

Adobe: registros de desempenho em publicações

Este artigo apresenta os resultados da pesquisa que objetivou avaliar a produção de conhecimento referente ao processo artesanal de fabricação do adobe, com destaque para os seguintes aspectos: características físico-químicas e propriedades mecânicas. A análise considerou referências publicadas entre 2011 e 2021. A princípio, foram pré-selecionadas 30.070 referências. Por conseguinte, analisou-se os resumos/ abstracts de 240. Destas, 80 foram pré-analisadas na íntegra e, por fim, 21 escolhidas para análise específica comparativa, considerando: a) propriedades do solo; b) materiais (agregados); c) formas e prensagem e d) avaliação de desempenho. Constatou-se 154 traços diferentes, variando em tipos de solo, dimensões, processos de prensagem, uso de agregados e proporções de ingredientes. Foi observada a importância da qualidade do solo para a obtenção de resultados favoráveis nos testes de compressão. Já com relação ao uso de prensas, estas se mostraram ferramentas importantes para a melhoria na qualidade do tijolo, mas não indispensáveis à obtenção de resultados superiores aos limites normativos. É possível observar a preocupação pela manutenção do caráter ecológico da fabricação do material construtivo, haja vista a origem dos agregados utilizados nos testes serem, em grande maioria, oriundos de descartes industriais ou de baixo impacto como os de origem vegetal. Por fim, ficou evidenciada a validade e segurança dos métodos artesanais de fabricação do adobe, os quais viabilizam o elemento construtivo dentro das exigências normativas.

Palavras-chave: Adobe; Bioconstrução; Elemento construtivo.

Adobe: performance records in publications

This paper presents the results of research that aimed to evaluate the knowledge regarding the artisanal manufacturing process of adobe, with emphasis on the following aspects: physical-chemical characteristics and mechanical properties. The analysis considered references published between 2011 and 2021. Initially, 30,070 references were pre-selected. Therefore, the abstracts of 240 were analyzed. Of these, 80 were pre-analyzed and, finally, 21 were chosen for specific comparative analysis, considering: a) soil properties; b) materials (aggregates); c) forms and pressing and d) performance evaluation. 154 different traits were found, varying in soil types, dimensions, pressing processes, use of aggregates and proportions of ingredients. The importance of soil quality for obtaining favorable results in compression tests was observed. Regarding the use of presses, these proved to be important tools for improving the quality of the brick, but not essential for obtaining results above the normative limits. It is possible to observe the concern for maintaining the ecological nature of the manufacture of construction material, given that the origin of the aggregates used in the tests are, for the most part, derived from industrial or low-impact discards such as those of vegetable origin. Finally, the validity and safety of the artisanal methods of manufacturing adobe bricks were evidenced, which enable the building element within the normative requirements.

Keywords: Adobe bricks; Building element; Vernacular architecture.

Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**

Received: **05/12/2022**

Approved: **13/01/2023**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Luiz Eduardo Souza da Silva 

Universidade Federal do Sul da Bahia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7094252091938610>
edulless@gmail.com

Silvia Kimo Costa 

Universidade Federal do Sul da Bahia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9149115967689036>
<https://orcid.org/0000-0002-2191-3365>
skcosta@ufsb.edu.br



DOI: 10.6008/CBPC2318-2881.2023.001.0002

Referencing this:

SILVA, L. E. S.; COSTA, S. K.. Adobe: registros de desempenho em publicações. *Nature and Conservation*, v.16, n.1, p.16-27, 2023. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2023.001.0002>

INTRODUÇÃO

A utilização da terra como elemento construtivo está intimamente ligada aos conceitos de Arquitetura Vernacular e de bioconstrução, alçados na prática da sustentabilidade ambiental de edificações, onde busca-se utilizar materiais que causem o menor impacto ambiental possível, seja na extração ou inserção de determinada matéria prima, respeitando-se aspectos culturais e arquitetônicos que melhor se adaptem às características biogeoclimáticas locais e não gerem grandes quantidades de resíduos (SAMPAIO et al., 2021).

As técnicas de construção em terra apresentam durabilidade, baixo custo de produção e baixo impacto ambiental no ecossistema local (COSTA et al., 2019). Dentre os elementos construtivos destaca-se o adobe. Trata-se de uma técnica de alvenaria cujo processo de fabricação implica em misturar a terra, deixá-la em repouso por dias para posteriormente moldá-la e secá-la ao sol (CARVALHO et al., 2012).

A fabricação do adobe proporciona redução do consumo de água, da energia primária incorporada e da pegada de CO₂, pois não envolve a queima ao contrário do tijolo cerâmico convencional (CAMPOS et al., 2020). Entretanto, durante o processo de fabricação e posterior utilização é imprescindível compreender aspectos tais como: propriedades do solo utilizado; materiais que podem ser agregados; formas e processo de prensagem e resistência à compressão.

Considerando o exposto, este trabalho avaliou a produção de conhecimento referente ao processo artesanal de fabricação do adobe, com destaque para os seguintes aspectos: características físico-químicas e propriedades mecânicas. O recorte temporal para busca em bibliotecas científicas eletrônicas, tais como Web of Science, SciELO e Google Acadêmico, compreendeu o intervalo de 2011 a 2021.

