FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA CIVIL

BRUNA SOUZA SILVA

TIJOLO SOLO-CIMENTO

UBÁ – MG
2017

BRUNA SOUZA SILVA

TIJOLO SOLO CIMENTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Msc. Israel Iasbik

UBÁ – MG
2017

Tijolo Solo-Cimento

RESUMO

A busca por técnica sustentáveis levou o setor da construção civil a desenvolver métodos e materiais que sejam menos agressivos ao meio ambiente. O Tijolo Solo-Cimento, que é feito de solo, água e cimento, é uma alternativa sustentável, que surge com um bom potencial de utilização, pois possui fácil processo de fabricação, favorecendo a redução de custos e prazo de construção, além de serem ecologicamente corretos. O trabalho tem como principal objetivo mostrar a possibilidade da utilização em construções de tijolo solo-cimento, descrever o processo de fabricação desses tijolos, listar as vantagens e desvantagens do seu uso, comparar alguns sistemas construtivos e apresentar alguns materiais, que são lançados de forma inadequada na natureza, mas que podem ser acrescentados a esses tijolos. Assim, pode-se observar que um dos grandes desafios da construção civil é conseguir construir minimizando os impactos ao meio ambiente comumente gerados pela engenharia.

Palavras-chave: Meio ambiente. Tijolo solo-cimento. Sustentabilidade.

Soil-Cement Brick

ABSTRACT

The search for sustainable techniques has been leading the civil construction industry to develop methods and materials that are less aggressive to the environment. Soil-Cement Brick, which is made of soil, water and cement is an alternative, it rises with a good sustainable potential, because it has an easy manufacturing process with favors the reduction of costs and construction time, besides being ecologically correct. This work has as main objective to show the possibility of using Soil-Cement Brick in constructions, to describe the process of manufacturing these bricks, to list some advantages and disadvantages of their use, to compare some construction systems and to present some materials that are disposed inadequately in the nature with can be added to these bricks. Thus, we can observe that one of the great challenges of civil construction is to be able of building minimizing the impacts to the environment commonly generated by engineering.

Keywords: Environment. Soil-Cement Brick. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A humanidade está enfrentando grandes problemas relacionados à devastação ambiental. O setor da construção afeta consideravelmente o meio ambiente, pois utiliza recursos minerais e de produção de resíduos.

No decorrer dos anos, a construção civil teve um aumento significativo e com isso, o meio ambiente sofreu um grande impacto ambiental. De acordo com John (2004), estima-se que a construção civil utiliza algo entre 20 e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade. A mesma consome cerca de 2/3 da madeira natural extraída e a maioria das florestas não é manejada adequadamente.

> Considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais. (CONAMA 01/83)[1]

Há uma grande necessidade de desenvolver recursos sustentáveis no setor da construção, para que a mesma possa reduzir os impactos ambientais causado por ela. Atendendo a essa necessidade, o tijolo ecológico, que é feito de solo, água e cimento, é uma possibilidade para diminuir tal impacto.

Este tipo de material, dependendo da região do pais, é conhecido de diversas formas: tijolo ecológico, tijolo modular de solo-cimento, tijolinho de encaixe ou bloco de terra comprimida. O processo de execução deve ser de tal forma que possa provocar um menor impacto no meio ambiente.

A alvenaria de tijolo ecológico é rápida, limpa e barata. Neste contexto, tal alternativa seria uma opção de troca pelas técnicas tradicionais de alvenaria, pois utiliza menos recursos naturais em sua produção. Além disso, são curados com água, isto é, não dependem da queima de lenhas em fornos, reduzindo assim o aquecimento global e o desmatamento.

O bloco solo-cimento se encaixa nos padrões ambientais, pois é utilizada em sua fabricação terra, água e cimento, itens que são encontrados facilmente na

[1] http://www.mma.gov.br

natureza. Além disso, não utiliza em sua fabricação emissões de gases poluentes na atmosfera.

Diante disso, o estudo visa mostrar a possibilidade de utilização em construções de tijolo ecológico, listando as vantagens e desvantagens do uso do bloco solo-cimento, além de analisar, comparativamente, alguns sistemas construtivos utilizados: blocos solo-cimento com blocos cerâmicos. Pois além de serem ecológicos, os tijolos solo-cimento são econômicos e de rápida execução, melhorando assim, o equilíbrio entre construção civil e meio ambiente.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Tijolos solo-cimento

O solo, que é definido pela NBR 6502 (ABNT, 1995) como “material proveniente da decomposição das rochas pela ação de agentes físicos ou químicos, podendo ou não conter matéria orgânica”, está entre os materiais mais antigos e aplicados nas construções.

A terra pode ser usada de diferentes formas, uma delas é o solo comprimido. Desde a antiguidade, o solo era usado nas obras. Casanova (2004)[2] relata que “vestígios de habitações artificiais humanas do período Mesolítico (12.000 AC) confirmam a utilização do solo na estrutura das paredes e dos telhados pré-históricos”, isso mostra que o solo foi usado como abrigo e material de construção natural.

A mistura de solo com cimento, tornou-se muito utilizada no passar dos anos porque quando juntas, possui grande durabilidade. Neves, (2003) afirma que “a mistura da terra e cimento, devidamente dosada e compactada, adquire resistência e apresenta durabilidade compatíveis com os critérios necessários para a construção de edificações”.

Figuerola (2004)[3], afirma que pode ser utilizado para preparo do tijolo solo-cimento, qualquer tipo de solo com exceção daqueles que contenham matéria orgânica, pois a “acidez da matéria orgânica no solo retarda as reações de hidratação do cimento, comprometendo a resistência à compressão do solo-cimento”.

[2] http://www.habitare.org.br
[3] http://techne.pini.com.br

O tijolo solo-cimento é uma mistura de solo e cimento. Esses tijolos, ao contrário dos tijolos cerâmicos que são levados ao forno em seu processo de fabricação, evitam o desmatamento e não poluem o ar, segundo Sala (2006, p. 39), “seu processo de fabricação não exige queima em forno à lenha”, além disso “não lança resíduos tóxicos no meio ambiente”.

Entretanto, vários autores afirmam que os solos mais adequados para as misturas são os solos arenosos. Segundo Ribeiro (2013, p. 19), “a existência de grãos de areia grossa e pedregulhos são benéficos, já que são materiais inertes e têm apenas a função de enchimento”.

