

ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS DO TIJOLO ECOLÓGICO CONFECCIONADO COM CIMENTO, FILITO, AREIA E ARGILA EXPANDIDA

ANALYSIS OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE ECOLOGICAL BRICK MADE WITH CEMENT, FILITUM, SAND AND EXPANDED CLAY

VANESSA TABORIANSKI

RESUMO

A utilização de materiais reciclados ou recicláveis dentro da construção civil pode ser um passo para o desenvolvimento sustentável, assim como promover um controle eficiente quanto aos resíduos sólidos formados ao longo das operações junto à construção. Este trabalho analisou as características físicas e mecânicas dos tijolos ecológicos confeccionados com cimento, filito, areia e argila expandida para avaliar a viabilidade do seu uso como substituto do tijolo comum em habitações. Os resultados mostraram que os tijolos com argila expandida apresentaram um valor médio de resistência à compressão simples superior ao dos tijolos referenciais. Os tijolos com argila expandida ficaram mais leves devido à menor massa unitária e real da argila em relação à areia e apresentaram um índice de absorção de água maior em comparação ao tijolo referencial. Os dados de resistência não apresentaram diferença estatisticamente significativa.

Palavras-chave: Construção sustentável; Tijolo ecológico; Sustentabilidade

ABSTRACT

The use of recycled or recyclable materials within civil construction can be a step towards sustainable development, as well as promoting efficient control over solid waste formed throughout construction operations. This work analysed the physical and mechanical characteristics of ecological bricks made with cement, filitus, sand and expanded clay to evaluate the viability of its use as a substitute for the common brick in dwellings. The results showed that the bricks with expanded clay presented an average value of simple compressive strength higher than that of the reference bricks. The bricks with expanded clay became lighter due to the lower unit and real mass of clay in relation to the sand and presented a higher water absorption index compared to the reference brick. The resistance data showed no statistically significant difference.

Keywords: Sustainable construction, Ecological brick, Sustainability

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil causa impactos ao longo de todo seu processo de produção de edificações e de espaços urbanos, desde a extração de matérias-primas à operação de edifícios e gestão urbana. Ela também é responsável por 30% das emissões globais de gases de efeito estufa e é o maior consumidor de recursos e de matérias-primas, consumindo cerca de 50% da produção global de aço e, a cada ano, 3 bilhões de toneladas de matérias-primas para a fabricação de produtos de construção em todo o mundo. Além disso, entre 40% e 60% do volume de resíduos em centros urbanos maiores que 500.000 habitantes são oriundos de processos construtivos (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2017).

No contexto da Agenda 21 para a Construção Sustentável em Países em Desenvolvimento, a construção sustentável é considerada um processo holístico que aspira a restauração e manutenção da harmonia entre os ambientes natural e construído e a criação de assentamentos que afirmem a dignidade humana e encorajem a equidade econômica (MINISTÉRIO DO MEIO

AMBIENTE, 2022).

Cientes dos impactos ambientais gerados pela sua atuação e buscando a não geração de resíduos, as construtoras buscam medidas alternativas de projeto, materiais e processos sustentáveis, implementando a reciclagem, reaproveitamento e procedimento de gestão de resíduos (SANTOS, 2015). Assim, a utilização de materiais reciclados ou recicláveis dentro da construção civil pode ser um passo para o desenvolvimento sustentável, assim como promover um controle eficiente quanto aos resíduos sólidos formados ao longo das operações junto à construção (COUTO, COUTO, TEIXEIRA; 2016)

A utilização de tijolos ecológicos também pode ser considerada como uma alternativa encontrada pelas empresas para promover uma maior sustentabilidade em suas atividades, assim como minimizar os impactos ambientais relativos aos processos ou procedimentos de construção (WIECZYNSKI, 2015).

Os tijolos ecológicos podem ser definidos como unidades modulares que possuem um melhor acabamento estético e maior resistência – comparados aos cerâmicos – e são compostas por materiais que não provocam o corte de árvores e não emitem gases de efeito estufa devido ao processo de queima. Além disso, a forma dos tijolos ecológicos permite que sua instalação seja simples e o seu centro oco torne-o um material isolante, melhorando o conforto acústico e térmico das habitações construídas com esse material (PERAZZO, 2013).