METODOLOGIA

Aspectos do estudo de revisão sistemática (systematic literature review)

Segundo Xiao et al. (2017) o estudo de revisão sistemática é uma ferramenta essencial da pesquisa acadêmica, pois, ao revisar a literatura relevante sobre determinado tema, compreende-se sua amplitude e profundidade assim como identifica-se lacunas a serem exploradas. Ao resumir, analisar e sintetizar um grupo específico de referências é possível testar uma hipótese e/ou desenvolver novas teorias. Pode-se inclusive avaliar a validade e qualidade do trabalho existente apontando fraquezas, inconsistências e contradições.

Os estudos de revisão sistemática são comuns na área de conhecimento da saúde, porém o procedimento metodológico vem sendo utilizado em outras áreas do conhecimento. Rother (2007) recomenda as seguintes etapas: 1 Questionamento/ tema de pesquisa: o estudo de revisão sistemática inicia-se por meio de uma questão ou tema norteador da pesquisa. 2 Busca de referências: pesquisa em bibliotecas científicas eletrônicas diversas utilizando descritores associados à questão/ temática norteadora. 3 Análise preliminar dos estudos selecionados: utilização de critérios de inclusão e exclusão de referências. 4 Coleta de informações: análise das metodologias de pesquisa utilizadas nos estudos selecionados e seus respectivos

resultados. 5 Organização dos dados: os estudos podem ser agrupados de acordo com a metodologia de pesquisa utilizada e respectivos resultados. 6 Interpretação dos dados: a análise responde à questão norteadora ou enfatiza aspectos da temática escolhida durante a primeira etapa do estudo de revisão sistemática, assim como destaca a importância e evidência dos estudos selecionados; compara metodologias e resultados; destaca riscos e benefícios encontrados.

No que tange às diversas temáticas relacionadas à Construção Civil, destacam-se alguns estudos de revisão sistemática: Abbasnejad et al. (2021) apresentaram uma síntese completa da literatura existente sobre o Building Information Modelling BIM. O estudo permitiu identificar o BIM como instrumento de gestão, inovação e tecnologia da informação. Dos 80 estudos selecionados, 27 foram identificados como contribuições do BIM em nível organizacional.

Roberts et al. (2020) analisaram como a avaliação do ciclo (ACV) é incorporada aos estágios do processo de projeto do edifício, e quais melhorias seriam necessárias para subsidiar o projeto de carbono zero. O estudo de revisão sistemática compilou 274 artigos que foram publicados até o final de 2019, dos quais 108 foram analisados. O resultado mostrou que a ACV é geralmente usada no final do processo de projeto, sendo tardia para influenciar modificações significativas e contribuir para minimizar o impacto ambiental advindo do processo construtivo.

Munaro, Tavares e Bragança (2020) forneceram uma visão abrangente e holística de como o ambiente construído aborda as ações da economia circular. O estudo de revisão sistemática analisou 318 artigos sob duas óticas: I) análise descritiva e II) análise temática. Os resultados mostraram lacunas nas pesquisas selecionadas para análise. Os autores apontaram a falta de explicações detalhadas sobre a economia circular com destaque para os modelos de negócios, assim como sinalizaram a necessidade de maior integração entre as partes interessadas na construção da cadeia de valor.

Lidelöw et al. (2019) categorizam e avaliaram publicações que abordavam a mensuração da eficiência energética em edificações históricas. A análise considerou dois elementos-chave: eficiência energética e o valor patrimonial e cultural do edifício. Constatou-se que a maioria das publicações se restringe a avaliar e propor medidas para reduzir o consumo de energia. Os autores sugerem que os valores patrimoniais sejam considerados e explicitamente articulados às estratégias que viabilizam eficiência energética.

Maslesa et al. (2018) apresentaram o conhecimento científico acumulado sobre como quantificar o desempenho ambiental em edificações. 69 artigos foram analisados considerando: I) categorias de indicadores, II) tipologia de edificações e III) métodos de avaliação. Os resultados mostraram que os impactos ambientais são maiores para edificações não residenciais e que o tempo de uso da edificação tem impactos significativos.

Fatorić et al. (2017) identificaram e caracterizaram o estado da arte referente à arquitetura vernacular como patrimônio cultural e o uso de recursos naturais para construção das edificações, em relação às mudanças climáticas. Resultados de 124 publicações revisadas mostraram que o interesse acadêmico no tema tem aumentado. Ampla gama de métodos de pesquisa tem sido utilizada promovendo a interdisciplinaridade entre as ciências naturais e sociais aplicadas.

Cocchia (2014) investigou a origem e desenvolvimento de conceitos; similaridades e diferenças entre os termos Cidade Inteligente e Cidade Digital. O estudo de revisão sistemática compreendeu a busca por referências de 1993 a 2012 e foi realizado em três etapas: 1 coleta de um subconjunto representativo de artigos sobre a temática. 2 O subconjunto de artigos selecionado foi armazenado em um banco de dados ad-hoc para síntese de conteúdo e 3 Organização e análise de conteúdo para extração de informações sobre a evolução conceitual da Cidade Inteligente e da Cidade Digital.

O estudo de revisão sistemática, que subsidiou o presente artigo, teve como temática norteadora o adobe e seus aspectos físico-químicos e propriedades mecânicas. A intenção foi mapear estudos que apresentassem similaridades e diferenças no que tange à descrição do processo de fabricação do elemento construtivo e comparar os resultados obtidos.

