

MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS ATRAVÉS DO USO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO ECOLÓGICOS. ESTUDO DE CASO: TIJOLOS ECOLÓGICOS COMPARADOS A TIJOLOS CERÂMICOS

Elaine Cristina Oliveira Batista Santos

*Discente do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(elainecristina014@hotmail.com)*

Juliano Moura Chaves Júnior

*Discente do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis
(julianojr01@outlook.com)*

Ana Lúcia Carrijo Adorno

Professora Doutora do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis (ana.carrijo@unievangelica.edu.br)

Isa Lorena Silva Barbosa

Professora Mestra do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis (isa_barbosa@hotmail.com)

RESUMO

O tijolo solo-cimento, também denominado tijolo ecológico, surgiu no mercado da construção civil como alternativa sustentável, principalmente em relação aos tijolos cerâmicos convencionais. O presente estudo tem o objetivo de caracterizar o material, apresentando as possibilidades de mitigação de impactos ambientais através de sua utilização, além de aplicar testes com o intuito de verificar se o mesmo supre os mesmos requisitos que os blocos cerâmicos. Por se tratar de um material ecológico, é de extrema importância explicar acerca de suas características, sobretudo, pelo preocupante papel da indústria da construção civil na degradação ambiental atual. Realizou-se no decorrer deste, o teste de resistência a compressão e índice de absorção de água, permitindo assim a determinação de características dos diferentes materiais: solo-cimento e cerâmico. Buscou-se identificar os possíveis benefícios ambientais acarretados pela utilização do material ecológico citado, como redução de resíduos sólidos, menor desmatamento, minoração da emissão de gases poluentes na atmosfera, menor consumo de energia e recursos naturais, entre outros.

Palavras-Chave: Tijolo solo-cimento. Tijolo ecológico. Tijolo cerâmico. Sustentabilidade. Impactos Ambientais.

1 INTRODUÇÃO

Caracteriza-se como material de construção ecológico, também conhecido como ecoproduto, aquele que produzido de forma artesanal ou industrializada, não remeta a relevantes malefícios ao meio ambiente.

O processo de desenvolvimento industrial e econômico assim como o constante crescimento populacional culminou hoje em uma alarmante situação ambiental no Brasil e no mundo. A escassez de recursos naturais é uma das implicações, uma vez que sua demanda cresce gradativamente em contrapartida com a sua oferta, além da emissão de gases poluentes, responsáveis por um intenso desgaste ambiental.

Assim como a supremacia das atividades industriais, a indústria da construção civil é incumbida por grande parte dos impactos negativos direcionados ao meio ambiente na contemporaneidade. Atribui-se à indústria da construção civil mais de 50% do consumo de recursos naturais, tratando-se este apenas do prelúdio dos danos ambientais ocasionados pela mesma (CBCS, 2014).

A incessante preocupação com a sustentabilidade e a grande participação da indústria da construção civil no impacto ambiental, resultaram hoje, em um paulatino interesse por construções ecológicas, se tratando de um sistema construtivo que contempla as premências humanas, ao mesmo tempo em que não afeta negativamente o meio ambiente.

Mediante a situação apresentada, o tijolo ecológico, também conhecido como tijolo solo-cimento, surge como alternativa para mitigação de impactos ambientais acarretados pela construção civil. Formados através da prensagem do cimento, solo e água, os tijolos ecológicos representam uma menor ameaça ao meio ambiente, uma vez que consomem menos recursos naturais e não passam pelo processo de queima como os tijolos cerâmicos convencionais comumente usados para vedação.

2 METODOLOGIA

Seguiu-se um plano de estudo iniciado a partir de revisão bibliográfica. Buscou-se embasamento teórico em artigos, teses, dissertações, livros, normas e leis, a fim de obter-se conhecimento técnico acerca do tema abordado.

Posteriormente coletou-se dados com as empresas/fábricas abordadas no presente estudo, se tratando de uma fábrica de tijolos ecológicos e uma fábrica de tijolos cerâmicos.

Houve o acompanhamento do processo produtivo do tijolo solo-cimento, e subsequente realização de testes e análises que comprovassem a viabilidade e benefício no uso do material construtivo em questão.

Próximo à coleta de dados, foi realizada a análise e discussão dos resultados, alcançando o objetivo do presente estudo: comprovar que o uso de materiais de construção civil ecológicos, em especial o tijolo solo-cimento, é uma possibilidade de mitigação de impactos ambientais, principalmente quando comparados a tijolos cerâmicos.

3 TIJOLO ECOLÓGICO

3.1 DEFINIÇÃO

Segundo ABCP (2009), o solo-cimento consiste em uma mistura de solo, cimento e água, em proporções distintas, gerando um composto com boa resistência a compressão, elevada impermeabilidade, baixa retração volumétrica e considerável durabilidade.

As principais aplicações do solo-cimento na construção civil são: pavimentação e construção de habitações; podendo atuar através da fabricação de tijolos, e obras de contenção. A viabilidade de seu uso consiste principalmente no baixo custo financeiro de sua matéria-prima principal e na não exigência de mão-de-obra qualificada (SOARES, 2006).

O tijolo solo-cimento trata-se de um material de construção advindo da prensagem, seja ela manual ou hidráulica, do solo-cimento. Popularizou-se no Brasil após o incentivo do Banco Nacional de Habitações – BNH, que em 1978 autorizou o uso do material na construção de habitações populares, logo depois de estudos comprovarem a qualidade e as vantagens do uso do material (MIELI, 2009).

3.2 FABRICAÇÃO

O fluxograma do processo produtivo baseia-se na gradação e peneiração do solo, seguido da incorporação do cimento e da água, a prensagem dos materiais, podendo ser manual ou hidráulica e por fim a cura do material nos sete primeiros dias que seguem a sua fabricação (SOUZA, 2006).

O solo a ser utilizado na produção de solo-cimento deve ser de fácil desagregação e manter uma proporção em sua granulometria. Não são aconselháveis a adoção de solos predominantemente argilosos ou siltosos, uma vez que mesmo que a argila apresente propriedades aglomerantes, a mesma pode ter sua resistência comprometida por meio do processo de retração, que conseqüentemente ocasiona fissuras, trincas e/ou rachaduras. Aconselha-se que o solo a ser empregado na fabricação, possua um índice superior a 60% de areia. (SILVA, 2015).

Conforme NBR 10833 (ABNT, 2012), que dispõe sobre a fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica – procedimento, o cimento a ser utilizado deve atender a sua respectiva norma técnica.

Em se tratando da água, indica-se o uso de água potável, livre de contaminação. Caso a mesma seja proveniente de poços subterrâneos, aconselha-se a realização de análises prévias, com o intuito de não comprometer a mistura final (PIRES, 2004).