O produto pode ser de caráter estrutural ou não, passando por ensaios destrutivos que garantem a sua resistência resultado das proporções e dimensões definidas na fabricação. Além disso, disponibiliza uma gama de possibilidades de acabamentos que ficam a critério do cliente escolher, proporcionando satisfação e conforto ao mesmo (GODOI, 2012).

O tijolo ecológico de solo-cimento, composto por solo, cimento e água, possui resistência à compressão semelhante à do tijolo comunsol, porém sua qualidade final é superior devido a suas dimensões regulares e faces planas (MOTA et al., 2010).

Por fim, o tijolo ecológico é uma alternativa para suprir uma carência habitacional devido ao baixo custo da construção, uma vez que busca valorizar os materiais naturais. Além das facilidades na linha de produção, é um produto de encaixe, que dispensa grandes pilares para sustentação da estrutura, o que garante mais agilidade ao longo da construção (MOTTA et al., 2014).

Desta forma, o tijolo ecológico adquire grande relevância como produto alternativo na construção de habitações, pois pode apresentar não só características técnicas superiores aos tijolos convencionais, como também eficiência do seu sistema, poupando tempo e recursos naturais e permitindo, assim, reduzir as emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera.

Entretanto, é importante apresentar as propriedades e características dos tijolos ecológicos por meio de testes de resistência à compressão com base na norma ABNT NBR 8491 (2012), ensaios de absorção, para enfim comparar esse tipo de material com o tijolo comum e avaliar sua aceitação no mercado (MOTTA et al., 2014).

Dessa forma, este trabalho tem por objetivo analisar as características físicas e mecânicas, como massa unitária e específica real dos materiais, resistência a compressão, absorção e densidade dos tijolos ecológicos confeccionados com cimento, filito, areia e argila expandida para viabilidade do seu uso como substituto do tijolo comum em habitações.

MÉTODO

O desenvolvimento deste trabalho foi realizado conforme a metodologia experimental apresentada a seguir.

DEFINIÇÃO DA COMPOSIÇÃO DOS TIJOLOS ECOLÓGICOS

Para a avaliação das características físicas e mecânicas dos tijolos foram definidos dois tipos:

- Tijolo referencial produzido com cimento CP V-ARI, filito e areia, no traço 1:3:7, definido com base em Aguilar, Ruiz (2021) e Sahara (2021).
- Tijolo em que a argila substituiu a parte inteira da areia por 50% de argila expandida #2,5mm, obtendo assim um traço em volume de 1:3:3,5:3,5, em relação ao traço referencial.

A Tabela 1 apresenta os traços em volume utilizados no trabalho.

Tabela 1: Traços em volume dos tijolos

Traço	Ciment	Filito	Areia	Argila Expandida #2,55 mm
	0			
Referencial	1	3	7	--
Com argila	1	3	3,5	3,5

Fonte: Autora (2021)

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS MATERIAIS

Os materiais cimento CP V-ARI, filito, areia e argila expandida laminada #2,5 mm foram caracterizados por meio dos seguintes ensaios:

1. ENSAIO DE MASSA UNITÁRIA DOS MATERIAIS

Os procedimentos do ensaio foram realizados com base na ABNT 16972 (2021): Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. A massa unitária é a relação de massa por volume, ocupado pelo material incluindo espaços de vazios. O cálculo é realizado conforme a Eq. (1).

$$\rho = \frac{M_t - M_{recipiente}}{V_{recipiente}} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

ρ = massa específica aparente (g/cm³);

$M_{recipiente}$ = massa do recipiente vazio (g);

M_t = massa do recipiente vazio mais o material (g);

$V_{recipiente}$ = volume do recipiente (cm³).

