



ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE TIJOLO SOLO-CIMENTO CONVENCIONAL E COM ADIÇÃO DE FIBRA VEGETAL (BUCHA)

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN CONVENTIONAL SOIL-CEMENT BRICKS AND SOIL-CEMENT BRICKS WITH VEGETABLE FIBER (LUFFA) ADDITION

Jean Carlos Lemes MIRANDA

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: Jeanmiranda018@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-5968-6865>

209

João Guilherme Saraiva Teixeira SANTOS

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: joao.guisaraiva@hotmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0009-0008-6281-4364>

Indira Queiroz Macambira BEZERRA

Centro Universitário Tocantinense Presidente Antônio Carlos (UNITPAC)

E-mail: Indira.bezerra@unitpac.edu.br

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2492-8909>

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise comparativa entre tijolos de solo-cimento convencionais e tijolos de solo-cimento reforçados com fibra vegetal (bucha/Luffa). Com base em normas técnicas da ABNT (notadamente NBR 10833 e NBR 8492) e em evidências experimentais reportadas na literatura, o estudo avalia procedimentos de produção, exigências de cura e indicadores de desempenho, como resistência à compressão e absorção de água. Os resultados indicam que os tijolos de solo-cimento convencionais geralmente alcançam maior resistência à compressão (cerca de 2,8–3,7 MPa), mantendo a absorção de água dentro dos limites normativos ($\leq 20\%$). Em contrapartida, a adição de fibra de bucha tende a reduzir a resistência à compressão à medida que o teor de fibra aumenta (por exemplo, em torno de 1,55 MPa sem fibra para aproximadamente 0,30 MPa com 10% de fibra), embora os valores de absorção permaneçam aceitáveis (aproximadamente 9,7–10,35%). Do ponto de vista da engenharia, os achados sugerem um uso complementar de ambos os materiais: os tijolos convencionais são mais adequados para aplicações estruturais, enquanto os tijolos com fibras mostram potencial para vedações não estruturais e construção

bioclimática, devido a possíveis ganhos no comportamento térmico e redução de densidade. No geral, ambas as soluções favorecem a construção sustentável por dispensarem a queima e por permitirem o uso de solos locais e resíduos de biomassa renovável, alinhando-se a princípios de economia circular e a metas ampliadas de sustentabilidade.

Palavras-chave: Tijolo solo-cimento. Reforço com fibra vegetal. Fibra de bucha (Luffa). Resistência à compressão. Construção sustentável.

210

ABSTRACT

This paper presents a comparative analysis between conventional soil–cement bricks and soil–cement bricks reinforced with vegetable fiber (bucha/Luffa). Based on technical standards from ABNT (notably NBR 10833 and NBR 8492) and experimental evidence reported in the literature, the study examines production procedures, curing requirements, and key performance indicators such as compressive strength and water absorption. Results indicate that conventional soil–cement bricks typically achieve higher compressive strength (about 2.8–3.7 MPa) while maintaining water absorption within normative limits ($\leq 20\%$). In contrast, the addition of bucha fiber tends to reduce compressive strength as fiber content increases (e.g., around 1.55 MPa without fiber to approximately 0.30 MPa at 10% fiber), although absorption values remain acceptable (roughly 9.7–10.35%). From an engineering perspective, the findings suggest a complementary use of both materials: conventional soil–cement bricks are more suitable for load-bearing applications, whereas fiber-reinforced bricks are promising for non-structural walls and bioclimatic construction due to potential benefits in thermal behavior and reduced density. Overall, both solutions support sustainable construction by avoiding firing processes and by enabling the use of local soils and renewable biomass residues, aligning with circular economy principles and broader sustainability goals.

Keywords: Soil–cement brick. Vegetable fiber reinforcement. Luffa (bucha) fiber. Compressive strength. Sustainable construction.

INTRODUÇÃO

A construção civil contemporânea, diante dos desafios ambientais e da necessidade de materiais sustentáveis, tem direcionado esforços à pesquisa e ao desenvolvimento de tecnologias que reduzam o impacto ambiental e promovam eficiência energética. Entre essas alternativas, destacam-se os tijolos de solo-cimento e os tijolos ecológicos com adição de fibras vegetais, ambos classificados como materiais não queimados, ou seja, que dispensam o processo de queima em fornos que é uma etapa altamente poluente e responsável por expressiva emissão de gases de efeito estufa na produção dos tijolos cerâmicos convencionais. O tijolo de solo-cimento é produzido a partir de uma mistura homogênea de solo, cimento e água, prensada mecanicamente e curada sob umidade controlada, conforme orienta a ABNT NBR 10833:2012 (Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento, procedimento).

Essa técnica proporciona um material de elevada durabilidade, boa resistência à compressão e baixa absorção de água, características que o tornam amplamente utilizado em habitações de interesse social (HIS) e obras de baixo custo, sobretudo em regiões de clima tropical onde há disponibilidade de solos adequados. Por sua vez, o tijolo ecológico com adição de fibra vegetal surge como uma evolução sustentável do solo-cimento tradicional, incorporando fibras naturais, como bucha, coco, sisal ou juta, ao traço, com o objetivo de melhorar o desempenho térmico, a tenacidade e reduzir a retração e fissuração durante o processo de cura. De acordo com a ABNT NBR 8492:2012 (Determinação da resistência à compressão e da absorção de água), esse tipo de tijolo também é submetido a ensaios rigorosos que asseguram seu desempenho estrutural, embora o comportamento mecânico varie conforme o tipo e a quantidade de fibra utilizada.

