

CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE MISTURA DE TERRA-POLIÉSTER ORIUNDO DE EDREDONS USADOS

Adriano ANTUNES MONTEIRO (ESITC Caen) E-mail: adrianoantunesmonteiro@gmail.com

Karoline TEIXEIRA DA SILVA (IFCE - Maracanaú) E-mail: karolinetx@gmail.com

Narcélio DE ARAUJO PEREIRA ((IFCE - Maracanaú) E-mail: narcelio@ifce.edu.br

Resumo: Uso de materiais e técnicas de construção que mantenham a qualidade de vida e aliado a sustentabilidade na construção e utilização. A construção com terra é uma alternativa de baixo impacto que vem sendo utilizada há centenas de anos. O poliéster é um material facilmente disponível utilizado como isolamento térmico. Assim, o presente trabalho visa estudar o comportamento mecânico de misturas terra-poliéster como material construtivo. A mistura foi preparada com terra (areia e limo) e uma porcentagem de poliéster reutilizado de edredons (à 1,25% e 5%). Os testes mecânicos foram realizados em máquina de compressão SCHENCK. Assim, a mistura terra-poliéster mostrou boas propriedades mecânicas, que são importantes para um bom material de construção. Entretanto, comparando os dois tipos de amostras, a mistura com 5% de poliéster tem os melhores resultados. Assim, pode-se concluir que o uso desses materiais é positivo na construção civil, pois o uso das fibras recicladas não reduz a resistência mecânica quando comparadas com construções em terra tradicionais, além de que, o uso de fibras incorporados em matrizes construtivas contribuem para a capacidade isolante que reduz o consumo de eletricidade com o uso de equipamentos de conforto térmico, logo, contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Comportamento mecânico, Construção civil, Terra, Poliéster.

CHARACTERIZATION OF THE MECHANICAL PERFORMANCE OF AN EARTH-POLYESTER MIXTURE FROM RECYCLED DUVETS.

Abstract: Use of materials and construction techniques that maintain quality of life and allied to sustainability in construction and use. Earthen construction is a low-impact alternative that has been used for hundreds of years. Polyester is an easily available material used as thermal insulation. Thus, the present work aims to study the mechanical behavior of earth-polyester mixtures as a construction material. The mixture was prepared with soil (sand and silt) and a percentage of polyester reused from recycled duvets (at 1.25% and 5%). Mechanical tests were performed in a SCHENCK compression machine. Thus, the soil-polyester mixture showed good mechanical properties, which are important for a good building material. However, comparing the two types of samples, the mixture with 5% polyester has the best results. Thus, it can be concluded that the use of these materials is positive in civil construction because the use of recycled fibers does not reduce the mechanical strength when compared to traditional earth constructions. Furthermore, the use of fibers incorporated in construction matrices contributes to the insulating capacity that reduces the consumption of electricity with the use of thermal comfort equipment, thus contributing to sustainable development.

Keywords: Mechanical performance, Construction, Earth, Polyester.

1. Introdução

A mudança climática é um grande desafio para todos os setores da atividade econômica da sociedade no século XXI. Estas mudanças afetam diretamente o setor de construção de edifícios, desde a utilização de materiais para a concepção até a sua utilização aumentando o consumo de energia para manter o conforto térmico de seus usuários, de fato, este consumo contribui para o aquecimento global [1].

O campo de atividade da construção civil é essencial na luta contra o aquecimento global, devido ao alto consumo de energia, recursos naturais e materiais na construção e utilização de edifícios com um aumento crescente a cada ano [1]. Assim, o setor de construção é responsável por 44% da energia consumida na França, bem à frente do segundo, o setor de transportes, com 31,3%. Nesse sentido, o setor da construção civil emite cerca de 123 milhões de toneladas de CO₂ [2, 3].

Nesse contexto, o novo regulamento RE 2020 visa promover materiais que armazenem energia térmica e o difundem, utilizem materiais renováveis em sintonia com o meio ambiente promovendo a sustentabilidade nas construções. Partindo do desenvolvimento de energias renováveis, gerados em edifícios inteligentes e edifícios para a produção de energia e o uso de materiais naturais [4-6].