Etapas da pesquisa

O estudo de revisão sistemática compreendeu 5 etapas: Etapa 1 – definição da temática norteadora: o adobe e seus aspectos físico-químicos e propriedades mecânicas. Etapa 2 - busca das referências na base de dados da Scientific Electronic Library Online (SciELO), Web of Science e Google Acadêmico, considerando os seguintes descritores em português: “adobe”; “resistência”; “propriedades mecânicas”, “compressão”, “fabricação” e descritores em inglês: “earth brick”; “resistance”; “mechanical properties”; “compression”; “production”.

Etapa 3 - critérios de seleção das referências para análise (critérios de inclusão e exclusão): a) ser referência publicada entre 2011 e 2021; b) exclusão por duplicidade entre bases e c) exclusão por falta ou baixa aderência à temática norteadora da pesquisa.

Tendo em vista o baixo índice de resultados encontrado na SciELO com o uso de todos os descritores supracitados, a pesquisa foi realizada utilizando apenas o descritor “adobe” na referida base, o que permitiu ampliar a busca.

Dado o alto índice de publicações encontrado no Google Acadêmico, equivalente a 17.840 resultados para os descritores em português e inglês (Figura 1), os artigos foram organizados por relevância. Dessa forma, a análise das publicações na referida base de dados considerou as pesquisas mais relevantes no intervalo de 10 anos de publicação.

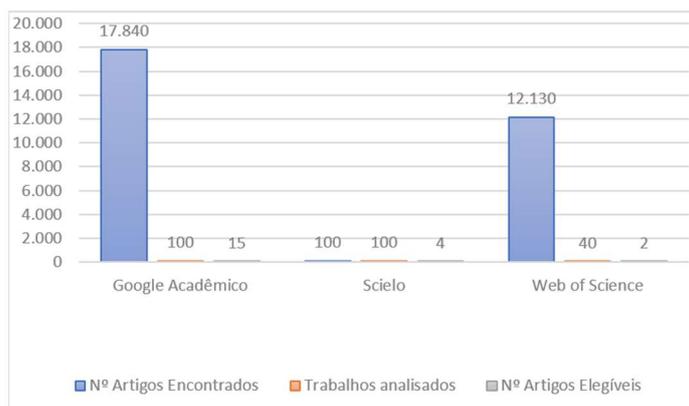


Figura 1: Identificação dos filtros utilizados na pesquisa e número de resultados encontrados.

Etapa 4 - primeiramente, procedeu-se com a seleção das referências que mencionavam os descritores. Por conseguinte, após a leitura de seus respectivos resumos/ abstracts, foram escolhidas as referências que abordavam aspectos gerais bem como os testes em laboratório. Por fim, foram selecionadas as referências para análise que apresentavam informações específicas.

Neste estudo, foi considerado apenas os artigos que abordassem análises do bloco adobe ou do adobe estabilizado, o qual, segundo norma técnica específica (NBR 16814:2020), trata-se da adição de estabilizantes para melhorar suas características físicas e ou mecânica.

Sendo assim, foram selecionadas, a princípio, 30.070 referências por mencionarem os descritores, destas foram analisados os resumos/ abstracts de 240. Por conseguinte, 80 foram pré-analisadas pois abordavam aspectos gerais incluindo testes em laboratório e, por fim, 21 foram escolhidas para análise específica comparativa.

Etapa 5 – a análise específica comparativa considerou os seguintes aspectos: a) propriedades do solo; b) materiais (agregados); c) formas e prensagem e d) avaliação de desempenho. A figura 2 apresenta o número de referências analisadas por ano de publicação.

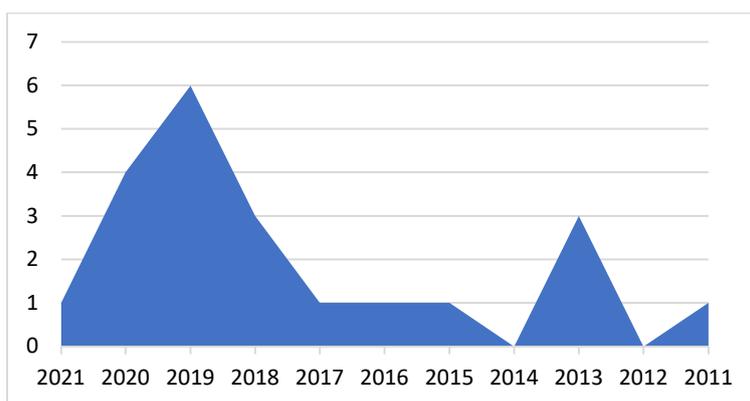


Figura 2: Referências selecionadas para análise específica por ano de publicação.

O quadro 1 apresenta as 21 referências selecionadas para análise.

Quadro 1: Autores/ título da referência/ data de publicação.