2. ENSAIO DE MASSA ESPECÍFICA REAL DOS MATERIAIS

Para o cimento CP V-ARI e o filito os procedimentos foram seguidos conforme a norma ABNT ABNT NBR 16605 (2017): Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica, enquanto para a areia e a argila expandida laminada seguiu-se a norma ABNT 16916 (2021): Agregados miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente (Figura 1). A massa específica real é calculada conforme a Eq. (2).

$$\gamma = \frac{M}{(V_f - V_i)} \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde:

γ = massa específica real (g/cm³);

V_f = volume final (cm³);

V_i = volume inicial (cm³);

M = Massa do material (g).

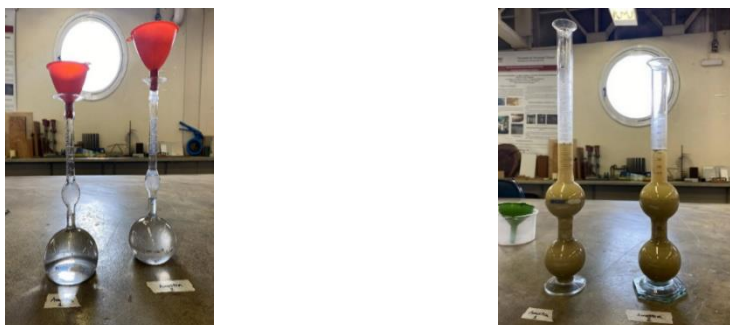


Figura 1: Ensaio para avaliação da massa específica dos materiais segundo ABNT NBR 16605 (2017) (à esquerda) e ABNT 16916 (2021) (à direita).

Fonte: Autora (2021)

MOLDAGEM DOS TIJOLOS ECOLÓGICOS

A moldagem dos tijolos foi realizada em uma prensa hidráulica na empresa Jarfel/Sahara, de acordo com a norma ABNT NBR 10833 (2012): Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica - Procedimento (Figura 2).



Figura 2: Prensa hidráulica modelo Professional HM da empresa Jarfel/Sahara

Fonte: Autora (2021)

Foram produzidos 32 tijolos, sendo 16 tijolos para cada traço. A quantidade de amostras foi definida com base na ABNT NBR 8491 (2012): Tijolo de solo-cimento – Requisitos e Kaczam et al. (2016), sendo 7 tijolos para o ensaio de resistência à compressão, 3 tijolos para o ensaio de absorção de água e 4 tijolos para o ensaio de densidade nas dimensões de 25 cm x 12,5 cm x 6,25 cm (Figura 3).

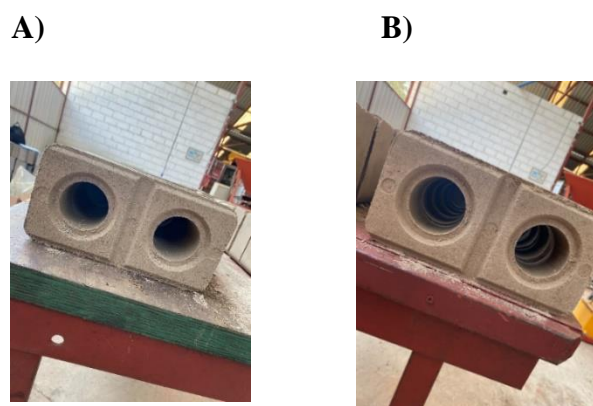


Figura 3: A) Tijolos ecológicos confeccionados com argila; B) com o traço referencial.
Fonte: Autora (2021)

Após o término da moldagem, iniciou-se o processo de cura dos tijolos por meio de uma lona plástica, por um período de sete dias, conforme ABNT NBR 10833 (2012) (Figura 4).



Figura 4: Início do processo de cura dos tijolos
Fonte: Autora (2021)

REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS MECÂNICOS E FÍSICOS COM OS TIJOLOS

1. ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES

Este ensaio foi realizado nos dois traços de tijolos ecológicos, após os 7 dias de cura. Foram utilizados 14 tijolos, sendo sete do traço referencial e sete do traço com argila, conforme determina a norma ABNT NBR 8492 (2012): Tijolo de solo-cimento — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio.

