada mudança no clima. Para a Schneider Eletric (2022), a indústria cimentícia consome no processo fabril 2% de toda energia produzida no planeta. Conforme dados da Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (2023), mesmo com redução de 1,8% em relação ao ano anterior, o Brasil gerou cerca de 45 milhões de toneladas de resíduos de construção civil e demolição no ano de 2022, deste quantitativo, 8,8 milhões (19,6%) foram da região Nordeste.

Diante desse cenário, a utilização de materiais sustentáveis na construção civil, como o tijolo de solo-cimento ou ecológico, torna-se uma alternativa promissora para redução dos impactos ambientais, devido a diminuição no consumo de cimento e na geração de resíduos de construção e demolição. O solo-cimento é o material resultante da mistura homogênea, compactada e curada de solo, cimento e água em proporções adequadas. O produto resultante deste processo é um material com boa resistência à compressão, bom índice de impermeabilidade, baixo índice de retração volumétrica e boa durabilidade. O solo é o componente mais utilizado para a obtenção do solo-cimento. O cimento entra em uma quantidade que varia de 5% a 10% do peso do solo, o suficiente para estabilizá-lo e conferir as propriedades de resistência desejadas para o composto (ABCP, 2009).

Para obtenção de produtos de solo-cimento de qualidade, é necessário conhecer as técnicas de caracterização do solo para verificação e determinação do tipo de solo adequado a fabricação, conforme parâmetros que a ABNT NBR 10833 (2013) estabelece. O solo que possui granulometria contínua, conforme curva de Bolomey, pode formar um material de construção de alto desempenho, através da modificação de certos parâmetros na etapa de produção do solo-cimento (Carvalho *et al*, 2022).

O solo estabilizado com cimento é constituído por três componentes, tendo suas quantidades predeterminadas em dosagem de laboratório e buscando diferentes valores de durabilidade e resistência, o solo, o cimento e a água. É necessário conhecer bem os materiais que serão utilizados na mistura, ajudando a prever algumas reações do solo no instante em que entra em contato com o ligante. As reações do solo podem ocorrer devido à presença de agentes como sulfatos e promover a sua expansão. Por isso é indispensável o ensaio de laboratório e sua

correta análise, pois o tipo de solo, existência de materiais nocivos no cimento, teor de cimento, teor de umidade (facilita a compactação e consistência), operações de mistura, grau de compactação, grau de pulverização, tempo e condição de cura e dosagem influenciam de maneira significativa os resultados (Dos Santos e Caldeira, 2021, p.09).

Com isso, o objetivo geral da pesquisa é produzir tijolos de solo - cimento em prensa de compactação manual, com a finalidade de ser utilizado em habitações residenciais unifamiliar. Já os objetivos específicos estão pautados na avaliação das normas técnicas de produção de tijolos de solo-cimento, no processo de fabricação dos tijolos e na análise dos comportamentos físicos e mecânicos dos tijolos ecológicos.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

No Brasil, o mercado de tijolos ecológicos vem crescendo significativamente, impulsionado pela busca por soluções mais sustentáveis na construção civil. Empresas de diversos portes têm investido na fabricação e comercialização desses materiais. Também conhecido como BTC (bloco de terra comprimida) ou tijolo modular de solo-cimento, esse produto é fabricado com um material composto por terra, cimento e água, e deve estar livre de matéria orgânica. O tijolo ecológico é produzido pela compressão da combinação e não passa pelo processo de queima convencional. Devido à ampla diversidade de tipos de solo, é crucial analisar o comportamento do material para definir a proporção ideal da mistura (Tijolo Brasil, 2024)

### **2.1 A importância do solo-cimento**

É um produto considerado de baixo impacto ambiental por proporcionar o aproveitamento do solo da escavação da própria obra. Essa alternativa promove a diminuição de custos, tanto dos materiais comumente empregados como agregados do concreto (brita e areia), quanto da necessidade de exploração e deslocamento desses materiais para o local da obra. É importante também considerar que o melhor aproveitamento dos materiais de uma obra de construção civil diminui a geração de resíduos e conseqüentemente a remoção e o descarte desses materiais, reduzindo o impacto nas áreas de descarte de entulho, os considerados “bota-fora”, com isso o uso dessa tecnologia construtiva aponta para vantagens ambientais e a diminuição de custo em obras (Pinto, 2016; Negreiros et al. 2018, apud Carvalho et al. 2022).

#### *2.1.1 Origem do Tijolo*

Apesar da existência da patente do tijolo ecológico ser registrada desde 1922, nos Estados Unidos, por Martin Jr., e que não apenas contribuiu para o avanço da construção civil com uma solução mais sustentável, mas também estabeleceu os fundamentos para o desenvolvimento contínuo de materiais de construção inovadores (Tijolo Brasil, 2024), ainda existe preconceito do mercado com esse tipo de produto, não por questões técnicas, mas por questões sociais.

Segundo Carvalho et al. (2022), um dos fatores de desvalorização para este tipo de solução construtiva é que historicamente as construções que aproveitavam o

próprio solo eram realizadas por camadas sociais com menor poder aquisitivo, trazendo uma visão errônea sobre isso. Esse panorama começou a mudar lentamente através do conhecimento das vantagens da construção com a técnica do solo-cimento e dos estudos que favoreçam o aprimoramento de sua produção.

## **2.2 Projeção do Produto**

Os tijolos ecológicos representam uma alternativa sustentável e promissora, mas para que sua adoção seja ampliada, é crucial investir em pesquisas e desenvolvimento de novas tecnologias que melhorem sua resistência e durabilidade (Algozo, Silva, 2024). Preocupações relacionadas à resistência estrutural e durabilidade desses materiais, são questões importantes que precisam ser abordadas para promover a adoção generalizada de tijolos ecológicos na construção civil, sendo necessária uma abordagem holística que envolva o desenvolvimento de políticas públicas favoráveis, investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias, bem como a capacitação de profissionais da área. (Figueredo et al. (2024).

