

Construção com terra: adobe com adição de óleos vegetais

Earth construction: adobe with addition of vegetable oils

Construcción com tierra: adobe com aceites vegetales añadidos

Anderson Augusto Fabri

Discente, FAAC, UNESP, Brasil.
anderson.fabri95@gmail.com

Maximiliano dos Anjos Azambuja

Professor Doutor, FEB, UNESP, Brasil.
m.azambuja@unesp.br

Rosane Aparecida Gomes Battistelle

Professora Doutora, FEB, UNESP, Brasil.
rosane.battistelle@unesp.br

RESUMO

As técnicas de construção com terra são sustentáveis pelo baixo consumo de energia e baixa geração de resíduos, sendo necessário a estabilização do solo quando o mesmo não é apropriado para fabricação de adobes. A estabilização da terra por impermeabilização pode ser conseguida com a adição de biopolímeros, como os óleos vegetais. O presente trabalho estudou a estabilização por impermeabilização de adobes com solo do município de Bauru/SP, um solo arenoso e colapsível, adicionando óleo de rícino e óleo vegetal usado. Foram produzidos adobes com 0% de adição de biopolímeros, e adobes com adição de óleo de rícino (traços de 2% e 4%) e óleo vegetal usado (traços de 2% e 4%), porcentagem da massa de óleo em relação a massa de solo. Foram realizados os ensaios de determinação de massa específica aparente, retração relativa linear e média, absorção de água e resistência à compressão. Ocorreu decréscimo da resistência à compressão dos adobes produzidos com óleos vegetais. Os resultados demonstraram que a adição tanto do óleo de rícino, quanto do óleo vegetal usado foram satisfatórios para impermeabilizar os tijolos adobes.

PALAVRAS-CHAVE: Adobes estabilizados com óleos vegetais. Óleo de rícino. Óleo vegetal usado.

ABSTRACT

Earth construction techniques are sustainable due to low energy consumption and low waste generation, and soil stabilization is required when it is not suitable for the manufacture of adobe. Earth stabilization by sealing can be achieved by the addition of biopolymers such as vegetable oils. The present work studied the stabilization by waterproofing of adobes with Bauru/SP soil, a Sandy and collapsible soil, adding castor oil and used cooking oil. Were produced adobes with 0% biopolymer addition, and adobes with addition of castor oil (2% and 4% traces) and used cooking oil (2% and 4% traces), percentage of the oil mass in relation to soil mass. Determination of apparent specific mass, relative and mean linear retraction, water absorption and resistance to compression tests were performed. There was a decrease in the resistance to compression of adobes produced with vegetable oils. The results showed that the addition of both castor oil and used cooking oil were satisfactory to waterproof adobes bricks.

KEYWORDS: Adobes stabilized with vegetable oils. Castor oil. Used cooking oil.

RESUMEN

Las técnicas de construcción de tierra son sostenibles debido al bajo consumo de energía y la baja generación de residuos, y se requiere la estabilización del suelo cuando no es adecuado para la fabricación de adobe. La estabilización de la tierra mediante la impermeabilización se puede lograr mediante la adición de biopolímeros como los aceites vegetales. El presente trabajo estudió la estabilización mediante la impermeabilización del adobe con suelo de Bauru/SP, un suelo arenoso y plegable, agregando aceite de ricino y aceite de cocina usado. Se produjeron adobes con 0% de adición de biopolímero, y adobes con adición de aceite de ricino (trazas de 2% y 4%) y aceite de cocina usado (trazas de 2% y 4%), porcentaje de la masa de aceite en relación con masa del suelo. Se realizó la determinación de la masa específica aparente, la contracción relativa y lineal, la absorción de agua y las pruebas de resistencia a la compresión. Hubo una disminución en la resistencia a la compresión de los adobes producidos con aceites vegetales. Los resultados mostraron que la adición de aceite de ricino y aceite de cocina usado fue satisfactoria para impermeabilizar los ladrillos de adobe.

PALABRAS CLAVE: Adobes estabilizados con aceites vegetales. Aceite de ricino. Aceite de cocina usado.

1 INTRODUÇÃO

As técnicas de construção com terra permitem construções sustentáveis, uma vez que para seu emprego não são gastos grandes quantidades de energia, além de envolverem questões sócio culturais e econômicas (VISSAC *et al.*, 2017).

Segundo Minke (2001) os solos variam de acordo com o local em que se encontram, uma vez que são fruto da decomposição de rochas que se encontram no subsolo ou de outras localidades, tendo sido transportado pelos ventos ou pela água. Assim, há diferentes tipos de solos, variando a composição de suas partículas e sua granulometria, o que resulta em diferentes propriedades.

A partir da composição granulométrica de cada solo, emprega-se a técnica construtiva mais adequada (FARIA, 2002), que leva em consideração a trabalhabilidade, retração e compactação do mesmo. Para o caso do adobe por exemplo, Neves e Faria (2011) indica um solo areno-argiloso, com baixas porcentagens de silte, em que a quantidade de argila não seja demasiadamente alta para causar fissuras no adobe enquanto seca.

Quando o solo se mostra impróprio para a produção de tijolos adobes devido à propriedades específicas, como baixas porcentagens de argila, ou o contrário, faz-se a sua estabilização (NEVES *et al.*, 2009), acrescentando materiais de forma a corrigir a propriedade deficiente. É o caso do solo do município de Bauru (SP), denominado como latossolo vermelho escuro a amarelo, com baixas porcentagens de argila e facilmente desagregável no contato com a água (AGNELLI, 1992).