O solo e o cimento são misturados de forma similar a produção de argamassa, até obter-se uma mistura homogênea. A água é adicionada conforme necessidade, visando o alcance da umidade padrão (PIRES, 2004).

A cura é realizada nos sete primeiros dias após a prensagem do solo-cimento nos moldes. Para transporte e armazenamento são recomendados o uso de pallets. O uso do material deverá ocorrer apenas após decorridos 14 dias de sua fabricação conforme a NBR 10833 (ABNT,2012).

3.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS TIJOLOS ECOLOGICOS

São diversas as vantagens do uso do tijolo solo cimento, entre elas: pode ser utilizado o solo típico do local da obra, podendo economizar no transporte; para aplicação de argamassa pode-se usar uma espessura infinitesimal de assentamento devido à invariabilidade de suas superfícies; quando longe de ação retilínea da água não é necessário o seu revestimento; isenta a queima; na maior parte da sua fabricação não utiliza trabalhadores peritos (FUNTAC, 1999).

O material em questão também se caracteriza como alternativa para construção de habitações populares, uma vez que se utiliza de materiais naturais e se trata de um material de encaixe, prescindindo grandes pilares na estrutura (MOTTA, 2014). Uma vez que facilita o acesso a este tipo de habitação, a aplicação do tijolo ecológico propicia o avanço financeiro da sociedade, se tornando assim um método de cunho econômico, social e ecológico e se fazendo crucial ao desenvolvimento sustentável no setor da Engenharia Civil (CORDEIRO, 2017).

O custo inicial da utilização do tijolo ecológico é superior ao do tijolo cerâmico convencional popularmente utilizado, devido ao custo unitário do material, contudo, a adoção do material pode permitir um decréscimo de até 40% do valor da obra acabada através da aplicação da técnica correta (SAMPAIO, 2015).

O principal insumo utilizado na produção dos tijolos ecológicos é o solo, material que pode ser encontrado em grandes quantidades na natureza, entretanto sua utilização também pode representar uma desvantagem, uma vez que a extração inadequada do solo pode vir a causar processos erosivos. Outra desvantagem da escolha desse material é a possível aparição de patologias na construção, caso a dosagem venha a ser incorreta (MOTTA, 2014).

Em sua fabricação não é necessária a queima de materiais, evitando assim a emissão de gases poluentes na atmosfera. Além disso, seu processo produtivo é passível de ser realizado manualmente, o que permite a abrangência de uma população carente de recursos (MOTTA, 2014).

Devido a não necessidade de queima em seu processo de fabricação, o tijolo ecológico permite uma redução do consumo de energia, especialmente quando a compactação é feita manualmente. Ressalta-se também a durabilidade das construções de solo-cimento ao longo dos tempos, resistindo ao desgaste e a umidade, devido à alta resistência e impermeabilidade do material em questão (TEIXEIRA, 2012).

Além de não precisar de profissionais especializados para o assentamento do material, o procedimento é ágil e fácil. O material possui encaixes perfeitos, permitindo a utilização apenas de uma cola, e evitando assim o desperdício de materiais (FRAGA, 2015).

Visto que o material apresenta características diferentes de tijolos cerâmicos convencionais, seu assentamento e revestimento deve ser executado com certa cautela, uma vez que o solo-cimento possui variação dimensional e diferentes índices de absorção de água (VALENCIANO, 1999).

Provoca maior conforto e valorização do imóvel em qual foi empregado, uma vez que os dutos formados durante o assentamento permitem conforto térmico e funcionam como

isolante acústico. Além disso, os mesmos dutos podem ser utilizados como condutores para rede elétrica e hidráulica, evitando assim a quebra de paredes (FRAGA, 2015).

A utilização de tijolos ecológicos permite também, um canteiro de obras sistematizado, promovendo assim a mitigação de desperdícios e uma menor quantidade de resíduos de construção civil (RCC) produzidos (LIMA, 2010).

Apesar da grande quantidade de vantagens apresentada pela utilização dos tijolos solo-cimento, a maior desvantagem é a falta de conhecimento técnico, tanto por parte dos consumidores, como de alguns profissionais da construção civil. Erroneamente, grande parte acredita que o material não possui o mesmo desempenho que os tijolos cerâmicos convencionais e acabam optando por não os utilizar (FRAGA, 2015).

4 IMPACTOS AMBIENTAIS

4.1 DESMATAMENTO

A produção de cerâmica vermelha é responsável por desmatamento irracional visando apenas à extração de lenha, e em conjunto com a falta de recuperação das espécies (reflorestamento), é responsável pela desertificação de áreas (NASCIMENTO, 2007).

As olarias (indústrias de cerâmica vermelha) se utilizam de lenha como fonte energética, para realização da queima dos materiais em forno, contribuindo com a formação de paisagens áridas e com o agravamento da poluição ambiental (FERREIRA, 2012). O tijolo ecológico compensa o tijolo cerâmico e ainda evita desmatamentos por dispensar o cozimento (BARBOSA, 2018).

Segundo análise realizada por Aquino (2017), podem ser salvas de sete a doze espécies arbóreas na produção de cerca de mil tijolos ecológicos, uma vez que os mesmos não precisam passar pelo processo de queima, reduzindo assim o desmatamento.

4.2 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Classificam-se como os principais agentes de poluição do ar: termoelétricas, indústrias alimentícias, metalúrgicas, indústrias petroquímicas e indústrias cerâmicas (SOUZA, 2016). Os óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, compostos orgânicos voláteis e fluoretos são os gases poluentes mais relevantes provenientes da atuação da indústria cerâmica (FLORÊNCIO, 2000).

A emissão dos poluentes atmosféricos ocorre durante o processo de transporte, recebimento, manuseio e mistura das matérias-primas, (materiais particulados) assim como durante o processo de queima (emissão de gases poluentes), necessário na produção de materiais cerâmicos (MAGALHÃES, 2016).

O processo de fabricação dos tijolos ecológicos, diferentemente dos tijolos cerâmicos convencionais, não conta com a queima do tijolo, portanto, afirma-se que o mesmo colabora com a minoração de problemas ambientais, uma vez que assim não emite gases poluentes na atmosfera (RIBEIRO, 2013).

4.3 CONSUMO DE RECURSOS NATURAIS

A extração da argila (principal insumo dos tijolos cerâmicos) ocasiona a danificação do solo, acelerando assim processos de erosão e assoreamento de cursos d'água existentes nas proximidades de jazidas, uma vez que a terra é conduzida para o fundo dos rios, reduzindo assim sua profundidade (HOLANDA, 2011).