### *2.2.1 Análise Preliminar dos Materiais*

Batista e Fernandes (2022) demonstraram que mesmo solos muito argilosos e não recomendados inicialmente para fabricação de tijolos de solo-cimento, podem ser contornados com correção granulométrica através da mistura em massa de 70% de solo com 30% de areia. Já para Dos Santos e Caldeira (2021), a mistura do solo com cimento demanda aperfeiçoar as propriedades do solo como a plasticidade e a absorção de água ou estabilizá-lo aumentando significativamente suas características mecânicas e aprimorando a resistência ao cisalhamento (atrito causado no contato das partículas), resultando em melhora na infraestrutura do conjunto.

Para Gois (2012), alguns dos mecanismos das reações envolvidas na estabilização ou na melhoria dos solos com a cal ainda não são bem conhecidos, mas sabe-se que no processo predominam efeitos físico-químicos de interação da cal com o solo. A cal provoca reações de curto prazo de tempo em decorrência da troca iônica e das modificações nas condições de carga das superfícies das partículas dos solos, e modificações à longo prazo resultante das reações de cimentação envolvendo a cal e os elementos minerais presentes no solo. As modificações de curto prazo induzem a floculação dos solos, já as reações que ocorrem em longo prazo são denominadas pozolânicas. Assim, para o autor, quando a cal é adicionada ao solo ocorrem fenômenos de floculação e aglomeração, reações pozolânicas e a recarbonatação dos hidróxidos de cálcio e magnésio.

## **2.3 Desafios da Produção e Contexto Climático.**

Por outro lado, os principais desafios da construção sustentável na atualidade incluem a disponibilidade limitada desses materiais no mercado e a falta de escala na produção, que impacta nos seus custos iniciais e nas questões logísticas. Existem poucos projetos-piloto e uma baixa adesão das indústrias da construção no desenvolvimento conjunto de soluções sustentáveis, sendo necessário criar procedimentos e normas específicas, desenvolver um mercado mais robusto para

materiais sustentáveis e promover estratégias que facilitem a escalabilidade das soluções sustentáveis (Toledo,2024).

Em paralelo a esses fatores, projeta-se que eventos climáticos extremos como tempestades, secas e ondas de calor sejam mais frequentes e ocasionem prejuízos socioambientais e econômicos em escala global. Para o GBC (2024) isso afetará diretamente a durabilidade e a segurança das edificações, que poderão não suportar esses novos esforços e entrar em colapso. O Painel Intergovernamental para a Mudança Climática das Nações Unidas (IPCC) vem alertando o mundo para trajetórias prováveis de aquecimento global até metade do século (AR6, 2023).

### 3. METODOLOGIA

O método da pesquisa é do tipo quantitativa, baseada em torno de dados numéricos e mensuráveis, que permitem classificar, medir e identificar padrões, além de fazer generalizações significativas. Para Silva (2015, p. 52) as pesquisas quantitativas utilizam uma amostra representativa da população para mensurar qualidades. Nessa ótica, quanto a natureza se enquadra em pesquisa aplicada, em relação aos objetivos é uma pesquisa explicativa e, nos procedimentos, é considerada uma pesquisa experimental.

Para melhorar a análise das características dos tijolos ecológicos como material de construção, empregados na produção de edificações residenciais, são necessárias prioritariamente a caracterização e estabilização do solo e posteriormente avaliação dos parâmetros resistência à compressão simples e absorção de água, conforme preceitua as Normas Brasileiras, NBR 6457 Preparação de amostra de solo e ensaio de caracterização, NBR 6459. Determinação do limite de liquidez, NBR 7180. Determinação do limite de plasticidade, NBR 7181 Análise granulométrica, NBR 8491 Tijolo solo cimento – requisitos, NBR 8492 Tijolo se solo cimento - Análise dimensional, determinação da resistência a compressão e da absorção de água - método de ensaio e NBR 10833 Fabricação de tijolo e bloco de solo - cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica.

A metodologia foi estruturada em três etapas, vinculadas aos respectivos objetivos específicos.

- 1) **Avaliação das normas técnicas de produção de tijolos de solo-cimento;**
- 2) **Processo de fabricação dos tijolos e;**
- 3) **Análise dos comportamentos físicos e mecânicos dos tijolos ecológicos.**

Nesse primeiro momento foram examinados os procedimentos técnicos inerentes a fabricação das peças de solo-cimento, sendo necessária a criação de um fluxograma para melhor compreensão dessa etapa fabril.

#### 3.1 Etapa 1 - Avaliação das normas técnicas de produção de tijolos de solo-cimento.

1A) Durante o processo de pesquisa das normas, a NBR 8491 Tijolos de Solo-cimento - Requisitos e a NBR 10834 Bloco de solo-cimento sem função estrutural – Requisitos, verificou-se que as nomenclaturas “tijolos” e “blocos” de solo-cimento são distintas não por seus produtos serem maciços ou vazados, respectivamente, mas por apresentarem dimensões nominais diferentes nas peças, conforme o

