

Nome do Autor: Andréa Cristina Thoma
Endereço residencial:
Formações Acadêmicas: Graduação em engenharia Agrônoma, Mestrado em Fitotecnia/Produção Vegetal, Doutorado em Produção Vegetal/ Manejo e conservação de solos.
Vínculo Profissional (Instituição): Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Endereço Profissional:
Telefones:
Endereços Eletrônicos (e-mails): deiathoma@gmail.com
Link do Currículo Lattes (Se Brasileiro): http://lattes.cnpq.br/8055297907663261
Link do Currículo ou Site (Se Estrangeiro):

Nome do Autor: Bernat Vinolas Prat
Endereço residencial: Rua Barão de Mauã 14, Bairro Jardim Imperial. Diamantina – MG. CEP: 39100-000
Formações Acadêmicas: Doutorado, mestrado e graduação em Engenharia Civil
Vínculo Profissional (Instituição): Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Endereço Profissional:
Telefones:
Endereços Eletrônicos (e-mails): bernat.vinolas@ict.ufvjm.edu.br
Link do Currículo Lattes (Se Brasileiro): http://lattes.cnpq.br/7998463818840636
Link do Currículo ou Site (Se Estrangeiro):



Ministério da Educação – Brasil
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Minas Gerais – Brasil
Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas
ISSN: 2238-6424
QUALIS/CAPES – LATINDEX
Nº. 22 – Ano XI – 10/2022
<http://www.ufvjm.edu.br/vozes>

Aplicações do solo-cimento na produção de artefatos para a construção civil

Camila Francielle Dos Santos
Graduado em Ciência e Tecnologia-
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri- UFVJM/MG
E-mail: camila.francielle@ufvjm.edu.br

Geraldo Cesar Silva Souza
Graduando em Ciência e Tecnologia-
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri- UFVJM/MG
E-mail: geraldo.cesar@ufvjm.edu.br

Tarcila Mantovan Atolini
Doutorado em Engenharia de Produção –
Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG/MG
Docente da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri- UFVJM/MG
<http://lattes.cnpq.br/8627991870501650>
E-mail: tarcila.atolini@ict.ufvjm.edu.br

Andréa Cristina Thoma
Doutorado em Produção Vegetal/ Manejo e conservação de solos –
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri– UFVJM/MG
<http://lattes.cnpq.br/8055297907663261>
E-mail: deiathoma@gmail.com

Prof. Dr. Bernat Vinolas Prat
Doutor em Engenharia Civil –
Universidade Politécnica de Catalunha (Barcelona, Espanha)
Docente da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri– UFVJM/MG
UFVJM <http://lattes.cnpq.br/7998463818840636>
E-mail: bernat.vinolas@ufvjm.edu.br

Resumo: A implantação de técnicas sustentáveis na construção civil visando o empoderamento das classes mais pobres a partir do aprimoramento de técnicas economicamente viáveis, como é o caso dos produtos de solo-cimento têm apresentado resultados cada vez mais significativos. O objetivo deste trabalho é promover ainda mais a utilização do solo-cimento para desenvolvimento de novos produtos com tamanhos e formatos variados. Este trabalho se baseou em uma revisão bibliográfica de artigos disponíveis no site scholar.google.com.br, utilizando a palavra-chave: soil-cement. Desta forma, foram analisados quais produtos de solo-cimento são mais estudados na literatura acadêmica. Posteriormente, foram descritos os parâmetros indispensáveis que devem ser considerados na produção para o desenvolvimento de novos formatos de produtos de solo-cimento.

Palavras-chave: Solo-cimento, Sustentabilidade, Artefatos.

Introdução

O solo-cimento é um material utilizado na construção civil que consiste na mistura de solo, cimento e água, formando uma massa homogênea e compacta (GIORGI et al, 2018). Essa técnica foi desenvolvida como uma alternativa de construção sustentável, pois utiliza recursos naturais abundantes (o solo da própria escavação) e não precisa de queima no processo produtivo reduzindo as emissões de CO₂ e consumo de fontes de energia necessária para efetuar a produção (EUPHROSINO et al, 2022).