De acordo com a ABNT NBR 8492 (2012), os tijolos foram cortados ao meio, perpendicularmente à sua maior dimensão e uniram-se às duas metades com uma fina camada de pasta de cimento Portland no traço de 10:0,5. Em seguida, as faces em contato com a máquina de compressão foram capeadas com uma pasta de cimento (Figura 5).

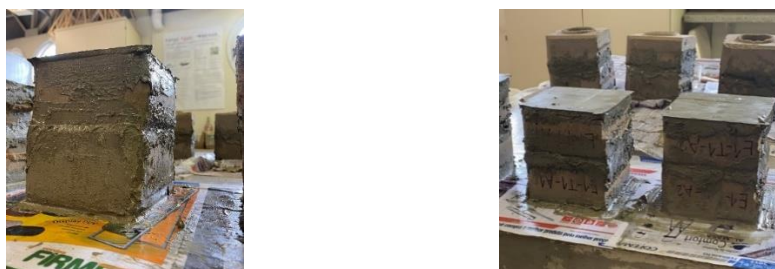


Figura 5: Capeamento das faces do tijolo ecológico

Fonte: Autora (2021)

Após o endurecimento das pastas, os corpos de prova foram imersos em água por 6 h (Figura 6).



Figura 6: Imersão dos tijolos ecológicos após o endurecimento da pasta de cimento

Fonte: Autora (2021)

Passado esse tempo, retiraram-se e secaram-se os corpos de prova. Ajustaram-se as duas placas metálicas na máquina (Figura 7) e estas foram posicionadas de modo com que os tijolos ficassem centrados em relação as mesmas e iniciou-se o ensaio de compressão (Figura 8). De acordo com a ABNT NBR 8492 (2018), a carga foi gradativamente elevada até ocorrer a ruptura do corpo de prova.

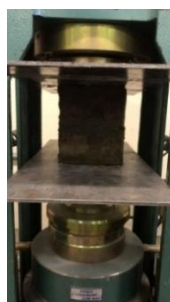


Figura 7: Posicionamento das placas metálicas e do tijolo

Fonte: Autora (2021)



Figura 8: Rompimento do tijolo ecológico com argila expandida
Fonte: Autora (2021)

A resistência à compressão simples foi calculada segundo a Equação 3.

$$R_c = \frac{F}{A} \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde:

R_c = resistência à compressão simples (MPa);

F = carga máxima aplicada (N);

A = área de aplicação da carga (mm²).

2. ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

Este ensaio foi realizado em 6 tijolos, sendo três tijolos do traço referencial e três tijolos do traço com argila (ABNT NBR 8491, 2012) e após os 7 dias de cura. Os procedimentos do ensaio seguiram-se como base a ABNT NBR 8492 (2012) (Figura 9).



Figura 9 – Imersão de 24h dos tijolos (ABNT NBR 8492, 2012)
Fonte: Autora (2021)

Para o cálculo da absorção de água por imersão, utiliza-se a Equação 4.

$$A = \frac{M_{sat} - M_s}{M_s} \times 100 \quad \text{Eq. (4)}$$

Onde:

A = absorção de água (%);

M_{sat} = massa do corpo de prova saturado (g);

M_s = massa do corpo de prova seco em estufa (g).

3. ENSAIO DE DENSIDADE DOS TIJOLOS ECOLÓGICOS

Este ensaio foi realizado para os dois traços de tijolos ecológicos. A quantidade de tijolos e os procedimentos foram definidos de acordo com a metodologia de Kaczam et al. (2016).

Coletou-se individualmente as massas e as dimensões do comprimento (a), largura (b),

altura (c) e diâmetro dos furos (d), de acordo com a Figura 10.