Autores	Título	Ano
PINTO et al.	Desempenho térmico e mecânico de alvenaria de adobe ativado alcalinamente e reforçado com fibra de sisal	(2021)
SILVA et al.	Análise comparativa de ensaio à compressão de tijolos de adobe (terra crua) com adição de lodo de eta e ete	(2020)
RODRIGUEZ CUERVO	Adobe bricks with sugarcane molasses and gypsum to enhance compressive strength in the city cogua, colombia	(2020)
RIEDEL et al.	Mechanical and damage similarities of adobe blocks reinforced with natural and industrial fibres	(2020)
ABDULLA et al.	Experimental study on the mechanical properties of straw fiber–reinforced adobe masonry	(2020)
GANDIA et al.	Physical, mechanical and thermal behaviour of adobe stabilized with the sludge of wastewater treatment plants	(2019)
GANDIA et al.	Physical, mechanical and thermal behavior of adobe stabilized with “synthetic termite saliva”	(2019)
GIROUDON et al	Comparison of barley and lavender straws as bioaggregates in earth bricks	(2019)
FABRI et al.	Construção com terra: adobe com adição de óleos vegetais	(2019)
SILVA et al.	Tijolos de adobe de solo estabilizado com resíduo de gesso	(2019)
AMARAL et al	Estudo do emprego do adobe em obras sustentáveis no estado do ceará	(2019)
MASUKA et al.	Development, engineering properties and potential applications of unfired earth bricks reinforced by coal fly ash, lime and wood aggregates	(2018)

FERRARI et al.	Considerações sobre a construção com terra e efeitos da correção granulométrica e da incorporação de cinzas de eucalipto e de fibras de coco em solo para a fabricação de adobe	(2018)
MENDONÇA et al.	Fabricação de corpos cerâmicos com resíduo in natura da indústria cervejeira através da técnica adobe	(2018)
ZAK et al.	The influence of natural reinforcement fibers, gypsum and cement on compressive strength of earth bricks materials	(2016)
FELIX et al.	Estabilização alcalina de adobes	(2015)
PIRES	Tijolos de adobe confeccionados no agreste pernambucano com adição de cola branca	(2013)
NASCIMENTO	Tijolos de adobe confeccionados no agreste pernambucano com adição de borracha de pneu triturada	(2013)
WU et al.	Strength and stress–strain characteristics of traditional adobe block and masonry	(2013)
CARVALHO	Adobes reforçados com palha de carnaúbas [<i>copernicia prunifera (miller) he moore</i>]	(2012)
MUNTOHAR	Engineering characteristics of the compressed-stabilized earth brick	(2011)

Os resultados deste estudo foram apresentados conforme a ordem das etapas para fabricação do adobe, de modo a permitir uma análise comparativa em relação a cada etapa do processo: 1 Propriedades do solo; 2 Materiais (agregados); 3 Formas e prensagem; 4 Resistência à compressão.

DISCUSSÃO TEÓRICA

Propriedades do solo

O solo é a matéria-prima mais importante na confecção do adobe, pois é o principal responsável pela qualidade final do elemento construtivo (VALIN JUNIOR et al., 2020). Sendo assim, a caracterização do solo é ferramenta fundamental para avaliação e possível correção das características do material. A norma técnica brasileira, NBR 16814 (Adobe – Requisitos e métodos de ensaio), sugere que, para a confecção do bloco, o solo deve dispor de areia: entre 45 % e 65 %, silte: até 30 % e argila: entre 25 % e 35 %, o que implica em solos majoritariamente arenosos.

Dentre as publicações analisadas, a maioria dos autores utilizou solos argilo-arenosos em suas análises e testes laboratoriais, no entanto, a variação entre as proporções dos demais grãos foi determinante para a obtenção dos resultados (Figura 3).

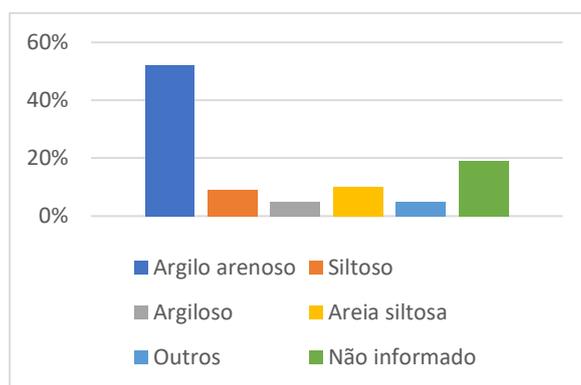


Figura 3: Tipos de solos avaliados em percentual.

Silva (2020) utilizou um solo argiloso (61,42% de argila) extraído da cidade de Olivença em Alagoas. Nenhuma das amostras foi aprovada nos testes de resistência à compressão. O autor destacou a baixa coesão entre as proporções de grão (areia, silte e argila) ao longo das aberturas das peneiras, durante o processo de análise granulométrica, na qual ficou evidenciado o distanciamento do solo utilizado com os parâmetros normativos.

Fabri et al. (2019) utilizaram uma amostra de solo do município de Bauru, em São Paulo. Durante a análise granulométrica, o material apresentou composição correspondente a 72,5% de areia e 14,5% de argila, percentuais estes em desacordo aos recomendados em norma específica. Segundo o autor, o solo analisado apresentava colapsividade que além de dificultar a produção de tijolos, provoca uma rápida desintegração quando em contato com a água.