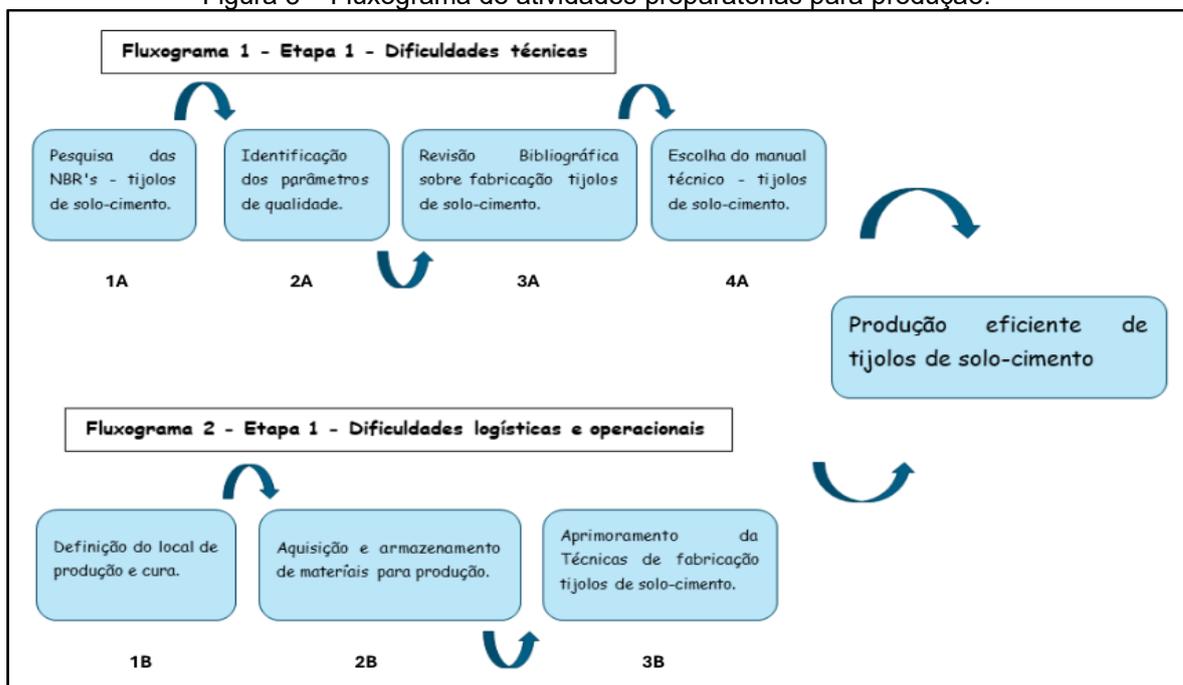
descrito nas Figuras 1 e Figuras 2. Apesar disso esses dois produtos compartilham a mesma norma para fabricação, a NBR 10833 - Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica - Procedimentos.

Figura 1 - Dimensões nominais Tijolos				Figura 2 – Dimensões nominais Blocos			
Tipo	Comp.	Largura	Altura	Tipo	Comp.	Largura	Altura
A (maciço)	200	100	50	A (maciço ou vazado)	200	100	50
B (vazado)	240	120	70				

Fonte: ABNT NBR 8491:(2013)

ABNT NBR 10834 :(2013)

Figura 3 – Fluxograma de atividades preparatórias para produção.



Fonte: Autor (2025)

2A) Para verificação da qualidade dos tijolos foi consultada a norma NBR 8492 Tijolo de solo-cimento - Análise dimensional, determinação da resistência a compressão e da absorção de água - Método de ensaio.

3A) Se fez necessário realizar uma revisão bibliográfica, por meio de consulta ao google acadêmico com os temas de busca “Fabricação de tijolos de solo – cimento”, “Análise dos parâmetros que influenciam o aumento da durabilidade de tijolos ecológicos”, “Cuidados durante a fabricação de tijolos ecológicos” e “Manual técnico de fabricação de solo-cimento”. Após essa consulta a literatura técnica foi possível reunir o conhecimento básico sobre o assunto e aplicar as melhores técnicas durante o processo fabril.

4A) Como a NBR 10833 - Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica - Procedimentos tem poucos detalhes sobre os procedimentos operacionais de produção, se fez necessário adotar como fonte secundária de consulta o Boletim técnico nº111 da ABCP. Segundo esta

instituição esse manual foi elaborado com o objetivo de uniformizar conceitos e procedimentos, relacionados à fabricação de tijolos de solo-cimento e ampliar as perspectivas de pessoas, de menor poder aquisitivo, para construção de sua casa própria com um material de qualidade.

1B) A definição do espaço físico para armazenamento dos materiais de construção, a escolha das áreas de mistura, de compactação e de cura dos tijolos foram fatores limitantes ao desenvolvimento da pesquisa. O espaço escolhido era descoberto, e para otimizar os recursos humanos e aumentar a produtividade, as etapas de trituração do solo e armazenagem dos materiais ocorreram no turno matutino e as etapas de mistura e compactação no turno da vespertino, a partir das 15h30.

2B) O controle de qualidade e a disponibilidade dos materiais de construção surgem como segunda grande preocupação nessa etapa de fabricação. A escolha do solo é extremamente importante para qualidade do produto. Para isso foram visitadas 02(duas) Jazidas, a primeira na estrada da Mirueira (Figura 5) e a segunda na estrada de Manguinhos (Figura 6), respectivamente nas cidades de Paulista e São José da Coroa Grande, ambas no Estado de Pernambuco. Optou-se por produzir 02 tijolos da jazida de Manguinhos e 14 lotes da jazida da Mirueira.

O BT nº111 ABCP(2000) recomenda que sejam selecionados os solos arenosos, pois, quase sempre, requerem o uso de menor quantidade de cimento em relação a solos argilosos e siltosos, porém, ressalta ainda que a presença de uma quantidade pequena de argila, na composição do solo, é necessária para dar à mistura de solo e cimento, quando umedecida e compactada, coesão suficiente que permita a desmoldagem e o manuseio dos tijolos logo após a prensagem. De acordo com Fraga et al. (2016) antes de iniciar a fabricação, é necessário que o solo apresente plasticidade e que seu limite de liquidez não seja excessivo (menor que 40-45%). Normalmente, é aconselhável utilizar o solo que contenha 10% a 20% de argila, 10% a 20% silte, 50% a 70% de areia.

3B) Por se tratar de uma inovação tecnológica no ramo da construção que utiliza solos com características diversas, ainda não se chegou a um consenso quanto aos procedimentos operacionais para fabricação de tijolos de solo-cimento, com isso foi adotado o manual da ABCP e as boas práticas do fabricante da prensa utilizada no experimento, a empresa Verde equipamentos.