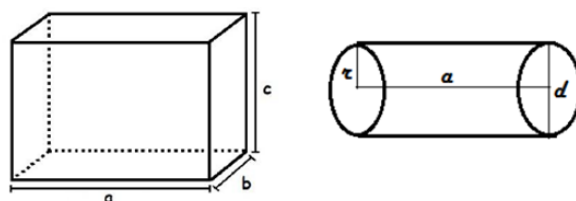


Figura 10 - Ilustração das medidas coletadas dos tijolos ecológicos
Fonte: Kaczam et al. (2016)

Primeiramente, o volume total dos tijolos ecológicos foi obtido por meio da Equação 5.

$$V_{total\ tijolo\ maciço} = a \times b \times c \quad \text{Eq. (5)}$$

Onde:

$V_{total\ tijolo\ maciço}$ = volume total do tijolo maciço (m³);

a = comprimento do tijolo (m);

b = largura do tijolo (m);

c = altura do tijolo (m).

Em seguida, foram calculados os volumes individuais dos 2 furos (Equação 6) e somaram-se os volumes dos dois furos existentes em cada tijolo ecológico (Equação 7).

$$V_{furo\ individual} = \pi \times r^2 \times h \quad \text{Eq. (6)}$$

Onde:

$V_{furo\ individual}$ = volume do furo individual (m³);

r = raio do furo (m);

h = altura do tijolo (m).

$$V_{total\ dos\ furos} = V_{furo\ individual} \times 2\ furos \quad \text{Eq. (7)}$$

Onde:

$V_{total\ dos\ furos}$ = volume total dos dois furos (m³);

$V_{furo\ individual}$ = volume do furo individual (m³);

A seguir, subtraiu-se esse valor do volume total do tijolo maciço, obtendo assim o volume real deles (Equação 8).

$$V_{real\ do\ tijolo} = V_{total\ tijolo\ maciço} - V_{total\ dos\ furos} \quad \text{Eq. (8)}$$

Onde:

$V_{real\ do\ tijolo}$ = volume real do tijolo ecológico (m³)

$V_{total\ tijolo\ maciço}$ = volume total do tijolo maciço (m³);

$V_{total\ dos\ furos}$ = volume total dos dois furos (m³).

Por fim a densidade foi calculada por meio da Equação 9.

$$D = \frac{M}{V_{real\ do\ tijolo}} \quad \text{Eq. (9)}$$

Onde:

D = densidade real do tijolo ecológico (kg/m³)

M = massa total do tijolo (kg);

$V_{real\ do\ tijolo}$ = volume real do tijolo ecológico (m³).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados que obtiveram resultados abaixo do estabelecido pela normas de referência foram inseridos em planilha do programa Excel 2019 (*Microsoft Corporation, Redmond, Estados Unidos*). A análise estatística foi realizada por meio do programa Minitab (*Minitab, LLC, State College, Estados Unidos*). As variáveis foram expressas em média e desvio padrão.

A comparação entre o tijolo com tração referencial e o tijolo ecológico foi avaliada pela análise da variância (ANOVA). Foi considerado nível de significância estatística $p < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ENSAIO DE MASSA UNITÁRIA DOS MATERIAIS

A Tabela 2 apresenta as massas unitárias do cimento, filito, areia e argila expandida.

Tabela 2: Massa unitária dos materiais

Material	Massa unitária (g/cm ³)
Cimento	0,87
Filito	0,89
Areia	1,41
Argila expandida #2,5 mm	0,87

Fonte: Autora (2021)

De acordo com os resultados de massa unitária, observa-se que o filito apresenta massa unitária similar à do cimento Portland CPV ARI e que está de acordo com o encontrado em Paco (2021). A areia utilizada apresenta valor próximo ao esperado que é de 1,5 g/cm³ (BAUER, 2008) e a argila expandida, apresenta massa unitária inferior, visto que é um material com alta porosidade e, portanto, menos densa. O valor de massa unitária da argila expandida se enquadra no apresentado pelo fabricante Cinexpan (CINEXPAN, 2022).

ENSAIO DE MASSA ESPECÍFICA REAL DOS MATERIAIS

A Tabela 3 apresenta as massas específicas reais dos materiais cimento, filito, areia e argila expandida.