O uso do tijolo solo-cimento reduz o consumo de recursos naturais, uma vez que não se utiliza de argila em sua produção (MORAIS, 2014). Sendo formado apenas por solo, cimento e água, possui matéria-prima farta na natureza (MOTTA, 2014).

O solo trata-se de um recurso natural com baixo impacto ambiental, apresentando baixo custo e grande disponibilidade na natureza. Vêm sendo desenvolvidas na atualidade diversas técnicas para emprego deste insumo como material construtivo, uma vez que apresenta diversos benefícios, sendo uma delas a fabricação de tijolos e blocos ecológicos, que têm sido bastante utilizados em construções populares hoje em dia (PINTO, 2015).

4.4 RESÍDUOS SÓLIDOS

A viabilidade da fabricação de tijolos ecológicos é justificável pela não geração de resíduos poluentes e ainda por permitir a incorporação de resíduos em sua produção, se tornando assim vantajoso economicamente e tecnicamente. Os resíduos a serem empregados no processo variam conforme a região (LIMA, 2015).

Os resíduos remanescentes de construções e demolições podem ser utilizados como agregados na produção de solo-cimento, como por exemplo, restos de argamassa, concreto e materiais cerâmicos. Os resíduos de concreto, posteriormente a passarem pelo processo de trituração, assemelham-se a areias grossas, podendo assim corrigir a composição granulométrica de solos finos, conseqüentemente provocando a viabilização do uso dos mesmos na produção de solo-cimento (SOUZA, 2008).

É possível que a composição do solo-cimento seja formada por até 60% de resíduos de concreto em relação à massa de solo, sem que assim haja alterações significantes nas características do material (SOUZA, 2008).

A incorporação de resíduos na produção dos tijolos solo-cimento objetiva não apenas a redução de resíduos, como também de diversas outras problemáticas ambientais. O mesmo se destaca por apresentar a possibilidade de reciclagem de resíduos de diversas atividades, inclusive da própria construção civil (COSTA, 2011).

4.5 CONSUMO DE ENERGIA

O solo como material de construção trata-se de uma alternativa para economia de energia, uma vez que não necessitam de energia para queima e por se caracterizar como um material isolante, prevenindo assim gastos energéticos elevados para condicionamento dos ambientes (PISANI, 2005).

Ressalta-se que mesmo com o gasto energético da produção de cimento, uma das matérias primas dos tijolos ecológicos, o mesmo ainda representa economia se comparado com o tijolo cerâmico, pois a energia consumida é menor do que a necessária para queima

dos tijolos convencionais e também pelo fato do cimento não ser o principal insumo do material (PISANI, 2005).

As alvenarias construídas com os denominados tijolos solo-cimento possuem furos que permitem o isolamento térmico e acústico do ambiente, tornando o local agradável em qualquer época do ano e evitando assim o uso de equipamentos elétricos utilizados para climatização. Conseqüentemente ocorre a economia de energia (SILVA, 2015).

Além de proporcionar conforto termo-acústico e por meio disto reduzir o consumo de energia em sua utilização, o material construtivo em questão também não precisa ser queimado, reduzindo assim o consumo de energia em sua produção (SILVA, 2015).

5 DADOS LEVANTADOS

5.1 FÁBRICA DE TIJOLOS ECOLÓGICOS

O tijolo solo-cimento, como indicado previamente, é composto por solo, cimento e água. A empresa estudo de caso utiliza-se de saibro e cimento CP V extra forte.

Para cada remessa produzida, correspondente a 140 tijolos ecológicos, utiliza-se 20 kg de cimento (meio saco), para 360 litros de saibro (seis carrinhos de mão de 60l).

A matéria-prima é transportada até o misturador através do esquite, onde a mesma é conglomerada com água, até obter-se uma massa homogênea. Posteriormente é peneirada para retirada de resíduos grosseiros, e levada pela esteira até a prensa hidráulica, por onde o produto sai finalizado, após ter sido prensado e moldado.

Os resíduos sólidos provenientes do processo produtivo do tijolo ecológico tratam-se de resíduos de papel e papelão, correspondentes às embalagens do cimento, e resíduos grosseiros, como pedras, retirados da peneira. Estima-se uma quantidade mensal de 3 m³ de resíduos sólidos, advindos da produção. Com base nos dados levantados, e considerando que a empresa produz mensalmente cerca de 80.000 (oitenta mil) tijolos, cada tijolo ecológico produzido gera aproximadamente 0,0000375 m³ de resíduos.

A fábrica estudo de caso, consome mensalmente cerca de 2.181,76 Kw/h de energia elétrica. Considerando uma produção mensal de 80.000 (oitenta mil) tijolos ecológicos, estima-se um consumo unitário de 0,027 Kw/h.

Conforme tabela de preços da empresa, o milheiro de tijolos ecológico custa R\$ 890,00 (oitocento e noventa reais), sendo assim, cada tijolo ecológico custa R\$ 0,89 (oitenta e nove centavos).

Apesar de situar-se no município de Anápolis, as principais vendas da empresa são para o Distrito Federal, com o intuito de construir-se edificações preferencialmente rústicas, como sedes de fazendas e casas no lago.

5.2 FÁBRICA DE TIJOLOS CERÂMICOS

Caracteriza-se como matéria-prima para produção de tijolo cerâmico convencional, argila, também popularmente denominado barro, água e materiais para abastecimento do forno, como eucalipto, cavaco móido e restos de construção civil.

Primeiramente a matéria-prima passa pelo equipamento denominado “caixão”, onde a mesma é dosada e triturada, e em seguida encaminhada através de esteira até o desintegrador. O desintegrador tem a incumbência de desintegrar torrões e pedras da argila.

Posteriormente é encaminhada ao misturador, onde a matéria é conglomerada com água. Passa pela “maromba” que prensa e molda a massa do tijolo furado, e em seguida pela cortadeira, que corta o tijolo na dimensão desejada.

As peças são encaminhadas para secagem, em um depósito ventidado, ou em casos de encomendas emergenciais na área de secagem rápida, que é aquecida com o calor advindo dos fornos, por meio de exaustor.

A última fase do processo de produção do tijolo cerâmico é a queima do material em forno. Cada forno tem capacidade de cerca de 18.000 (dezoito mil) tijolos, chegando a uma temperatura de até 960 °C.

Os resíduos provenientes da produção de tijolo cerâmico tratam-se de cinzas e carvão, advindos do processo de queima. Estima-se a geração de cerca de 33,33 m³ por mês de resíduos. Considerando que o empreendimento produz cerca de 600.000 (seiscentos mil) tijolos cerâmicos mensalmente, estima-se uma produção de 0,000055 m³ de resíduos por unidade de tijolo.