Em termos de sustentabilidade, o solo-cimento apresenta diversas características favoráveis ao meio ambiente além de permitir o reaproveitamento de solos locais, evitando a extração desnecessária de recursos naturais (ROCHA et al., 2023). O uso do solo-cimento também promove a diminuição de resíduos de construção e a economia de energia, uma vez que o processo de produção e aplicação desse material demanda menos recursos do que as técnicas na produção de blocos de concreto e blocos cerâmicos.

Além dos aspectos ambientais e econômicos, os sociais também são de suma importância no desenvolvimento sustentável (ESTENDER et al, 2008). Por ser uma técnica de baixo custo de implementação, permite a produção no próprio canteiro de obras, especialmente em contextos de famílias de baixa renda e que autoconstróem suas moradias, realidade da grande maioria da população brasileira. A autoconstrução, construção sem a contratação de serviços profissionais técnicos como engenheiro ou arquiteto, é a prática adotada por 82% dos brasileiros que já

fizeram construção ou reformas. (CAU/BR-DATAFOLHA, 2022). Portanto, a difusão da técnica de produção do solo-cimento tem o potencial de empoderamento da população, pois oferece uma forma autônoma, prática, barata, de qualidade e ambientalmente menos impactante de construção.

Os artefatos habituais produzidos com solo-cimento são variados e podem ser utilizados em diferentes áreas da construção civil. Blocos e tijolos são exemplos comuns, que podem ser empregados na construção de paredes, muros e divisórias (FRANÇA et al., 2018). Além disso, o solo-cimento pode ser utilizado na produção de outros tipos de produtos como pisos intertravados, lajes, telhas e até mesmo na fabricação de elementos estruturais. As figuras 1 e 2 mostram respectivamente a aplicação e o produto, que é um dos mais utilizados na construção civil.

Figura 1- Parede de tijolos ecológicos



Fonte: <https://www.tudoconstrucao.com/>

Figura 2- Tijolo ecológico



Fonte: <https://www.lekodesign.com/>

O processo de produção do solo-cimento é relativamente simples e pode ser realizado com equipamentos de tecnologia também simples (FERREIRA et al, 2008). Primeiramente, o solo é coletado na área de construção ou em locais próximos, passando por uma seleção e peneiramento para remover impurezas e garantir sua uniformidade. Em seguida, o solo é misturado com cimento e água em proporções adequadas, formando uma massa úmida. Essa massa é então compactada e moldada nas formas desejadas, como blocos ou tijolos, utilizando prensas manuais ou máquinas de compressão. Após a moldagem, os artefatos de solo-cimento passam por um período de cura, no qual o cimento reage com a água e o solo, promovendo a sua solidificação e conferindo-lhe resistência.

O solo-cimento é uma técnica construtiva versátil, sustentável e econômica, que oferece uma alternativa viável para a construção de diversos tipos de estruturas. Atualmente, as aplicações mais comuns encontradas utilizando a técnica de solo-cimento referem-se à produção de blocos para paredes (JEYASEGARAM et al., 2020), aplicações em pavimentos (SANBONSUGE et al., 2017; LINARES-UNAMUNZAGA et al., 2019; KIM et al., 2003) e execução de estacas de fundação (FAROUK e SHAHIEN, 2013). No entanto, existem outros tipos de aplicações, justamente por sua facilidade de produção em formatos adaptados às necessidades

da construção. Um exemplo recente é o desenvolvimento de blocos de solo-cimento em formato semicircular para controle de erosão (THOMA et al., 2022).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é mostrar as aplicações existentes na literatura acadêmica referentes ao solo-cimento e potencializar o desenvolvimento na produção de novos artefatos com este tipo de material.

Os objetivos específicos deste estudo são:

- Verificar na literatura os tipos de aplicações do solo-cimento;
- Verificar na literatura se existe informação suficiente sobre artefatos de solo-cimento diferentes aos blocos;
- Apresentar os parâmetros necessários para o desenvolvimento e produção de novos artefatos de solo-cimento com formatos e dimensões adaptadas a necessidades específicas.