O tijolo solo-cimento que é conhecido pelos nomes de tijolo ecológico, tijolo modular e BTC - bloco de terra comprimida, em sua fabricação, podem ser incorporados matérias como: resíduos de concreto, cinzas de biomassa, casca de arroz, entre outras.

Segundo Rosário; Torrescasana[4], “o tijolo de solo-cimento apresenta um processo construtivo simples, não necessita de mão de obra especializada, utiliza máquinas simples, de pequeno porte e baixo custo”. Além disso, a matéria prima utilizada é abundante e de fácil obtenção.

As cinzas são resultantes da queima de biomassa. A utilização dessas cinzas, na fabricação do tijolo solo-cimento, apresenta grande potencial de reaproveitamento na área da construção civil, requerendo avaliação não só nos aspectos econômicos como nos aspectos ecológicos (FERREIRA, GOBO, CUNHA, 2008).

A casca do arr-oz é descartada, por não haver reaproveitamento dela. Ferreira, Gobo, Cunha (2008), relata que “a grande vantagem do uso da casca de arroz como agregado alternativo reside no fato de que sua geração é concentrada em poucos locais, o que facilita a sua comercialização”.

Souza, Pereira, Segantini (2008)[5] afirma que a junção de resíduos de concreto na mistura solo e cimento, melhora as propriedades de resistência e absorção do solo-cimento. Na FIG. 1 observa-se o tijolo solo-cimento.

[4] https://www.unochapeco.edu.br
[5] http://www.scielo.br

Figura 1- Tijolo solo-cimento

Fonte: Tijolo Ponto Eco[6]

2.1.1 Fabricação do tijolo solo-cimento

Segundo Grande (2003), a fabricação do tijolo solo-cimento exige 5 etapas: preparação do solo (destorroar e peneirar o solo seco), preparo da mistura (depois dos materiais misturados, adiciona-se água), moldagem dos tijolos, cura e armazenamento (devem ser mantidos úmidos).

Silva (2005) e Parente (2002) realizaram diversos ensaios, com solos diferentes e concordaram que o aumento do teor de cimento, resulta um aumento de resistência a compressão e durabilidade. Porém, se houver um aumento significativo de cimento, é provável que ocorram fissuras.

Podem ser utilizados quaisquer cimentos que atendem os seguintes critérios:

- NBR 5732- Cimento Portland comum
- NBR 5733- Cimento Portland de alta resistência inicial
- NBR 5735- Cimento Portland de alto forno

De acordo com a NBR 8491 (ABNT, 2012) a proporção entre cimento e solo pode variar entre 1:10 e 1:14 em volume. É preciso escolher um traço que tenha uma menor quantidade de cimento para atender os requisitos à resistência e a absorção.

[6] http://www.tijolo.eco.br

Para os tijolos vazados de solo-cimento, a NBR 8491 (ABNT, 2012) exige que o volume total seja inferior a 85 % do volume total aparente e os furos tenham espessura mínima das paredes no seu entorno de 25 mm e a distância mínima entre os dois furos de 50 mm.

Depois de realizar a mistura, é necessário a compactação desta. Filho (2016, p. 24) cita que “a compactação de um solo visa o melhoramento de suas características, não só quanto à resistência, mas também, em relação à permeabilidade, compressibilidade, absorção d’água e, principalmente, estabilidade”, diminuindo assim o índice de vazios e garantindo homogeneidade do solo, procedendo-se a eliminação do ar. Uma boa compactação, gera um comportamento adequado para a aplicação que se destina.

A compactação desses blocos é feita através de prensas manuais ou hidráulicas. Grande (2003) relata que vários fabricantes desenvolveram estas prensas para a fabricação de diversos tipos de tijolos de solo-cimento compactado. A FIG. 2 mostra uma prensa manual.

Figura 2- Prensa manual

Fonte: Virtuhab- UFSC[7]

Depois da mistura prensada, deve ser iniciado o processo de cura. Pecoriello; Barros (2004)[8] afirma que a finalidade da cura é “evitar a evaporação prematura da

[7] http://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br
[8] http://techne.pini.com.br

água necessária à hidratação do cimento" e que esse processo deve ser iniciado 8 horas após a prensagem. Além disso os blocos devem ser empilhados numa sombra, para que o ar possa circular entre eles, e molhados todos os dias.

Os equipamentos utilizados na fabricação desses tipos de tijolos são baratos e simples. Devido a isso, as vantagens de sua utilização vão desde a sua fabricação até a sua utilização no canteiro de obras, pois reduz custos com transporte, entrega, energia, mão de obra e impostos (SOUZA, PEREIRA, SEGANTINI, 2006)[9]. Na FIG. 3 observa-se as etapas do processo de fabricação do tijolo solo-cimento.

Figura 3- Etapas do processo de fabricação do tijolo solo-cimento

Fonte: Filho (2016, p. 40)

2.2 Tijolos solo-cimento-cinzas

Considera-se recurso renovável tudo aquilo que tem capacidade de reconstituir, seja ele consumido e extraído pelos seres humanos ou outros seres. Já os recursos não renováveis, são aqueles que precisam de um tempo maior para serem constituídos (MONTAVANI, 2012).

A biomassa é um recurso renovável utilizada na produção de energia. Os combustíveis derivados da biomassa são chamados biocombustíveis. Segundo Montavani (2012), os benefícios desse combustível em relação aos combustíveis

[9] http://techne.pini.com.br

fósseis, são amplos: reciclagem de nutrientes, redução da emissão de gás carbônico, entre outros.

Transformar a biomassa gera aspectos positivos porque queima tudo que iria jogar fora, o que contribui para um planeta mais limpo. Montavani (2012, p. 11) afirma também que “os resíduos sólidos da queima de biomassa são classificados como cinzas, e podem ser divididos em duas diferentes categorias: poluído (de contaminação) ou natural”.