Já Pinto (2021) apesar de utilizar um solo que não se enquadrava em nenhum dos intervalos de granulometria definidos na norma, obteve resultados satisfatórios nos testes de resistência à compressão. Tal fato deveu-se em parte ao uso de aglomerantes químicos (agregados) na mistura, os quais acabaram por suprir o papel estabilizante da argila, possibilitando a aglutinação de partículas suficiente, mesmo em um cenário de baixa concentração de grãos finos.

Pode-se observar relação direta entre a aprovação nos testes de resistência à compressão com a proximidade da granulometria do solo aos indicadores normativos. Nas referências analisadas, nos solos fora das faixas de granulometria recomendadas pela NBR 16814/ 2020 apenas 45% obtiveram amostras de traços bem-sucedidas nos testes de compressão. Enquanto para granulometrias próximas ou dentro das faixas normativas, esta taxa correspondeu a 80%.

Nota-se a relação direta entre a distribuição granulométrica do solo e sua resistência final. Apesar dos solos argilo-arenosos serem os mais utilizados, foi possível promover correções com cenários argilosos de terreno. Observou-se também resultados mais favoráveis de fabricação para as proporções mais próximas aos limites normativos.

As características granulométricas do solo tornam-se ainda mais relevantes quando se observa que, na maioria dos procedimentos de fabricação descritos, a compactação do solo nas formas é feita de forma manual, isto é, sem qualquer tipo de equipamento.

Materiais agregados

Apesar de tratar-se de um método de fabricação tradicional, diversos materiais e técnicas podem ser empregados na fabricação do adobe. Estas diferenças vão desde às dimensões ao uso de agregados na mistura, cujo objetivo é o de melhorar propriedades específicas como resistência mecânica ou durabilidade. Ao todo foram encontrados 29 tipos de agregados durante a análise das referências selecionadas, os quais produziram 154 combinações de traços, variando em proporção e materiais.

Entre os testes por tipo de agregado têm-se 55% de origem vegetal, casca de limão e cinza de eucalipto, 21% de origem industrial, como resíduos plásticos e emborrachados, 11% de origem e 6% de origem animal como casca de ovo e pelo de porco (Figura 4). Nota-se expressiva tentativa de empregar resíduos e subprodutos de processos industriais nos testes de laboratórios executados com o adobe, o que comprova o interesse em manter esta tecnologia como uma alternativa ambientalmente viável, capaz de transformar-se em fonte de reciclagem destes resíduos.

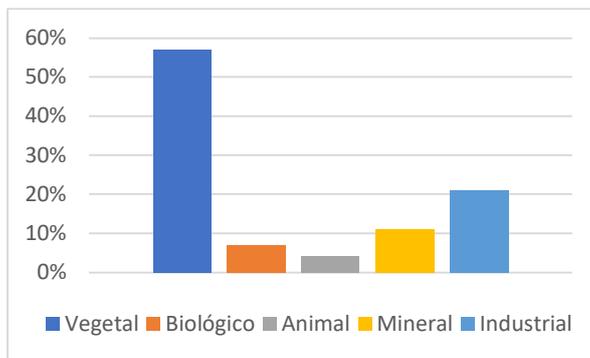


Figura 4: Origem dos agregados utilizados nas misturas para adobe.

Rocha et al. (2021) investigaram a perda de umidade e a resistência à compressão mecânica de adobes produzidos com argamassa reciclável, resíduos de casca de ovo triturada e hidratados com diferentes dosagens de vinhaça e água. Os resultados mostraram que a perda da umidade e dos testes mecânicos apresentaram, para um dos traços propostos, valores próximos aos padrões especificados pela norma técnica, indicando que tais resíduos constituem alternativa para fabricação de tijolos, contribuindo para a redução do impacto ambiental e economia de recursos hídricos.

Gandia et al. (2019) realizaram testes em laboratório com uma mistura entre o bloco adobe e o composto químico industrial conhecido como “baba de cupim”. Os testes evidenciaram uma interferência nas propriedades físicas e mecânicas do adobe, com aumento da densidade do solo e redução na absorção de água. Apesar disso, a adição do agregado interferiu negativamente na resistência à compressão do bloco, evidenciando uma aplicação mais propícia para argamassas de revestimento, por exemplo.

Cuervo (2020) avaliou o uso de gesso combinado ao melaço de cana. O estudo mostrou que quanto maior a adição de gesso maior a umidade da amostra. Ao final do estudo, constatou-se que a adição de 2,5% de gesso e 2,5% de melaço de cana elevaram a resistência à compressão das amostras, alcançando um valor de 2,15mpa, 9,14%, superior ao bloco controle.

Dentre os testes com agregados de origem vegetal destaca-se o uso de fibras vegetais (juta) por Concha (2020), no Chile. O uso da juta foi comparado, em diferentes proporções, com fibras de polietileno, de origem industrial, e pelo de porco. Os resultados mostraram que a melhor combinação foi a que utilizou 2% de fibra de juta na mistura do bloco, a qual acresceu a resistência à compressão da amostra em 34% em relação ao material de controle.