Metodologia

O trabalho é apresentado em três partes, sendo que a primeira corresponde a um levantamento bibliográfico de publicações sobre solo-cimento. Para isso, foram pesquisados artigos disponíveis no site scholar.google.com.br, utilizando a palavra-chave *allintitle: soil-cement*. A primeira busca ocorreu no dia 1 de março de 2023. A busca apresentou 1.670 resultados e os 500 primeiros deles foram analisados. Esses artigos selecionados deveriam ser da área da engenharia e deveriam ser publicados por jornais presentes na lista de *Impact Factor Journals* de 2022 (atualizada em 29 de novembro de 2022). Ao final, 100 artigos atenderam aos critérios e foram estudados.

Com o objetivo de avaliar as áreas de aplicação do solo-cimento na engenharia desses 100 artigos selecionados, foi feita uma tabela dividida conforme a referência bibliográfica, a categoria principal e secundária do artigo. As categorias principais foram: (1) Artefatos/produtos de solo-cimento e (2) Outras aplicações. As categorias secundárias foram: (1.a) Tijolos/blocos, (1.b) Corpos de prova, (2.a) Pavimentação, (2.b) Colunas de fundação, (2.c) Túneis, (2.d) Revisão bibliográfica, (2.e) Muros de contenção, (2.f) Parede de sustentação, (2.g) Barreira subterrânea, (2.h) Aterro, (2.i) Parede, (2.j) Componentes de telhado, (2.k) Fundação e (2.l) Sustentação. Posteriormente, com o quantitativo de trabalhos em cada categoria, foi feito um cálculo estatístico com as porcentagens de cada categoria presentes na análise.

Posteriormente, é apresentado o processo de desenvolvimento de novos produtos de solo-cimento, abordando de forma teórica os diferentes parâmetros e equipamentos que devem ser avaliados:

- 1- Desenvolvimento da forma;
- 2- Escolha do equipamento para prensagem;
- 3- Conhecimento da técnica do solo-cimento em relação a: quantidade de cimento a ser utilizada; umidade de compactação e tipo de solo;
- 4- Desforma e cura.

Por fim, na parte 3, foi descrito um exemplo de desenvolvimento de novo produto de solo-cimento, um bloco em forma semicircular para ser utilizado como contenção da erosão hídrica (THOMA et al., 2022).

Resultados e Discussão

Parte 1 – Revisão bibliográfica

O quadro 1, contém uma contagem detalhada dos artigos estudados por categoria. Os artigos são divididos claramente em Artefatos/ Produtos e em Outras aplicações. Porém, para as subcategorias, não há uma distinção tão rígida e os artigos podem pertencer a duas categorias secundárias ao mesmo tempo, permitindo assim que a soma dos artigos em subcategorias alcance 109.

Quadro 1- Contagem dos artigos estudados – C1 (Categoria) / C2 (Subcategoria)