A estabilização por impermeabilização (NEVES *et al.*, 2009) é caracterizada pela adição de materiais impermeabilizantes na terra, em que o material forme uma camada impermeável em torno das partículas de argila de forma a protegê-las da entrada de água entre seus cristais. A impermeabilização da terra pode ser feita com a adição de produtos vegetais, animais, substâncias sintéticas (MINKE, 2001) ou betume.

Segundo Moevus *et al.* (2016), com a adição de determinadas substâncias que reagem com os cristais de argila é possível causar alguns efeitos na ligação entre os mesmos, melhorando sua fluidez e plasticidade enquanto úmida, e aumentar sua resistência mecânica quando seca.

O estudo da estabilização de biopolímeros vegetais locais em adobes tem sido frequentes na última década por pesquisadores da América Latina, especialmente nos países do México e Peru (CERVANTES MONTIEL, 2017; JIMÉNEZ e DOMINGUÉZ, 2013; ZAPATA, 2017; LIMAY, 2018; RODRIGUÉZ, 2016). O uso de materiais obtidos a partir de cactáceas nos países citados já era conhecido há séculos, e por isso fazem parte da cultura local.

Para o caso do município de Bauru/SP, em que o solo é arenoso e colapsível, esta pesquisa produziu tijolos abodes com a adição de óleo de rícino e o óleo vegetal usado para estabilização do material, biopolímeros facilmente conseguidos no local.

1.1 Tijolos adobes estabilizados com biopolímeros vegetais

Segundo Moevus *et al.* (2016) as pesquisas com estabilizantes naturais são importantes para a atualidade, no quesito em se buscar alternativas para o uso dos materiais industrializados de alto consumo energético, por exemplo, o cimento. Pesquisadores da Universidade do Minho, em Portugal, tem realizado extensas pesquisas à respeito da incorporação de biopolímeros na terra como material construtivo. Nos países México e Peru, usualmente, os pesquisadores estudam a extração de biopolímeros vegetais de espécies nativas como cactus, agaves e aloes, incorporados na terra na produção de adobes (LORENTE, 2015).

Eires (2012) estudou a estabilização de terra ajustada em laboratório com 20% de argila (caulinita) e 80% areia, estabilizada com cal virgem, cal hidratada, cimento; aditivos minerais como hidróxido de sódio, silicato de sódio, alumínio, cloreto de sódio, cloreto de cálcio e borato de sódio; e biopolímeros como amidos de milho e de trigo, óleo de linhaça, óleo vegetal usado, açúcar, glicerol, caseína, água de celulose e água de palha (líquido resultante da imersão de palha em água por um período determinado). Inicialmente, a incorporação dos componentes foi estudada separadamente, de forma a comparar os resultados da influência de cada componente no solo de referência, e em seguida foram estudadas as relações da incorporação de mais de um material no solo. Os traços de biopolímeros utilizados são apresentados na tabela 1:

Tabela 1: Resultados dos ensaios de resistência à compressão e absorção de água

BIOPOLÍMERO	Traço (%)	Resistência à compressão seca (MPa)	Coefficiente de absorção de água (%)
Controle (sem biopolímero)	0	1,25	9,22
Amido (AM)	0,4	1,27	9,14
Farinha (FA)	1	1,14	4,03
Açúcar (AÇ)	1	1,12	2,32
Óleo de linhaça (OL)	0,4	3,13	8,52
Glicerol (GL)	0,4	1,54	2,48
Caseína (CAS)	1	1,20	4,34
Óleo vegetal usado (OVU)	1	1,09	9,3
Água de celulose (AC)	1	0,85	7,2
Água de palha (AP)	1	0,87	8,52

Fonte: Adaptado de EIRES, 2012.

Eires (2012) conclui que os óleos foram os que tiveram melhor desempenho na impermeabilização da terra, considerando todas as composições e se referindo aos biopolímeros, sendo que a incorporação do óleo de linhaça promoveu o aumento da resistência à compressão do corpo de prova em relação ao solo de referência, enquanto o óleo de cozinha usado apresentou resultados inferiores (ao solo de referência).

Segundo Cervantes Montiel (2017) o uso da mucilagem de nopal (*Opuntia* sp.) faz parte da tradição mexicana, tanto para a construção quanto para a alimentação e até produtos industrializados. De acordo com Jiménez e Domínguez (2013) o uso do biopolímero de nopal como estabilizador não só influencia positivamente para a impermeabilização da terra, mas também na sua resistência à compressão.

No México, Pérez (2010) buscou estabilizar um solo arenoso adicionando inicialmente um material impermeabilizante, composto de ácidos graxos (sabão industrializado), e em seguida a adição de látex (extraído da planta *Hevea Brasiliensis* Muel. Ar.), e avaliou as propriedades físico-mecânicas por meio dos ensaios de absorção de água e resistência à compressão. Devido à impossibilidade de misturar o látex diretamente ao solo, sendo possível sua incorporação somente em conjunto com o sabão o autor definiu os seguintes traços: 0% de biopolímeros (referência), 0,5% e 1% de sabão; e 1%, 2% e 3% de látex (com 0,5% e 1% de sabão para cada traço de látex). A tabela 2 apresenta os resultados obtidos por Pérez (2010).