Estima-se um consumo mensal de 34.090,91 Kw/h de energia elétrica. Com base nos dados levantados, calcula-se um consumo de 0,057 Kw/h para produção de cada tijolo cerâmico.

Com base na tabela de preços da fábrica analisada, o milheiro (1000 unidades) de tijolos cerâmicos custa em média R\$ 330,00 (trezentos e trinta reais), o que proporciona um custo unitário de R\$0,33 (trinta e três centavos).

A empresa em questão possui um público variado, sendo vendidos tijolos para diversos tipos de construção no município e região. Entretanto, o empreendedor têm preferência em comercializar as peças com construtoras.

6 TESTES REALIZADOS

6.1 TESTE DE IMPACTO CONFORME NBR 15575-4 (ABNT, 2013)

A NBR 15575-4 (ABNT, 2013) é uma norma voltada ao desempenho de edificações habitacionais, que dispõe sobre sistemas de vedações verticais internas e externas. Impõe como requisito para aprovação de um determinado sistema de vedação, a resistência à impactos de corpo duro e corpo mole.

Com base nas diretrizes impostas pela NBR citada, realizou-se os teste de impacto de corpo duro e corpo mole em um protótipo de parede vertical externa de tijolos ecológicos, simulando uma parede de residência térrea, a fim de determinar se o material atende as especificações da norma vigente.

O protótipo executado possuía 3,02 m de comprimento e 2,50 m de altura, não tendo sido realizado impermeabilização das peças ou rejunte por se tratar apenas de um

teste laboratorial com fins acadêmicos, entretanto, ressalta-se que para o uso cotidiano os processos deveriam ter sido executados.

Seguindo o processo construtivo indicado pelo fabricante, a parede foi executada da seguinte maneira: a cada um metro horizontal contruiu-se uma fiada de canaletas ecológicas, preenchidas com concreto e com ferragem de 4 mm de espessura, e a cada metro vertical implantou-se colunas de concreto com ferragem de 8 mm, executadas nos próprios furos dos tijolos.

O assentamento das peças deu-se através de argamassa AC-II, utilizada para revestimento interno e externo, e cola branca extra forte.

6.2 TESTE DE IMPACTO DE CORPO DURO CONFORME NBR 15575 -4 (ABNT, 2013)

Conforme NBR 15575-4 (ABNT, 2013), após sofrerem impactos de corpo duro às paredes verticais não devem: conter fissuras, escamações ou deformidades, exceto as mossas geradas pelo impacto de corpo duro; apresentar ruptura ou traspassamento do sistema de vedação.

A tabela 1, caracteriza os valores de impacto a serem sofridos pelas paredes, assim como os critérios para aprovação dos sistemas, com base nos critérios da norma:

Tabela 1 - Impactos de corpo duro para vedações verticais externas

| Sistema | Impacto | Energia de impacto de corpo duro (J) | Critério de desempenho |
|---|---|--------------------------------------|---|
| Vedação vertical com ou sem função estrutural | Impacto externo (acesso externo ao público) | 3,75 | Não ocorrência de falhas inclusive no revestimento (estado limite de serviço) |
| | | 20 | Não ocorrência de ruína, caracterizada por ruptura ou traspassamento (estado limite de serviço) |

Fonte: NBR 15575-4 (ABNT, 2013).

O teste consiste no abandono pendular, em repouso, de dois corpos duros, um com massa de 1 kg e outro com massa de 0,5 kg, se tratando de esferas de aço. Deve-se proferir 10 impactos de cada energia (3,75 J e 20 J, se tratando de parede externa) na parede vertical e analisar se a mesma atende o disposto nos critérios de desempenho, além de medir a profundidade das mossas formadas a partir do impacto. Em se tratando do impacto de 3,75 J não deve haver ocorrência de falhas inclusive no revestimento (estado limite de serviço) e as mossas não devem ultrapassar profundidade de 2,0 mm, enquanto no de 20 J não deve haver ocorrência de ruína, caracterizada por ruptura ou traspassamento (estado limite de serviço) (NBR 15575-4 , ABNT, 2013).

A tabela 2, informa os resultados obtidos após realização do teste de corpo duro:

Tabela 2 - Resultados levantados após realização de teste de corpo duro.

| Quant. Impactos | Impacto | Massa (kg) | Energia (J) | Ocorrências | |
|-----------------|-----------------|------------|-------------|----------------------------|-------------------------------|
| | | | | Profundidade da moosa (mm) | Fissuras/ Escamações/ Ruptura |
| 1º | Impacto Externo | 0,5 | 3,75 | 0,8 | |
| 2º | | | | 0,6 | |
| 3º | | | | 0,8 | |
| 4º | | | | - | Ruptura |
| 5º | | | | 0,8 | |
| 6º | | | | 1,2 | |
| 7º | | | | 0,8 | |
| 8º | | | | 0,9 | |
| 9º | | | | 0,9 | |
| 10º | | | | 0,7 | |
| 1º | Impacto Externo | 1 | 20 | 1,6 | |
| 2º | | | | 1,6 | |
| 3º | | | | 1,6 | |
| 4º | | | | 1,4 | |
| 5º | | | | 1,6 | |
| 6º | | | | 1,5 | Ruptura |
| 7º | | | | 1,3 | |
| 8º | | | | 1,4 | |
| 9º | | | | 1,5 | |
| 10º | | | | 1,6 | |

Fonte: AUTORES (2018).

Ao fim do teste observou-se que no impacto de nº 04, com a esfera de aço de 0,5 kg, e energia de 3,75 J, assim como o impacto de nº 6, com a esfera de 1,0 kg e energia de 20 J, houve ruptura na peça. Isso se deve ao fato de o impacto ter sido proferido na quina dos tijolos ecológicos (juntas seca). Após análise com os técnicos que realizaram os testes e com os fabricantes do material, inferiu-se que caso houvesse sido realizado o rejunte no sistema de vedação em questão, as rupturas não teriam ocorrido. Em se tratando da profundidade das moosas, nenhuma ultrapassou 2,0 mm.