Entretanto, os materiais comumente usados utilizados no setor, tais como, concreto, estruturas metálicas, madeira, lã de vidro, poliestireno expandido, poliestireno extrudado, poliuretano etc. apresentam uma pegada de carbono muito alta e geram uma alta demanda por recursos naturais como minerais de construção [7, 8].

A necessidade de utilizar materiais que sejam ecologicamente corretos ou que contribuam de alguma forma para reduzir a poluição ambiental está aumentando, o que leva à busca constante de tecnologias inovadoras para a produção de novos materiais sustentáveis, economicamente viáveis e tecnologicamente avançados [9].

Os hábitos de consumo da sociedade moderna, a definição de regulamentações específicas, a implementação de centros de pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias apropriadas estão na agenda de ações específicas dos setores governamental e empresarial na reciclagem de embalagens [12].

Assim, alguns estudos têm se interessado em investigar o potencial de diferentes materiais biológicos e reciclados a serem utilizados como isolamento térmico, alguns exemplos desses materiais são: lã de ovelha, algodão reciclado, celulose, poliéster de materiais têxteis etc. [13-15].

Considerando essas características, sabe-se que o poliéster é considerado a fibra mais utilizada em produtos têxteis no mundo atualmente, cerca de 55 milhões de toneladas são produzidas, e seu principal destino é em materiais domésticos. A maioria desses materiais não é reciclada, 12% são reciclados e 73% são destinados a aterros e incineradores, o restante é referente a 12% de perdas na produção 2% de matéria-prima reciclada de outras indústrias e menos de 1% reciclagem em circuito fechado [9-11].

Os resíduos têxteis também têm sido um dos interesses da pesquisa para o desenvolvimento de materiais isolantes térmicos para edifícios, porém é necessário avaliar suas propriedades mecânicas. Esses materiais mostraram uma condutividade térmica de 0,05-0,06 W/(m·K) para a construção do telhado e paredes internas projetadas a partir de resíduos têxteis. Essa condutividade térmica é comparável à dos materiais isolantes padrão [16].

Alguns estudos foram desenvolvidos sobre isolantes térmicos para edifícios, referentes resíduos têxteis de nylon/elastano (NS) e poliuretano (PU) [17]; materiais isolantes provenientes de resíduos reciclados de lã e fibras de poliéster [18]; com origem em edredões reciclados [17].

O estudo de Dissanayake et al. teve como objetivo a reciclagem de resíduos têxteis de nylon/elastano (NS) e poliuretano (PU) para fins de isolamento térmico. As amostras foram colocadas em três camadas na sequência NS / PU / NS em um modelo de compressão. A composição (% W:W) 60:40, NS:PU apresentou uma condutividade térmica de 0,0953 W / (m·K) [17].

Patnaik *et al.* analisaram a aplicação de resíduos reciclados de lã e fibras de poliéster para isolamento térmico e acústico. Foram estudadas misturas: duas camadas de 50% de resíduos de lã e 50% de fibras de poliéster recicladas, 100% de resíduos de lã e 100% de fibras de poliéster recicladas. As amostras foram submetidas a testes térmicos, acústicos e de absorção de umidade [18].

Bourguiba *et al.* analisaram as propriedades físicas (densidade, absorção de água, resistência ao fogo e condutividade térmica) de resíduos de edredons de poliéster e de penas de pato para utilização como isolamento térmico na construção civil através de mini protótipos com variação dos componentes, as variações mais promissoras foram selecionadas para caracterização em escala real [19].

A condutividade térmica de fibras têxteis, notadamente de fibras de poliéster recicladas é próxima à dos isolantes térmicos presentes no mercado, assim o material estudado pode ser considerado como um isolante térmico para o setor da construção civil e que economicamente o seu valor apresenta um preço competitivo para outros materiais comercializados [17-19].

A condutividade térmica das fibras de poliéster das colchas recicladas é próxima à dos isolantes térmicos presentes no mercado e por isso esse poliéster pode ser considerado como um material isolante térmico para o setor da construção civil, devendo apresentar um preço competitivo quando comparado com outros materiais isolantes comercializados [19].