Ferrari (2018) avaliou o uso de cinzas de eucalipto e fibras de coco no estado de Minas Gerais, Brasil. O autor observou a capacidade da mistura de fibras ao bloco adobe no aprimoramento do isolamento térmico do solo, sendo conveniente na elaboração de camadas de revestimento da estrutura para melhoria do conforto térmico, por exemplo. A adição de cinzas de eucalipto no solo natural permitiu também uma melhora na estabilidade volumétrica, isto é, menos dilatações nos processos de secagem do bloco. A cinza de eucalipto permitiu ainda um acréscimo de 27% na resistência à compressão do bloco, que passou de 1,82 mpa para 2,3 mpa com adição de 20% de cinzas.

Gandia et al. (2019), avaliaram o uso de lodo proveniente de estação de tratamento de esgoto e conjunto com a argamassa de confecção dos blocos de terra crua, no estado de Minas Gerais, Brasil. A análise

mecânica de resistência à compressão mostrou que o lodo não interferiu na qualidade dos blocos de forma significativa, tornando a produção do adobe um caminho possível para o descarte do material biológico oriundo destas estações, o que evidencia o benefício do ponto de vista da sustentabilidade.

Compactação e formas

A prensagem ou compactação do solo é um artifício utilizado para aumentar a coesão e densidade da amostra. O procedimento pode ser realizado manualmente ou por meio de prensas elétricas e hidráulicas que proporcionam a compactação com altos índices de força. Das 21 referências analisadas, 17 (81%) utilizaram modelos de bloco sem qualquer tipo de prensagem, apenas adensado com as mãos, e obtiveram resultados satisfatórios. Outros 4 artigos (19%) ou foram realizados com uso de prensas manuais ou não informaram os métodos utilizados (Figura 5).

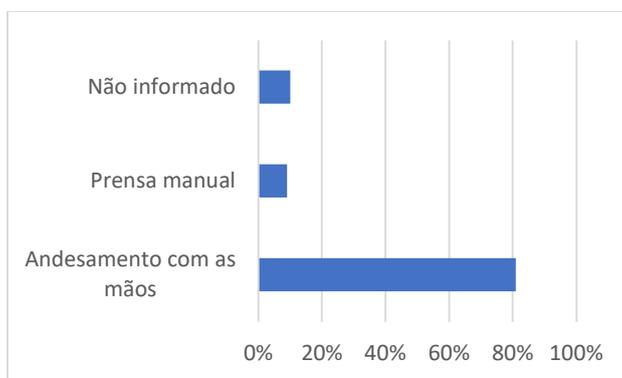


Figura 5: Tipos de prensas utilizadas.

Percebeu-se que o uso de prensas pode ajudar a obter maior durabilidade, resistência e melhorar o manuseio das amostras, mas isto não é determinante para a fabricação do adobe. É possível encontrar resultados de resistência a compressão com valores significativos (acima de 3 Mpa) em todos os tipos de prensas avaliadas (Figura 6).

Os resultados apresentados corroboram a constatação de que pode haver um ganho de resistência estrutural no bloco com uso de prensagem, mas que este equipamento não é um limitante para a fabricação de blocos artesanais com altos níveis de resistência.

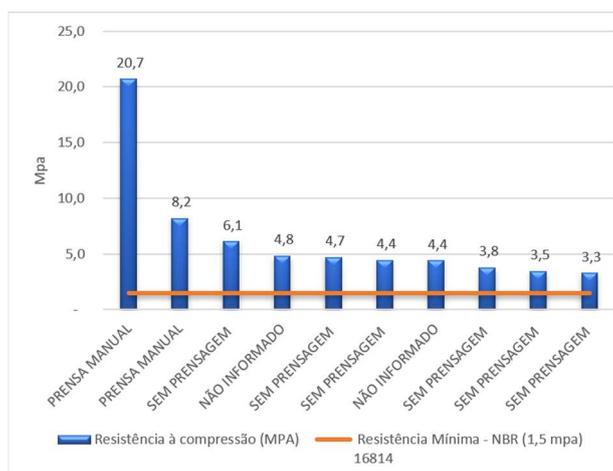


Figura 6: 10 melhores resultados à compressão por tipo de prensagem.

Resistência à compressão

A resistência à compressão costuma ser entendida como uma das propriedades mais importantes na determinação da qualidade do adobe. Algumas variáveis influenciam os resultados dos testes, tais como tipo de solo ou de agregado da mistura, presença de estabilizantes, pressão exercida pela prensagem, tempo de cura (secagem) entre outros. A figura 7 apresenta os melhores resultados de testes à compressão por agregado, verificados após o prazo de secagem.

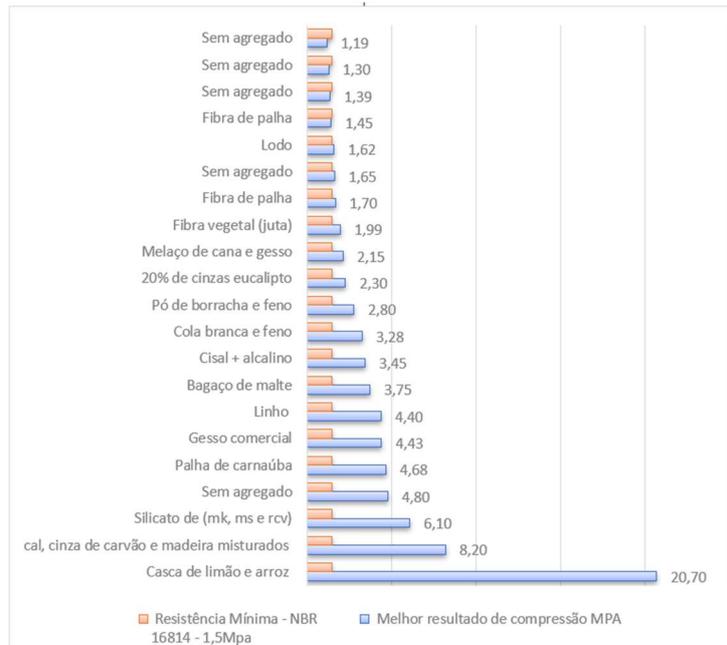


Figura 7: Melhores resultados a compressão por agregado.