6.3 TESTE DE IMPACTO DE CORPO MOLE CONFORME NBR 15575 -4 (ABNT, 2013)

Conforme NBR 15575-4 (ABNT, 2013), após sofrerem impactos de corpo mole às paredes verticais não devem: sofrer ruptura ou instabilidade; apresentar fissuras, escamações ou variáveis falhas; provocar danos a componentes, instalações ou aos acabamentos. A tabela 3 caracteriza os valores de impacto a serem sofridos pelas paredes:

Tabela 3 - Impactos de corpo mole para vedações verticais externas.

| Elemento | Impactos | Energia de impacto de corpo mole (J) | Critério de desempenho |
|--|---|--------------------------------------|---|
| Vedação vertical sem função estrutural | Impacto externo (acesso externo ao público) | 120 | Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço) |
| | | 180 | Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço) |
| | | 240 | Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço) e limite de deslocamento $dh \leq h/125/dhr \leq h/625$ |
| | | 360 | Não ocorrência de falhas (estado limite de serviço) |
| | | 480 | Não ocorrência de ruína (estado limite último) |
| | | 720 | Não ocorrência de ruína (estado limite último) |

Fonte: NBR 15575-4 (ABNT, 2013).

O teste consiste no abandono pendular, em repouso, de um corpo mole com massa de 40kg, se tratando de um saco de areia. Deve-se preferir um impacto de cada energia na parede vertical e analisar se a mesma atende o disposto nos critérios de desempenho, além de medir o deslocamento da parede, não devendo ultrapassar o limite estabelecido para o impacto de 240 J (NBR 15575-4, ABNT, 2013).

Constatou-se o deslocamento através da fixação na parte posterior do protótipo de uma folha milimetrada e de um lápis. Após a aplicação dos impactos, os riscos resultantes no papel eram medidos em mm, a fim de se identificar o deslocamento da parede. A tabela 4 informa os resultados obtidos após realização do teste de corpo mole:

Tabela 4 - Resultados do teste de impacto de corpo mole

| Impacto | Energia (J) | Deslocamento transversal Instantâneo (mm) | Deslocamento transversal residual (mm) | Ocorrências = Fissuras/ escamações/ ruptura |
|---------|-------------|---|--|---|
| Externo | 120 | 0,00 | 0,00 | - |
| | 180 | 2,00 | 0,00 | - |
| | 240 | 6,30 | 1,50 | - |
| | 360 | 8,70 | 2,60 | Trinca ínfima na parte posterior da parede |
| | 480 | 11,1 | 2,40 | Fissura na parte posterior |
| | 720 | 9,4 | 0,00 | Fissura na parte posterior |

Fonte: AUTORES (2018).

Observou-se que o protótipo analisado atendeu todos os critérios implementados pela norma, uma vez que o deslocamento após aplicação dos 240 J de energia não ultrapassou os limites, tanto do deslocamento instantâneo quanto residual, se tratando de 6,30 mm e 1,50 mm respectivamente, e não houve falhas que comprometessem o estado limite de serviço da parede analisada, e/ou ruína da mesma.

6.4 TESTE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA CONFORME NBR 8491 (ABNT, 2012) E NBR 8492 (ABNT, 2012)

Os tijolos submetidos ao teste (3 unidades), foram secados em estufa com temperatura de 105° C, para obtenção da massa seca dos corpos de prova. O procedimento repetiu-se até que a variação da massa em relação à pesagem anterior não fosse elevada (NBR 8492, ABNT, 2012).

Após obtenção da massa seca, os corpos de prova foram submersos em água, por um período de 24 horas, a fim de identificar a capacidade de absorção dos tijolos. Assim que finalizado o prazo estipulado pela norma, os tijolos foram enxutos através de pano úmido, e submetidos a uma nova pesagem (NBR 8492: (ABNT, 2012)).

A tabela 5 revela os resultados obtidos pela segunda fase do ensaio.

Tabela 5 - Identificação da massa seca dos corpos de prova

| Estado | Massa Tijolo 1 (kg) | Massa Tijolo 2 (kg) | Massa Tijolo 3 (kg) |
|------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Inicial | 3,33 | 3,40 | 3,405 |
| Após secagem em estufa | 3,335 | 3,40 | 3,40 |

Fonte: AUTORES (2018).

Conforme determinação da NBR 8492 (ABNT, 2012), obteve-se os valores de absorção de água, em porcentagem, através da fórmula matemática:

$$A = \frac{m2 - m1}{m1} \times 100$$

onde:

A= absorção de água expressa em porcentagem (%);

m1= massa do corpo de prova seco em estufa, expressa em gramas (g);

m2= massa do corpo de prova saturado, expressa em gramas (g).

A tabela 6 informa os valores de absorção de água obtidos após conclusão do teste de absorção de água.

Tabela 6 - Valores de absorção de água

| Tijolo | Índice de absorção de água (%) |
|---------------|---------------------------------------|
| 1 | 11,14 |
| 2 | 10,88 |
| 3 | 11,01 |
| Média | 11,01 |

Fonte: AUTORES (2018).

Obeve-se um índice de 11,01 %. Conforme NBR 8491 (ABNT, 2012) a amostra em questão foi aprovada, uma vez que a média dos valores obtidos não deve ultrapassar 20%, e individualmente, 22%.

Para fins comparativos, realizou-se também o teste de absorção de água em tijolos cerâmicos, desta vez, seguindo as diretrizes e parâmetros impostos pela NBR 15270-1 (ABNT, 2005) e NBR 15270-3 (ABNT, 2005).

A amostra de tijolo cerâmico para realização do teste de absorção de água é composta por seis corpos de prova. Para determinação da massa seca, submeteu-se os tijolos cerâmicos à secagem em estufa, a uma temperatura média de 105°C, a cada hora, até que a variação de massa de uma pesagem a outra não ultrapassasse o limite de 0,25% conforme a NBR 15270-3 (ABNT, 2005).

A tabela 7 ilustra os valores obtidos através do procedimento:

Tabela 7 - Determinação da massa seca dos corpos de prova cerâmicos

| Estado | Massa Tijolo1 (kg) | Massa Tijolo2 (kg) | Massa Tijolo3 (kg) | Massa Tijolo4 (kg) | Massa Tijolo5 (kg) | Massa Tijolo6 (kg) |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Inicial | 1,98 | 2,065 | 1,97 | 2,135 | 2,145 | 2,16 |
| Secagem em estufa (1ª) | 1,98 | 2,065 | 1,96 | 2,13 | 2,14 | 2,155 |
| Secagem em estufa (2ª) | - | - | 1,95 | - | - | - |
| Secagem em estufa (3ª) | - | - | 1,945 | - | - | - |

Fonte: AUTORES (2018).

Conforme NBR 15270-3 (ABNT, 2005), a amostra deve ser mantida em água fervente por 2 horas para obtenção do índice de absorção, ou, alternativamente, submerso durante 24 h em água com temperatura ambiente. Adotou-se o segundo procedimento.

Após retirada dos corpos de prova da água, realizou-se o cálculo de determinação da absorção de água, conforme estabelecido na NBR 15270-1 (ABNT, 2005), se tratando do mesmo cálculo utilizado para a determinação com tijolos ecológicos.