Esta pesquisa diferencia-se das demais no que diz respeito ao componente analisado, que será o poliéster em construções em terra, uma mistura terra-poliéster como método construtivo de baixo impacto ambiental. A escolha dos materiais de terra e poliéster deve-se à grande quantidade gerada a partir da fibra de poliéster e sua baixa quantidade reciclada. Nesse contexto, a terra como recurso natural em abundante quantidade disponível seria uma alternativa à construção sustentável [20-23].

Além de uma possível contribuição ambiental, o trabalho contribuirá para o progresso científico e tecnológico na descoberta de novos materiais com potencial mecânico e para técnicas mais sustentáveis. Devido a estes fatores, o trabalho torna-se relevante para o mundo da ciência e tecnologia, no que diz respeito à preservação ambiental, contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

Finalmente, considerando as justificativas apresentadas, o presente trabalho visa estudar o comportamento mecânico de compostos de terra com a incorporação de diferentes porcentagens de fibras de poliéster recicladas oriundas de edredons usados para uso em técnicas de construções em terra.

2. Metodologia

O processo metodológico para a caracterização mecânica do composto a ser estudado seguindo a norma ASTM C 39/C 396M exige que sejam definidos os passos para a

realização dos corpos de prova. Assim, os passos da pesquisa estão listados abaixo na figura 1:



Figura 1 – Etapas de realização do projeto.

Todas as etapas da pesquisa foram realizadas no Laboratório Comum de Pesquisa da Escola superior de Engenheiros do Trabalho e da Construção de Caen (ESITC Caen) na França.

2.1 Caracterização dos materiais estudados

A partir de estudos encontrados na literatura, observou-se que elementos fibrosos são inseridos em compostos de terra para realização de testes mecânicos [21-23], as porcentagens iniciais dos materiais foram definidas para testagem podendo ser modificadas conforme o decorrer do ensaio experimental.

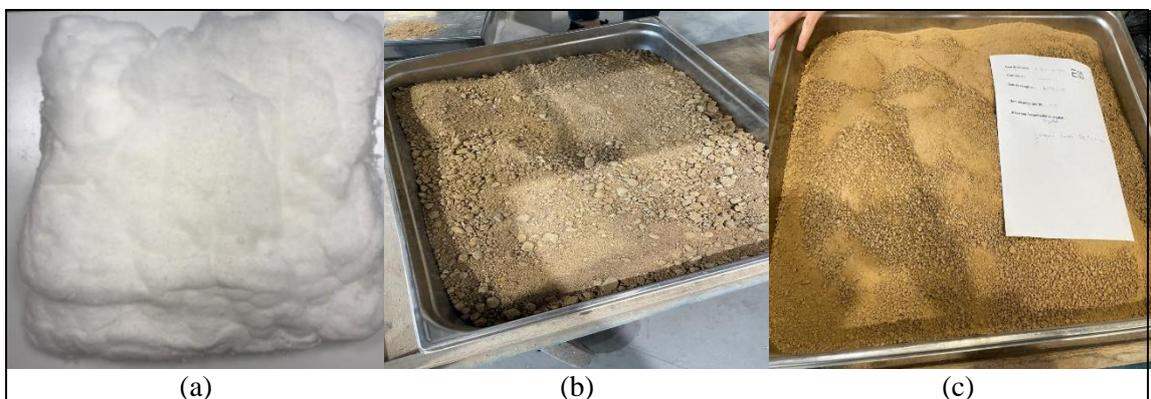


Figura 2 – Materiais utilizados (a) Poliéster, (b) Terra: Areia e (c) Terra: Limo.

Neste sentido, as quantidades iniciais desses materiais foram 1,26 kg de fibra de poliéster, 5,04 kg de água e 25,2 kg de solo bruto, sendo esse solo composto por uma proporção de 2:1 de 16,8 kg de solo de limo e 8,4 kg de solo de areia. Essas quantidades foram testadas para um percentual de 20% de água e 5% de fibras de poliéster [21-23].

2.2 Preparação da fibra de poliéster – coleta dos edredons – separação do poliéster

Inicialmente, coletou-se edredons que foram descartados para coleta de resíduos. A partir daí, iniciou-se em laboratório a separação da fibra presente nesses edredons. Assim, para a preparação da fibra de poliéster a partir de colchas recicladas (figura 3), as fibras foram separadas de seu tecido de proteção e esterilizadas. Após a esterilização,

ela foi cortada em pequenos pedaços para facilitar a mistura e a inserção com os outros materiais utilizados.