Fonte: Autor (2025)

Fonte: Autor (2024)

### 3.2 Etapa 2 - Processo de Caracterização do solo e fabricação dos tijolos.

3.2.1 Segundo a NBR 10833 - Fabricação de tijolo e bloco de solo - cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica e o BT nº111 da ABCP(2000), os solos mais adequados para fabricação de tijolos de solo-cimento devem passar 100% do seu material na peneira ABNT 4,8 mm (nº 4), 10% a 50% na peneira ABNT 0,075 mm (nº 200), apresentar limite de liquidez menor ou igual a 45% e índice de plasticidade menor ou igual a 18%. Diante da necessidade de conhecer esse material, foi realizado no laboratório do IFPE o ensaio de caracterização do solo em conformidade com as normas técnicas Brasileiras

#### 3.2.1.1 Caracterização do Solo

Para análise do solo, da jazida da Mirueira, foi realizada a preparação da amostra de 200 gramas em conformidade com as seções 3.3.2.1 e 3.3.2.3 da NBR 6457 Solos - preparação de amostras para ensaios de compactação, caracterização e determinação do teor de umidade, que orienta o processo de secagem do solo ao ar, até próximo a umidade hidrosférica, passagem da amostra na peneira #40 (0,42), trituração manual dos torrões para evitar quebra de grãos e posteriormente homogeneizar a amostra.



3.2.1.2 - A determinação do Limite de Liquidez (LL), foi realizada pelo aparelho de Casagrande (Figura 07) conforme a NBR 6459:2016 e gerou os dados da tabela da Figura 08, e através de resultado gráfico, relacionado ao cruzamento de retas perpendiculares do teor de umidade e da posição de 25 Golpes, descrito na Figura 06, apresentou resultado de 28,5% e está dentro da margem aceitável da NBR 10833, que recomenda os valores menores que de 45% para esse parâmetro.

Figura 08 – TABELA DO LIMITE DE LIQUIDEZ – ABNT NBR 6459:2016

Cápsula	nº	505	539	528	529	527
Golpes	g	15	21	24	30	38
Peso da cápsula	g	11,43	11,90	12,07	11,95	12,0
Peso Bruto úmido	g	20,01	24,34	26,03	29,12	20,63
Peso Bruto Seco	g	18,22	21,49	22,93	25,39	18,87

Peso da Água	g	1,79	2,86	3,1	3,73	1,76
Peso do Solo Seco	g	6,79	9,59	10,86	13,44	6,87
Umidade	%	26,36	29,82	28,54	27,75	25,61
Limite de Liquidez	%	28,5				

Fonte: Autor (2025)

3.2.1.3 - O ensaio para obtenção do Limite de Plasticidade foi realizado conforme a NBR 7180:2016 e gerou os dados da tabela da figura 09. Na sequência foi encontrado o valor de 11,79 % para o índice de Plasticidade (IP), com base nos valores tabelas das figuras 09 e 08, e está dentro da margem aceitável da NBR 10833, que recomenda os valores menores que de 18% para esse parâmetro.

Figura 09 - LIMITE DE PLASTICIDADE – ABNT NBR 7180:2016

Cápsula	nº	539	527	528	526	525
Peso da cápsula	g	8,27	9,04	8,47	8,8	8,27
Peso Bruto úmido	g	9,89	10,33	9,96	9,80	9,09
Peso Bruto Seco	g	9,70	10,15	9,75	9,65	8,96
Peso da Água	g	0,19	0,18	0,21	0,15	0,13
Peso do Solo Seco	g	1,33	1,11	1,28	0,85	0,69
Umidade	%	14,28	16,21	16,40	17,64	18,84
Umidade (Média)	%	16,674				
Faixa umidade (5%)		15,84% a 17,50%				
COERÊNCIA		Não	Sim	Sim	Sim	Não
Limite de Plasticidade	%	16,75(média das amostras 527,528 526)				

Fonte: Autor (2025)

Cálculo do índice de plasticidade

$$IP: LL - LP \quad (1)$$

$$LL = 28,54\% ; LP = 16,75\%$$

$$IP = (28,54\%) - (16,75\%)$$

$$IP = 11,79\%$$

3.2.2 - As orientações disponíveis no site do fabricante da prensa manual, utilizada no experimento, a empresa Verde Equipamentos, descreve de forma simples que praticamente todo e qualquer solo pode ser utilizado para fabricação de tijolos ecológicos, com exceção da terra preta e aquelas com muito material orgânico. Este, recomenda que seja realizada análise da porcentagem de areia presente na composição, através do uso da peneira ABNT com malha 0,075 mm (nº 200). A

primeira etapa do teste se aplica semelhante ao contido na NBR 10833, passar 100% do seu material na peneira ABNT 4,8 mm (nº 4), e a segunda etapa difere no procedimento de verificação do teor de areia, argila e silte.

3.2.2.1 - A amostra é pesada e registrada como **peso 1**(um), colocada em uma assadeira e levada ao fogo até o solo ficar totalmente seco;

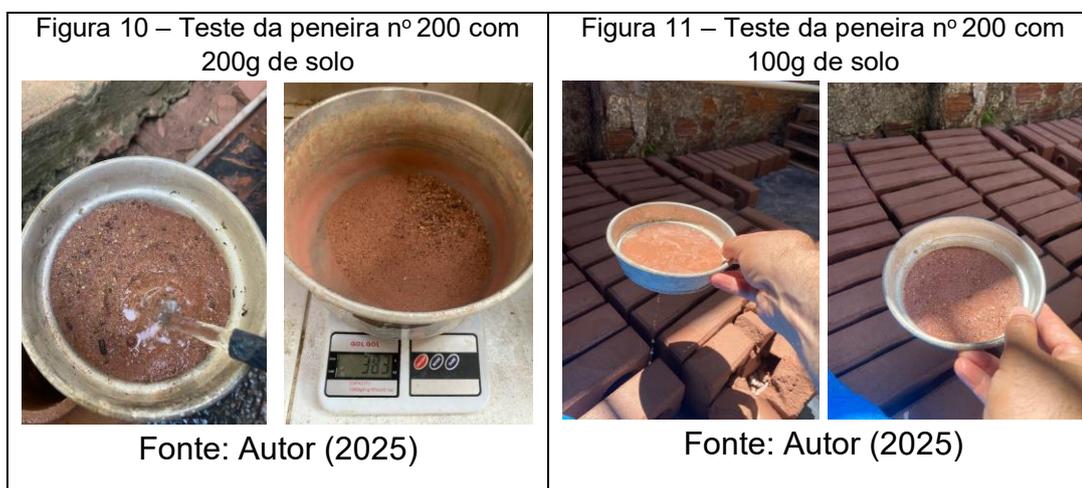
3.2.2.2 Após a secagem o material é pesado e registrada como **peso 2**(dois) e colocado na peneira ABNT com malha 0,075 mm (nº 200), lavado em água corrente até a coloração da mistura ficar transparente ao passar pela peneira.