Tabela 2: Resultados dos ensaios de resistência à compressão e absorção de água em adobes com incorporação de látex, sabão e amido de mandioca

AUTORES	TRAÇOS		LÁTEX (%)	Resistência à compressão (MPa)	Coeficiente de absorção de água (%)	
	Biopolímeros	(%)				
PÉREZ (2010) Arenoso	N/A	0,0	N/A	1,12	N/A	
	Sabão	0,5	N/A	1,16	N/A	
		1,0		0,89	N/A	
	Sabão	0,5	1	1,08	N/A	
		1,0		0,98	N/A	
	Sabão	0,5	2	1,04	14,86	
		1,0		1,60	16,11	
	Sabão	0,5	3	1,00	16,72	
		1,0		1,63	15,99	
	VEIGA (2008) Argilosa	Amido de mandioca	0,0	N/A	1,63	N/A
			4,0		1,54	N/A
			8,0		2,13	N/A

Fonte: Adaptado de PÉREZ (2010) e VEIGA (2008)

A partir dos resultados, Pérez (2010) concluiu que o melhor traço foi o 2% de látex com 1% de sabão. O sabão com a terra não apresentou resultados positivos, pois além de diminuir a resistência mecânica não impermeabilizou o material.

No Brasil, Veiga (2008) avaliou a adição de 10% de uma mistura de água e amido em adobes com terra argilosa, de forma a estabilizá-los, produzindo traços com 0%, 4% e 8% de amido. A absorção de água não foi avaliada por já se conhecer a ineficácia do amido para impermeabilização. Contudo, a resistência à compressão avaliada (tabela 2) apresentou resultados superiores ao traço de referência e aos traços propostos por PÉREZ (2010).

No Peru, pesquisadores como Zapata (2017) e Limay (2018) estudaram a incorporação do

extrato de cabuya (*Furcraea andina*) em adobes, uma espécie de leguminosa nativa.

Limay (2018) utilizou solo areno argiloso produzindo adobes com traços de 0%, 5%, 6% e 7% de extrato de cabuya. Enquanto, Zapata (2017) produziu adobes, com solo argilo arenoso, definindo os traços de acordo com o tempo em que o extrato de cabuya ficou mergulhado em água por 5, 10 e 20 dias (etapa utilizada para a produção do biopolímero, cuja a concentração do material se deu em 50% do volume da água), além do traço sem biopolímero. Ambos os pesquisadores concluem que a adição do extrato de cabuya em adobes influencia positivamente em sua impermeabilização e resistência à compressão.

Além da cabuya, outra planta de origem peruana tem sido usada para a estabilização de adobes. Rodríguez (2016) estudou a influência da adição da goma de tuna em adobes com um solo areno argiloso, em traços de 0%, 5%, 10% e 15%. A tuna é uma árvore de 3 a 5 metros de altura, cuja a goma era usada tradicionalmente nos rebocos de terra de muros de adobe para protegê-los das chuvas, funcionando como impermeabilizante (VARGAS *et al.*, 1986, *apud* RODRÍGUEZ, 2016). De forma geral, a adição da goma de tuna evidenciou o aumento da resistência mecânica dos adobes e sua impermeabilização (traços 5% e 10%).

A tabela 3 apresentam os resultados dos ensaios de resistência à compressão e absorção de água de Limay (2018), Rodríguez (2016) e Zapata (2017):

Tabela 3: Resultados dos ensaios de resistência à compressão e absorção de água em adobes com incorporação de extrato de cabuya e goma de tuna

AUTORES	SOLO/EXTRATO	Traço (%)	Traço (dias)	Resistência à compressão (MPa)	Coefficiente de absorção de água (%)
LIMAY (2018)	Areno argiloso Extrato de cabuya	0	N/A	1,43	N/A
		5	N/A	2,32	13,14
		6	N/A	2,36	12,53
		7	N/A	2,27	14,55
RODRÍGUEZ (2016)	Areno argiloso Goma de tuna	0	N/A	1,88	N/A
		5	N/A	2,15	12,68
		10	N/A	2,48	14,62
		15	N/A	2,70	N/A
ZAPATA (2017)	Argilo arenosa Extrato de cabuya	N/A	0	2,44	N/A
		N/A	5	2,14	N/A
		N/A	10	2,68	N/A
		N/A	20	2,66	N/A

Fonte: Adaptado de LIMAY (2018), RODRÍGUEZ (2016) e ZAPATA (2017)

Pode-se notar a eficácia do emprego dos biopolímeros (extrato de cabuya e goma de tuna) nos adobes quanto ao aumento da resistência à compressão e impermeabilização, impedindo que os adobes com biopolímeros se dissolvessem como os adobes de referência.

Para o caso de Zapata (2017), não houve a aplicação do ensaio de determinação da absorção de água, e sim um ensaio de imersão em que o autor atribuiu valores qualitativos quanto à

degradação do adobe submerso em água após 24 horas (danos severos; danos moderados; danos leves). O autor concluiu que a adição do biopolímero foi eficaz para impermeabilizar o adobe, uma vez que os adobes estabilizados apresentaram resultados de danos moderados a danos leves, enquanto que os adobes sem estabilização apresentaram danos severos.

1.2 ÓLEO VEGETAL USADO E ÓLEO DE RÍCINO

O óleo vegetal usado, ou comumente chamado óleo de cozinha ou óleo de fritura é composto de óleos vegetais, sendo que o mais utilizado é o óleo de soja (NETO *et al.*, 2000), devido às altas produções de soja no país que em 2018 produziu 123.081 toneladas de soja, segundo dados da ABIOVE(2019).