A tabela 8 informa as massas saturadas da amostra, assim como índice de absorção encontrado:

Tabela 8 - Resultados obtidos pelo teste de absorção de água em tijolos cerâmicos

| Denominação | Tijolo 1 | Tijolo 2 | Tijolo 3 | Tijolo 4 | Tijolo 5 | Tijolo 6 |
|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Massa satura (kg) | 2,39 | 2,485 | 2,37 | 2,53 | 2,51 | 2,535 |
| Índice de Absorção (%) | 20,71 | 20,34 | 20,30 | 18,50 | 17,02 | 17,36 |

Fonte: AUTORES (2018).

A média dos valores de absorção de água encontrada foi de 19,04 %, atendendo o estabelecido pela NBR 15270-1 (ABNT, 2005), que permite um índice variante entre 8 e 22%.

6.5 TESTE DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO CONFORME NBR 8491 (ABNT, 2012) E NBR 8492 (ABNT, 2012)

Realizou-se o teste de determinação da resistência a compressão conforme método NBR 8492 (ABNT, 2012), visando atender os parâmetros estabelecidos pela NBR 8491 (ABNT, 2012).

Os corpos de prova foram cortados ao meio, superpostos e ligados com pasta de cimento pré-contraída. Visando a planitude das faces das peças, procedeu-se o capeamento com pasta de cimento (NBR 8492 (ABNT, 2012)).

Após endurecimento da pasta, a amostra, composta por 7 blocos, foi submergida em água durante o período de 6 horas. Assim que retiradas, foram enxutas com pano úmido e submetidas ao teste de resistência à compressão.

Com o corpo de prova locado no prato inferior da máquina, foram inferidos sobre o mesmo, força gradual de compressão até o rompimento da peça

Após a procedência do teste, obteve-se os resultados dispostos na tabela 9.

Tabela 9 - Resultados obtidos no teste de resistência à compressão em tijolos ecológicos

| Identificação do corpo de prova | Idade (dias) | Tensão Ruptura (MPa) | Carga Ruptura (kgf) |
|---------------------------------|--------------|----------------------|---------------------|
| Bloco 1 | 31 | 2,2 | 3.190 |
| Bloco 2 | 31 | 1,6 | 2.330 |
| Bloco 3 | 31 | 1,4 | 2.100 |
| Bloco 4 | 31 | 2,1 | 3.140 |
| Bloco 5 | 31 | 1,6 | 2.300 |
| Bloco 6 | 31 | 2,2 | 3.290 |
| Bloco 7 | 31 | 1,6 | 2.440 |

Fonte: AUTORES (2018).

Embasando-se na NBR 8491 (ABNT, 2012), a média dos valores obtidos não deve ser inferior a 2 MPa, assim como individualmente não devem apresentar valores inferiores a 1,7 MPa, com idade mínima de sete dias. Entretanto afirma-se que o lote foi reprovado no teste realizado, uma vez que obteve-se 1,81 MPa de média, e apresentou valores individuais inferiores ao limite permitido.

Com fins comparativos, realizou-se o mesmo teste com amostra de blocos cerâmicos. Desta vez, embasou-se nas normas NBR 15270-1 (ABNT, 2005) e NBR 15270-3 (ABNT, 2005), que regem as diretrizes e parâmetros para teste de resistência a compressão em tijolos cerâmicos.

A amostra, composta por 13 blocos cerâmicos, primeiramente passou pelo processo de capeamento com pasta de cimento e após endurecimento da mesma, os

corpos de prova foram submetidos a imersão em água, pelo período de 6 horas. Os blocos foram ensaiados de modo que a carga aplicada na direção do esforço que o bloco deve suportar durante seu uso (NBR 15270-3, ABNT, 2005).

Assim como no teste com tijolos ecológicos, os tijolos cerâmicos foram submetidos a força gradual de compressão, em prensa que atendia os requisitos impostos por norma. A tabela 10 retrata os resultados alcançados:

Tabela 10 - Resultados do teste de resistência a compressão em tijolos cerâmicos

| Identificação do corpo de prova | Idade (dias) | Tensão Ruptura (MPa) | Carga Ruptura (kgf) |
|---------------------------------|--------------|----------------------|---------------------|
| Bloco 1 | 72 | 0,4 | 750 |
| Bloco 2 | 72 | 0,4 | 770 |
| Bloco 3 | 72 | 0,5 | 840 |
| Bloco 4 | 72 | 0,3 | 490 |
| Bloco 5 | 72 | 0,3 | 490 |
| Bloco 6 | 72 | 0,3 | 600 |
| Bloco 7 | 72 | 0,6 | 1.030 |
| Bloco 8 | 72 | 0,6 | 1.060 |
| Bloco 9 | 72 | 0,2 | 290 |
| Bloco 10 | 72 | 0,5 | 840 |
| Bloco 11 | 72 | 0,5 | 940 |
| Bloco 12 | 72 | 0,5 | 810 |
| Bloco 13 | 72 | 0,3 | 610 |

Fonte: AUTORES (2018).

Conforme NBR 15270-1 (ABNT, 2005), os blocos cerâmicos de vedação com furos na horizontal, devem apresentar resistência de compressão maior ou igual a 1,5 MPa. Desta forma, infere-se que o lote não foi aprovado no teste em questão, uma vez que a média encontrada foi de 0,41 MPa.

7 CONCLUSÃO

Comprovou-se através dos dados levantados junto às fábricas visitadas que o tijolo ecológico permite economia de energia, minoração do consumo de recursos naturais e redução de resíduos sólidos.

São gerados 0,0000375 m³ de resíduos sólidos para se produzir uma unidade tijolo solo-cimento, enquanto uma unidade de tijolo cerâmico produz 0,000055 m³. Sendo assim, um tijolo ecológico produz cerca de 32% menos resíduos que um tijolo convencional. Salienta-se ainda, que durante o emprego dos tijolos, o tijolo ecológico representaria uma significativa economia de RCC uma vez que a estrutura de encaixe das peças facilita os cálculos e limita os cortes (SILVA, 2015). Evidencia-se também a possibilidade do uso de resíduos sólidos como agregados na produção dos tijolos ecológicos, reciclando-os e evitando assim o seu descarte, muitas vezes inapropriado.

Para produção de uma unidade de tijolo ecológico são consumidos cerca de 0,027 kwh de energia elétrica, quando para produção de tijolo cerâmico estima-se 0,057 kwh. Desta forma, a produção de tijolo ecológico representa cerca de 53% de economia de energia elétrica. Ressalta-se ainda que para produção de tijolos ecológicos não são utilizados lenha para queima dos blocos, enquanto para produção de uma unidade de tijolo cerâmico são necessários 0,001 m³ de lenha, ou seja, para cada 1000 tijolos ecológicos produzidos, economiza-se 1 m³ de lenha.