Em termos comparativos, ambos os materiais compartilham princípios sustentáveis e atendem às normas da ABNT, mas diferem em aspectos essenciais relacionados ao processo produtivo e ao desempenho mecânico. O tijolo de solo-cimento convencional apresenta resistência à compressão média de 2,8 a 3,7 MPa, dependendo do tipo de solo e teor de cimento empregado, mantendo absorção dentro do limite de 20% estabelecido pela norma. Já o tijolo ecológico com fibra vegetal, conforme estudos experimentais conduzidos por Cristina et al. (2018), exibe redução gradual da resistência à medida que aumenta o teor de fibra de 1,55 MPa sem

fibra para cerca de 0,30 MPa com 10% de bucha vegetal, o que indica a necessidade de dosagem criteriosa e controle da cura para evitar queda significativa na resistência.

Enquanto o solo-cimento prioriza a robustez estrutural e o desempenho em edificações portantes, o tijolo com fibras vegetais se destaca pela melhoria nas propriedades térmicas e de conforto ambiental, sendo ideal para fechamentos não estruturais, vedação e construções bioclimáticas. Na fabricação, ambos passam por compactação mecânica e cura úmida, mas o tijolo com fibras requer atenção especial à homogeneidade da mistura e ao controle da umidade, pois a presença do material orgânico interfere na absorção e na aderência da matriz cimentícia.

Do ponto de vista da engenharia civil, cada tipologia apresenta propriedades específicas que ampliam o leque de soluções construtivas sustentáveis. O tijolo de solo-cimento alia resistência mecânica, modularidade e custo reduzido, permitindo racionalização da obra e diminuição do consumo de argamassa de assentamento. É uma alternativa consolidada e normatizada, com desempenho previsível e boa durabilidade. Já o tijolo ecológico com fibra vegetal representa uma inovação em materiais compósitos, incorporando princípios de engenharia verde e economia circular, ao reaproveitar resíduos vegetais como reforço natural na matriz cimentícia. Sua relevância técnica está na capacidade de melhorar o comportamento térmico e higroscópico, contribuindo para o conforto térmico interno das edificações e para a sustentabilidade global do ciclo produtivo. Assim, ambos os materiais, embora distintos em desempenho e aplicação, convergem na busca por uma construção civil mais limpa, eficiente e ambientalmente responsável, traduzindo os avanços da engenharia civil rumo a soluções compatíveis com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e as exigências normativas nacionais.

REFERÊNCIAL TEÓRICO

A construção civil tem passado por transformações significativas nas últimas décadas, impulsionadas pela necessidade de reduzir impactos ambientais, diminuir o consumo energético e promover o uso racional dos recursos naturais. Nesse contexto, surgem os materiais de construção sustentáveis, cuja produção e aplicação buscam minimizar a emissão de gases poluentes e aumentar a eficiência ambiental das edificações. Dentre essas alternativas, destacam-se os tijolos de solo-cimento e

os tijolos ecológicos com adição de fibras vegetais, ambos considerados tecnologias limpas e socialmente viáveis.

Segundo Motta et al. (2014), o tijolo de solo-cimento é um material não queimado, obtido pela mistura homogênea de solo, cimento e água, compactada mecanicamente e curada sob umidade controlada, conforme as diretrizes da ABNT NBR 10833:2012. Essa composição resulta em um produto com boa resistência à compressão, baixa absorção de água e alta durabilidade, características que o tornam apropriado para habitações de interesse social e obras de baixo custo. A ausência do processo de queima, presente nos tijolos cerâmicos convencionais, representa um avanço ambiental importante, uma vez que reduz significativamente a emissão de CO₂ e o consumo de lenha e combustíveis fósseis.

O uso do solo-cimento também se destaca pela simplicidade de produção, baixo custo de equipamentos e possibilidade de manufatura local, fatores que estimulam o desenvolvimento econômico de pequenas comunidades e favorecem práticas de autoconstrução assistida (Motta et al., 2014). Além disso, sua produção segue padrões técnicos rigorosos, como a ABNT NBR 8492:2012, que define os métodos de ensaio para determinação da resistência à compressão e absorção de água. Ensaios laboratoriais indicam valores médios de resistência entre 2,8 e 3,7 MPa, com absorção inferior a 20%, atendendo plenamente aos limites normativos para alvenarias estruturais leves.

Por outro lado, o tijolo solo-cimento com adição de fibra vegetal representa uma evolução sustentável dessa tecnologia. De acordo com Cristina et al. (2018), a inserção de fibras naturais, como bucha vegetal, coco, sisal ou juta, na matriz cimentícia busca melhorar o desempenho térmico e a tenacidade do material, reduzindo fissuras e retracções durante o processo de cura. A presença das fibras promove a criação de microvazios controlados, que aumentam o isolamento térmico e reduzem a densidade aparente, tornando o tijolo mais leve e adequado a regiões de clima quente e úmido.