3.2.2.3 - O material seco é pesado e registrado como **peso 3**(três), e esse último resíduo é identificado como areia.

Teor de areia da amostra = (Peso 3) / (Peso 2)

Teor de argila e silte = ((Peso 2) - (Peso 3)) / (peso 2)

- O objetivo do teste é encontrar de 50% a 70% de areia e 30% de argila e silte na composição do solo. Conforme Fraga et al. (2016), essas são condições básicas de um solo para fabricação de tijolos de solo-cimento. Com isso, foram realizados os supracitados testes com os solos das jazidas da Mirueira e de São José da Coroa Grande. Durante o ensaio, constatou-se que a amostra da Mirueira possui 72,5% de areia (Figura 10) e que jazida de São José da Coroa Grande apresentou 82% de areia.



- Foram produzidos 08(oito) conjuntos de tijolos, com modificação de traços e procedimentos de cura, conforme tabela (Figura 14) de identificação dos traços.

Figura 12 – Tijolos com solo da Mirueira	Figura 13 – Tijolos com solo da Mirueira	Figura 13 – Prensa dos Tijolos
--	--	--------------------------------



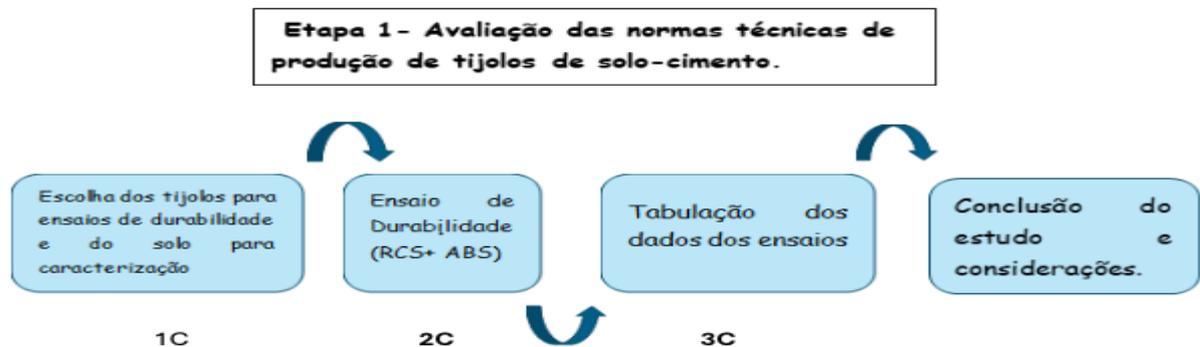
Figura 14 - Composição dos traços - Etapa 2

Amostra	T1(SJ)	T2(MI)	T3(MI)	T4(MI)	T5(MI)	T6(MI)	T7(MI)	T8(MI)
Local do Solo	São José(SJ)	Mirueira (MI)	Mirueira (MI)	Mirueira(MI)	Mirueira (MI)	Mirueira (MI)	Mirueira (MI)	Mirueira(MI)
Tipo de Cimento	CP II E	CP V	CP V	CP V	CP V	CP V	CP V	CP V
Tipo de Cal	-	-	-	-	-	5% CHI	-	-
Tempo de cura	28 dias	7 dias	7 dias	7 dias	7 dias	7 dias	7 dias	7 dias
Traço	7:1	7:1	8:1	7:1	8:1	7:1 c/cal	10:1	10:1

Fonte: Autor (2025)

### 3.3 Etapa 3 - Análise dos comportamentos físicos e mecânicos dos tijolos ecológicos

Fluxogramas para ensaios de laboratório.



Fonte: Autor (2025)

Nessa última etapa foram realizados ensaios de durabilidade dos tijolos, com o intuito de verificar a resistência a compressão simples e o grau de absorção de água dos traços adotados para o experimento.

1C) Foram selecionados 16 (Dezesseis) unidades de tijolos, sendo 08(oito) conjuntos de 02(dois) tijolos, com representação dos traços desenvolvidos na Etapa 2 do experimento. Para cada conjunto 01(um) tijolo foi submetido ao ensaio de Resistência a Compressão Simples (RCS) e 01(um) ao ensaio de absorção de água (ABS)

2C) Para execução do ensaio de durabilidade (RCS e ABS) foi firmada parceria com a empresa C3S Projetos e Consultoria, que seguiu rigorosamente as orientações contidas nas seções 4.2. 4.3 e 4.4 da NBR 8492 - Análise dimensional determinação da resistência à compressão e da absorção de água - Método de ensaio.

3C) Foi realizada tabulação dos dados para auxiliar na padronização de informações e conseqüentemente ajudar na melhora do planejamento do traço de fabricação, com foco na qualidade dos tijolos e nos custos de produção.