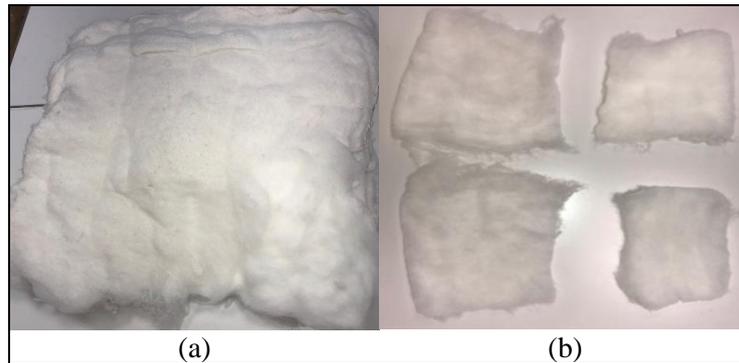


Figura 3 – Poliéster: (a) após a esterilização, (b) após o corte.

As dimensões dessas peças (figura 3) foram essencialmente 4 cm x 4 cm x 0,5 cm de comprimento, largura e altura, respectivamente.

2.3 Preparação das misturas terra-poliéster

Os materiais foram pesados para seguir as proporções predeterminadas. Assim, para obter uma mistura homogênea, foi utilizado um misturador Proviteq (figura 4) durante 90 segundos.



Figura 4 – Preparação da mistura no misturador Proviteq.

A mistura inicial (figura 5) foi feita com os seguintes dados: 12,6 kg de terra bruta, 0,63 kg de fibra de poliéster e 2,52 kg de água, que representa as seguintes porcentagens: 5% de poliéster e 20% de água.



Figura 5 – Mistura com 5% poliéster.

Entretanto, após a mistura das quantidades iniciais dos materiais definidas para o experimento, observou-se que seria necessário modificar a proporção percentual dos compostos para obter uma mistura com um ligamento mais elevado. Portanto, seguindo uma análise visual, uma segunda mistura (figura 6) foi feita com 22,30 kg de solo bruto, 8,05 kg de água e 0,28 kg de poliéster.



Figura 6 – Mistura com 1,25% poliéster.

Desta maneira, após novos cálculos realizados, a nova mistura foi composta de 1,25% poliéster e 36% água.

2.4 Cofragem, secagem e descofragem dos moldes

A cofragem, que consiste na moldagem do composto no molde cilíndrico foi feita dois dias após a preparação da mistura, a fim de deixar repousar o composto terra-poliéster. Foram então cumpridas as seguintes etapas:

1. Os moldes foram preparados e limpos;
2. Um lubrificante comum “Óleo 100% vegetal para desmoldagem / KEMDEMOLD VG” foi aplicado nos moldes para que a mistura não se colasse à forma;
3. Os moldes cilíndricos (figura 8) foram preenchidos para os ensaios de resistência mecânica, sendo 4 moldes no total, 3 com a mistura contendo 1,25% poliéster e 1 com a mistura de 5% poliéster;



Figura 7 – Moldes cilíndricos.

4. Um misturador foi utilizado para encher os moldes para obter uma mistura homogênea;
5. Os moldes foram colocados em uma estufa a uma temperatura de 40°C durante um período de 48 horas para secagem;

Após a secagem da amostra, os moldes foram retirados da estufa e foram descofrados, ou seja, retirados dos moldes cilíndricos (figura 9).



Figura 8 – Amostras para o teste de resistência mecânica.

Depois da descofragem, as amostras (figura 9) foram colocadas de novo na cabine de secagem durante mais de vinte dias a 40° C.

2.5 Pesagem das amostras

Após o período de amostragem na cabine de secagem, devemos assegurar que o peso das amostras seja estável, ou seja, que não haja mais água na amostra.