Tabela 3: Massa específica real dos materiais

Material	Massa específica real dos grãos (g/cm ³)
Cimento	3,07
Filito	2,78
Areia	2,60
Argila expandida #2,5 mm	1,70

Fonte: Autora (2021)

Todos os materiais apresentaram valores de massa específica real próximos aqueles encontrados na literatura (PACO, 2021; BAUER, 2008; CINEXPAN, 2022). Os valores de massa específica real influenciam diretamente no traço e dosagem do material. A argila expandida por ser mais porosa e menos densa, tende a deixar os blocos com maior porosidade e mais leves.

ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES

As Tabelas 4 e 5 mostram todos os resultados obtidos durante o ensaio de resistência à compressão simples, após 7 dias da produção dos tijolos.

Tabela 4: Resistência à compressão simples do traço referencial

Idade	Tijolo – Traço referencial	Área (mm ²)	Resistência (MPa)		Parâmetros ABNT NBR 8491 (2012)	
			Individual	Média	Individual	Média
7 dias	E1-T1-A1	16167	1,27			
	E1-T1-A2	15963	1,05			
	E1-T1-A3	15888	0,97			
	E1-T1-A4	15813	1,04	0,97	≥1,7 MPa	≥2,0 MPa
	E1-T1-A5	16238	0,94			
	E1-T1-A6	15610	0,84			
	E1-T1-A7	15938	0,67			

Fonte: Autora (2021)

Tabela 5: Resistência à compressão simples do traço com argila expandida

Idade	Tijolo – Traço com argila	Área (mm ²)	Resistência (MPa)		Parâmetros ABNT NBR 8491 (2012)	
			Individual	Média	Individual	Média
7 dias	E1-T2-A1	16384	0,90			
	E1-T2-A2	15924	1,40			
	E1-T2-A3	16354	1,24			
	E1-T2-A4	16498	1,18	1,12	≥1,7 MPa	≥2,0 MPa
	E1-T2-A5	15675	1,05			
	E1-T2-A6	16304	1,17			
	E1-T2-A7	16230	0,93			

Fonte: Autora (2021)

Ambos os traços apresentaram valores de resistência à compressão média e individual inferior ao estabelecido na ABNT NBR 8491 (2012). Embora não se tenha atingido os parâmetros da norma para os 7 dias, a análise estatística demonstrou que não há diferença significativa da resistência para os dois tipos de tijolos.

É importante ressaltar que o filito é uma adição mineral que é colocada com o intuito de reduzir custos da produção dos blocos e de melhorar as propriedades do bloco (BEZERRA, 2021). No entanto, quando se utiliza alto teor de filito em relação à massa de cimento, existe uma tendência que se apresente uma queda de resistência mecânica e aumento da permeabilidade do tijolo. Como o filito entra como material fíler, a mistura terá maior quantidade de finos e demanda mais água, por isso se justifica os valores de resistência dos blocos abaixo do estipulado em norma. Comportamentos similares nos valores de resistência à compressão dos tijolos avaliados já foram observados em BEZERRA (2022).

É importante salientar que fatores determinantes para uma melhor qualidade do tijolo depende das condições de moldagem, tipo de prensa, tipo de estabilizante e o processo de cura. Observa-se que, para uma maior resistência à compressão, absorção e durabilidade do tijolo, deve-se utilizar um percentual maior de cimento na mistura (MOTTA et al., 2014).

A argila expandida apresenta menor massa específica real, sendo assim ela tende a

diminuir a densidade do bloco e a sua resistência mecânica à compressão axial.

ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

As Tabelas 6 e 7, mostram os resultados obtidos a partir do ensaio de absorção de água referente aos dois tipos de tijolos produzidos.

Tabela 6: Absorção de água do traço referencial

Idade	Tijolo – Traço referencial	Massa seca (g)	Mass saturada (g)	Absorção de água (%)		Parâmetros ABNT NBR 8491 (2012)	
				Individual	Média	Individual	Média
7 dias	E2-T1-A1	2615,30	3026,30	15,72			
	E2-T1-A2	2598,40	2904,50	16,25	15,96	≤22%	≤20%
	E2-T1-A7	2517,30	2917,70	15,91			

Fonte: Autora (2021)