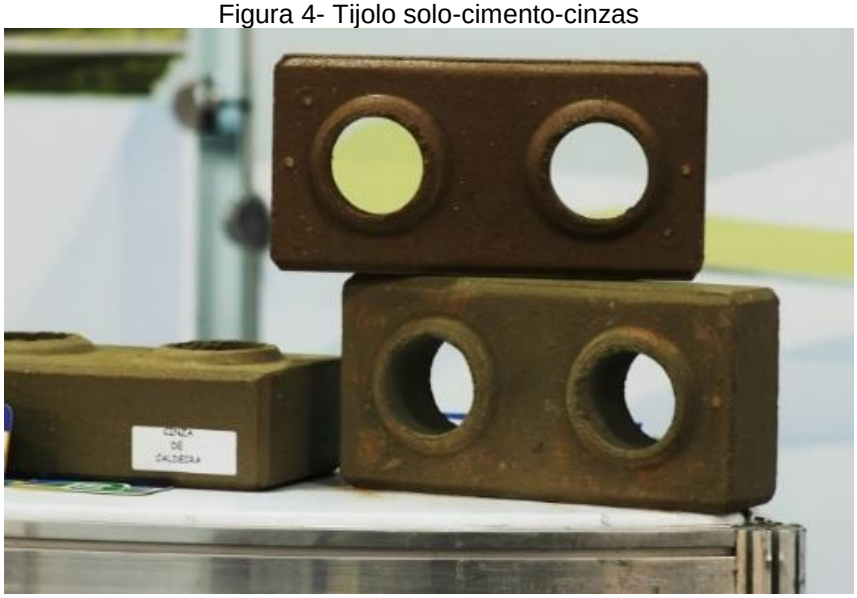
A utilização das cinzas da biomassa na produção de tijolos ecológicos, é de grande importância pois busca minimizar a degradação ambiental. A matéria prima utilizada na confecção desses tijolos são resíduos sólidos de caldeira de queima de biomassa, solo e cimento (MONTAVANI, 2012).

2.2.1 Fabricação do tijolo solo-cimento-cinza

A primeira etapa para a fabricação dos tijolos solo-cimento-cinza é a refinação do solo, que é basicamente a eliminação de partículas menores e corpos estranhos, “buscando de tal maneira melhorar a qualidade do material a ser utilizado” (MONTAVANI, 2012, p. 16)

Segundo Montavani (2012), a mistura dos materiais é feita manualmente junto com uma pequena quantidade de água. Depois disso, a mistura é prensada. A cura é feita com água, os tijolos deverão ser mantidos em local coberto e livre da ação do vento. Após passarem do período de cura hidratada, os tijolos passarão por mais 20 dias em cura a seco. Na FIG. 4 observa-se o tilo solo-cimento-cinzas.

Figura 4- Tijolo solo-cimento-cinzas



Fonte: Imprensa FENASUCRO[10]

2.3 Tijolo solo-cimento-casca de arroz

Milani; Freire *apud* Silveira (1996, p. 2) define casca de arroz como sendo uma "capa lenhosa oca, dura e altamente arenosa, composta por 50% de celulose, 30% de lignina e 20% de sílica". A casca de arroz serve para confecção de materiais de baixo custo, pois funciona como material de enchimento e substituição parcial de agregado miúdo (brita).

Milani; Freire (2006)[11] afirma que a junção de resíduos de construções com mistura solo e cimento gera um menor impacto ambiental.

2.3.1 Fabricação do tijolo solo-cimento-casca de arroz

A casca de arroz passa pelo processo de trituração e peneiramento para a eliminação dos finos, depois são lavados e secos ao ar livre. A mistura é feita manualmente, primeiro mistura-se o cimento e o solo, depois a casca até conseguir homogeneidade e, por último adiciona-se a água. A mistura é prensada em prensas hidráulicas e curadas com água (MILANI, FREIRE, 2006). Na FIG 5 observa-se o tijolo solo-cimento-casca de arroz.

[10] https://imprensafenasucroagrocana.wordpress.com
[11] http://www.scielo.br

Figura 5- Tijolo solo-cimento-casca de arroz

Fonte: Futuro Acadêmico[12]

2.4 Tijolos solo-cimento-resíduos de concreto

Há uma grande necessidade de utilizar técnicas sustentáveis nas construções. Nesse contexto surge a reciclagem e o aproveitamento dos resíduos de obras e demolição como fontes alternativas. Segundo John (2000), a reciclagem na construção civil pode gerar muitos benefícios como redução no consumo de recursos naturais não renováveis.

Os resíduos de construções são constituídos por restos de argamassa e concreto, materiais cerâmicos, metais, plásticos, madeiras, papeis e vidros. Quando estes são triturados, passam a obter características físicas semelhantes às da areia grossa. Isso os torna viáveis para a confecção do solo-cimento (SOUZA; SEGANTINI; PEREIRA, 2006).

Segundo Ferraz e Segantini (2004) a adição de resíduos de construções nas misturas solo e cimento, podem diminuir o consumo de cimento em sua fabricação. O aproveitamento dos resíduos contribui também na diminuição de material rejeitado em obras, o que seria ecologicamente correto.

[12] http://futuroacademico.com.br

2.4.1 Fabricação do tijolo solo-cimento-resíduos de construções

A fabricação dos tijolos solo-cimento-resíduos de construções é basicamente igual aos outros. Após serem coletados e peinados, são triturados e peneirados novamente, fazendo com que se obtenha um material granular similar a uma areia grossa. A mistura é prensada e os tijolos são moldados (SOUZA, PEREIRA, SEGANTINI, 2006). Na FIG 6 observa-se o tijolo solo-cimento-resíduos de concreto.

Figura 6- Tijolo solo-cimento-resíduos de concreto

Fonte: Portal do Tocantins[13]

2.5 Blocos e tijolos cerâmicos

Os blocos cerâmicos foram desenvolvidos na Europa em 1870. Já no Brasil, segundo Muller (1991), começou em 1980, quando foram instaladas as primeiras indústrias em solo nacional. A partir disso, iniciou-se o estudo da alvenaria de acordo com as antigas normas de tijolos de barro cozido.

Segundo Salgado (2009), a matéria-prima dos blocos cerâmicos é a argila, que é seca em fornos. Possuem furos longitudinais e custo baixo. São encontradas em diversas dimensões no mercado da construção.

Para a execução desse tipo de alvenaria, Salgado (2009) relata também algumas vantagens: “menor utilização de formas e armação, produtividade controlada, menos desperdício de material, obra mais racionalizada, cumprimento de prazos mais certos, consumo altamente quantificável, maior possibilidade de supervisão”.