C1	%	C2	%	Referencias
Artefatos/ Produtos	49	Tijolos/blocos	17	(THOMA et al., 2022); (REDDY e. LATHA, 2013); (CARRASCO, SILVA e MANTILLA, 2014); (JORDAN et al., 2019); (BUSON et al., 2012); (SILVA et al., 2021); (FERREIRA et al., 2019); (JOSE e KASTHURBA, 2021); (ROCHA et al., 2022); (ORREGO, BOTERO e ARISTIZABAL, 2017); (FAY, COOPER e MORAIS, 2014); (ROCHA et al., 2021); (KONGKAJUN et al., 2020); (VILELA et al., 2023); (SIQUEIRA e HOLANDA, 2013); (NASCIMENTO et al., 2023); (ROMERO e FRANCISCA, GIOMI, 2023);
		Corpos de prova	32	(OLGUN, 2013); (ANAGNOSTOPOULOS, 2015); (MARQUES, CONSOLI e SOUSA, 2014); (LI et al., 2022); (REDDY e. LATHA, 2013); (WANG et al., 2020); (ROMERO, FRANCISCA e GIOMI, 2021); (BURITATUN et al., 2020); (GOREHAM, LAKE, 2018); (ESTABRAGH, KHATIBI e JAVADI, 2016); (LI et a., 2023); (CARRASCO, SILVA e MANTILLA, 2014), (MAICHIN et al., 2021); (CHEN et al., 2013); (HE et al., 2023); (JIN et al., 2019); (QIAN et al., 2021); (CHEN et al., 2022); (ASKARANI e PAKBAZ, 2016); (SULLIVAN, HOWARD e ANDERSON, 2019); (LEÃO et al., 2022); (HAOFENG, FENG e FENG, 2017); (XIONG, XING e LI, 2019); (TRUONG, THI e THANH, 2020); (DUA e ZHANG, 2019); (XU et al., 2021); (BALDOVINO et al., 2020); (TAJDINI, BONAB e GOLMOHAMADI, 2017); (BAGHERI, AHMAD e ISMAIL, 2013); (DANSO e MANU, 2020); (CHAIYAPUT et al., 2022); (ESTABRAGH, RANJBAR e JAVADI, 2023);
Outras aplicações	51	Pavimentação	9	(MENGUE et al., 2017); (ANGGRAINI et al., 2017); (NAZARI, TABARSA e LATIFI, 2021); (BHUYAN e KHATTAK, 2016); (MAICHIN et al., 2021); (HOWARD, SULLIVAN e ANDERSON, 2016); (GOREHAM e LAKE, 2013); (INGUNZA, PEREIRA e JUNIOR, 2015); (RIOS et al., 2015);
		Colunas de fundação	31	(TSIGE, KORITA e BEYENE, 2022); (WAN et al., 2021); (DO et al., 2020); (CHEN et al., 2021); (TIMONEY e MCCABE 2017); (KHOSRAVI et al., 2017); (KHOSRAVI et al., 2019); (SUKPUNYA e JOTISANKASA, 2016); (MOHANTY e SHAHU,

				2021); (YAO et al., 2021); (JAMSAWANG et al., 2018); (YU et al., 2022); (GONG, TIAN e HU, 2015); (NI, NI e LIU, 2021); (NI, YI e LIU, 2019); (ISHIKURA, YASUFUKU e BROWN, 2016); (YE et al., 2015); (YI, LIU e PUPPALA, 2017); (DEHGHANBANADAKI, AHMAD e ALI, 2014); (RASHID et al., 2015); (LIU et al., 2017); (YI, LIU e PUPPALA, 2016); (DAS e DEY, 2020); (BUNAWAN et al., 2018); (NGOC et al., 2017); (YI, LIU e PUPPALA, 2018); (HASAN e CANAKCI, 2022); (CHAI et al., 2015); (SAID et al., 2019); (FAROUK, SHAHIEN, 2013);
		Túneis	1	(SU et al., 2023);
		Revisão bibliográfica	3	(BHUYAN e KHATTAK, 2016); (TINOCO et al., 2019); (WILLIAMSON e CORTES, 2014);
		Muros de contenção	1	(JAMSAWANG et al., 2021)
		Parede de sustentação	1	(BOULANGER et al., 2018)
		Barreira subterrânea	1	(CAO et al., 2022);
		Aterro	5	(DEVARANGADI e DEVARANGADI, 2021); (NI, NI e LIU, 2021); (NI, YI e LIU, 2019); (ISHIKURA, YASUFUKU e BROWN, 2016); (BOULANGER et al., 2018);
		Componentes de telhado	1	(ALAVÉZ-RAMÍREZ, 2016)
		Sustentação	4	(WANG, LI e LIU, 2022); (TSIGE, KORITA e BEYENE, 2022); (CONSOLI et al., 2022); (HOSSAIN et al., 2014);
		Geotécnica	3	(SILVEIRA et al., 2020); (KANG, KIM e KANG, 2023); (HOSSAIN, 2015);
Soma	100	Soma	109	

Analisando o quadro 1 se observa que dos 100 artigos selecionados, 49 (49%) referem-se a produtos de solo-cimento e 51 (51%) a outras aplicações.