Das 21 referências analisadas, 86% produziram ao menos uma amostra com resultados compatíveis com as exigências normativas de resistência à compressão. Ao todo foram constatados 154 traços diferentes em amostras provenientes de 9 países distintos, variando em tipos de solo, dimensões, processos de prensagem, agregados, estabilizadores, proporções de ingredientes e tempo de cura. Dos 154 traços analisados, 18 (12%) não utilizaram nenhum tipo de agregado ou prensas em sua fabricação, isto é, trata-se do adobe produzido artesanalmente.

CONCLUSÃO

Este estudo possibilitou compreender fatores importantes sobre o processo de produção do adobe, que vem sendo estudado e documentado cientificamente ao longo dos últimos dez anos. Verificou-se a importância da qualidade do solo para a obtenção de resultados favoráveis nos testes de compressão. Já com relação ao uso de prensas, estas se mostraram ferramentas importantes para a melhoria na qualidade do bloco, mas dispensáveis à obtenção de resultados superiores aos limites normativos.

É possível observar a preocupação em âmbito mundial pela manutenção do caráter ecológico no processo de fabricação do elemento construtivo, uma vez que a origem dos agregados utilizados nos testes

são, em grande maioria, materiais oriundos de descartes industriais ou de baixo impacto como os de origem animal e vegetal.

Por fim, verificou-se que a metodologia de fabricação do adobe, mesmo a tradicionalmente artesanal, é consistente e segura. O processo alcança resultados favoráveis de aprovação com os mais variados tipos de solo, agregados ou dimensões. Este último fato comprova a qualificação técnico-científica que esta tecnologia vernacular, histórica e de baixo impacto ambiental é capaz de oferecer.

REFERÊNCIAS

- ABBASNEJAD, B.; NEPAL, M. P.; AHANKOOB, A.; NASIRIAN, A.; DROGEMULLER, R.. Building Information Modelling (BIM) adoption and implementation enablers in AEC firms: a systematic literature review. **Architectural Engineering and Design Management**, v.17, n.5-6, p.411-433, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/17452007.2020.1793721>
- ABDULLA, K. F.; CUNNINGHAM, L. S.; GILLIE, M.. Experimental Study on the Mechanical Properties of Straw Fiber-Reinforced Adobe Masonry. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v.32, n.11, p.402-422, 2020. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0003410](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003410)
- ADORNI, E.; COISSON, E.; FERRETTI, D.. In situ characterization of archaeological adobe bricks. **Construction and Building Materials**, n.40, p.1-9, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.11.004>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16814**: Adobe: Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2020.
- BRAGA, S. L. A.. **Arquitetura Vernácula**: Registro e análise do uso do adobe em Lapinha da Serra, Santana do Riacho, Minas Gerais. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.
- CALATAN, G.; HEGYI, A.; DICO, C.; MIRCEA, C.. Determining the Optimum Addition of Vegetable Materials in Adobe Bricks. **Procedia Technology**, n.22, p.259-265, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.protcv.2016.01.077>
- CARVALHO, R. M.. **Soluções para a construção de habitação em adobe a custos controlados**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade de Aveiro, Aveiro, 2012.
- CARVALHO, L. F. M.. **Tratamentos de fibras de carnaúba [copernicia prunifera (miller) h. e. moore] para o desenvolvimento de compósito biodegradável com matriz de polihidroxibutirato**. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.
- COCCHIA, A.. **Smart and Digital City: A Systematic Literature Review**. Springer, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06160-3>
- RIEDEL, J. R.; ANTICO, F. C.; LETELIER, G. A.. Mechanical and damage similarities of adobe blocks reinforced with natural and industrial fibres. **Matéria**, v.25, n.4, p.1-11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620200004.1206>
- COSTA, C.; CERQUEIRA, A.; ROCHA, F.; VELOSA, A.. The sustainability of adobe construction: past to future. **International Journal of Architectural Heritage**, v.13, n.19, p. 639-647, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/15583058.2018.1459954>
- CAMPOS, A. F. S.. **Desenvolvimento de uma metodologia de fabrico de blocos de terra comprimida com incorporação de materiais de mudança de fase**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Minho, 2021.
- DUTRA, E. A. C.. **A utilização de rejeitos de quartzitos do município de Guapé-MG como agregado na fabricação de tijolos ecológicos**. Monografia (Especialização em Engenharia Civil) - Centro Universitário de Sul de Minas, Varginha, 2020.
- FATORIĆ, S.; SEEKAMP, E.. Are cultural heritage and resources threatened by climate change? A systematic literature review. **Climatic Change**, v.142, p.227-254, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-017-1929-9>
- GANDIA, R. M.; GOMES, F. C.; CORRÊA, A. A. R.; RODRIGUES, M. C.; MARIN, D. B.. Physical, mechanical and thermal behaviour of adobe stabilized with the sludge of wastewater treatment plants. **Engenharia Agrícola**, v.39, n.6, p.684-697, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v39n6p684-697/2019>
- GANDIA, R. M.; GOMES, F. C.; CORRÊA, A. A. R.; RODRIGUES, M. C.; MARIN, D. B.; SANTANA, L. S.. Physical, mechanical and thermal behavior of adobe stabilized with “synthetic termite saliva”. **Engenharia Agrícola**, v. 39, n. 2, p. 139-149, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v39n2p139-149/2019>
- GIROUDON, M.; LABOREL-PRÉNERON, A.; AUBERT, J. E.; MAGNIONT, C.. Comparison of barley and lavender straws as bioaggregates in earth bricks. **Construction and Building Materials**, v.202, p.254-265, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.12.126>
- GOMES, A. C. F.. **Aplicação de rejeito de mineração de ouro na produção de tijolo de solo-cimento**. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.
- LETELIER, G. A.; RIEDEL, J. C.; ANTICO, F. C.; VALDÉS, C.; CÁCERES, G.. Influence of natural fiber dosage and length on adobe mixes damage-mechanical behavior. **Construction and Building Materials**, v. 174, p. 645-655, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.151>