Em relação ao preço das peças, informa-se que em um primeiro momento, os tijolos ecológicos custam cerca de 3 vezes mais que os tijolos cerâmicos convencionais. Entretanto, após a utilização dos blocos, ao fim da obra, é possível uma economia de cerca de 40% no valor da mesma, uma vez que possibilita a economia de materiais, a mão-de-obra não precisa ser especializada, não necessita de fôrmas para vigas e pilares, já que são executadas dentro dos furos das peças e não precisa de revestimento. Sendo assim, a longo prazo, os tijolos ecológicos representam melhor custo-benefício em relação aos blocos cerâmicos.

Apesar de não passar pelo processo de queima durante sua produção, os tijolos ecológicos utilizam cimento como matéria-prima, material este que passa pela queima em sua própria fabricação. Conforme contato com a empresa InterCement, indústria brasileira de cimentos e derivados, o tijolo CP V – ARI, adotado na produção de tijolos ecológicos, possui uma taxa geral de 50% de emissão de CO₂.

Uma vez que para cada unidade de tijolo ecológico utiliza-se aproximadamente 0,1428 kg de cimento, a produção de CO₂ é de 0,0714 kg. Conforme Stachera Jr (2008), são emitidos 0,95 kg de CO₂ por unidade de tijolo cerâmico produzido. Sendo assim, estima-se que para cada unidade de tijolo ecológico produzida, são emitidas cerca de 92,48% a menos de CO₂, em relação à produção de uma peça cerâmica.

As peças também foram aprovadas no teste de absorção de água, conforme NBR 8491 (ABNT, 2012) e NBR 8492 (ABNT, 2012). Para fins comparativos realizou-se também o teste em tijolos cerâmicos, atendendo a NBR 15270-1 (ABNT, 2005) e NBR 15270-3 (ABNT, 2005), que também obteve a aprovação. Entretanto afirma-se que as peças ecológicas apresentaram um índice de absorção de 11,01%, valor este inferior ao índice cerâmico, de 19,04%. Ressalta-se que blocos com elevado índice de absorção tendem a reduzir a resistência à compressão e apresentarem porosidade, portanto, os tijolos ecológicos se sobressaem nesse quesito.

Por fim, realizou-se o teste de resistência a compressão, tanto de tijolos ecológicos, quanto de tijolos cerâmicos, cada um conforme a norma regulamentadora que o rege. Ambos não atingiram os parâmetros estabelecidos em norma, entretanto afirma-se que os tijolos ecológicos apresentaram cerca de 1,81 MPa de média, e os tijolos cerâmicos 0,41 MPa, portanto os tijolos solo-cimento comprovadamente são mais resistentes. Salienta-se ainda, que os mesmos se aproximaram mais de atender os limites da norma, uma vez que o índice para tijolos ecológicos é de 2,0 MPa e para tijolos cerâmicos 1,5 MPa.

Ressalta-se a importância pela busca de alternativas que tornem os tijolos ecológicos analisados mais resistentes, para que os mesmos ao menos atendam aos requisitos previstos em norma. Sugere-se atenção às características dos solos a serem

utilizados, à dosagem de cimento, ao procedimento de prensagem e cura, entre outros (BETSUYAKU, 2015).

Posteriormente a serem analisados todos os dados fornecidos por este projeto, assim como o resultado dos testes realizados, possibilitou-se identificar os benefícios do emprego de tijolos ecológicos, em especial a alternativa de mitigação de impactos ambientais e o melhor custo-benefício do material.

Mediante as vantagens ressaltadas torna-se importante difundir o uso das peças, atualmente ainda não muito utilizadas, no mercado da construção civil, principalmente visando o emprego da sustentabilidade na área.

Apresenta-se como alternativa, a inserção mais frequente e aprofundada do assunto em ambientes acadêmicos, visando permitir a compreensão dos benefícios do material, uma vez que a principal causa da não adoção dos tijolos solo-cimento é a falta de conhecimento acerca do mesmo.

REFERÊNCIAS

ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Solo-cimento**. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/basico-sobre-cimento/aplicacoes/solo-cimento/>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10833**: Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica – Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT – 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.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270:3**: Componentes cerâmicos. Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4**: Edificações Habitacionais – Desempenho. Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8491**: Tijolo solo-cimento - Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8492**: Tijolo de solo-cimento – Análise dimensional, determinação a resistência a compressão e da absorção de água – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

AQUINO, F. K. M. et al. **A utilização do tijolo ecológico com uma alternativa nas construções sustentáveis**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<https://singep.org.br/6singep/resultado/552.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2018.

BARBOSA, H. M. B. et al. **Tijolo ecológico: alternativa sustentável para construção.** Ji-Paraná, 2018. Disponível em: <file:///C:/Users/wilkerson/Downloads/2-4-PB%20(1).pdf>. Acesso em: 25 mai. 2018.

BETSUYAKU, Renato. Construção de eco tijolos com adição de areia diatomácea. Volta Redonda, 2015. Disponível em: <http://web.unifoa.edu.br/portal_ensino/mestrado/memat/arquivos/dissertacao/renato_yochio.pdf>. Acesso em 12 abr. 2018.

CBCS – CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENSÁVEL. **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas.** São Paulo, 2014.

CORDEIRO, C. R. et al. **Sustentabilidade na fabricação do tijolo solo-cimento: estudo comparativo com blocos convencionais.** Aparecida de Goiânia, 2017. Disponível: <http://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/140/3/tcc_Cristine%20Cordeiro_Vanessa%20Machado.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2018.

COSTA, D. V. Z. et al. **III-21- Descrição do Processo Produtivo do tijolo ecológico modular a partir da reutilização de resíduos sólidos na construção civil.** ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <http://servicos.cabo.pe.gov.br/pners/CONTE%C3%9ADO%20DIGITAL/RES%C3%8DDUOS%20DA%20CONSTRU%C3%87%C3%83O%20CIVIL/TIJOLO%20ECOL%C3%93GICO%20MODULAR%20&%20RCC.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2018.

FERREIRA, Ericson. **Levantamento dos fornos utilizados nas olarias do Vale do Assú/ RN.** Angicos, 2012. Disponível em: <http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/232/TCC-%20Ericson%20Romualdo%20Fonseca%20Ferreira.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2018.

FLORENCIO, R. V. S. et al. **ESTUDO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA ORIGINADA NA INDÚSTRIA CERÂMICA.** São Pedro, 2000. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbecimat/2000/Docs/TC109-001.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2018.