Tabela 7: Absorção de água do traço com argila expandida

Idade	Tijolo – Traço com argila	Massa seca (g)	Mass saturada (g)	Absorção de água (%)		Parâmetros ABNT NBR 8491 (2012)	
				Individual	Média	Individual	Média
7 dias	E2-T2-A1	2271,70	2671,80	17,61			
	E2-T2-A2	2358,80	2775,30	17,66	17,58	≤22%	≤20%
	E2-T2-A7	2243,60	2635,50	17,47			

Fonte: Autora (2021)

Verifica-se que o tijolo com argila expandida apresentou uma absorção de água mais alta em relação ao tijolo com traço referencial. Essa maior absorção de água está relacionada à estrutura porosa dos seus grãos (MONCADA et al., 2019).

Ambos os tijolos dos dois traços apresentaram valores individuais e médios de absorção de água dentro dos parâmetros estabelecido na ABNT NBR 8491 (2012).

ENSAIO DE DENSIDADE DOS TIJOLOS ECOLÓGICOS

As Tabelas 8 e 9 apresentam os resultados individuais e das médias de densidade dos dois tipos de tijolos estudados.

Tabela 8: Densidade do tijolo ecológico do traço referencial

Tijolo – Traço referencial	Massa (g)	Volume real (cm ³)	Densidade do tijolo (g/cm ³)	
			Individual	Média
E3-T1-A1	2590,40	1805,96	1,43	
E3-T1-A2	2599,80	1789,21	1,45	1,47
E3-T1-A3	2527,30	1608,30	1,57	
E3-T1-A4	2499,30	1770,20	1,41	

Fonte: Autora (2021)

Tabela 9: Densidade do tijolo ecológico do traço com argila expandida

Tijolo – Traço com argila	Massa (g)	Volume real (cm ³)	Densidade do tijolo (g/cm ³)	
			Individual	Média
E3-T2-A1	2217,30	1638,17	1,35	
E3-T2-A2	2235,50	1826,91	1,22	1,32
E3-T2-A3	2234,70	1604,95	1,39	
E3-T2-A4	2391,00	1809,32	1,32	

Fonte: Autora (2021)

Os tijolos com argila expandida apresentaram valores de densidade menor que os tijolos com traço referencial, pois a massa unitária da argila expandida é menor do que a da areia e o tijolo com traço referencial possui somente areia como agregado. Esse comportamento já era esperado, visto que os valores de massa específica real mostram que a argila expandida é um agregado leve e, portanto, diminui a densidade do material.

Trazendo esses dados para uma construção, a carga atuante na estrutura terá uma redução significativa no peso próprio das estruturas, o que acarretará economia na obra, proporcionado uma diminuição da fundação e redução da dimensão do diâmetro do aço.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi realizada para o ensaio de resistência à compressão simples por apresentar resultados abaixo dos parâmetros estabelecidos na ABNT NBR 8491 (2012).

Os tijolos referência apresentaram desvio padrão por amostragem de 0,19 e os tijolos ecológicos de 0,18. As médias foram apresentadas nas Tabelas 4 e 5. Comparando as médias, não houve diferença significativa ($p=0,135$), por meio da ANOVA.

CONCLUSÃO

Como observado ao longo do trabalho, os tijolos ecológicos são um dos principais materiais desenvolvidos para estimular a sustentabilidade nas edificações e reduzir o impacto ambiental de suas obras pelas construtoras.

A utilização de filito em substituição ao cimento é utilizada no mercado para redução de custos de produção de blocos. Entretanto, essa prática também reduz sua resistência à compressão, conforme os resultados apresentados neste estudo e já observados em Paco (2021).

Ainda que os resultados do ensaio de resistência a compressão simples aos 7 dias tenham ficado abaixo do especificado pela norma vigente, a resistência média dos tijolos não apresentou diferença estatisticamente significativa entre si.

Embora o tijolo com argila expandida tenha obtido um índice de absorção de água maior do que o do tijolo com traço referencial, ambos ficaram abaixo do valor especificado na norma, o que não causaria problemas na execução de uma edificação, visto que seriam utilizados com função de vedação.