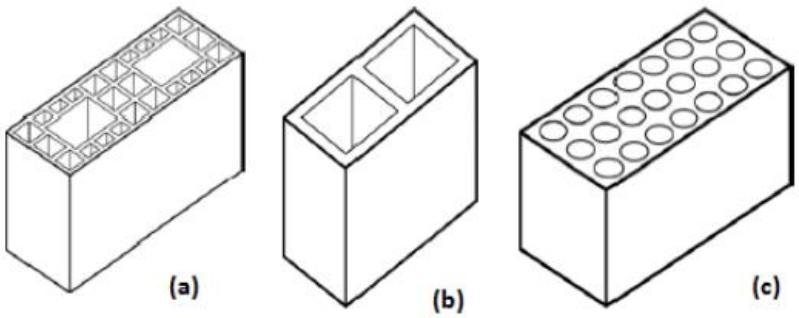
[13] http://www.portaldotocantins.com

Segundo a NBR 15270-1 (ABNT, 2005) “blocos são componentes de alvenaria que possuem furos prismáticos e/ou cilíndricos perpendiculares às faces que o contém”. Taguchi (2010, p. 17) afirma que os tijolos cerâmicos “são um dos componentes básicos de qualquer construção de alvenaria, seja ela de vedação ou estrutural”.

> O tijolo cerâmico, fabricado nas denominadas cerâmicas ou olarias, é basicamente fabricado a partir de argilas extraídas de barreiros, áreas quase sempre marginais aos rios. Existem diversos tipos de argilas que conferem propriedades diferentes aos tijolos. É comum serem adicionadas à argila outros materiais para darem a matéria prima as características desejadas. (SEBRAE)[14]

De acordo com a NBR 15270-2 (ABNT, 2005), os blocos cerâmicos podem ser de paredes vazadas, de paredes maciças ou perfurados, conforme é mostrado na FIG. 7.

Figura 7- Blocos cerâmicos estruturais (a) De paredes vazadas (b) De paredes maciças (c) Perfurados



Fonte: NBR 15270-2 (ABNT, 2005)

Taguchi (2010, p. 19) ainda afirma que “os materiais cerâmicos se destacam pela sua durabilidade e pela facilidade da sua fabricação”. De acordo com Fonseca e Roman (1994 e 1983 *apud* NESSRALLA, 2013), há vários motivos pelos quais é mais vantajoso optar pelo bloco cerâmico, tais como: facilidade da qualificação da mão-de-obra, boa aderência às argamassas e colas, permitindo o uso de qualquer tipo de revestimento, boa durabilidade, exigindo pequena ou nenhuma manutenção, alta resistência à chama, fácil transporte e manuseio para o pedreiro e boas características de isolamento térmico e acústico.

[14] https://www.sebrae.com.br

Barbosa (2015) cita as desvantagens da utilização da alvenaria em bloco cerâmico, são elas: mão de obra sem qualificação, durante a execução há quebras e desperdícios de materiais e mão de obra, maior possibilidade de erros, aumento do peso próprio das vedações, aparecimento de fissuras e trincas, entre outras.

Outra desvantagem é que os tijolos cerâmicos precisam ser cozidos em fornos, o que aumenta o desmatamento e a emissão de gases na atmosfera, o que gera o efeito estufa. Além dos desperdícios nas obras (MORAL *et al*.,2013).

2.6 Alvenaria de tijolo solo-cimento

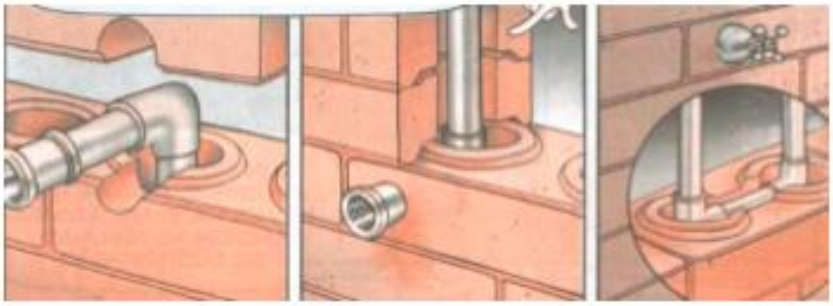
Grande (2003) cita algumas vantagens na utilização do tijolo ecológico em construções, como: controle de desperdício de entulho em obras, disponibilidade de abastecimento, baixo custo em comparação às alvenarias convencionais, durabilidade e segurança estrutural, funcionalidade de seus equipamentos, permitindo uma operação direta no canteiro de obras, independentemente de sua localidade, e eficiência construtiva devido ao sistema modular, no qual os tijolos são somente encaixados ou assentados com pouca quantidade de argamassa.

Além disso, os tijolos podem ser produzidos com furos internos que permitem a passagem de tubulações sem a necessidade de cortes ou quebras, facilidade de manuseio devido aos encaixes que agilizam a execução da alvenaria, baixa agressividade ao meio ambiente, pois dispensa a queima e economia de transporte, quando produzido no próprio local da obra. (GRANDE, 2003)

Os tijolos ecológicos podem ser assentados sem a utilização de argamassa. Porém Grande (2003, p. 74) afirma que “a argamassa, além de unir os tijolos, quando devidamente aplicada, garante uma melhor transmissão dos esforços e regularização das imperfeições dimensionais dos encaixes dos tijolos”. Devido a isso, o uso da argamassa de assentamento é recomendável.

Os furos internos desses blocos de terra comprimida, facilita o acesso para redes hidráulica e elétrica. Grande (2003, p. 2) relata que os furos desse tipo de tijolo, “permitem a passagem de tubulações sem a necessidade de cortes ou quebras”. Na FIG. 8 observa-se os detalhes das instalações hidráulicas.

Figura 8- Detalhes das instalações hidráulicas

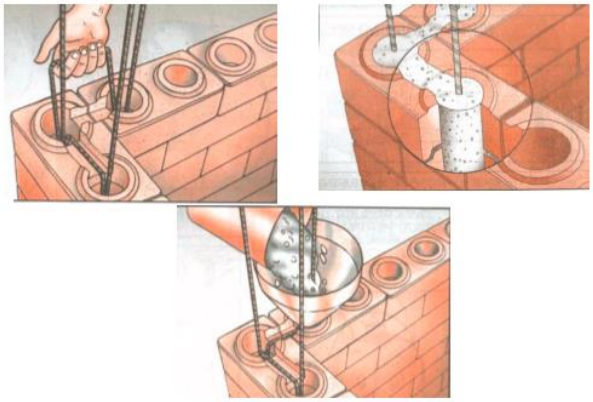


Fonte: Grande(2001)

> “O preenchimento dos furos com argamassa ou concreto tem duas finalidades: reforçar a estrutura e promover uma melhor amarração das paredes. A necessidade, a quantidade e a localização dessas “colunas” devem ser calculadas em projeto. Se elas existirem, é preciso encher as colunas de sustentação a cada meio metro de altura. A amarração das paredes dever ser feita com grampos, encaixados em pequenos sulcos cavados nos tijolos. Ou ainda de forma direta, pela simples amarração do tijolo. O mesmo procedimento deve ser repetido a cada meio metro para proporcionar resistência à construção”. (GRANDE, 2003, p. 135)

Na FIG. 9 apresentam alguns detalhes no preenchimento das colunas e das amarrações com os grampos. Já na FIG. 10 observa-se as modulações e assentamentos da primeira fiada em uma construção utilizando alvenaria solo-cimento.

