

ANÁLISE DE ESTUDOS ENVOLVENDO O TIJOLO DE SOLO- CIMENTO COM AGREGADO DE RCC¹ EM RELAÇÃO AO TIJOLO CONVENCIONAL

ANALYSIS OF STUDIES INVOLVING SOIL-CEMENT BRICK WITH RCC¹ AGGREGATE IN RELATION TO CONVENTIONAL BRICK

Robert Everton Vidotti de Souza, Centro Universitário Integrado, Brasil,
vidottin3@gmail.com

João Cláudio Alcantara

Resumo: Com o desenvolvimento das técnicas construtivas e o surgimento de novos materiais, a necessidade de proteger o meio ambiente é considerada indispensável, pois a cada dia aumenta a escassez dos recursos naturais. Novas ideias e processos surgem constantemente com o objetivo de um desenvolvimento sustentável para reduzir o impacto no meio ambiente. O setor da construção civil tem se caracterizado como um grande poluidor e um dos causadores desses impactos. Portanto, é necessária uma atitude concreta que leve à escolha correta e consciente dos materiais de construção. Há a necessidade de identificar dentre os diversos materiais disponíveis, aqueles que causam menor impacto ambiental durante a produção, uso e disposição final. O tijolo cerâmico é um dos produtos mais consumidos no mercado nacional. O mesmo é resultado do processo de queima da argila. Contudo visando a sustentabilidade, pode-se optar pela troca do tijolo cerâmico pelos tijolos de solo-cimento, que não necessitam do processo de queima e assim não provocam a desarborização e emissões de CO₂. O presente trabalho tem como objetivo o estudo das características dos tijolos ecológicos, submetendo-os a análises de resistência à compressão e absorção de água em relação aos tijolos cerâmicos, com o fim de comprovar os benefícios ambientais advindos de seu emprego. Por isso, foi desenvolvido uma análise com diferentes quantidades de resíduos para emprego no tijolo ecológico, sendo elas 10%, 20%, 33,3%, 50% e 66,7%. As amostras foram

¹ Resíduo de construção civil

SIMPAPAR

Simpósio de Pesquisa, Extensão e Inovação do Paraná

Realização



Apoio



submetidas ao teste de resistência à compressão, onde foi encontrado que os tijolos com 50% e 66,7% de resíduos, apresentam resultados de acordo com a NBR 10834 (2013), atingindo a resistência superior aos 2 MPa exigidos por norma.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Reciclagem de resíduos. Cerâmica vermelha. Construção civil, Resistência.

Abstract: With the development of construction techniques and the emergence of new materials, the need to protect the environment is considered essential, as the scarcity of natural resources increases every day. New ideas and processes are constantly emerging with the aim of sustainable development to reduce the impact on the environment. The civil construction sector has been characterized as a major polluter and one of the causes of these impacts. Therefore, a concrete attitude is needed that leads to the correct and conscious choice of construction materials. There is a need to identify, among the various materials available, those that cause the least environmental impact during production, use and final disposal. The ceramic brick is one of the most consumed products in the national market. The same is the result of the clay burning process. However, with a view to sustainability, one can choose to replace the ceramic brick with soil-cement bricks, which do not require the burning process and thus do not cause tree loss and CO₂ emissions. The objective of this work is to study the characteristics of ecological bricks, submitting them to analysis of resistance to compression and water absorption in relation to ceramic bricks, in order to prove the environmental benefits arising from their use. Therefore, an analysis was developed with different amounts of waste for use in the ecological brick, namely 10%, 20%, 33.3%, 50% and 66.7%. The samples were submitted to the compressive strength test, where it was found that the bricks with 50% and 66.7% of residues, present results according to NBR 10834 (2013), reaching resistance greater than the 2 MPa required by standard.

Keywords: Sustainability. Waste recycling. Red ceramics. Civil construction, Resistance.

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A situação ambiental ocasiona uma ênfase crescente sobre as preocupações com os recursos naturais e com o descarte incorreto de resíduos (MIRANDA et al., 2019). A negligência com o meio ambiente leva a uma parcela significativa desses efeitos (PINTO, 2015). Dentre os resíduos, está o gerado pela construção civil, que anualmente apresenta uma produção de toneladas (PINTO, 2015).

Há uma grande variabilidade entre os resíduos de construção que possam ser utilizados em projetos de engenharia. Portanto, é preciso conhecer quais materiais podem ou não ser reciclados (VIANA e GONÇALVES, 2017).

Em conformidade com a Resolução CONAMA 307, os resíduos de construção são classificados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 15116: 2021 em quatro classes, apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação dos resíduos

Classe	Descrição
Classe A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: <ul style="list-style-type: none">• resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;• resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento e outros), argamassa e concreto;• resíduos de processo de preparo e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios e outros) produzidos nos canteiros de obras.
Classe B	São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e outros.
Classe C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitem a sua reciclagem ou sua recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso.
Classe D	São os resíduos perigosos oriundos do processo de construção (tintas, solventes, óleos e outros) ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos (clínicas radiológicas, instalações industriais e outros) enquadrados como classe I da ABNT NBR 10004.

Fonte: NBR 15116 (2021).

De forma a impactar menos o meio ambiente, tem sido desenvolvida novas soluções para os resíduos de construção civil (RCC), sendo uma delas a produção de tijolos de solo-cimento (BRISKIEVICZ, 2018). Segundo a NBR 15116 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021) qualquer tipo de entulho de construção

SIMPAPAR

Simpósio de Pesquisa, Extensão e Inovação do Paraná

Realização



Apoio



pode ser considerado RCC, porém os resíduos de classe A que devem ser utilizados para a fabricação do tijolo solo cimento, conforme apresentado no Quadro 1. O descarte incorreto de alguns dos resíduos ocorre frequentemente, certas indústrias utilizam o RCC como matéria-prima para produção adicional, por exemplo, na confecção de subsolos de rodovias (PINTO, 2015).