Considerando-se que, segundo Neto *et al.* (2000), os equipamentos utilizados pelos estabelecimentos comerciais para a fritura de alimentos (fritadeiras elétricas descontínuas) possuem em média capacidade de 15 a 350 litros, os equipamentos dos estabelecimentos industriais possuem em média capacidade de 1000 litros; e que segundo ABIOVE (2019), 7.457 toneladas do óleo de soja da produção total brasileira (8.833 toneladas, em 2018) foram destinados ao consumo doméstico; é possível se ter uma ideia da quantidade de resíduo que deve ser gerado das cozinhas domésticas, comerciais e industriais do país, considerando que o óleo de soja não é o único óleo utilizado no processo de fritura dos alimentos.

De forma geral, os óleos vegetais (composição generalizada do óleo de cozinha usado, já que não se tem o controle de quais óleos foram usados durante o processo de fritura) são constituídos por ésteres derivados do glicerol, com átomos de carbono insaturados (NETO *et al.*, 2000). A tabela 4 indica características dos óleos de origem vegetal: rícino (mamona) e soja.

Tabela 4: Especificações de óleo de mamona e óleo de soja

CARACTERÍSTICAS	TIPO DE ÓLEO	
	RÍCINO	SOJA
Poder calorífico (kcal/kg)	8913	9421
Ponto de névoa (°C)	10	13
Índice de cetano	Nd	36-39
Densidade a 25°C	0,9578	Nd
Viscosidade a 37,8°C (cSt)	285	36,8
Destilação a 90% (°C)	Nd	370
Teor de cinzas (%)	Nd	Nd
Cor (ASTM)	1,0	Nd
Resíduo de carbono Conradson sobre 10% do resíduo seco (%)	nd	0,54

Fonte: NETO *et al.*, 2000

Ao ser utilizado para fritura de alimentos, o óleo passa por processos de oxidação e hidrolisação, formando-se compostos tóxicos (monômeros cíclicos e hidrocarbonetos), caracterizando a degradação do óleo de cozinha (NETO *et al.*, 2000).

Segundo Junior *et al.* (2009), ao ser despejado na rede de esgoto, o óleo vegetal usado causa uma série de problemas ambientais, dentre eles o impedimento da passagem de luz e trocas gasosas entre os seres vivos aquáticos e a necessidade do uso de produtos químicos altamente tóxicos para tratar o esgoto com o óleo.

O óleo vegetal usado recebe uma série de destinos de reciclagem, que de acordo com Reis *et al.* (2007, *apud* JUNIOR *et al.* 2009) podem ser para a produção de glicerina, tintas, massa de vidraceiro, ração animal, biodiesel e geração de energia elétrica.

O óleo de rícino é produzido a partir dos frutos da mamona (*Ricinus communis* L), podendo ser produzido de forma industrializada ou artesanal. De acordo com Silva *et al.* (2005), a mamona tem origem tropical e já era cultivada por culturas antigas no Egito e Índia, assim como no Brasil desde o período colonial para a produção de óleo na lubrificação dos engenhos de cana-de-açúcar (SCHNEIDER, 2003).

Segundo dados da Faostat (2012, *apud* BARROS e RAMOS, 2018), em 2010 o Brasil produziu 141,1 mil toneladas de mamona, alcançando o terceiro lugar entre os produtores mundiais, sendo a Bahia o estado responsável pela maior parte da produção do país (produziu 99 mil toneladas).

A mamona brasileira é em sua maior parte produzida por agricultura familiar, sendo plantada em consórcio com culturas alimentares como milho e feijão (BARROS e RAMOS, 2018). Além de ser uma planta resistente a secas, de acordo com Schneider (2003) todas as partes da planta podem ser aproveitadas como matéria orgânica e substrato para os agricultores, inclusive a torta de mamona (produto residual da produção artesanal do óleo de rícino).

2 OBJETIVOS

Esse trabalho teve como objetivo estudar as propriedades físicas e mecânicas de tijolos adobes produzidos em laboratório com óleo de rícino e óleo vegetal usada na estabilização do solo de Bauru/SP.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi iniciada com o levantamento das características do solo, no município de Bauru, e técnicas adequadas para produção de tijolos adobes. A técnica de estabilização do solo mostrou-se mais ajustada para viabilizar a produção com acréscimo de biopolímeros. A preocupação em construir por meio do uso da terra, respeitando o princípio da construção sustentável, exigiu a busca por óleos vegetais em Bauru. A literatura destacou os óleos de rícino (OR) e óleo vegetal usado (OVU) com potencial de estabilização do solo. A caracterização dos materiais viabilizou a produção dos tijolos adobes por meio de técnicas tradicionais: Traço de Referência, ou seja, sem uso de biopolímero; traços com 2% e 4% de adição de óleo de rícino (OR) e traços com adição de 2% e 4% de óleo de vegetal usado (OVU). Os traços foram definidos como proporção entre massa de óleo vegetal e massa de solo. Foram produzidos 6 tijolos de cada traço. Definiu-se avaliar os tijolos produzidos, conforme resultados apresentados no referencial teórico, por meio dos ensaios: determinação da massa específica aparente, retração relativa linear e média, absorção de água e resistência à compressão de todos os traços produzidos.