Figura 9- Detalhes do preenchimento das colunas e das amarrações com os grampos.



Fonte: Grande (2001)

Figura 10- Modulação e assentamento da primeira fiada

Fonte: Tijolos Ecológicos Trindade (2016)[15]

2.7 Comparativo dos tijolos solo-cimento, cerâmico e de concreto

Motta *et al.* (2014, p. 14) afirma que “o tijolo solo-cimento gera uma menor quantidade de resíduos, pode ser usado na fabricação, os resíduos de outras construções e sua matéria-prima é abundante”. Como não é utilizado argamassa e pouca cola, o peso da alvenaria fica menor, diminuindo assim, o dimensionamento das fundações. Em relação ao tijolo convencional, ele também é mais resistente, impermeável e durável.

Penteado; Marinho (2011) realizou um estudo comparativo de custo e produtividade do processo construtivo com blocos de solo cimento, blocos cerâmicos e blocos de concreto. Comparou-se uma casa popular de 33m², considerando o custo e tempo de execução das etapas de estrutura, vedação e revestimento internos e externos.

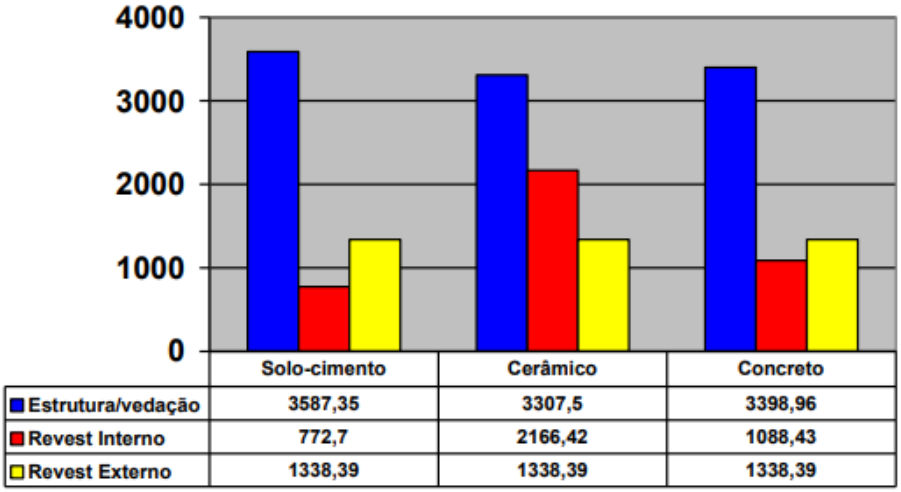
Quanto ao custo do material, o uso de bloco solo-cimento em uma obra gera uma economia de quase 58% em comparação ao emprego dos blocos cerâmicos nesta mesma obra. Em comparação com os blocos de concreto a diferença aumentou, o preço dos blocos de solo-cimento são quase 80% mais barato que os blocos de concreto (PENTEADO; MARINHO, 2011).

[15] http://www.tijolosecologicostrindade.com.br

Penteado; Marinho (2011, p. 52) analisou que “os blocos de solo-cimento, além do custo reduzido em comparação aos outros blocos, têm precisão dimensional, levam menos tempo para serem assentados e ainda economizam em revestimentos”, o que resulta um menor gasto com correções de prumo e mão-de-obra.

Para construções convencionais, são utilizados vigas e pilares em sua estrutura. É preciso um maior número de aço e concreto para a construção de formas e dobra das barras de aço, o que requer um maior número de funcionários e maior tempo de execução. (PENTEADO; MARINHO, 2011).

Figura 11- Comparativo de custos de serviços de estrutura, vedação e revestimentos

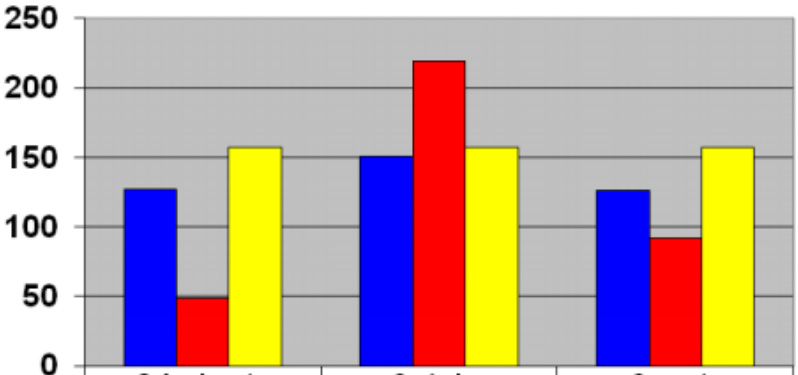


	Solo-cimento	Cerâmico	Concreto
Estrutura/vedação	3587,35	3307,5	3398,96
Revest Interno	772,7	2166,42	1088,43
Revest Externo	1338,39	1338,39	1338,39

Fonte: Penteado; Marinho (2011, p. 54)

De acordo com a FIG. 11, nota-se que a maior diferença foi verificada na etapa do revestimento interno, onde a execução do serviço com solo-cimento gasta 36,73% menos tempo que no sistema de menor produtividade (blocos cerâmicos) e tem custo 16,35% menor que o sistema mais caro (blocos cerâmicos). Penteado; Marinho (2011) afirmam que o sistema construtivo solo-cimento é o mais viável para construções populares, pois apresenta melhor resultado quando comparado com o sistema bloco cerâmico e bloco de concreto. Na FIG. 12 observa-se o comparativo de produtividade.