Embora apresente menor resistência mecânica em comparação ao solo-cimento tradicional (com valores médios de 1,55 MPa sem fibra e 0,30 MPa com 10% de fibra, segundo Cristina et al, 2018), o tijolo ecológico com fibra vegetal se sobressai pelo desempenho térmico e pela sustentabilidade. A utilização de resíduos vegetais

como reforço contribui para o reaproveitamento de recursos naturais e está alinhada aos princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), promovendo a economia circular e a redução do descarte inadequado de biomassa.

Segundo a International Energy Agency (2022), o setor da construção é responsável por cerca de 30% das emissões globais de CO₂ relacionadas à fabricação de materiais. Dessa forma, a substituição parcial da alvenaria cerâmica por materiais como o solo-cimento e seus derivados com fibras vegetais representa uma contribuição direta à mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. Além disso, os dois sistemas são considerados tecnologias de baixo consumo energético, pois eliminam a queima e utilizam matérias-primas disponíveis localmente.

Do ponto de vista técnico, a interação entre a matriz cimentícia e as fibras é determinante para o desempenho dos tijolos ecológicos. A literatura aponta que pequenas adições de fibras, entre 2% e 5%, podem melhorar a ductilidade e reduzir fissuras, enquanto teores elevados tendem a diminuir a resistência à compressão devido à menor aderência e maior absorção de água (Cristina et al., 2018). Assim, o controle de dosagem, o tipo de fibra e as condições de cura são fatores fundamentais para garantir o equilíbrio entre resistência mecânica e eficiência térmica.

A comparação entre os dois tipos de tijolos evidencia características complementares: o solo-cimento convencional é mais indicado para paredes portantes e elementos estruturais leves, pela sua robustez e padronização normativa, enquanto o tijolo ecológico com fibras vegetais é mais apropriado para vedações e construções bioclimáticas, devido à sua capacidade de isolamento térmico e leveza. A aplicação integrada de ambos o sistema pode resultar em edificações híbridas, combinando desempenho estrutural e conforto ambiental.

Dessa forma, o referencial teórico demonstra que a inovação em materiais construtivos sustentáveis é um caminho promissor para a engenharia civil contemporânea. O avanço das pesquisas sobre tijolos ecológicos reforça o papel da ciência e da tecnologia na busca por soluções que conciliem viabilidade econômica, desempenho técnico e responsabilidade ambiental, em conformidade com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Tijolo de Solo-Cimento: Análise das Características Físicas e Viabilidade Econômica de Técnicas Construtivas Sustentáveis

Este artigo analisa o tijolo de solo-cimento como uma tecnologia construtiva sustentável, avaliando suas características físicas, resistência à compressão e viabilidade econômica. O estudo parte do princípio de que o solo-cimento é um material promissor por demandar pouca energia, não necessitar de queima e permitir economia de até 21% em comparação à alvenaria convencional. Os autores aplicam ensaios com base na NBR 8491 e NBR 8492 (ABNT), analisando resistência média próxima a 3,7 MPa e absorção dentro dos limites de 20%, o que atesta o cumprimento das normas para alvenarias estruturais leves. As características e o formato do tijolo de solo-cimento podem ser observados na Figura 1, que apresenta um exemplo típico do material utilizado em construções sustentáveis.

215

Figura 1: Tijolo solo-cimento.



Fonte: Eco tijolos B (2023).

O artigo se destaca por integrar ensaios laboratoriais, entrevistas com especialistas (ECOTIJOLOS BH) e análises comparativas de custo. A abordagem metodológica é de caráter exploratório e experimental, com ênfase em sustentabilidade e inovação tecnológica. Do ponto de vista da engenharia civil, o

estudo reforça a viabilidade técnica e econômica do solo-cimento e demonstra que a produção pode ser descentralizada e socialmente inclusiva, utilizando prensas hidráulicas de baixo custo.

O trabalho contribui para a literatura ao propor uma metodologia de produção com controle granulométrico (10–20% argila, 10–20% silte e 50–70% areia), o que garante maior uniformidade e desempenho mecânico. Além disso, consolida dados de resistência e absorção que fundamentam o uso do solo-cimento em habitações de interesse social (HIS).

Tijolo Solo-Cimento com Adição de Fibra Vegetal: Uma Alternativa na Construção Civil

Este estudo investiga o impacto da adição de fibras vegetais (bucha) na composição de tijolos de solo-cimento (Figura 2), com foco em propriedades físicas e mecânicas, tais como absorção e resistência à compressão. O experimento foi conduzido no laboratório da UNIPAC, seguindo as normas NBR 8492 e NBR 10833 (ABNT).

Figura 2: Bucha Vegetal.



Fonte: Cristina et al. (2018).

Os resultados mostraram redução da resistência à compressão de 1,55 MPa

(0% fibra) para 0,30 MPa (10% fibra), indicando que a incorporação de bucha vegetal deve ser limitada e associada a controle rigoroso de cura. A absorção variou entre 9,7% e 10,35%, dentro dos parâmetros aceitáveis.

O artigo se destaca por aliar inovação ecológica e experimentação prática, propondo o uso de um resíduo orgânico de baixo custo em um material de construção sustentável. Ainda que a resistência mecânica tenha diminuído, o trabalho demonstra potencial para melhorar o comportamento térmico e reduzir a densidade dos blocos.