Observa-se que dos 49 produtos de solo-cimento 32 pertencem a categoria (1.b) Corpos de prova e 17 pertencem a categoria (1.a) Tijolos/blocos. Além disso, dentre os trabalhos dessa categoria, se observa que 29 deles utilizaram alguma espécie de resíduo. Grande parte desses resíduos são fibras, como fibras de coco, resíduos de construção civil, resíduos de pedras providos por marmorarias e cinzas de material orgânico como bagaço de cana de açúcar ou cascas de arroz. Mediante esta análise, se observa que no caso de produção de artefatos de solo-cimento existem muitos artigos focados em estudar a reutilização de resíduos.

Por outro lado, existem poucos estudos focados em analisar produtos diferentes ao bloco ou ao corpo de prova do solo-cimento. Nos 100 artigos observados, apenas um teve como objetivo o desenvolvimento de um molde para corpos de prova, um outro propõe um plástico ligeiramente modificado para evitar a distorção do corpo de prova durante a compactação, e outro que teve como objetivo desenvolver um novo desenho de tijolo otimizado.

Alguns dos artigos observados apresentaram tópicos que foram vistos raramente durante a pesquisa, mas foram considerados importantes, portanto foram categorizados tendo em vista sua singularidade. Estes referem-se a barreira subterrânea e componentes para telhado. A grande maioria da categoria “outras aplicações” do solo-cimento, foram voltadas para construção e otimização de colunas de fundação. O segundo tópico com o maior número de artigos é o tópico de pavimentação, contendo 9 artigos, e, em três desses artigos, a pesquisa continha a utilização de resíduos para a confecção do solo-cimento em questão.

O tópico nomeado como geotécnica foi criado para abranger um conceito mais amplo de melhoria do solo, para aplicações variadas, com a utilização do solo-cimento. Como por exemplo, o trabalho de Kang, Kim e Kang (2023) é uma equação geral para calcular a resistência do solo melhorado, essa equação pode vir a ser útil em diversas outras pesquisas, portanto o artigo pertence a uma categoria mais ampla de utilização do solo-cimento.

Parte 2 - Parâmetros indispensáveis no desenvolvimento de novos produtos de solo-cimento

É possível mediante tecnologias sociais de baixo custo, produzir e desenvolver um novo artefato de solo-cimento com dimensões e formatos diferentes dos comerciais. Porém, este processo requer procedimentos cuidadosos e atenção aos detalhes. Os parâmetros mais importantes são:

1- Desenvolvimento do molde específico:

O primeiro passo para produzir um novo artefato de solo-cimento é desenvolver um molde com o formato desejado. O molde é essencial para dar a forma ao material durante o processo de prensagem. Dependendo do formato e das dimensões do artefato desejado, o molde pode ser feito de diferentes materiais, como metal, madeira compensada ou plástico resistente. É importante garantir que o molde seja suficientemente resistente para suportar a pressão aplicada durante a compactação da mistura de solo-cimento. As figuras 3 e 4 mostram a forma e peça de prensagem respectivamente.

Figura 3- Forma do molde para produção de bloco de meia-lua



Fonte: (THOMA et al., 2020)

Figura 4 - Peça para a prensagem do material



Fonte: (THOMA et al., 2020)

2- Seleção do equipamento de prensagem:

Um equipamento adequado para a prensagem do solo-cimento é essencial para produzir um novo artefato com sucesso. Existem diferentes tipos de máquinas disponíveis, desde prensas manuais até prensas hidráulicas. A escolha do equipamento dependerá das dimensões do artefato, da quantidade de produção desejada e do orçamento disponível. O equipamento deve ser dimensionado para fornecer pressão suficiente durante a compactação, garantindo que o produto final ganhe a resistência necessária. Um aumento na pressão de compactação melhora a resistência do produto de solo-cimento (MAHDAD E BENIDIR, 2018). Os valores ideais para a pressão de compactação são de 4 a 10 MPa, de acordo com a literatura (FAY et al., 2014). As figuras 5 e 6 mostram os equipamentos comumente utilizados.