As amostras da mistura terra-poliéster foram pesadas durante vários dias seguidos os seus valores de variação de peso fossem iguais ou menores de 0,1%. Dessa forma, os valores foram calculados pela absorção de água nas amostras usando a seguinte Equação 1:

$$M(t) = \left(\frac{M_1 - M_0}{M_0} \right) * 100 \tag{1}$$

Onde:

M₁ = Massa atual

M₀ = Massa do dia precedente

Nesse contexto, temos a tabela 1:

Tabela 1 – Porcentagem de variação de peso das amostras

Testes	Amostras	Peso das amostras (kg)			Secagem (%)
		Dia 1	Dia 2	Dia 3	
Mecânico	1	2,858	2,859	2,860	0,035
	2	2,778	2,776	2,777	0,036
	3	2,854	2,853	2,854	0,035
	4 (5%)	2,301	2,300	2,303	0,130

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Após o terceiro dia de pesagem, verificou-se que 8 das 11 amostras tinham um valor percentual de variação de peso (tabela 1) inferior a 0,1%, ou seja, as amostras estavam secas.

3. Caracterização dos ensaios mecânicos das misturas terra-poliéster

Este teste consiste em aplicar uma tensão de compressão nas amostras cilíndricas (figura 10). Os corpos-de-prova foram colocados em superfície de antemão para que o contato com as placas de prensa cause o mínimo de atrito possível. O objetivo é aplicar uma tensão homogênea em toda a seção durante o teste.



Figura 9 – Corpo de prova cilíndrico colocado verticalmente.

Para a determinação do limite de compressão das amostras, estas foram primeiro pesadas e depois as medidas de largura, altura e comprimento foram verificadas. Após os dados de pesagem e medição, os corpos de prova cilíndricos foram colocados na máquina de compressão SCHENCK (figura 11) a uma força de 30 kN/min.



Figura 10 – Equipamento para os testes de compressão SCHENCK.

A força de compressão foi aplicada a cada amostra (figura 12) de cada vez e foram gerados gráficos dos dados de compressão.

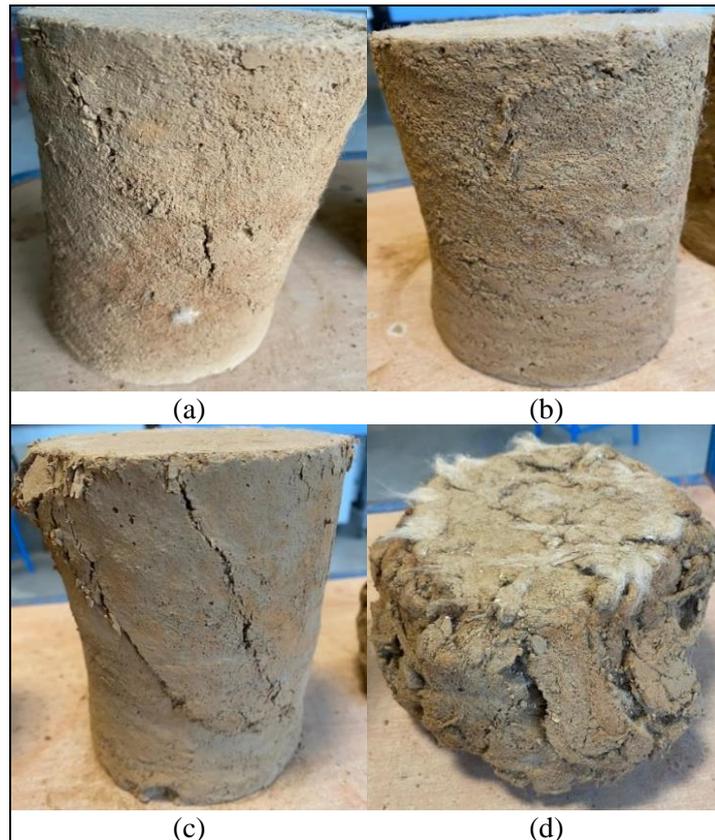


Figura 11 – Corpos de prova (a) 1, (b) 2, (c) 3, et (d) 4, após a realização dos testes de compressão.

Após a conclusão do teste, o conjunto de amostras é extraído da máquina, que informará os valores do teste de compressão mecânica.

4. Análise dos resultados

Com relação aos resultados, os testes higroscópicos não foram realizados devido à indisponibilidade do equipamento. Portanto, apenas os resultados dos testes mecânicos são apresentados abaixo.