3.1. Materiais

Os materiais utilizados foram óleo de rícino (OR) fornecido pela empresa Destilaria Bauru, óleo vegetal usado (OVU) por coleta domiciliar ("óleo de cozinha") e solo do município de Bauru. A amostra de solo utilizada foi o remanescente do trabalho de Pinto (2016), e por isso foram adotadas as caracterizações realizadas pelo mesmo autor, como curva de distribuição granulométrica, índices de consistência (Limite de Plasticidade – LP; Limite de liquidez – LL; Índice de Plasticidade – IP) e análise mineralógica (adotada de AGNELLI, 1997, *apud* PINTO, 2016), enquanto que a massa unitária do solo solto e teor de umidade higroscópica do solo foram feitos pelos autores do presente trabalho. Os dados de caracterização da amostra de solo são apresentados pela tabela 5.

Tabela 5 - Determinações e caracterização física

DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO			ÍNDICES DE CONSISTÊNCIA			CARACTERIZAÇÃO FÍSICA		ANÁLISE MINERALÓGICA
Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	LP (%)	LL (%)	IP (%)	Massa unitária do solo solto - ρ_{ssu}	Teor de umidade higroscópica do solo - W_s	Argilomineral predominante
14,5	8	72,5	15	22	7	1,24 g/cm ³	1,77	Caulinita [Al ₂ SiO ₅ (OH) ₄]

Adaptado de PINTO (2016).

Assim, na área de arquitetura e construção com terra o solo utilizado foi classificado por Pinto (2016) como terra areno-argilosa.

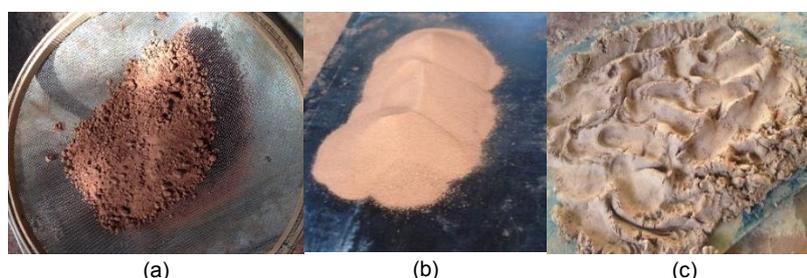
3.2. Produção dos adobes

Os métodos empregados para a produção dos adobes na literatura são fruto de técnicas tradicionais de séculos passados e utilizados em pesquisas atuais sobre o tema.

3.2.1 Preparação do barro

O solo foi destorroado e peneirado, em seguida misturado com água e amassado com os pés, de forma a atingir a plasticidade necessária e suficiente para moldagem dos adobes, sem deformações no momento da desmoldagem, obtendo-se o barro. O barro foi deixado em repouso por cerca de 24 h e coberto com uma manta plástica, para evitar perda de umidade. A figura 1 mostra o procedimento descrito.

Figura 1 – Destorroamento e peneiramento (a); solo peneirado (b); barro após pisoteamento (c).

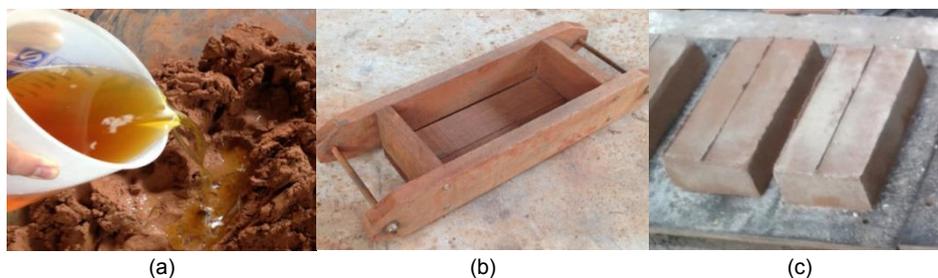


Fonte: Autores

3.2.2 Moldagem dos adobes

Adotando-se os moldes de madeira propostos por Neves e Faria à rede PROTERRA em 2007, (FARIA *et al.*, 2009), com 7,5 cm de altura, 15 cm de largura e 30 cm de comprimento, foram moldados 6 adobes de cada uma das seguintes misturas (traços): 0% biopolímero (traço de referência); 2% de OR; 4% de OR; 2% de OVU e 4% de OVU. A figura 2 mostra o procedimento de adição de óleo vegetal ao barro após repouso de 24 horas, o molde utilizado e os adobes recém moldados.

Figura 2 – Adição do óleo vegetal (a); molde de madeira utilizado (b); adobes recém moldados (c).



Fonte: Autores

Para os ensaios destrutivos, três adobes de cada traço foram utilizados para a determinação de absorção de água e os demais para a determinação da resistência à compressão.

No caso, do ensaio de resistência à compressão, dividiu-se em oito partes iguais, isentos de defeito. Entretanto, utilizou-se apenas 4 partes de cada tijolo, totalizando 12 corpos de prova para cada traço. Para o ensaio de absorção de água utilizou-se o tijolo adobe inteiro.

3.2.3 Secagem dos adobes

Os adobes recém moldados foram deixados em repouso, à sombra e em ambiente ventilado, até que adquirissem resistência suficiente para serem manuseados com cuidado. A partir deste momento, os adobes foram virados de lado, até estarem totalmente endurecidos (figura 3). Em seguida foram deixados em ambiente protegido de chuva e umidade para completar a secagem.

Figura 3 –Adobes secando após serem virados de lado.