Figura 5- Prensa manual de tijolos ecológicos



Fonte: <http://vimaqpressas.com.br/maquinas/prensas-manuais/>

Figura 6- Prensa hidráulica



Fonte: <https://www.lojadomecanico.com.br/produto/14534/11/481/>

3 - Conhecimento da técnica do solo-cimento e preparação da mistura:

Para produzir um novo artefato de solo-cimento, é importante ter um bom conhecimento da técnica em termos de proporções adequadas dos materiais e umidade da mistura. A quantidade de cimento a ser adicionada dependerá das características do solo utilizado e da resistência necessária para o artefato. Geralmente, são realizados testes preliminares para determinar a proporção ideal de solo e cimento.

É importante ter em mente que a umidade da mistura de solo-cimento desempenha um papel fundamental na qualidade do artefato produzido. Tanto uma mistura muito seca quanto uma mistura muito úmida podem apresentar problemas durante o processo de produção (GRANDE, 2013). Quando a mistura está muito seca, ou seja, com baixo teor de umidade, pode ser difícil realizar a prensagem de maneira eficiente. Isso ocorre porque a falta de água torna a mistura menos plástica, dificultando sua compactação e aderência adequadas. Além disso, quando a mistura seca é desmoldada, podem surgir trincas ou rachaduras devido à falta de coesão entre as partículas. Essas trincas comprometem a integridade estrutural do artefato e afetam sua durabilidade.

Por outro lado, uma mistura muito úmida, com alto teor de umidade, pode levar a problemas de excesso de coesão e dificuldades na desmoldagem. A elevada umidade torna a mistura excessivamente coesa, fazendo com que o material fique grudado na forma. Isso pode resultar em danos ao artefato durante o processo de desmoldagem, afetando sua forma e acabamento final.

Para garantir a consistência adequada da mistura, é essencial controlar cuidadosamente a umidade. O objetivo é encontrar a umidade ideal para a compactação, que permite alcançar a maior resistência possível ao aplicar o esforço de compactação. Essa umidade ideal varia de acordo com o tipo de solo, as características do cimento utilizado e o tipo de artefato a ser produzido.

Para determinar a umidade adequada, é comum realizar testes preliminares, como ensaios de compactação e determinação da curva de compactação. Esses testes ajudam a identificar a faixa de umidade em que a mistura apresenta os melhores resultados em termos de resistência e trabalhabilidade. Dessa forma, é possível ajustar a quantidade de água adicionada à mistura para obter a consistência desejada.

Ao controlar adequadamente a umidade da mistura, é possível obter artefatos de solo-cimento com resistência adequada, boa aderência e facilidade de desmoldagem. É importante lembrar que a umidade ideal pode variar dependendo dos fatores mencionados anteriormente, sendo necessário ajustar o processo de produção de acordo com as características específicas do projeto. O teor de umidade ótimo da mistura leva a um aumento na resistência do produto (BALDOVINO et al., 2020). Um aumento na umidade de compactação quando os valores estão abaixo do valor ótimo de compactação aumenta a resistência (VENKATARAMA et al., 2011). A densidade seca de um solo após a compactação depende do tipo de solo, da energia de compactação e do teor de umidade da mistura (BALDOVINO et al., 2020).

Em resumo, encontrar o equilíbrio na umidade da mistura de solo-cimento é essencial para evitar problemas de prensagem, coesão inadequada e dificuldades na desmoldagem. Controlar cuidadosamente a umidade e realizar testes preliminares são práticas fundamentais para garantir a qualidade e a durabilidade dos artefatos produzidos.