FRAGA, Y. S. B. et al. **Tecnologia dos materiais: a utilização do tijolo de solo-cimento na construção civil.** Ciências exatas e tecnológicas. Aracajú, v. 3, n. 3, p. 11-24, 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/wilkerson/Downloads/2882-10759-1-PB.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2018.

FUNTAC – FUNDAÇÃO DE TECNOLOGIA DO ESTADO DO ACRE. **Cartilha para produção de tijolo solo-cimento.** Rio Branco, 1999. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/bel85/producaodetijolosolocimento>. Acesso em: 19 mai. 2018.

HOLANDA, R. M. et al. **Cerâmica Vermelha – Desperdício na Construção Versus Recurso Natural Não Renovável: Estudo de Caso nos Municípios de Paudalho/PE e Recife/PE.** Pernambuco, 2011. Disponível em: <file:///C:/Users/wilkerson/Downloads/232683-86552-1-PB.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2018.

LIMA, Rosa. **Estudo da durabilidade de paredes monolíticas e tijolos de solo-cimento incorporados com resíduo de granito**. Campina Grande, 2010. Disponível em: <http://www.coenge.ufcg.edu.br/publicacoes/Public_375.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2018.

LIMA, S. C. da S. et al. **Tijolos do tipo solo-cimento incorporados com resíduos de borra de tinta proveniente do polo moveleiro de UBA**. Fortaleza, 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_216_277_26879.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2018.

MAGALHÃES, Cilene. **ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO DOS TIJOLOS CERÂMICOS NA FÁBRICA NOVA SÃO JOSÉ DE ITACOATIARA/AM: UM ESTUDO DE CASO**. Belém, 2016. Disponível em: <<http://ppgep.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/Dissertacao2016-PPGEP-MP-CileneFariasBatistaMagalhaes.pdf>> Acesso em: 11 mai. 2018.

MIELI, Priscilla. **Avaliação do tijolo modular de solo-cimento como material na construção civil**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10003721.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

MORAIS, M. B. et al. **Análise de viabilidade de aplicação do tijolo ecológico na construção civil contemporânea**. Montes Claros, 2014. Disponível em: <http://revistapensar.com.br/engenharia/pasta_upload/artigos/a138.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2018.

MOTTA, J. C. S. S. et al. **Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis**. Belo Horizonte, 2014. Disponível em: <[file:///C:/Users/wilkerson/Downloads/1038-3565-2-PB%20\(9\).pdf](file:///C:/Users/wilkerson/Downloads/1038-3565-2-PB%20(9).pdf)>. Acesso em: 19 mai. 2018.

NASCIMENTO, Waldécio. **Avaliação dos Impactos Ambientais gerados por uma indústria cerâmica típica da região do Seridó/RN**. NATAL, 2007. Disponível em: <http://www.asabrazil.org.br/images/UserFiles/File/Avaliao_dos_impactos_ambientais_gerados_por_uma_industria_cramica_tpica_da_regio_do_Serid-RN_dissert_2007.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2018.

PINTO, Lucas. **Estudo de tijolos de solo cimento com adição de resíduo de construção civil**. Santa Maria, 2015. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2015/TCC_LUCAS%20PINTO.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2018.

PIRES, Ilma. **A utilização do tijolo ecológico como solução para construção de habitações populares**. Salvador, 2004. Disponível em: <<https://convallis.com.br/site/wp-content/uploads/2016/02/Fabricar-o-tijolo-ecologico.pdf>>. Acesso em: 06 mar. 2018.

PISANI, Maria. **Um material de construção de baixo impacto ambiental: o Tijolo de solo-cimento**. São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.aedificandi.com.br/aedificandi/N%C3%BAmero%201/1_artigo_tijolos_solo_cimento.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2018.

RIBEIRO, Lincoln. **PROCESSO DE PRODUÇÃO E VIABILIDADE DO TIJOLO MODULAR DE SOLO-CIMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DO RN.**

Mossoró, 2013. Disponível em:

<<http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/270/TCC%20-%20BCT/TCC-%20LINCOLN%20RONYERE%20CAVALCANTE%20RIBEIRO.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2018.

SAMPAIO, Guilherme. **Estudo interdisciplinar da viabilidade de aplicação do tijolo de solo-cimento na construção civil: economia aliada à sustentabilidade.** Lorena, 2015.

Disponível em: <<file:///C:/Users/wilkerson/Downloads/1791-5078-1-PB.pdf>>. Acesso em: 19 mai. 2018.

SILVA, F. H. R. F. et al. **Uso do tijolo ecológico para trazer economia na construção civil.** Brasília, 2015. Disponível em:

<http://nippromove.hospedagemdesites.ws/arquivos_up/documentos/8b9d51630665c0b519f6be0fc2663b7e.pdf>. Acesso em: 14 mai. 2018.

SOARES, Lindolfo. **Utilização de finos de pedreiras em misturas de solo-cimento: correção granulométrica de um solo argiloso.** São Paulo, 2006. Disponível em:

<<http://www.redalyc.org/html/810/81040115/>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

SOUZA, Marcia. **Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento.** Ilha Solteira, 2006. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/91489/souza_mib_me_ilha.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 03 mar.2018.

SOUZA, R. C. et. al. **Escala de ringelmann na avaliação da fumaça emitida pela frota de ônibus urbano de Porto Velho, Rondônia.** Porto Velho, 2016. Disponível em: <

<file:///C:/Users/wilkerson/Downloads/30984-146229-1-PB.pdf>>. Acesso em: 18 mai. 2018.

SOUZA, V. P. et al. **Análise dos gases poluentes liberados durante a queima de cerâmica vermelha incorporada com lodo de estação de tratamento de água.**

Campos dos Goytacazes, 2008. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/ce/v54n331/a1354331.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2018.

STACHERA JR, Theodozio. **Avaliação de emissões de CO2 na construção civil: Um estudo de caso de habitação de interesse social no Paraná.** Rio de Janeiro, 2008.

Disponível em:

<http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_sto_090_554_12351.pdf>. Acesso em: 06 out. 2018.

TEIXEIRA, F. de M. et al. **O uso de resíduos lignocelulosicos na produção de tijolos de adobe.** 3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. Bento

Gonçalves, 2012. Disponível em: <<http://www.proamb.com.br/downloads/u4qdw6.pdf>>.

Acessoem: 14 mai. 2018.

VALENCIANO, Martha. **Incorporação de resíduos agroindustriais e seus efeitos sobre as características físico-mecânicas de tijolos de solo melhorado com cimento.** Campinas, 1999. Disponível em: <

http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257543/1/MesaValenciano_MarthadelCarmen_M.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2018.