Figura 12- Comparativo de produtividade



	Solo-cimento	Cerâmico	Concreto
Estrutura/vedação	126,86	150,33	126,39
Revest Interno	48,47	219,23	91,97
Revest Externo	157,19	157,19	157,19

Fonte: Penteado; Marinho (2011, p. 55)

Nas construções que utilizam blocos solo-cimento não são necessário formas como é feito no sistema convencional. Os furos internos permitem embutir a rede hidráulica, o que facilita a passagem das instalações. Analisando a figura, nota-se que o trabalho em construções solo-cimento é mais rápido e diminui o desperdício de material, tornando a obra mais limpa.

Segundo Penteado e Marinho (2011), as vantagens das obras com blocos de solo-cimento em relação às outras estudadas ocorrem no que se refere ao tempo de conclusão, ao custo, ao desperdício de material, à poluição ambiental, entre outros.

Lima (2013) apresentou um estudo comparativo de custos entre os tijolos solo-cimento, cerâmico e concreto, baseando-se numa parede de dimensões 2,70 x3,00 metros, sendo que não foram considerados os gastos com redes elétrica e hidráulica e concluiu que a parede em questão pode ser reduzida em aproximadamente 27%.

Além disso, na execução da parede com área de 8,10m², não houve desperdício. Houve economia com revestimento e na argamassa para assentamento, sendo que os blocos podem ser assentados a seco ou ainda usando filete de cola fluida, com espessura da junta de assentamento tendo aproximadamente 1mm. Na TAB. 1 observa-se o estudo comparativo entre o tijolo solo-cimento e o tijolo convencional.

Tabela 1- Estudo comparativo entre tijolo solo-cimento x tijolo convencional

BTC de Solo-cimento de 12,5 x 25 x 7,5cm					Alvenaria convencional 11,5 x 24 x 14 cm				
Material	Un.	Quantid.	Preço	Total	Material	Un.	Quantid.	Preço	Total
1. Parede									
Blocos	pç	360	0,70	252,00	Blocos	pç	235	0,55	129,25
Cimento	kg	12	-	-	Cimento	kg	12	0,30	3,6
Areia	m³	0,13	-	-	Areia	m³	0,13	69,90	9,1
Cal	kg	20	-	-	Cal	kg	20	0,20	4,0
2. Pilares dentro dos furos (3 grautes) de 2,90m									
Areia	m³	0,12	69,7		Areia	m³	0,12	69,7	8,36
Cimento	kg	8	0,3		Cimento	kg	8	0,3	2,4
Pedrisco	m³	0,1	55		Pedra	m³	0,1	59	5,9
Tábua caixaria 15cm	ml	18	-	-	Tábua caixaria 15cm	ml	18	1,99	35,82
Ripa travamento caixaria	ml	3	-	-	Ripa travamento caixaria	ml	3	1,1	3,3
Pregos	kg	0,5	-	-	Pregos	kg	0,5	4,1	2,05
Ferro 8mm armadura	ml	12	1,4	16,8	Ferro 8mm armadura	ml	12	1,4	16,8
Ferrote 4,2mm estribos	ml	6,5	-	-	Ferrote 4,2mm estribos	ml	6,5	0,6	3,9
Arame amarras	kg	0,25	5,9	1,48	Arame amarras	kg	0,25	5,9	1,48
3. Canaleta 0,10 x 0,10 x 3,0 (2 canaletas)									
Areia	m³	0,02	69,9	1,4	Areia	m³	0,02	69,9	1,4
Cimento	kg	10,5	0,3	3,15	Cimento	kg	10,5	0,3	3,15
Pedrisco	m³	0,02	59	1,18	Pedra	m³	0,02	59	1,18
Tábua caixaria 15cm	ml	24	-	-	Tábua caixaria 15cm	ml	24	1,99	47,76
Ripa travamento caixaria	ml	3	-	-	Ripa travamento caixaria	ml	3	0,6	1,8
Pregos	kg	0,5	-	-	Pregos	kg	0,5	4,1	2,05
Ferro 8mm armadura	ml	6	1,4	8,4	Ferro 8mm armadura	ml	12	1,4	16,8
Ferrote 4,2mm estribos	ml	4,42	-	-	Ferrote 4,2mm estribos	ml	4,42	0,6	2,65
Arame amarras	kg	0,05	5,9	0,3	Arame amarras	kg	0,05	5,9	0,3
4. Reboco 16,20m²									
Areia	m³	0,58	-	-	Areia	m³	0,58	69,9	40,54
Cimento	kg	25	-	-	Cimento	kg	25	0,3	7,5
Cal	kg	80	-	-	Cal	kg	80	0,2	16
5. Pintura 16,20m²									
Massa corrida	gl	3	-	-	Massa corrida	gl	3	14,9	44,7
Selador alvenaria	gl	1	-	-	Selador alvenaria	gl	1	17,9	17,9
Tinta ou silicone impermeável	gl	1	40	40	Tinta ou silicone impermeável	gl	1	26,9	26,9
Custo total BTC de solo-cimento				**R$ 332,57**	Custo total alvenaria convencional				**R$ 456,57**

Fonte: Lima (2013, p. 19)

A marca Tijolo Ponto Eco (2016)[16] realizou o orçamento de uma residência de 55m² utilizando dois tipos de tijolo: ecológico e cerâmico. Concluiu que “o tijolo ecológico reduz o custo com materiais em 20% e com mão de obra em 63%. O custo final da construção da alvenaria será reduzido em 45%”. Na TAB. 2 observa-se o estudo comparativo de valores de uma residência com 55m².