O solo selecionado é misturado com o cimento e a água em proporções adequadas. A mistura deve ser homogênea e uniformemente distribuída para garantir

a qualidade do artefato final. A quantidade de água adicionada deve ser suficiente para umedecer o solo e permitir a formação de uma massa coesa. É importante realizar testes de umidade para garantir que a mistura atinja a consistência adequada para o processo de prensagem.

4 - Prensagem do solo-cimento

Após a preparação da mistura, o solo-cimento é colocado no molde desenvolvido previamente. O molde é então inserido no equipamento de prensagem. A pressão é aplicada gradualmente, compactando o solo-cimento e dando forma ao artefato. A pressão aplicada deve ser suficientemente alta para garantir a compactação adequada e a formação de um artefato resistente. O tempo de prensagem pode variar dependendo do tamanho e da complexidade do artefato.

5 - Cura e desmoldagem:

A desmoldagem e cura são etapas importantes no processo de produção de artefatos de solo-cimento. Essas etapas influenciam diretamente na qualidade e nas propriedades finais do material.

A desmoldagem é o processo de remoção dos artefatos dos moldes utilizados durante a prensagem. É uma etapa delicada, pois qualquer movimento brusco ou aplicação de força inadequada pode danificar ou deformar os artefatos.

Ao desmoldar, é importante garantir que os artefatos estejam suficientemente firmes e resistentes para serem manipulados. Caso contrário, podem ocorrer deformações ou rachaduras durante a remoção dos moldes. Em alguns casos, é necessário utilizar lubrificantes ou agentes de desmoldagem para facilitar o processo e evitar que o solo-cimento grude nos moldes.

A desmoldagem deve ser realizada com cuidado e precisão, garantindo que os artefatos sejam removidos sem danos. Após a desmoldagem, os artefatos podem ser submetidos a uma etapa adicional de cura, dependendo dos requisitos do projeto.

A cura é o processo pelo qual o solo-cimento passa após a prensagem. Consiste em manter os artefatos em condições adequadas de umidade e temperatura para permitir a hidratação do cimento e o desenvolvimento da resistência. Durante a cura, ocorre uma reação química entre o cimento e a água presente na mistura, formando ligações químicas que conferem resistência ao material.

Existem diferentes métodos de cura utilizados para artefatos de solo-cimento. Um dos métodos comuns é a cura úmida, onde os artefatos são mantidos em um ambiente úmido, geralmente cobertos com lonas plásticas ou borrifados com água regularmente. A umidade é fundamental para fornecer as condições ideais para a hidratação do cimento e a cura adequada do material.

Outro método de cura é a cura a seco, onde os artefatos são mantidos em um ambiente seco por um período determinado. Nesse método, é importante controlar a taxa de secagem para evitar a ocorrência de fissuras ou deformações nos artefatos. A cura a seco geralmente é utilizada em condições específicas e requer um monitoramento cuidadoso das condições ambientais.

A duração da cura varia dependendo do tipo de artefato e das especificações do projeto. Geralmente, a cura é realizada por um período mínimo de sete dias, mas pode ser estendida por várias semanas para garantir um endurecimento e uma resistência adequados (PINHEIRO et al., 2010). Durante esse período, os artefatos devem ser protegidos contra a exposição excessiva ao sol, vento ou chuva, que podem comprometer a qualidade da cura.

Parte 3 - Exemplo de desenvolvimento de novo artefato de solo-cimento

Na UFVJM foi desenvolvido um estudo realizado com o objetivo de projetar, produzir e testar a resistência de blocos de solo-cimento com formato circular (meia-lua) para controle da erosão hídrica. O trabalho foi conduzido em um laboratório da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, em Minas Gerais (THOMA et al., 2020). Foi projetada uma forma para preenchimento com solo-cimento, seguido de compactação e desforma para obtenção dos blocos. Foram testados quatro tipos de traço com diferentes proporções de cimento. Após a cura dos blocos, foram realizados testes de absorção de água e resistência, conforme normas técnicas. O estudo sugere que os blocos de solo-cimento com formato circular podem ser uma solução eficiente para o controle da erosão hídrica. Na figura 7 se observa uma foto do formato do bloco produzido.