Fonte: Autores

3.3 Caracterização física e Mecânica

A caracterização física dos adobes se deu pelos ensaios de determinação da massa específica aparente, das retrações lineares e relativas, e da absorção de água, adotando-se os ensaios propostos por Faria (2002) e NBR 13555 (ABNT, 2012) para solo cimento.

Para a caracterização mecânica foi realizado o ensaio de determinação da resistência à compressão, adaptado de Faria *et al.* (2008).

3.4 Análise dos resultados

Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente, comparando-se os diversos traços com traço de referência para avaliação da influência da adição de OR e OVU sobre as propriedades físicas e mecânicas dos adobes. A discussão dos resultados foi fundamentada na literatura disponível sobre o tema e trabalhos similares.

4 RESULTADOS

Os resultados estão apresentados segundo os ensaios de caracterização física e mecânica previstos na metodologia: determinação da massa específica aparente, retrações relativas lineares e média, absorção de água e resistência à compressão.

4.1 Determinação da massa específica aparente

Os resultados do ensaio de determinação da massa específica estão apresentados na tabela 6.

Tabela 6 – Resultados das médias do ensaio de determinação da massa específica

TRAÇO	MASSA ESPECÍFICA APARENTE (g/cm ³)		
	MÉDIAS	DESVIO PADRÃO	COEFICIENTE DE VARIANÇA (%)
0% biopolímero	1,82	0,017	0,93
2% OR	1,79	0,023	1,30
4% OR	1,81	0,009	0,52
2% OVU	1,77	0,012	0,68
4% OVU	1,84	0,012	0,67

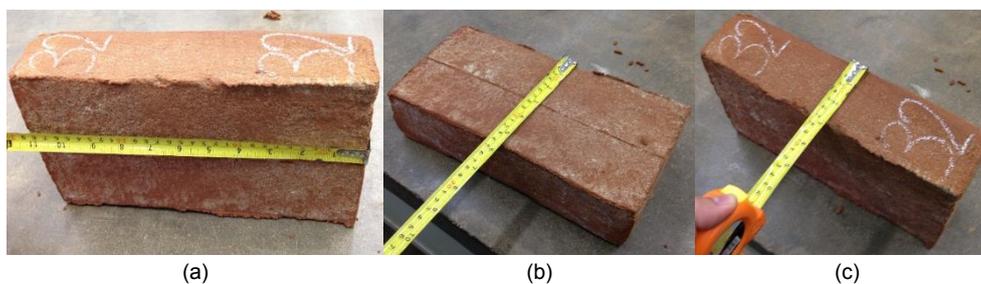
Fonte: Autores

Pelos resultados obtidos não se notam diferenças expressivas entre o traço de referência e os demais traços com adição de óleos vegetais.

4.2 Determinação das retrações relativas lineares e média

A figura 4 ilustra a medição das faces do adobe para a determinação das retrações relativas lineares e médias

Figura 4 –Medição do comprimento (a); medição da largura (b); medição da altura (c).



Fonte: Autores

Os resultados do ensaio de determinação das retrações relativas médias são apresentados na tabela 7. Apesar de não serem diferenças expressivas é possível notar pelas médias de cada traço que a adição de 2%, tanto de óleo de rícino quanto de óleo vegetal usado ocasionou a diminuição da retração relativa média dos adobes em comparação com o traço de referência, enquanto que para a adição de 4% de ambos os óleos ocasionou o aumento da retração relativa média.

Tabela 7 – Resultados do ensaio de determinação das retrações relativas médias

TRAÇO	RETRAÇÃO RELATIVA MÉDIA (%)		
	MÉDIAS	DESVIO PADRÃO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)
0% biopolímero	2,02	0,32	15,84
2% OR	1,69	0,30	17,91
4% OR	2,62	0,21	8,17
2% OVU	1,81	0,31	17,14
4% OVU	2,83	0,16	5,75

Fonte: Autores

4.3 Determinação da absorção de água

Os adobes referentes ao traço de referência se desintegraram totalmente durante a submersão em água, enquanto que todos os adobes dos traços com óleos vegetais se mantiveram íntegros após 24 horas de submersão, o que comprova a impermeabilização dos adobes com adição dos óleos de rícino e vegetal usado, como citado por Eires(2012). A figura 5 ilustra os adobes do traço de referência inteiramente dissolvidos, ao lado dos adobes com adição de óleo vegetal.

Figura 5 – Obtenção da massa saturada dos adobes por submersão em água após 24 horas.



Fonte: Autores

Os resultados do ensaio de determinação da absorção de água se encontram na tabela 8.

Tabela 8—Resultados das médias do ensaio de determinação da absorção de água

TRAÇO	Absorção de água(%)		
	MÉDIAS	DESVIO PADRÃO	COEFICIENTE DE VARIACÃO (%)
0% biopolímero	N/A	0,00	0,00
2% OR	13,54	0,38	2,80
4% OR	13,78	0,12	0,86
2% OVU	14,17	0,17	1,20
4% OVU	12,96	0,09	0,73

Fonte: Autores

A norma NBR 10834 (2012), para tijolos de solo-cimento estabelece que a absorção de água dos corpos de prova devem ser menor ou igual à 20%; logo pelos dados da tabela 8 todos os adobes com adição dos óleos vegetais se encontram dentro do permitido. No caso do adobe do traço de referência, a absorção de água não se aplica (N/A), pois o material dissolveu completamente na água.