LIDELÖW, S.; ÖRN, T.; LUCIANI, A.; RIZZO, A.. Energy-efficiency measures for heritage buildings: a literature review. **Sustainable Cities and Society**, v.45, p.231-242, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.09.029>

LIU, J.; SHI, J.; LIN, F.; SUN, W. The Effects of Admixtures on the Adobe Wall Materials' Durability. **Applied Mechanics and Materials**, v.174, p.1306-1311, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.174-177.1306>

MASLESA, E.; JENSEN, P. A.; BIRKVED, M.. Indicators for quantifying environmental building performance: A systematic literature review. **Journal of Building Engineering**, v.19, p.552-560, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2018.06.006>

MASUKA, S.; GWENZI, W.; RUKUNI, T.. Development, engineering properties and potential applications of unfired earth bricks reinforced by coal fly ash, lime and wood aggregates. **Journal of Building Engineering**, v.18, p.312-320, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2018.03.010>

MUNARO, M. R.; TAVARES, S. F.; BRAGANÇA, L.. Towards circular and more sustainable buildings: A systematic literature review on the circular economy in the built environment. **Journal of Cleaner Production**, v. 260, p. 1-25, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121134>

MUNTOHAR, A. S.. Engineering characteristics of the compressed-stabilized earth brick. **Construction and Building Materials**, v.25, n.11, p.4215-4220, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.04.061>

TORGAL, F. P.; JALALI, S.. Earth construction: lessons from the past for future eco-efficient construction. **Construction and Building Materials**, v.29, n.5, p. 1-29, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.10.054>

ROBERTS, M.; ALLEN, S.; COLEY, D. Life cycle assessment in the building design process – A systematic literature review. **Building and Environment**, v. 185, p. 1-12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107274>

ROCHA, R. R.; BARROS, G. H. V.; SILVA, R. J.; SIMÕES, R. D.. Resistência mecânica de tijolos “adobe” reforçados com

resíduos industriais. **Colloquium Exactarum**, v. 13, n.1, p. 30-37, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5747/ce.2021.v13.n1.e347>

RODRIGUEZ CUERVO, L. S. Adobe bricks with sugarcane molasses and gypsum to enhance compressive strength in the city Cogua, Colombia. **Revista de la Construcción**, v.19, n.3, p.358-365, 2020. DOI: <https://doi.org/10.7764/rdlc.19.3.358-365>

ROTHER, E. T.. Systematic Literature Review x Narrative Review. **ACTA**, v.20 n. 2, p. 1, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-21002007000200001>

SAMPAIO, A. L. P.. **Proposta de sistema construtivo em terra ensacada com incorporação de manieira em substituição à água**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.

SANTOS, S. C.; COSTA, S. K.. Arquitetura vernacular ou popular brasileira: conceitos, aspectos construtivos e identidade cultural local. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, v.24, n.35, p. 218-258, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5752/P.2316-1752.2017v24n35p218>

SILVA, P. H. F.. **Análise comparativa de ensaio à compressão de tijolos de adobe (terra crua) com adição de lodo de ETA e ETE**. Monografia (Especialização em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2020.

VALIN JUNIOR, M. O.; RIBEIRO JUNIOR, I.; SARAIVA, F. E. M.. Caracterização do solo utilizado em alvenaria de taipa e adobe para restauração do patrimônio histórico. **Engineering Sciences**, v.8, n.3, p.19-38, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2020.003.0003>

XIAO, Y.; WATSON, M.. Guidance on Conducting a Systematic Literature Review. **Journal of Planning Education and Research**, v.39, n.1, p.93-112, 2017.

ZAK, P.; ASHOUR, T.; KORJENIC, A.; WU, W. The influence of natural reinforcement fibers, gypsum and cement on compressive strength of earth bricks materials. **Construction and Building Materials**, v.106, p.179-188, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.12.031>

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.