Figura 7 – Bloco de solo-cimento em formato semicircular para controle erosão



Fonte: (THOMA et al., 2020)

No processo de produção de moldes, foram realizados avanços significativos em três áreas principais. Primeiro, um novo desenho de molde foi desenvolvido, incorporando melhorias que aumentam a eficiência e a qualidade do produto final. Em segundo lugar, uma prensa específica foi escolhida para otimizar o processo de fabricação dos moldes (Prensa da marca Bovenau com capacidade para 50T). Por fim, foi realizado um estudo detalhado sobre a quantidade de cimento e a umidade adequada, necessárias para obter moldes de alta qualidade.

O novo desenho do molde foi concebido com base em análises detalhadas e feedback dos usuários. Ele apresenta uma estrutura mais robusta, melhorando a durabilidade e a resistência dos moldes. No que diz respeito à prensa utilizada, uma avaliação cuidadosa foi realizada levando em consideração diversos fatores, como pressão, velocidade e controle. A prensa escolhida oferece um equilíbrio ideal entre esses parâmetros, garantindo uma compactação uniforme e precisa dos moldes.

O estudo sobre a quantidade de cimento e a umidade adequada foi fundamental para a produção destes blocos com alta qualidade. Por meio de testes sistemáticos, foram determinadas as proporções ideais de cimento e água, garantindo a resistência e a integridade dos moldes após a cura. Essa otimização do processo resultou em uma redução significativa de desperdício e retrabalho.

Em soma, as melhorias no desenho do molde, a escolha adequada da prensa e o estudo sobre a quantidade de cimento e umidade ótima foram passos importantes para aprimorar o processo de produção. Essas melhorias contribuíram para a

obtenção de blocos de alta qualidade, mais duráveis e eficientes, beneficiando tanto os fabricantes quanto os usuários finais.

Neste trabalho não se pretende mostrar em detalhe o dimensionamento dos diferentes equipamentos utilizados para desenvolvimento do novo produto de solo-cimento (bloco em formato circular). Para este fim pode se aprofundar no texto de Thomas et al. (2020). O objetivo é mostrar que mediante um estudo bem acurado é possível desenvolver mediante tecnologia social, diferentes formatos de produtos de solo-cimento. Este exemplo pode servir para muitos pesquisadores e estudantes possibilitando produzir novos artefatos de solo-cimento.

Conclusões

Este trabalho ressaltou a importância do desenvolvimento de produtos de solo-cimento além dos tradicionais blocos/tijolos. Embora existam muitos estudos acadêmicos sobre a técnica do solo-cimento, a maioria de artefatos produzidos se concentra nos blocos de solo-cimento. No entanto, por meio de um conhecimento detalhado da técnica e de um correto dimensionamento da prensa e das formas, é possível produzir uma ampla variedade de produtos de solo-cimento, com formato e dimensões adaptadas às necessidades específicas. Como exemplo, podem ser desenvolvidos: placas para pavimentação, vasos para jardinagem, tubos e outros formatos que atendam às necessidades específicas de cada projeto.

Através da exploração da versatilidade de utilização do solo-cimento, este trabalho apresentou o desenvolvimento de um exemplo concreto: o bloco de solo-cimento em formato de meia lua. Esse produto inovador demonstra a capacidade de criação e adaptação que a técnica do solo-cimento oferece, permitindo a produção de artefatos com formatos diferenciados e personalizados. Essa diversidade de produtos contribui para ampliar as possibilidades de utilização do solo-cimento na engenharia civil.

O objetivo deste trabalho, juntamente com o embasamento do referencial teórico, foi fornecer informações e inspirar novos pesquisadores a explorar e desenvolver novos produtos de solo-cimento. A técnica do solo-cimento possui um potencial significativo que vai além dos blocos convencionais, e é desejável que mais estudos e pesquisas sejam realizados nessa área. Com a contribuição de novos pesquisadores, o solo-cimento pode ser aplicado com maior diversificação na