4.1 Resultados dos ensaios mecânicos

Os resultados da análise de compressão podem mudar em função de diversos parâmetros relacionados com o uso do solo na construção, tais como [24]:

- Parâmetros em função do material:
 - a. Tipo e quantidade de argila;
 - b. Porcentagem de areia e limo;
- Parâmetros relacionados à fabricação:
 - a. Método de fabricação (compressão estática, vibro-compressão, martelamento);
 - b. Quantidade de água na fabricação,
 - c. Possível tipo de ligante (cal, cimento...) e quantidade de ligante,
 - d. Método e duração da conservação do material antes da implementação e do carregamento.

A maioria dessas prensas trabalha entre 2 e 8 MPa. Para a amostra do solo similar utilizado, a tensão de compressão correspondente é de 2,6 MPa e a carga compressiva à força de ruptura de 19,16 kN/m³ [24].

Os resultados dos testes de compressão são apresentados na Tabela 2 abaixo:

Tabela 2 – Testes de compressão.

Nº da amostra	Deslocamento compressivo à força de ruptura (mm)	Carga de compressão à força de ruptura (kN)	Tensão compressiva na força de ruptura (MPa)	Tempo para a ruptura (seg.)
1	5,63	19,15	2,02	40,58
2	7,14	27,73	2,92	30,44
3	7,5	23,33	2,45	32,02
4	17,67	14,85	6,11	148,4

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Estes resultados são melhor vistos no gráfico da figura 13 que descreve a relação carga de compressão (charge de compression) em Quilonewtons (KN) e deslocamento de compressão (déplacement de compression) em milímetros (mm) das amostras (éprouvettes).

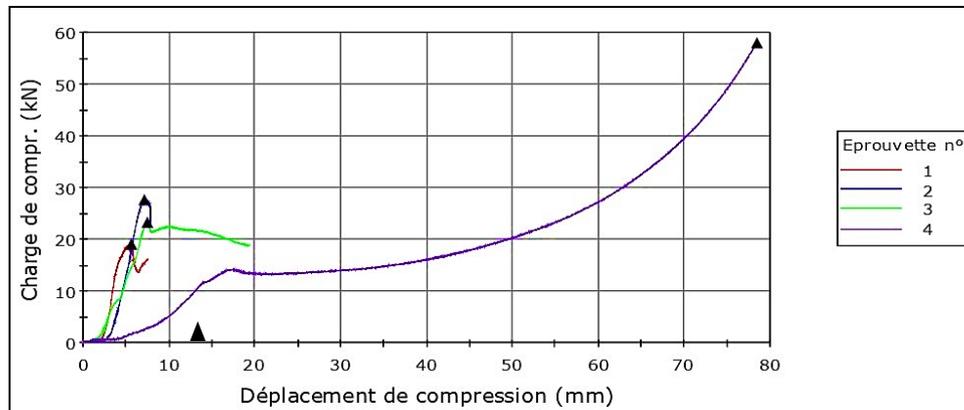


Figura 12 – Gráfico dos resultados dos testes de compressão.

Entre as amostras 1, 2 e 3, que se referem a amostras da mistura de 1,25% poliéster, observa-se que:

- A amostra 1 provou ser a menos resistente, com uma carga compressiva à força de ruptura de 19,15 kN e uma tensão compressiva à força de ruptura de 2,02 Mpa;
- A amostra 2 foi a mais forte, com uma carga compressiva à força de ruptura de 27,73 kN e tensão compressiva à força de ruptura de 2,93 Mpa;
- A amostra 3 mostrou resultados aproximadamente médios, com uma carga compressiva à resistência à ruptura de 23,33 kN e tensão compressiva à resistência à ruptura de 2,45 MPa.

Assim, a média entre as três amostras será de aproximadamente 23,40 kN de carga compressiva à força de ruptura e 2,46 MPa de tensão compressiva à força de ruptura.

Nesse sentido, pode-se observar que a mistura 1,25% solo-poliéster (2,46 MPa) obteve resultados ligeiramente inferiores em comparação com a amostra apenas com terra crua de acordo com a literatura científica (2,6 MPa) e valores próximos ao encontrado por Koutous e Hilali [21] com fibras naturais incorporadas em blocos de terra que variam entre 2,00 et 3,00 Mpa.