A pesquisa é de natureza experimental e explicativa, e seu valor acadêmico reside na demonstração empírica dos limites de substituição do solo por fibras vegetais, algo ainda pouco explorado na literatura nacional. O estudo avança na discussão sobre materiais alternativos de construção e na valorização

de recursos naturais renováveis. Além disso, aponta caminhos para otimizar o processo, como melhor cura, redução do teor de fibras e controle da umidade, servindo como base para pesquisas futuras em ecoeficiência de materiais compósitos.

MÉTODOS

O uso do tijolo de solo-cimento e do tijolo ecológico com adição de fibras vegetais tem se consolidado como uma das mais promissoras soluções tecnológicas no campo da engenharia civil sustentável, representando uma transição significativa entre a construção tradicional e os novos paradigmas de ecoeficiência e desempenho ambiental. A aplicação desses materiais vem sendo amplamente explorada em projetos de habitação de interesse social, edificações de baixo impacto ambiental e em obras que visam reduzir custos produtivos sem comprometer a qualidade estrutural.

De acordo com o estudo conduzido por Motta et al. (2014), o tijolo de solo-cimento apresenta-se como uma alternativa robusta e normatizada pela ABNT NBR 10833:2012, cuja formulação baseia-se na mistura controlada de solo, cimento e água, prensada mecanicamente e curada sob umidade constante. O processo de mistura dos componentes pode ser observado na Figura 2, que ilustra a etapa de homogeneização do solo e do cimento antes da moldagem dos blocos.

Figura 3: Mistura do tijolo solo-cimento.



Fonte: Dos Santos (2019).

Essa técnica proporciona um material de elevada resistência, atingindo valores entre 2,8 e 3,7 MPa, e uma absorção de água média de 15%, atendendo integralmente à ABNT NBR 8492:2012. Em obras contemporâneas, o solo-cimento tem sido utilizado não apenas em paredes portantes, mas também em estruturas modulares, muros de contenção, pavimentações intertravadas e sistemas construtivos pré-fabricados, como observado em experiências de construtoras que aplicam o método Interlocking Brick System (Figura 4).

Figura 4: Tijolo solo-cimento com encaixe.



Fonte: Henry, 2014.

Por outro lado, o tijolo ecológico com adição de fibras vegetais, estudado por Cristina et al. (2018), avança na fronteira do desenvolvimento de materiais compósitos naturais, incorporando fibras de bucha vegetal ao traço cimentício. Essa integração tem como objetivo otimizar as propriedades térmicas e mecânicas do

tijolo, criando um material de maior tenacidade, leveza e eficiência energética. Embora os resultados laboratoriais indiquem uma redução na resistência à compressão de 1,55 MPa (sem fibra) para 0,30 MPa (com 10% de fibra), as vantagens térmicas e de conforto ambiental são substanciais.

Ensaios térmicos e simulações de desempenho mostraram que paredes compostas por tijolos com fibras vegetais apresentam redução de até 30% na transmitância térmica, contribuindo para ambientes internos mais frescos em regiões de clima quente e úmido, que reforça seu potencial de aplicação em construções bioclimáticas e edificações rurais autossustentáveis.

Além disso, a incorporação de resíduos orgânicos como a bucha vegetal promove o reaproveitamento de recursos naturais e reduz a emissão de CO₂ associada à produção de materiais convencionais, atendendo aos princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010).

A análise comparativa entre os dois sistemas evidencia um equilíbrio entre desempenho estrutural e sustentabilidade ambiental. O tijolo de solo-cimento destaca-se por sua consistência técnica e estabilidade normativa, garantindo resistência e durabilidade suficientes para uso estrutural. Sua fabricação requer prensas hidráulicas de média capacidade e controle rigoroso do teor de cimento, geralmente entre 8% e 12% do peso seco do solo, resultando em produtos uniformes e de fácil modularidade.

Já o tijolo ecológico com fibras vegetais, embora ainda em estágio experimental no Brasil, traz inovações relevantes ao campo da engenharia de materiais sustentáveis, ao explorar biocompósitos naturais e estratégias de controle térmico passivo em edificações. Ambos os sistemas empregam processos produtivos de baixo consumo energético, eliminando a etapa de queima tradicional da cerâmica vermelha, fator responsável por cerca de 30% das emissões globais de CO₂ no setor de materiais de construção, segundo dados da International Energy Agency (IEA, 2022).

Entre as vantagens técnicas e ambientais desses materiais, destacam-se o baixo custo de produção, a simplicidade construtiva, a viabilidade local de matérias-primas e a redução de impactos ambientais. O solo-cimento permite a utilização de solos disponíveis no próprio canteiro, minimizando o transporte e o desperdício,

enquanto o tijolo ecológico reforçado com fibras contribui para a redução do peso estrutural e melhoria do isolamento térmico. Ambos possuem alto potencial de industrialização descentralizada, o que favorece economias locais e práticas de autoconstrução assistida, especialmente em comunidades de baixa renda.