4.4 Determinação da resistência à compressão

Os resultados do ensaio de resistência à compressão são apresentados na tabela 9.

Tabela 9—Resultados das médias de cada traço do ensaio de determinação da resistência à compressão

TRAÇO	Resistência à compressão (MPa)		
	MÉDIAS	DESVIO PADRÃO	COEFICIENTE DE VARIACÃO (%)
0% biopolímero	1,30	0,14	10,68
2% OR	0,49	0,02	4,04
4% OR	0,55	0,06	11,68
2% OVU	0,56	0,03	6,09
4% OVU	0,51	0,03	5,36

Fonte: Autores

Os resultados apresentados na Tabela 9 indicam uma redução da resistência à compressão dos adobes produzidos com adição óleos vegetais em comparação com o traço de referência (0% biopolímeros). Os resultados já eram esperados, uma vez que autores como Eires (2012) e Minke (2001) citam os óleos como estabilizantes impermeabilizadores apenas, não havendo referência de óleos como estabilizantes para aumento de resistência, salvo exceções como o óleo de linhaça. Não ocorreram diferenças expressivas entre os valores de resistência à compressão dos traços com adição de óleos vegetais.

5 CONCLUSÃO

O solo de Bauru possui características específicas, como colapsividade que dificultam a produção de tijolos adobes e provocam uma rápida desintegração quando em contato com água. O estudo de solo com estas características na produção de tijolos adobes com a técnica de estabilização por impermeabilização com óleos é recente, e os resultados obtidos neste estudo com adição dos óleos (OR e OVU) demonstraram sua eficiência de aplicação.

A produção dos tijolos adobes em laboratório foi adequadamente conduzida e os resultados apresentados estão em concordância com o referencial teórico, assim como os valores reduzidos de resistência à compressão dos traços com a adição dos óleos estudados (OR e OVU). Porém, os tijolos de adobes produzidos podem ser utilizados em alvenaria de vedação sem uso estrutural, respeitando o princípio da construção sustentável.

A adição tanto do óleo de rícino quanto do óleo vegetal usado em adobes se mostrou positiva quanto a impermeabilização do material, mantendo-o íntegro mesmo após 24 horas submerso em água, independente do traço de óleo adicionado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGNELLI, N. **Estudo da colapsividade do solo de Bauru através de provas de cargas diretas**. Tese (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.

Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE). **Estatística mensal do complexo soja** (arquivo em formato xls). 2019. Disponível em: <<http://www.abiove.org.br/site/index.php?page=estatistica&area=NC0yLTE=>>>. Acesso em: 02 de Junho de 2019.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10834: Bloco de solo-cimento sem função estrutural – requisitos**. Rio de Janeiro, 2012. 5 p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13555: Solo-cimento – determinação da absorção de água – método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2012. 1 p.

BARROS, M. A. L.; RAMOS, G. A. **Mamona**. AGEITEC - Agência EMBRAPA de Informação Tecnológica, Disponível em: <[>](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/mamona/arvore/CONT000h4pitb4s02wx7ha0awyntyiscijnl.html)>. Acesso em: 15 de Fevereiro de 2018.

CERVANTES MONTIEL, A. E. **Adobe orgánico elaborado con arcilla y mucílago de nopal, para construcción de Centro Eco-turístico en el Municipio de Acolman**. Tese (título de Engenheiro Arquiteto) - Instituto Politécnico Nacional - Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Unidad Tecamachalco, 2017. Disponível em: <[>](http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/21240)>. Acesso em: 15 de Fevereiro de 2018.

EIRES, R. M. G. **Construção em terra: desempenho melhorado com incorporação de biopolímeros**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Materiais de Construção) - Escola de engenharia - Universidade do Minho, Portugal. 2012. Disponível em: <[>](http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/21010)>. Acesso em 13 de Setembro de 2018

FARIA, O. B. **Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso no Reservatório de Salto Grande (Americana-SP)**. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de



São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-10022003-103821/>>. Acesso em: 02 de Fevereiro de 2018.

FARIA, O. B.; OLIVEIRA, B. M. de; TAHIRA, M.; BATTISTELLE, R. A. G. **Realização do programa interlaboratorial PROTERRA em Bauru-SP (Brasil)**. In: TERRABRASIL 2008, São Luiz - Maranhão, p. 39-50. Disponível em: <https://www.academia.edu/35731095/Actas_7_SIACOT._Brasil_2008>. Acesso em: 08 de Fevereiro de 2018.

FARIA, O. B.; STANZIONE, V. J. T. L.; MILLER, V. P. **Avaliação da influência do teor de argila sobre características físicas e mecânicas de adobes e proposta de ensaio de determinação do módulo de elasticidade**. FEB-UNESP. In: VIII SIACOT, San Miguel de Tucumán - Argentina, 2009. p. 556-565. Disponível em: <https://www.academia.edu/35731244/Actas_8_SIACOT._Argentina_2009>. Acesso em: 21 de Fevereiro de 2018.

JIMÉNEZ, Y. G. A., DOMÍNGUEZ, E. J. S.. **Efecto de la impermeabilidad del Mucílago de Nopal en bloques de tierra comprimidos**. Universidad De La Salle Bajío, México. Nova Scientia, vol. 6, núm. 11, 2013. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/2033/203329578017.pdf>>. Acesso em: 13 de Fevereiro de 2018.