No entanto, os resultados estão dentro da faixa normal dos valores aceitáveis para as seguintes técnicas de construção em terra: Bauge (entre 0,45 e 1,49 Mpa), Torchis (Entre 0,1 e 0,6 Mpa), Pisé (Entre 0,2 e 0,5 Mpa), Adobe (Entre 2 e 4 Mpa e BTC (Entre 5 e 80 Mpa) [27].

A mistura de 5% de poliéster apresentou a carga compressiva à força de ruptura de 14,85 kN e a tensão compressiva à força de ruptura de 6,11 MPa. Assim, isso mostra que o uso de mais fibras aumentou a resistência do material. Ele confirma que um solo com fibra estabilizada proporcionará uma boa resistência à compressão [25].

5. Conclusão

O consumo de energia em equipamentos que contribuem para o conforto térmico em um edifício é alto, bem como o impacto sobre a economia e o meio ambiente, especialmente se a fonte de energia utilizada for proveniente de recursos não renováveis.

Com isso, há cada vez mais incentivos para desenvolver materiais e equipamentos que ajudam nessa área, para uma melhor qualidade de vida com custos reduzidos, porém, para uma efetiva incorporação de fibras na matriz construtiva é necessário verificar se as características mecânicas do composto não são reduzidas ou são elevadas.

A realização desta pesquisa permitiu caracterizar o comportamento mecânico da mistura terra-poliéster e analisar sua importância na construção da construção nos tempos atuais. O uso de terra bruta tem várias vantagens econômicas, ecológicas e de conforto. Além disso, a reutilização do poliéster de edredões, que de outra forma seriam descartados, ajuda a reduzir a quantidade de resíduos que seriam depositados no aterro sanitário.

Com os ensaios realizados, pode-se concluir que o uso de fibras recicladas de poliéster não reduziu a resistência do material e mostrou boas propriedades mecânicas, o que lhe proporcionará pontos positivos em sua utilização na construção. Também podemos concluir que a mistura com 5% de poliéster tem as melhores características mecânicas.

No entanto, como recomendações para trabalhos futuros, é necessário avaliar as propriedades térmicas do composto, para a verificação do conforto térmico, com o objetivo de redução energética com técnicas de construção que utilizam apenas terra com fibras de poliéster.

Finalmente, é relevante a realização mais testes com diferentes proporções e um maior número de amostras para obter um resultado mais conclusivo.

Referências

- [1] RAHMOUNI, S. (2020). *Evaluation et Amélioration Energétiques de Bâtiments dans le cadre du Programme National d'Efficacité Energétique*. (Tese de Doutorado). Universidade Batna 2.
- [2] FRANÇA, (2021). Ministério da transição ecológica. *Énergie dans les bâtiments*. Disponível em: <https://www.ecologie.gouv.fr/energie-dans-bâtiments>. Consultado em 10 jun. 2021.
- [3] WIRBEL- DUCOULOMBIER, L. (2014). *Conception d'un nouveau système d'isolation par l'extérieur pour le bâtiment. Génie civil*. (Tese de Doutorado). École Centrale de Lille, 2014. Français. NNT: 2014ECLI0013. tel-02372099.
- [4] FRANÇA, (2009). Grenelle 1. 2009. *LOI n° 2009-967 du 3 août 2009*. Programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (1).