No entanto, os desafios técnicos persistem: o controle da umidade e da cura ainda é um fator crítico na durabilidade do solo-cimento, e a homogeneidade da mistura com fibras naturais requer aperfeiçoamento tecnológico para evitar segregações e perda de resistência. Além disso, a ausência de normatização específica para tijolos com fibras vegetais dificulta sua certificação e aceitação comercial em larga escala, representando um obstáculo à difusão dessa tecnologia em obras públicas e privadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização dos Tijolos

A produção de tijolos de solo-cimento e tijolos ecológicos com adição de fibras vegetais segue um rigoroso processo técnico que envolve a caracterização do solo, o preparo da mistura, a moldagem sob pressão e a cura úmida, conforme estabelecem as normas brasileiras da ABNT NBR 10833:2012, NBR 10834:2012 e NBR 8492:2012, que regem os procedimentos de fabricação, controle de qualidade e ensaio de resistência à compressão. O método descrito a seguir foi sistematizado a partir dos procedimentos experimentais apresentados por Motta et al. (2014) e Cristina et al. (2018), complementados por práticas laboratoriais correntes em centros de pesquisa em engenharia de materiais.

O primeiro passo consiste na coleta e caracterização do solo utilizado na mistura. De acordo com os parâmetros definidos na ABNT NBR 7181:2016 (Análise Granulométrica) e NBR 6459:2016 (Determinação do Limite de Liquidez), o solo deve apresentar proporções adequadas de areia, silte e argila, permitindo boa compactação e coesão. Nos estudos analisados, observou-se que o solo ideal para fabricação do tijolo de solo-cimento possui a seguinte composição granulométrica média:

- A. Areia: 50% a 70%
- B. Silte: 10% a 20%

C. Argila: 10% a 20%

Essa distribuição garante uma mistura de comportamento plástico moderado, evitando tanto a retração excessiva (em solos muito argilosos) quanto a desagregação (em solos excessivamente arenosos). Nos experimentos de Motta et al. (2014), os solos utilizados apresentaram limite de liquidez (LL) entre 35% e 38% e índice de plasticidade (IP) entre 11% e 13%, parâmetros considerados ideais para garantir boa estabilidade volumétrica e trabalhabilidade durante a prensagem.

Após a caracterização, realiza-se a mistura dos materiais secos. O solo é peneirado para eliminação de impurezas e grumos maiores que 4,8 mm, assegurando granulometria uniforme.

Em seguida, adiciona-se o cimento Portland, geralmente, na proporção de 8% a 12% em massa, valor definido experimentalmente como ótimo para garantir resistência adequada e evitar desperdício.

O teor de umidade é ajustado conforme a curva de compactação Proctor (NBR 7182:2016), geralmente variando entre 8% e 12%, de modo que a mistura atinja a umidade ótima de compactação, condição essencial para garantir densidade máxima e homogeneidade do material. A homogeneização é realizada manualmente ou em betoneira de eixo inclinado até que a coloração da massa se torne uniforme, indicando boa distribuição do cimento e da umidade.

No caso dos tijolos ecológicos com adição de fibras vegetais, conforme descrito por Cristina et al. (2018), as fibras utilizadas no experimento, fibra de bucha vegetal seca e triturada são previamente lavadas, cortadas em fragmentos de 1 a 2 cm e incorporadas gradualmente à mistura. Os teores testados variaram de 0%, 5% e 10% em relação à massa total do solo seco. As fibras atuam como reforço natural, reduzindo a retração plástica e melhorando o desempenho térmico do material, embora possam interferir na resistência mecânica se utilizadas em excesso. O processo de mistura das fibras é cuidadoso, garantindo que fiquem distribuídas uniformemente, evitando aglomerações e vazios na matriz cimentícia.

A moldagem dos tijolos é realizada em prensas manuais ou hidráulicas, conforme a ABNT NBR 10833:2012, que padroniza as dimensões e o método de compactação dos blocos de solo-cimento. Nos artigos analisados, a moldagem foi feita em prensa hidráulica de 6 toneladas de capacidade, produzindo tijolos de dimensões

29 × 14 × 9 cm, padrão amplamente utilizado em construções modulares.

A compactação é uma etapa crítica, pois determina a densidade e a resistência final do tijolo. Durante a prensagem, a pressão aplicada deve ser suficiente para reduzir o índice de vazios e garantir a coesão entre as partículas, mas sem provocar o enxugamento da água. Nos casos com fibras vegetais, essa etapa requer atenção redobrada, uma vez que o material orgânico tende a absorver parte da umidade e modificar a plasticidade da mistura. Recomenda-se, portanto, um ajuste no tempo de prensagem e no controle da pressão aplicada.

Após a compactação, os tijolos são desmoldados imediatamente e colocados sobre superfícies planas, em local ventilado, para pré-secagem durante 24 horas, evitando o choque térmico e a fissuração superficial. Essa etapa antecede o processo de cura úmida.

A cura úmida é uma das etapas mais importantes na produção de tijolos de solo-cimento e ecológicos, pois assegura a completa hidratação do cimento e o desenvolvimento gradual da resistência. Conforme a ABNT NBR 8492:2012, os tijolos devem ser mantidos sob umidade relativa elevada por, no mínimo, 7 dias, podendo o período ser estendido para 14 ou 28 dias, conforme as condições ambientais.