Tabela 2- Estudo comparativo de valores de uma residência com 55m²

Materiais	Bloco Cerâmico		Tijolo Ecológico		Custo Unitário	Bloco Cerâmico	Tijolo Ecológico
Areia (m3)	8,90	m3	2,02	m3	R$ 100,00 /m3	R$ 889,60	R$ 202,00
Brita (m3)	1,83	m3	1,776	m3	R$ 100,00 /m3	R$ 183,40	R$ 177,60
Cimento (kg)	1776,92	kg	820,428	kg	R$ 0,52 /kg	R$ 924,00	R$ 426,62
Cal (kg)	785,69	kg	23,478	kg	R$ 0,45 /kg	R$ 353,56	R$ 10,57
Ferros (kg)	556,29	kg	172,259	kg	R$ 4,84 /kg	R$ 2.690,24	R$ 770,00
Tijolos (unidades)	7452	unidades	6826	unidades	R$ 0,50 /bloco R$ 1,00 /tijolo	R$ 3.726,00	R$ 6.826,00
Materiais para formas	-	-	0	-	-	R$ 528,58	0
Argamassa de reboco (kg)	4692	kg	0	kg	R$ 0,20 /kg	R$ 938,40	0
Massa acrílica (kg)	193,2	kg	0	kg	R$ 2,50 /kg	R$ 483,00	0
Tintas, preparadores, resina (L)	89,7	L	37,51	L	-	R$ 1.147,28	R$ 520,64
Rejunte flexível (kg)	0	kg	276	kg	R$ 3,00 /kg	0	R$ 828,00
Demais materiais	-	-	-	-		R$ 354,60	0
Equipamentos	-	-	-	-		R$ 9,45	0
Total						**R$ 12.228,12**	**R$ 9.761,42**
Reduz	**20,17% do custo com materiais**						

Mão de Obra	Bloco Cerâmico		Tijolo Ecológico		Custo Unitário	Bloco Cerâmico	Tijolo Ecológico
Pedreiros e demais oficiais	666,694	horas	254,977	horas	R$ 15,00 /hora	R$ 10.000,41	R$ 3.824,66
Serventes e demais auxiliares	671,381	horas	227,579	horas	R$ 10,00 /hora	R$ 6.713,81	R$ 2.275,79
Total Horas	**1338,075**	horas	**482,556**	horas		**R$ 16.714,22**	**R$ 6.100,45**
Reduz	**63,94%**	**das horas trabalhadas**			**e**		**63,50% da mão-de-obra**

Fonte: Tijolo Ponto Eco (2016)

Os tijolos solo-cimento, ao contrário do tijolo convencional, não passam pelo processo de queima, o que reduz o consumo de energia e os danos ambientais. Motta *et al*. (2014, p. 18) relata que “os tijolos ecológicos são assim chamados porque evitam a utilização do processo de queima de madeira e combustível, eliminando assim o corte de árvores e emissão de monóxido de carbono na atmosfera”

Quanto a mão de obra especializada, de acordo com estudos, nota-se que não há grande diferença entre o tijolo convencional. Isso faz com que as duas técnicas estejam próximas à habilidade exigida para a alvenaria.

Rebouças (2008, p. 71) afirma também que “a principal vantagem do bloco de terra comprimida com relação à alvenaria tradicional é a redução de atividades que não agregam valor, como produção de fôrmas, vergas e armaduras, o que pode vir a refletir na redução de custos e tempo de execução”.

[16] http://www.tijolo.eco.br

2.8 Vantagens e desvantagens dos tijolos solo-cimento

2.8.1 Vantagens

Segundo o site Sua Obra (2013)[17], as principais vantagens da utilização do tijolo solo-cimento em construções são diversas. Um dos principais benefícios é que o tijolo polui menos o meio ambiente, pois não é preciso ser cozido em fornos, o que diminui o desmatamento e a emissão de gases de efeito estufa. Gera pouco entulho e possui maior durabilidade.

O tijolo solo-cimento possui maior distribuição de cargas nas estruturas, isso faz com que proporcione maior segurança. Diminui as cargas que chegam na fundação proporcionando economia da infraestrutura. Possui também um isolamento termo acústico e rapidez na construção. (FRAGMAQ, 2014)[18]

2.8.2 Desvantagens

O site Sua Obra (2013) relata também algumas desvantagens do tijolo solo-cimento. Uma delas é que no processo de execução, requer mão de obra qualificada. Além disso, o tijolo absorve mais umidade, devido a necessidade de maior atenção em impermeabilização.

O tijolo solo-cimento possui baixa popularidade, ou seja, ele é desconhecido e gera muitos preconceitos. Isso faz com que não haja demanda e consequentemente, não se qualificam novos profissionais. Há também uma dificuldade em se reformar ou modificar a alvenaria. (TIJOLO CIMENTO, 2014)[19]. O tijolo solo-cimento possui baixa resistência a impactos em quinas e cantos e há também uma possibilidade de alguns insetos e animais se abriguem nos furos desses tijolos, se não forem bem protegidos.

[17] https://suaobra.com.br
[18] http://www.fragmaq.com.br
[19] http://www.tijolosolocimento.com.br

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se observar que o tijolo solo-cimento surge como uma alternativa bastante competitiva como material a ser utilizado na construção civil. Sua fabricação é menos agressiva ao meio ambiente, sobretudo pelo fato de não sofrer processos de queima, que além de consumirem madeiras, emitem gases poluentes.

O maior desafio para uma ampla utilização dos tijolos solo-cimento é o preconceito existente. O presente trabalho mostra que é possível conciliar desenvolvimento acelerado e sustentabilidade. Pois esses tijolos utilizam-se resíduos que seriam descartados, gerando danos ambientais e prejuízo financeiro.

Ainda foi possível constatar que por ser uma técnica simples, pessoas de baixa renda podem fabricá-los, proporcionando assim maior economia e viabilidade em suas obras. Assim, os tijolos solo-cimento podem ser avaliados e sempre que possível considerado como material a ser utilizado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação- Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____ **NBR 15270-2**: Componentes cerâmicos. Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural- Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____ **NBR 6502**: Rochas e solos. Rio de Janeiro, 1995.

_____ **NBR 8491**- Tijolo de solo-cimento. Requisitos, Rio de Janeiro, 2012.

BARBOSA, E. M. L. Análise comparativa entre alvenaria em bloco cerâmico de vedação e drywall. **Revista Especialize.** Dez. de 2015. Disponível em: <https://www.ipog.edu.br>. Acesso em: 23 out. 2017.

CASANOVA, F. J. O solo como material de construção. Revista Habitare, Ano 4, Agosto, 2004. Disponível em: <http://www.habitare.org.br/ConteudoGet.aspx?CD_CONTEUDO=262>. Acesso em: 20 set. 2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 1 de 23 jan.1986. Diário Oficial da União, Brasília, 17 de fev. 1986.

FERRAZ, A. L. N. F.; SEGANTINI, A. A. S. Engenharia sustentável: aproveitamento de resíduos de construção na composição de tijolos de solo-cimento. Ano 5, Meio Rural. 2004. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022004000100052&script=sci_arttext>. Acesso em: 20 out. 2017.