REFERÊNCIAS

AGUILAR, F.; RUIZ, L. Tijolo Ecológico de Pó de Pedra ou Areia com Filito. Disponível em: <<https://www.jarfel.com.br/informativos/tijolos-ecologico-filito.php>>. Acesso em: 11 maio 2021.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 8491: Tijolo de solo-cimento – Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 8492: Tijolo de solo-cimento — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10833: Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica - Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16972: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16916: Agregados miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2021.
- BAUER, L. A. Materiais de Construção. Volume 1. 5ª edição. LCT. 2008.
- BEZERRA, F. A. C. Análise da utilização de filito como substituição de parcela do solo em tijolos de solo-cimento com resíduos de construção civil. 2021. 113 f. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2021.
- CINEXPAN. Ficha técnica. Disponível em: <<https://www.cinexpan.com.br/pdf/ficha-tecnica-tipo-0500.pdf>>. Acesso em 24 maio 2022.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Construção Sustentável: a mudança em curso / Confederação Nacional da Indústria, Câmara Brasileira da Indústria da Construção – Brasília: CNI, 2017.
- COUTO, A. B.; COUTO, J. P.; TEIXEIRA, J. C. Desconstrução: uma ferramenta para a sustentabilidade da construção. Anais do VI Seminário Brasileiro da Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios - NUTAU, São Paulo, 2016.
- GODOI, B.C.S. Requisitos de sustentabilidade para o desenvolvimento de projetos residenciais multifamiliares em São Paulo. 2012. 210 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- KACZAM, F.; SANTOS, R. V.; SANTOS, J. A. A.; POSSAN, E.; SHMIDT, C. A. P. Comparação da densidade de blocos cerâmicos fabricados em cinco fornos de uma indústria. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA – CONTECC, 2016, Foz do Iguaçu. Anais [...] Foz do Iguaçu: Rafain Palace Hotel & Convention Center, 2016. 5p.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Construção sustentável 2022. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/>. Acesso em: 10 maio 2022.
- MONCADA, J. E. C. M; FLOR, L. D. S; SILVA, V. A; PACHECO, J. S. Estudo da adição de argila expandida e EPS como agregados na elaboração de concreto leve. Revista Teccen. 2019 Jan/Jun; 12 (1): 02-07.
- MOTA J. D., OLIVEIRA D. F., DE SOUSA A. A. P., LARANJEIRA E., MONTEIRO M. R. S. Utilização do resíduo proveniente do desdobramento de rochas ornamentais na confecção de tijolos ecológicos de solo-cimento. 2º Seminário da Região Nordeste sobre Resíduos Sólido, 2010.
- MOTTA, J.C.S.S.; MORAIS, P.W.P.; ROCHA, G.N.; TAVARES, J.C.T.; GONÇALVES, G.C.; CHAGAS, M.A.; MAGESTE, J.L.; LUCAS, T.P.B. Tijolo de solo-cimento: Análise das características físicas e viabilidade econômica das técnicas construtivas sustentáveis, e-xacta,

Belo Horizonte, v.7, n.1, p. 13-26. 2014.

PACO, A.L.M. Avaliação das propriedades físico-mecânicas de argamassas de revestimento com diferentes teores de filito. 2021. 81 f. Trabalho de Conclusão (Graduação) – Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 2021.

PERAZZO, N. B. Transferência e aperfeiçoamento da tecnologia construtiva com tijolos prensados de terra crua em comunidades carentes. Coletânea Habitare ANTAC, Porto Alegre, 2013, 480 p. Ilustrado ISBN 85-89478-02- 5.

SAHARA, J. Conhecendo o Tijolo Ecológico de Filito – Jarfel Sahara. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=exxb7arOSDs>>. Acesso em: 11 maio 2021.

SANTOS, I. R. Medidas para a Redução de Impactos Ambientais Gerados pela Construção Civil. 2015. 90 p. Projeto (Graduação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

WIECZYNSKI, V. J. Construções mais sustentáveis: alternativas para uma habitação de baixo custo econômico. 2015. Disponível em: <http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/2015/02/Artigo-Vlademir-José-Wieczynski.pdf>. Acesso em: 11 maio 2022.