Nos experimentos relatados por Motta et al. (2014), os tijolos de solo-cimento foram curados por 28 dias em ambiente úmido controlado, resultando em resistências médias superiores a 3,0 MPa, valores adequados para uso em alvenarias leves. Já os tijolos com fibra vegetal, segundo Cristina et al. (2018), foram curados por 14 dias, apresentando redução de resistência conforme o aumento do teor de fibra, mas mantendo índices de absorção entre 9,7% e 10,35%, abaixo do limite normativo de 20%. Após a cura, os tijolos são armazenados em local seco e ventilado até o momento da utilização.

Após o período de cura, são realizados ensaios laboratoriais de resistência à compressão simples e absorção de água, seguindo rigorosamente a ABNT NBR 8492:2012. Os corpos de prova são obtidos por corte de tijolos inteiros, capeados com pasta de cimento e submetidos à carga crescente até a ruptura.

Comparação dos Parâmetros Técnicos

Os resultados obtidos nos estudos analisados revelam o avanço técnico e

ambiental do uso do tijolo de solo-cimento e do tijolo ecológico com adição de fibras vegetais como alternativas viáveis à alvenaria convencional de cerâmica vermelha. Ambos os materiais foram submetidos a ensaios normalizados de resistência à compressão e absorção de água, conforme a ABNT NBR 8492:2012, permitindo uma análise comparativa coerente entre desempenho mecânico, eficiência térmica e aplicabilidade construtiva.

O estudo de Motta et al. (2014) demonstrou que o tijolo de solo-cimento, produzido com teores de 8% a 12% de cimento, apresentou resistência à compressão variando entre 2,8 e 3,7 MPa, valores acima do mínimo exigido pela NBR 8491:1984 ($\geq 2,0$ MPa para blocos sem função estrutural e $\geq 3,0$ MPa para uso estrutural leve). Já o artigo de Cristina et al. (2018), ao adicionar 5% e 10% de fibra de bucha vegetal, observou redução progressiva da resistência de 1,55 MPa (sem fibra) para 0,30 MPa (10% fibra) resultado atribuído à interferência das fibras no empacotamento das partículas e na aderência da matriz cimentícia (Tabela 1).

Tabela 1: Comparativo dos parâmetros técnicos e físicos.

Parâmetro Avaliado	Tijolo de Solo-Cimento (Motta et al., 2014)	Tijolo Ecológico com Fibra Vegetal (Cristina et al., 2018)
Tipo de solo	Areia média, 20% silte, 10% argila	Solo argilo-arenoso local, com fibra de bucha seca
Teor de cimento	8-12%	10% (fixo)
Teor de fibra vegetal	-	0%, 5%, 10%
Resistência à compressão (MPa)	2,8 - 3,7	1,55 (0% fibra) → 0,30 (10% fibra)
Absorção de água (%)	14 - 16	9,7 - 10,35
Densidade aparente (g/cm³)	1,9-2,1	1,4-1,6
Cura recomendada (dias)	28 (ambiente úmido)	14 (sombreamento natural)
Normas aplicadas	NBR 10833, NBR 8492	NBR 10833, NBR 8492, NBR 10834
Tecnologia associada	Prensa hidráulica, cura úmida controlada	Mistura manual, cura natural, inclusão de biomateriais

Fonte: Autoria própria.

A interpretação dos resultados evidencia que o tijolo de solo-cimento apresenta superioridade mecânica e estrutural, sendo indicado para paredes portantes, muros de contenção e elementos construtivos de carga leve,

especialmente em regiões com disponibilidade de solos arenosos ou siltosos bem graduados, como o Centro-Oeste e parte do Sudeste brasileiro (Goiás, Minas Gerais e São Paulo). Nessas localidades, o clima seco e estável favorece o processo de cura úmida controlada e reduz o risco de fissuração superficial.

Por outro lado, o tijolo ecológico com fibra vegetal apresenta melhor desempenho térmico e menor absorção hídrica, devido à incorporação de fibras naturais que aumentam a porosidade controlada e reduzem a densidade. Essa característica o torna mais adequado para vedações não estruturais, construções rurais, escolas ecológicas, residências bioclimáticas e obras em regiões de clima quente e úmido, como o Norte e o Nordeste do Brasil (Pará, Tocantins, Bahia e Maranhão). Nessas áreas, a capacidade do material de mitigar o ganho térmico contribui significativamente para o conforto ambiental e a eficiência energética das edificações.

O comportamento mecânico distinto entre os dois tipos de tijolos reflete não apenas a diferença na composição, mas também a função projetual de cada um. O solo-cimento convencional busca resistência e durabilidade, enquanto o tijolo ecológico com fibra vegetal foca na ecoeficiência e na leveza construtiva. Essa distinção evidencia uma complementaridade tecnológica, em que ambos os materiais podem coexistir em sistemas construtivos híbridos: o solo-cimento em fundações e paredes estruturais, e o ecológico com fibras em fechamentos e divisórias internas.

Os dois estudos apontam que, embora as propriedades mecânicas sejam determinantes para o uso estrutural, o desempenho ambiental dos materiais deve ser considerado em projetos de engenharia contemporânea. O tijolo de solo-cimento possui alta reproduzibilidade e padronização, o que o torna amplamente aplicável em programas habitacionais de larga escala, como o Minha Casa, Minha Vida (atualmente Casa Verde e Amarela), em que a produção local com prensas hidráulicas permite significativa redução de custos logísticos e energéticos.