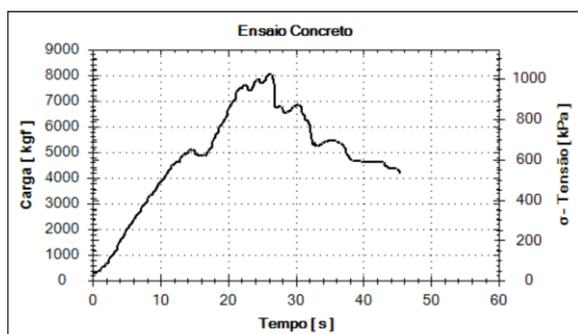


## 4. RESULTADOS E ANÁLISE

**4.1 Ensaios à Compressão Simples (RCS)** - realizado na C3S Projetos e Consultoria.

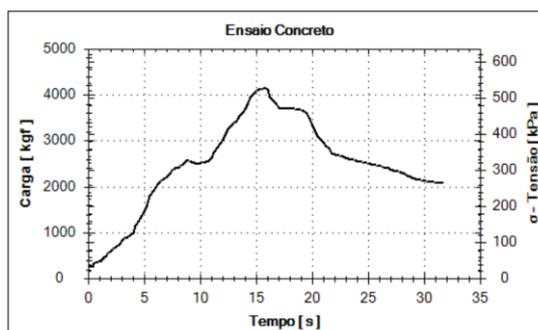
4.1.1 A amostra **T1(SJ)** (composta de 82 % de areia, traço 7:1 CP- II E ) produzida com solo da jazida de São José da Coroa Grande, apresentou resistência a compressão de **6,34 MPa** após a cura completa de 28 dias. Esse valor representa 217% o valor referencial médio de **2 MPa**, estabelecido pela NBR 8491 Tijolo solo cimento – Requisitos.

Figura 18 – Relatório de T1(SJ)



Fonte: C3S (2025)

Figura 19 – Relatório de T6(MI)



Fonte: C3S (2025)

4.1.2 - As amostras **T2(MI)** e **T4(MI)** (compostas de 72,5 % de areia, traço 7:1 CP-V) apresentaram resistência à compressão de **1,5 MPa** e **1,24 MPa** respectivamente, valores abaixo da NBR 8491 Tijolo solo cimento – Requisitos. Resultado inesperado, mesmo o solo atendendo todos os requisitos da Norma ocorreu um baixo desempenho a resistência mecânicas das peças. Esse fato pode estar relacionado a quantidade de água da mistura e/ou procedimentos de cura das peças

4.1.3 - As amostras **T3(MI)** e **T5(MI)** (compostas de 72,5 % de areia, traço 8:1 CP-V) apresentaram resistência à compressão de **1,23 MPa** e **1,94 MPa** respectivamente valores abaixo do referencial médio da NBR 8491 Tijolo solo cimento – Requisitos. Resultado inesperado, mesmo o solo atendendo todos os requisitos da Norma ocorreu um baixo desempenho a resistência mecânicas das peças. Esse fato pode estar relacionado a quantidade de água da mistura e/ou procedimentos de cura das peças

Figura 20 – Ruptura T1(SJ)



Fonte: C3S (2025)

Figura 21 – Ruptura T6 (MI)



Fonte: C3S (2025)

Fig.22 – Ruptura T7 (MI)



Fonte: C3S (2025)

4.1.4 - A amostra **T6(MI)** (composta de 72,5 % de areia, traço 7:1 CP-V:5%cal) apresentou resistência à compressão de **3,28 MPa**. Esse valor representa 64% a mais do valor referencial da NBR 8491. O que diferenciou a mostra **T6(MI)** das amostras **T2(MI)** e **T4(MI)** foi a adição de 5% da Cal Hidratada CH – 1. Gois (2012) realizou um experimento semelhante, que adicionou 2% de cal, na mistura de solcimento com 10% de cimento, e aumentou a resistência a compressão simples de tijolo de Solo-cimento maciço em 2,90% aos 56 dias.

Figura 23 – Resultados dos ensaios de Resistência à compressão Simples (RCS)

Amostra	Traço	Área de contato (Cm2)	Área do furo (Cm2)	Área efetiva	Carga de ruptura (KG)	Tensão kg/cm2	Fator de conversão	Tensão(Mpa)
T1(SJ)	7:1	156,25	28,26	127,99	8.010,00	62,58	9,869304	6,34
T2(MI)	7:1	156,25	28,26	127,99	1.900,00	14,84	9,869304	1,50
T3(MI)	8:1	156,25	28,26	127,99	1.550,00	12,11	9,869304	1,23
T4(MI)	7:1	156,25	28,26	127,99	1.570,00	12,27	9,869304	1,24
T5(MI)	8:1	156,25	28,26	127,99	2.450,00	19,14	9,869304	1,94
T6(MI)	7:1 C/CAL 5%	156,25	28,26	127,99	4.140,00	32,35	9,869304	3,28
T7(MI)	10:1	156,25	28,26	127,99	2.630,00	20,55	9,869304	2,08
T8(MI)	10:1	156,25	28,26	127,99	1.680,00	13,13	9,869304	1,33

Fonte: C3S Projetos e Consultoria (2025)

4.1.5 As amostras **T7(MI)** e **T8(MI)** (compostas de 72,5 % de areia, traço 10:1 CP-V) apresentaram resistência à compressão de **2,08 MPa** e **1,33 MPa** respectivamente, **T7(MI)** ficou 4% acima do valor referencial médio de e **T8(MI)** ficou 33,5 % abaixo desse parâmetro. Resultado inesperado para o **T8(MI)**, mesmo o solo atendendo todos os requisitos da Norma ocorreu um baixo desempenho a resistência mecânicas das peças. Esse fato pode estar relacionado a quantidade de água da mistura e/ou procedimentos de cura das peças.

## 4.2 Ensaios de Absorção de água (ABS) realizado na C3S Projetos e Consultoria.

4.2.1 - A amostra **T1(SJ)** (composta de 82 % de areia, traço 7:1 CP- II) apresentou 10,01% de índice de absorção de água, e representa 45,5% do máximo aceitável (valor menor ou a igual a 22 %) pela NBR 8491 Tijolo solo cimento – requisitos.