FERREIRA, R. C., GOBO, J. C. C., CUNHA, A. H. N. **Incorporação de casca de arroz e de braquiária e seus efeitos nas propriedades físicas e mecânicas de tijolos de solo-cimento.** 2008. 11 f. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.28, n.1, jan./mar. 2008.

FILHO, L. L. C. **Avaliação da resistência a compressão simples e absorção de água de tijolos vazados de solo-cimento produzidos a partir da substituição parcial do cimento pela cinza da lenha de algaroba.** 2016. 95 f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil e Ambiental)- Centro Acadêmico do Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2016.

FIGUEROLA, Valentia. Alvenaria de solo-cimento. **Revista Téchne,** São Paulo, n. 85, p. 30-35, maio/ abril. 2004. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/85/artigo286284-1.aspx>. Acesso em: 20 set. 2017.

Futuro acadêmico. Projeto universitário desenvolve tijolo ecológico- mais barato e sustentável. Disponível em: <http://futuroacademico.com.br/fique-por-dentro/tijolo ecologico/>. Acesso em: 22 set. 2017.

GRANDE, F. M. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa**. 2003. 165 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) -Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2003.

Imprensa FENASUCRO. Tijolo ecológico a base bagaço de cana e cinza de caldeira reduz custo de obra em até 40%. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&ved=&url=https%3A%2F%2Fimprensafenasucroagrocana.wordpress.com%2F2016%2F08%2F&psig=AOvVaw2tch1Gxn37Tt_7YL0eRU_H&ust=1510936368172280>. Acesso em: 29 out. 2017.

JOHN, V. M.; A construção, o meio ambiente e a reciclagem. Disponível em: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/a_construcao_e.htm>. Acesso em: 06 out. 2017.

John, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil:** contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 102 f. Tese (Título de Livre Docente) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LIMA, F. X. R. F. **Blocos de terra compactada de solo-cimento com resíduos de argamassa de assentamento e revestimento**: caracterização para uso em edificações. 2013. 114f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

MILANI, A. P. da S.; FREIRE, W. J. Características físicas e mecânicas de misturas de solo, cimento e casca de arroz. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.26, n.1, p.1-10, jan./abr. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162006000100001>. Acesso em: 26 out. 2017.

MONTAVANI, A. T. **Utilização de cinzas de biomassa florestal na fabricação de tijolos ecológicos.** 2012. 20 f. Projeto de Ciências Rurais – Curso de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, Santa Catarina, 2012.

MORAIS, M. M. *et al*. **Desperdício de blocos cerâmicos em obras de construção civil:** estudo de caso de manipulação dos blocos pelos trabalhadores. Dissertação. XIII Jornada de ensino, pesquisa e extensão- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, 2013.

MOTTA, J. C. S. S. *et al.* Tijolo de solo-cimento: analise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. Revista: E-xacta. Belo Horizonte, v. 7, n. 1, 2014. p. 13-26. Disponível em: <www.unibh.br/revistas/exacta>. Acesso em: 1 nov. 2017.

MULLER, M. S. K. **Estudo das correlações entre resistências a compressão de paredes e prismas de alvenaria estrutural cerâmica não armada submetidos a**

esforços de compressão axial. 1991. 9 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

NESSRALLA, M. P. **Resistência à compressão de paredes de alvenaria estrutural: bloco cerâmico de 44cm.** 2013. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Belo Horizonte, 2013.

NEVES, C., **O uso do solo-cimento em edificações**: a experiência do CEPED. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2003.

PARENTE, E. B. **Avaliação do comportamento mecânico das misturas de solo-cimento e fosfogesso e cimento para uso na construção rodoviária.** 2002. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

PECORIELLO, L. A.; BARROS, J. M. C. Alvenaria de tijolos de solo-cimento. Revista Techne, ed 87, jun. 2004. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/87/artigo285631-1.aspx >. Acesso em: 26 ou. 2017.

PENTEADO, P. T; MARINHO, R. C. **Analise comparativa de custo e produtividade dos sistemas construtivos:** solo-cimento, alvenaria convencional e alvenaria estrutural. 2011. 64 f. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Produção Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2011.

Virtuhab. Alvenaria de bloco solo cimento . Disponível em: <http://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/alvenaria-de-bloco-de-solo-cimento/>. Acesso em: 19 out. 2017.

REBOUÇAS, P. H. B. **Alvenaria de bloco de terra comprimida:** avaliação da tecnologia focada na gestão dos processos. 2008. 92 f. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Feira de Santa, Feira de Santana, 2008.

RIBEIRO, L. R. C**. Processo de produção e viabilidade do tijolo modular de solo-cimento na construção civil no estado do RN.** 2013. 48 f. Dissertação (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semiárido, 2013.

ROSÁRIO, T.; TORRESCASANA, C. E. N. Tijolo de solo-cimento produzidos com resíduos de concreto. Disponível em: <https://www.unochapeco.edu.br/static/data/portal/downloads/1508.pdf>. Acesso em: 21 set. 2017.

SALA, L. G. **Proposta de Habitação Sustentável para Estudantes Universitários.** 2006. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2006.

SALGADO, Júlio Cesar Pereira. **Técnicas e práticas construtivas para edificação.** 2. ed. São Paulo: Érica, 2009. 117 p.v.1.

SILVA, S. A. M. **Tijolos de solo-cimento reforçado com serragem de madeira.** 1991. 202 f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

SOUZA, M. I. B.; SEGANTINI, A. A. S.; PEREIRA, J. A. Tijolos prensados de solo-cimento confeccionados com resíduos de concreto. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande- PB, v.12, n.2, p.205–212, 2008. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v12n2/v12n02a14.pdf>. Acesso em: 24 set. 2017.

TAGUCHI, M. K. **Avaliação e qualificação das patologias das alvenarias de vedação nas edificações.** 2010. 84 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Setor de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, 2010.

Tijolos ecológicos Trindade. Construção tijolo ecológico: base. Disponível em: <http://www.tijolosecologicostrindade.com.br/?attachment_id=342>. Acesso em: 18 set. 2017.

Tijolo Ponto Eco. Conheça o tijolo ecológico. Disponível em: <http://www.tijolo.eco.br/tijolo-ecologico/conheca-o-tijolo-ecologico/>. Acesso em: 25 set. 2017.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Rio de Janeiro- RJ). Olaria- Fabricação de Tijolos. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-uma-olaria-para-a-fabricacao-de-tijolos,e6e87a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>. Acesso em: 20 set. 2017.