Em contrapartida, o tijolo ecológico com fibra vegetal oferece vantagens ambientais expressivas, ao reduzir o consumo de cimento e incorporar resíduos orgânicos. Em regiões agrícolas produtoras de bucha vegetal, sisal ou coco, a utilização desses resíduos como insumo construtivo cria cadeias produtivas circulares, gerando renda e mitigando impactos ambientais locais. O potencial de

replicação desse modelo é alto, especialmente em municípios do semiárido nordestino (como Juazeiro-BA, Petrolina-PE e Mossoró-RN), onde há disponibilidade de biomassa vegetal e forte demanda por soluções de construção térmica eficiente.

As principais diferenças entre o tijolo de solo-cimento convencional e o ecológico com fibra vegetal estão sintetizadas na Tabela 2.

Tabela 2: Comparativo de desempenho e aplicabilidade.

Critério	Tijolo de Solo-Cimento	Tijolo Ecológico com Fibra Vegetal
Vantagens Principais	Alta resistência mecânica; Durabilidade; Produção normatizada; Custo competitivo	Excelente isolamento térmico; Redução do consumo de cimento; Aproveitamento de resíduos; Menor peso
Limitações	Exige controle rigoroso de umidade e cura; Depende de solo arenoso bem graduado	Resistência limitada; Falta de norma específica; Variação do desempenho
Melhor aplicação	Paredes portantes, muros, pavimentos intertravados	Vedações, habitações ecológicas, edificações rurais e escolares
Regiões indicadas	Centro-Oeste, Sudeste (clima seco e moderado)	Norte e Nordeste (clima quente e úmido)
Impacto Ambiental	Redução Moderada do CO ₂ (sem queima)	Mistura manual, cura natural, inclusão de biomateriais
Tecnologia associada	Prensa Hidráulica, cura úmida controlada	-

Fonte: Autoria própria.

Do ponto de vista da engenharia de materiais, o desempenho do tijolo de solo-cimento é resultado direto da compactação e da reação de hidratação do cimento, sendo influenciado pela granulometria e pela umidade de moldagem. Já o comportamento do tijolo com fibra vegetal é governado pela interação matriz-fibra, onde a bucha atua como microreforço natural, aumentando a ductilidade e reduzindo a retração, mas comprometendo a resistência quando adicionada em excesso.

Na prática, o engenheiro civil deve adotar critérios distintos de projeto e controle tecnológico para cada material. Em edificações de caráter estrutural leve, recomenda-se o uso de solo-cimento com resistência $\geq 2,5$ MPa, enquanto o tijolo

com fibra vegetal é mais adequado para painéis de vedação e divisórias internas, onde o peso próprio reduzido é um fator favorável. A integração dos dois sistemas em uma mesma edificação, conforme observado em projetos experimentais de universidades públicas e institutos tecnológicos, tem proporcionado resultados notáveis em conforto térmico, redução de custos e desempenho ambiental global.

Do ponto de vista econômico e ambiental, estima-se que a substituição parcial de alvenaria convencional por tijolos ecológicos ou de solo-cimento pode gerar economia de até 25% no custo total de construção e reduzir em até 50% as emissões de CO₂ associadas à alvenaria cerâmica tradicional (Motta et al., 2014). Além disso, o reaproveitamento de fibras vegetais fortalece a agenda de economia circular na engenharia civil, estimulando a criação de polos de produção sustentável integrados à agricultura familiar.

A análise integrada dos dois artigos evidencia que a adoção de tijolos sustentáveis representa não apenas uma inovação tecnológica, mas uma mudança de paradigma na prática da engenharia civil brasileira. Essa transição amplia o escopo do engenheiro, que passa de executor técnico a agente ambiental e social, incorporando práticas de planejamento ecológico, gestão de resíduos e eficiência energética.

O tijolo de solo-cimento e o tijolo ecológico com fibras vegetais já demonstram aplicabilidade concreta em diversos contextos, desde o semiárido nordestino, onde contribuem para o conforto térmico e a autossuficiência das comunidades rurais, até os centros urbanos do Sudeste e Centro-Oeste, onde sua padronização técnica permite produção industrial em larga escala. Essa dualidade de uso torna os dois materiais complementares e sinergéticos, abrindo caminho para uma engenharia civil regenerativa, acessível e ambientalmente responsável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos estudos de Motta et al. (2014) e Cristina et al. (2018) evidenciou-se que ambas as técnicas representam alternativas sustentáveis à alvenaria convencional de cerâmica vermelha, reduzindo impactos ambientais, custos de produção e consumo energético durante o processo de fabricação.

Com base na análise dos resultados, verificou-se que o tijolo de solo-cimento convencional apresenta maior resistência à compressão, com valores médios entre 2,8 e 3,7 MPa, atendendo plenamente às normas da ABNT e demonstrando boa durabilidade e estabilidade para o uso em alvenarias estruturais leves. Além disso, destaca-se pela viabilidade econômica e pela facilidade de produção com equipamentos de baixo custo, tornando-se uma solução adequada para programas de habitação de interesse social e construções modulares.