- [5] **FRANÇA**, (2020). La Réglementation Environnementale (2020). *Loi pour l'évolution du logement, de l'aménagement et du numérique (ELAN)*. Lei promulgada: 27. Nov. 2018.
- [6] **GOMES, R.; SILVESTRE, J. D. & DE BRITO, J.** *Environmental life cycle assessment of thermal insulation tiles for flat roofs*, *Materials*, v. n° 16. (2019) 2595.
- [7] **ADITYA, L. et al.** (2014). *A review on insulation materials for energy conservation in buildings*, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 73 (2017) 1352 – 1365. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.034>
- [8] **OCED.** (2015). The Organization for Economic Co-operation and Development. *Material Resources, Productivity and the Environment*, 2015.
- [9] **TFYG.** (2019). The Fiber Year GmbH., (2019). *The fiber year 2019 - the survey on textiles & nonwovens*. Disponível em: <https://thefiberyear.com/home/>. Consultado em 10 jun. 2021.
- [10] **MACARTHUR.** (2017). The Ellen MacArthur Foundation. *A new textile economy: Redesigning the future of fashion*. Disponível em: www.ellenmacarthurfoundation.com. Consultado em 10 jun. 2021.
- [11] **CARDOSO, S. G.** (2009). *Estudo das propriedades mecânicas e dos mecanismos de fratura de fibras sintéticas do tipo náilon e poliéster em tecidos de engenharia*. (Tese de Doutorado). Universidade de São Paulo. Teses.usp.br. DOI: 10.11606 / T.85.2009.tde-26092011-151933.
- [12] **FARIA, J. A.; FORLIN, F.** (2002). *Considerações sobre a reciclagem de embalagens plásticas*. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 12 (1): 1-10.
- [13] **SCHIAVONI, S. et al.** (2016). *Insulation materials for the building sector: a review and comparative analysis*, *Renew. Sustain. Energy Rev.* v. 62 (2016) 988–1011.
- [14] **ZHOU, X.; ZHENG, F.; LI, H.; LU, C.** (2010). *An environment-friendly thermal insulation material from cotton stalk fibers*, *Energy Build.* v. 42 (2010) 1070–1074.
- [15] **AGOUDJIL, B. et al.** (2011). *Renewable materials to reduce building heat loss: characterization of date palm wood*, *Energy Build.* 43 (2011) 491–497.
- [16] **JORDEVA, S. et al.** (2014). *Textile waste as a thermal insulation material*, *Tekstil.* v. 63. 2014. 174–178. D.G.
- [17] **DISSANAYAKE, D. G. K et al.** (2018). *Developing a compression molded thermal insulation panel using postindustrial textile waste*, *Waste Manag.* v. 79 (2018) 356–361.
- [18] **PATNAIK, A. et al.** (2015). *Thermal and sound insulation materials from waste wool and recycled polyester fibers and their biodegradation studies*, *Energy Build.* v. 92 (2015) 161–169.
- [19] **BOURGUIBA, A. et al.** (2020). *Recycled duvets for building thermal insulation*. *Journal of Building Engineering*, v. 31. 101378. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101378>.
- [20] **LOURENÇO, P. et al.** (2001). *Novas tecnologias na aplicação de terra crua para a construção*. Construção, IST. Lisboa, Portugal.
- [21] **EHRENBRING, H. Z. et al.** (2018). *Análise comparativa da retração por secagem de concretos com fibras novas e recicladas de poliéster*. *Ambiente Construído*, v. 18, n. 3, p. 195-209, set. 2018.
- A. **KOUTOUS, E. HILALI.** (2021). *Reinforcing rammed earth with plant fibers: A case study*. *Case Studies in Construction Materials*, Volume 14, 2021, e00514, ISSN 2214-5095.
- [22] **MILLOGO, Y. et al.** (2014). *Experimental analysis of Pressed Adobe Blocks reinforced with Hibiscus cannabinus fibers*. *Construction And Building Materials*, v. 52, p. 71-78, fev. 2014.
- [23] **OLIVIER, M.** (1986). *Le matériaux terre : essai de compactage statique pour la fabrication de briques de terre compressées*. *Bull. liaison Labo P. et Ch.* 38-39.
- [24] **ITULAMYA, L.** (2019). *Valorisation des gisements argileux pour la fabrication des blocs de terre comprime*. (Tese de Doutorado). Universidade de Liège. [Consultado em 10 jun. 2021]. Disponível em: [Orbi.uliege.be](http://orbi.uliege.be). <https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/237179/1/Construct.terre.pdf>.
- [25] **ASTM C 39/C 396M-14**, *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*, American Standard Test Method, West Conshohocken, Penn, USA, 2012.
- [26] **STREIFF, F.** (2021). *Les matériaux du bâti ancien : propriétés et pathologie* (Cours Bâti Ancien). Ingénierie BTP. ESITC Caen. Caen, Normandie.