JUNIOR, O. S. R. P.; NETO, M. S. N.; SACOMANO, J. B.; LIMA, J. L. A. **Reciclagem do óleo de cozinha usado: uma contribuição para aumentar a produtividade do processo**. In: 2nd International workshop advances in cleaner production. Key elements for a sustainable world: energy, water and climate change. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/5a/2/G.%20C.%20Oliveira%20Neto%20-%20Resumo%20Exp.pdf>>. Acesso em: 02 de Junho de 2019.

LORENTE, O. M. M.; MOLINER, B. C.; CARBÓ, M. T. D. **Estudio de la influencia de aditivos naturales obtenidos de plantas crasas en las propiedades de morteros de adobe**. Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de la Universitat Politècnica de València, Espanha. In: Arché. n. 10, 2015. p.170-178. Disponível em: <<https://riunet.upv.es/handle/10251/85216>>. Acesso em: 30 de Maio de 2019.

LIMAY, J. A. D. **Propiedades mecánicas y absorción del adobe compactado al incorporar polímero natural de penca, Cajamarca** 2018. Tese (obtenção do título de engenheiro civil). Universidad Privada del Norte - Facultad de Ingeniería. Cajamarca, Perú, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14758>>. Acesso em: 30 de Maio de 2019.

MINKE, G. **Manual de construccion en tierra**. Ed. Nordan-Comunidad, Montevideo, Uruguai, 2001.

MOEVUS, M.; COUVREUR, L.; CLOQUET, B.; FONTAINE, L.; ANGER, R.; DOAT, P. **Béton d'Argile Environnemental : résultats d'un programme de recherche tourné vers l'application**. CRAterre. Villefontaine, França, 2016. Disponível em: <<https://craterre.hypotheses.org/1056>>. Acesso em: 27 de Maio de 2019.

NETO, P. R. C.; ROSSI, L. F. S.; ZAGONEL, G. F.; RAMOS, L. P. **Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras**. Curitiba. In: Química Nova. v. 23, n. 4. 2000. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1454>. Acesso em: 02 de Junho de 2019.

NEVES, C.; FARIA, O. B. (Org.). **Técnicas de construção com terra**. Bauru, SP: FEB-UNESP/PROTERRA, 2011. p. 9-25. Disponível em: <<https://www.academia.edu/35702333/T%C3%A9cnicasdeconstru%C3%A7%C3%A3ocomterra>>. Acesso em: 11 de Fevereiro de 2018.

NEVES, C. M. M.; FARIA, O. B.; ROTONDARO, R.; CEVALLOS, P. S.; HOFFMANN, M. V. **Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra: práticas de campo**. PROTERRA, 2009. Disponível em: <https://www.academia.edu/35702223/Sele%C3%A7%C3%A3o_de_solos_e_m%C3%A9todos_de_controle_na_constru%C3%A7%C3%A3o_com_terra._Pr%C3%A1ticas_de_campo>. Acesso em: 11 de Fevereiro de 2018.

PÉREZ, E. Y. R. **Efecto de la adición de latex natural y jabón en la resistencia mecánica y absorción en el adobe compactado**. Tese (título de *maestro em ciências*). Instituto Politécnico Nacional. Santa Cruz Xoxocotlán, México, 2010. Disponível em: <<https://tesis.ipn.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/10621/199.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 30 de Maio de 2019.



PINTO, E. da S. **Solo-cimento compactado: proposta de métodos de ensaio para dosagem e caracterização física e mecânica.** Dissertação (Mestrado)—Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/147987/pinto_es_me_bauru.pdf?sequence=3>. Acesso em: 07 de Fevereiro de 2018.

RODRÍGUEZ, J. B. **Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna.** Tese (obtenção do título de engenheiro civil). Universidad Privada del Norte - Facultad de Ingeniería. Cajamarca, Perú, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/10482>>. Acesso em: 30 de Maio de 2019.

SCHNEIDER, R. de C. de S. **Extração, caracterização e transformação do óleo de rícino.** 2003. Tese (doutorado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Química. Curso de Pós-Graduação em Química. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/17513>>. Acesso em: 28 de Janeiro de 2018.

SILVA, S. D. dos A. e.; ANDRES, A.; UENO, B.; FLORES, C. A.; GOMES, C. B.; PILLON, C. N.; ANTHONISEN, D.; MACHADO, E. B.; THEISEN, G.; MAGANANI, M.; WREGGE, M. S.; AIRES, R. F. **A cultura da mamona na região de clima temperado: informações preliminares.** 2005. Embrapa Clima Temperado. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/745129/a-cultura-da-mamona-na-regiao-de-clima-temperado-informacoes-preliminares>>. Acesso em: 08 de Setembro de 2018.

VEIGA, L. F. de M. **Caracterização físico-química de adobe estabilizado com amido de mandioca.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufop.br/handle/123456789/2786>>. Acesso em: 30 de Maio de 2019.

VISSAC, A.; BOURGÈS, A.; GANDREAU, D.; ANGER, R.; FONTAINE, L. **Argiles & biopolymères. Les stabilisants naturels pour la construction en terre.** CRAterre. Villefontaine, França, 2017. Disponível em: <<https://archive.org/details/16681VissacArgilesBiopolymeres>>. Acesso em: 29 de Maio de 2019.

ZAPATA, V. B. **Adobe estabilizado con extracto de cabuya (Furcraea andina).** Tesis. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. 2017. Disponível em: <https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2993/ICI_237.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 08 de Fevereiro de 2018