Por outro lado, o tijolo com adição de fibras vegetais, embora apresente redução na resistência mecânica, demonstrou potencial significativo em desempenho térmico e sustentabilidade ambiental. A incorporação de fibras de origem natural, como a bucha vegetal, contribui para o reaproveitamento de resíduos, melhora o conforto térmico das edificações e reduz a densidade do material, tornando-o mais leve e eficiente para uso em vedações não estruturais e em edificações de caráter ecológico.

A análise comparativa permitiu identificar que as duas tipologias de tijolos não são concorrentes, mas complementares, podendo ser aplicadas de forma integrada em sistemas construtivos híbridos, combinando resistência, conforto térmico e eficiência ambiental. O solo-cimento mostra-se adequado para elementos estruturais e fundações, enquanto o tijolo ecológico com fibras vegetais se destaca em fechamentos e divisórias, especialmente em regiões de clima quente e úmido.

Do ponto de vista ambiental e social, ambos os materiais contribuem para o avanço da engenharia civil sustentável, promovendo o uso racional dos recursos naturais e a diminuição das emissões de gases de efeito estufa, alinhando-se às metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. Assim, o estudo reforça a importância da pesquisa e do desenvolvimento de materiais alternativos, incentivando novas investigações voltadas à otimização do uso de fibras vegetais, à melhoria da resistência mecânica e à normatização técnica desses compósitos.

Em síntese, a adoção de tecnologias construtivas sustentáveis, como o tijolo de solo-cimento e suas variações com fibras vegetais, representa um avanço significativo para a construção civil brasileira, contribuindo para uma prática mais econômica, socialmente inclusiva e ambientalmente responsável.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10833:2012: fabricação de tijolo maciço de solo-cimento – procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. Disponível em:

<https://www.target.com.br/produtos/normastecnicas/36227/nbr10833-fabricacao-de-tijolo-e-bloco-de-solo-cimento-comutilizacao-de-prensa-manual-ou-hidraulica-procedimento>. Acesso em: 29 nov. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10834:2012: bloco de solo-cimento sem função estrutural — requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. Disponível em: <https://www.target.com.br/produtos/normastecnicas/36290/nbr10834-bloco-de-solo-cimento-sem-funcao-estruturalrequisitos>.

Acesso em: 29 nov. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8492:2012: tijolo de solo-cimento — análise dimensional; determinação da resistência à compressão e da absorção de água — método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. Disponível em: <https://www.target.com.br/produtos/normastecnicas/36376/nbr8492-tijolo-de-solo-cimento-analise-dimensional-determinacao-da-resistencia-a-compressao-e-da-absorcao-de-agua-metodo-de-ensaio>. Acesso em: 29 nov. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181:2016: solo — análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2016. Disponível em: <https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/27932/nbr7181-solo-analise-granulometrica>. Acesso em: 29 nov. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459:2016: solos — determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro: ABNT, 2016. Disponível em: <https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/27930/nbr6459-solos-determinacao-do-limite-de-liquidez>. Acesso em: 29 nov. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7182:2016: solos — ensaio de compactação. Rio de Janeiro: ABNT, 2016. Disponível em: <https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/27933/nbr7182-solos-ensaio-de-compactacao>. Acesso em: 29 nov. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 29 nov. 2025.

CIA DO BEM. Tijolo de solo-cimento. Belo Horizonte: **ECOTIJOLOS BH**, 2011. Disponível em: <https://paoeconomia.wordpress.com/2011/09/22/tijolo-ecologico-e-opcao-economica-para-a-construcao-civil-casas-ecologicas-e-sustentaveis/>. Acesso em: 29 nov. 2025. Nota: o endereço citado no trabalho (<http://www.ciadobem.org.br>)

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE TIJOLO SOLO-CIMENTO CONVENCIONAL E COM ADIÇÃO DE FIBRA VEGETAL (BUCHA). Jean Carlos Lemes MIRANDA; João Guilherme Saraiva Teixeira SANTOS; Indira Queiroz Macambira BEZERRA. JNT Facit Business and Technology Journal. QUALIS B1. ISSN: 2526-4281 - FLUXO CONTÍNUO. 2025 - MÊS DE NOVEMBRO - Ed. 68. VOL. 02. Págs. 209-229. <http://revistas.faculdadefacit.edu.br>. E-mail: jnt@faculdadefacit.edu.br.

CRISTINA, P. et al. Tijolo solo-cimento com adição de fibra vegetal: uma alternativa na construção civil. **Research, Society and Development**, v. 7, n. 9, p. 1–12, 2018. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/439>. Acesso em: 29 nov. 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Greenhouse gas emissions from energy: highlights (CO₂ emissions)**. Paris: IEA, 2022. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/greenhouse-gas-emissionsfrom-energy-highlights>. Acesso em: 29 nov. 2025. Disponível também em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-fromenergy-data-explorer>; <https://www.iea.org/world/emissions>. Acesso em: 29 nov. 2025.

MOTTA, M. R. O. et al. Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. **E-xacta**, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 25–35, 2014. Disponível em: <https://revistas.unibh.br/dcet/article/view/1038/665>. Acesso em: 29 nov. 2025.