Figura 24 – Resultados dos ensaios de Absorção de água (ABS)

Amostra	Traço	Peso Seco M1 (g)	Peso Saturado M2 (g)	Absorção (%)
T1(SJ)	7:1	3.107	3.418	10,01
T2(MI)	7:1	3.015	3.102	2,89
T3(MI)	8:1	3.116	3.217	3,24
T4(MI)	7:1	2.988	3.062	2,48
T5(MI)	8:1	3.052	3.229	5,80
T6(MI)	7:1 c/cal 5%	3.049	3.060	0,36
T7(MI)	10:1	-	-	-
T8(MI)	10:1	2.671	3.055	14,38

Fonte: C3S Projetos e Consultoria (2025)

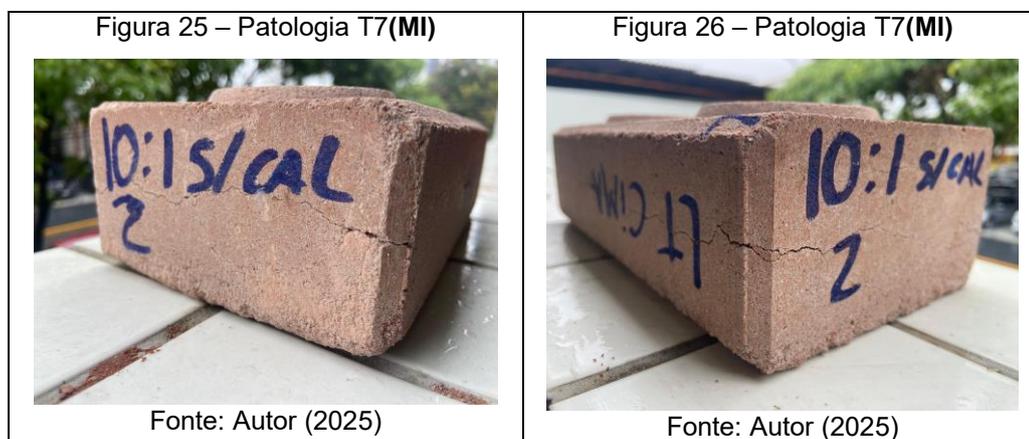
4.2.2 - As amostras **T2(MI)** e **T4(MI)** (compostas de 72,5 % de areia, traço 7:1 CP-V) apresentaram 2,89% e 2,48% respectivamente de índice de absorção de água. Esses valores representam em média 12,20 % do máximo aceitável (valor menor ou a igual a 22 %) pela NBR 8491 Tijolo solo cimento – requisitos.

4.2.3 - As amostras **T3(MI)** e **T5(MI)** (compostas de 72,5 % de areia, traço 7:1 CP-V) apresentaram 3,24% e 5,80% respectivamente de índice de absorção de água. Esses valores representam em média 20,54 % do máximo aceitável (valor menor ou a igual a 22 %) pela NBR 8491 Tijolo solo cimento – requisitos.

4.2.4 - A amostra **T6(MI)** (compostas de 72,5 % de areia, traço 7:1 CP-V) apresentou 0,36% de índice de absorção de água, e representa 1,63% do máximo aceitável (valor menor ou a igual a 22 %) pela NBR 8491 Tijolo solo cimento – requisitos e deixou o tijolo 588 % menos permeável que **T4(MI)**.

4.2.5 - A amostra **T7(MI)** (compostas de 72,5 % de areia, traço 7:1 CP-V) apresentou fissuras horizontais em todo corpo de prova (Fig. 25) durante a fase de cura, essa peça foi exposta acidentalmente a água de chuva durante a produção.

4.2.6 - A amostra **T8(MI)** (compostas de 72,5 % de areia, traço 7:1 CP-V) apresentou 14,28% de índice de absorção de água, e representa 64,90% do máximo aceitável (valor menor ou a igual a 22 %) pela NBR 8491 Tijolo solo cimento – requisitos.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Diante dos resultados alcançados com esse artigo, conclui-se que mesmo com o solo atendendo aos parâmetros do ensaio de caracterização, recomendado pela NBR 10833 Fabricação de tijolo e bloco de solo - cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica, antes da produção de tijolos, é necessária maior atenção na quantidade de água e nos procedimentos de cura das peças, que se mal

realizadas apresentam riscos potenciais de patologias nos tijolos produzidos. Pode - se observar o baixo desempenho a durabilidade das amostras T2(MI), T3(MI), T4(MI), T5(MI) e T8(MI), que ficaram com resistência abaixo do valor estipulado em norma.

Em relação aos objetivos do estudo ficou evidente que o **processo de fabricação dos tijolos** é a etapa mais complexa da produção e se bem realizada, ou com ajustes nos processos, proporcionam resultados excepcionais, como o caso da amostra **T1(SJ)** que superou o parâmetro de resistência em 217% e ficou 54,5 % abaixo do valor de absorção de água recomendadas pela NBR 8491, e o caso da **T6(MI)** que teve adição de 5% de cal hidratada CH - I e tornou o produto 118% mais resistente que outra amostra (**T2(MI)**) com o mesmo traço.

Por fim, o produto tijolo ecológico se destaca entre as alternativas de materiais de construção, não apenas pela redução direta dos impactos ambientais da construção civil, mas também, por proporcionar o aumento do nível de desempenho de edificações e conseqüentemente melhorar a qualidade de vida das pessoas.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Maria. et al. **Caracterização física e química de solo para uso em tijolos ecológicos:** revista Seven Publicações, 2024. Disponível em:<<https://sevenpublicacoes.com.br/editora/article/download/5265/9539/21047>>. Acesso em: 19 Mai. 2025, 21:16:30

ALGOSO, Sidney ; SILVA, Leandro. **TIJOLO ECOLÓGICO E OS BENEFÍCIOS PARA O MEIO AMBIENTE:** Revista tópicos, 2024. Disponível em:<<https://revistatopicos.com.br/artigos/tijolo-ecologico-e-os-beneficios-para-o-meio-ambiente>>. Acesso em: 19 Mai. 2025, 21:33:30

PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL, São Paulo: Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente, 2024. Disponível em: <[https://www.abrema.org.br/wp-content/uploads/dlm\\_uploads/2024/03/Panorama\\_2023\\_P1.pdf](https://www.abrema.org.br/wp-content/uploads/dlm_uploads/2024/03/Panorama_2023_P1.pdf)>. Acesso em: 19 Mai. 2025, 21:59:10

NBR 10833: 2013 - Fabricação de tijolos e blocos de solo-cimento com utilização de prensa manual e hidráulica - Procedimento.

NBR 8491: 2013 - Tijolos de solo-cimento – Requisitos.

NBR 8492: 2013 - Tijolo de solo-cimento - Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água - Método de ensaio.

NBR 6457: 2024 – Solos - Preparação de amostra para ensaios de compactação, caracterização e determinação do teor de umidade.

NBR 6459: 2017 Solo - Determinação do limite de liquidez.

**NBR 7180:** 2016 - Solo - Determinação do limite de Plasticidade.

**NBR 7181:** 2025 - Solo - Análise granulométrica.

**FABRICAÇÃO** de tijolos de solo-cimento com a utilização de prensas manuais, **Boletim Técnico nº111 ABCP**, São Paulo, 2000. 3ªed.rev.atual. Disponível em: <<https://abcp.org.br/fabricacao-de-tijolos-de-solo-cimento-com-a-utilizacao-de-prensas-manuais-bt-111/>>. Acesso em: 07 Abr. 2025

BATISTA, Felipe.; FERNANDES, Fernando. **Tijolos de solo-cimento com fibras vegetais de juta e malva:** Revista tf, 2022. Disponível em :<<https://revistaft.com.br/tijolos-de-solo-cimento-com-fibras-vegetais-de-juta-e-malva/REGISTRODOI:10.5281/zenodo.7025595;Volume 26 - Edição 113/AGO 2022 / 26/08/2022>>. Acesso 19 Mai. 2025, 22:58:03

CONSTRUÇÕES sustentáveis, **sienge plataforma**, São Paulo, n. 03, Dez. 2024. Disponível em: <<https://sienge.com.br/blog/10-construcoes-sustentaveis/>> Acesso em: 07 Abr. 2025

DE CARVALHO, Frank Alison *et al.* **Caracterização do Solo-cimento de alto desempenho (Scad): alternativa construtiva nos vales de Jequitinhonha – MG:** Revista Vozes dos Vales, 2022. Disponível em: <<http://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/files/2022/05/11.pdf>>. Acesso em: Acesso 20 Mai. 2025, 08:00:03

DOS SANTOS, Dellane; Caldeira, Pedro. **Estabilização de solo – cimento para base de pavimento de rodovia em São Luís – MA:** Revista de Engenharia e Tecnologia, 2021. Disponível em: <<https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/17065>>. Acesso 20 Mai. 2025, 08:29:03

FIGUEREDO, Camila; et al. **Viabilidade da utilização de alvenaria em tijolos ecológicos para construções de pequeno porte.** Revista tf, 2024. Disponível em: <<https://revistaft.com.br/viabilidade-da-utilizacao-de-alvenaria-em-tijolos-ecologicos-para-construcoes-de-pequeno-porte/>> Acesso 20 Mai. 2025, 08:31:03

GÓIS, Luciano. **Estudo da Incorporação da Cal em Composições Binárias de Solocimento para Produção de Tijolos Maciços:** Biblioteca Digital Brasileira de

Teses e Dissertações, 2012. Disponível em: <[https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFRN\\_f16f8eae3e4393408b56d93b794fc5a1](https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFRN_f16f8eae3e4393408b56d93b794fc5a1)>. Acesso 20 Mai. 2025, 08:29:03

PRESERVAÇÃO da biodiversidade como a construção civil precisa agir diante deste desafio. **GBC BRASIL**, São Paulo, n. 10, set. 2024. Disponível em: <<https://www.gbcbrasil.org.br/preservacao-da-biodiversidade-como-a-construcao-civil-precisa-agir-diante-deste-desafio/>>. Acesso 20 Mai. 2025, 10:33:03

ONU – IPCC: **Painel intergovernamental sobre mudança do clima**, 2024 disponível em <[https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_SYR\\_LongerReport\\_PO.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport_PO.pdf)>. Acesso 20 Mai. 2025, 10:13:03

Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), **Solo-cimento**, 2009. Disponível em: <<https://abcp.org.br/solo-cimento/>>. Acesso em: 07 Abr. 2025.

SILVA, Airton. **Metodologia da Pesquisa**. 2. Ed. da Univ. Est. do Ceará, 2015. <<https://www.uece.br/cct/wp-content/uploads>>

THOMA, Andréa Cristina *et al.* **Blocos de solo-cimento para contenção de erosão hídrica**: Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 2020. Disponível em: <<https://revista.ecogestaobrasil.net/v7n16/v07n16a38.pdf>>. Acesso em: 07 Abr. 2025.

TIJOLO ECOLÓGICO: o que é e suas vantagens na construção civil **REVISTA TIJOLO BRASIL**, 2024. disponível em <<https://tijolobrasil.com.br/construcao/tijolo-ecologico-solo-cimento-o-que-e-vantagens-na-construcao/>> acesso em: 07 abr. 2025

TOLEDO, Romildo. Construindo sustentabilidade: a importância da descarbonização da construção civil, **Parque tecnológico UFRJ**, Rio de Janeiro, Maio 2024. disponível em <<https://parque.ufrj.br/por-dentro-do-parque/entrevista-construindo->

sustentabilidade-a-importancia-da-descarbonizacao-da-construcao-civil/ Acesso 20  
Mai. 2025, 11:23:03