Sendo favorável ao desenvolvimento sustentável, o tijolo ecológico isenta a queima, e o material para sua produção está disponível no canteiro de obra (BARROS, 2018).

O Desenvolvimento sustentável, é um modelo que atende às necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades, segundo O Relatório de Brundtland (documento intitulado Nosso Futuro Comum, apresentado em 1987, fruto da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento).

Esse é um dos maiores desafios enfrentados na construção civil, sobretudo para o Brasil, que apresenta grande atraso na questão da sustentabilidade (NASCIMENTO et al., 2020). Infelizmente, nesse setor, os recursos naturais são utilizados de forma inconsciente, ou seja, de maneira errônea, assim acontece o desperdício de materiais e o mal-uso do mesmo (CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL - CBCS, 2014).

Uma das soluções encontradas para otimizar os recursos e favorecer a sustentabilidade dentro da construção civil são os tijolos ecológicos, conforme Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Mato Grosso (CREA-MT, 2010). Esses tijolos podem variar conforme os agregados incorporados a ele para uma melhora na sua resistência e trabalhabilidade (PINTO, 2015).

Em suma, os tijolos ecológicos, também conhecidos como tijolo de solo-cimento, são uma mistura de cimento, solo e água, que com o acréscimo de agregados, como borracha e resíduos de construção gera uma diminuição de resíduos e promove a conservação do meio ambiente (VIANA e GONÇALVES, 2017).

Para Figueiredo et al. (2012), a reciclagem do resíduo de construção civil (RCC) reduz os custos, com extração de matéria prima e assim estes resíduos reciclados podem servir de insumo para incorporação e desenvolvimento de novos materiais e artefatos utilizados no setor construtivo. Como é o caso da incorporação de agregados reciclados nos tijolos de solo-cimento ou tijolos ecológicos que são o objetivo de estudo deste trabalho.

A finalidade da análise que foi realizada, visa expor três tipos de tijolos ecológicos com agregados de RCC em diferentes composições, comparando as composições, os resultados da resistência a compressão e absorção de água. O trabalho também tem o intuito de equiparar os estudos realizados com as normas vigentes dos tijolos de cerâmica

Não se pretende expor as diversas aplicabilidades dos agregados reciclados provenientes de RCC, especificará somente as propriedades físicas e técnicas que são utilizadas para a confecção dos tijolos ecológicos, previstos em normas. Tem como base apresentar a melhor opção, garantindo assim um desenvolvimento sustentável e um equilíbrio no processo construtivo, para que se alcance a sustentabilidade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 IMPACTOS AMBIENTAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 1986), o impacto ambiental é entendido como “qualquer alteração nas propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, que são causadas pela influência de matéria ou energia resultantes de atividades humanas, e que afetam direta ou indiretamente a saúde, segurança e bem-estar da população, atividade social e econômica, a biota e qualidade dos recursos ambientais”.

O resíduo que merece atenção é o gerado pela indústria da construção civil, pois ocasiona muitos impactos, seja pela modificação da paisagem ou pelo consumo

de recursos naturais (FREITAS, 2009). Pelo desenvolvimento do país, o setor da construção civil passa por um acelerado crescimento, provocando assim a falta de dedicação necessária aos projetos, causando a utilização de grandes quantidades de materiais, retrabalhos e perdas, enfim uma exagerada quantidade de resíduos (FONSECA, 2011).

Os recursos estão cada vez mais escassos, por isso, a conscientização para utilização do mesmo é fundamental, em vista disso, devemos gastar menos recursos, porém, manter a mesma qualidade, usufruindo de métodos de produção enxuta, de maneira a impactar menos o meio ambiente e garantindo assim, os recursos para gerações futuras (FONSECA, 2011, p. 09).

Alguns dos impactos apresentam grande comprometimento na qualidade do ambiente e da paisagem, como a destruição de áreas verdes, consumo de recursos naturais, aumento no consumo de energia e redução de recursos hídricos (OLIVEIRA, 2019).

Diante disso, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002) formulou a resolução 307/02, que busca a responsabilização dos geradores de resíduos do processo de novas construções, reformas e demolições, bem como a remoção de vegetação e escavação de solos.

2.2 TIJOLO DE CERÂMICA VERMELHA (CONVENCIONAL)

Para Bauer (2005), a indústria cerâmica é uma das mais antigas do mundo, isso porque a argila foi e é muito utilizada nas sociedades.

Grigoletti (2001) afirma que com o desenvolvimento da humanidade apresentaram manifestações do uso desse material, sua versatilidade e acessibilidade, isso em diferentes culturas. Estudos arqueológicos mostram que a presença do uso da argila ocorreu na região da Amazônia, há mais de 5000 anos atrás (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE, 2008).

SIMPAPAR

Simpósio de Pesquisa, Extensão e Inovação do Paraná

Realização



Instituto Integrado de Ciência e Tecnologia



CENTRO UNIVERSITÁRIO Integrado



Núcleo de Empreendedorismo, Pesquisa e Extensão Integrado

Apoio



FUNDAÇÃO ARAUCÁRIA

Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná

As argilas são materiais terrosos naturais que apresentam a propriedade de se tornarem plásticos quando misturados com água e endurecem quando secos e cozidos, chamado de argilo-minerais. Sua composição apresenta grãos de diâmetro inferior a 0,005mm, como citado apresentando alta plasticidade quando úmido e, quando secos, dificilmente desagregáveis por pressão dos dedos (BRISKIEVICZ, 2018).

O tratamento da argila é um período variável onde as argilas ficam sujeitas a intempéries (céu aberto). O objetivo é que ocorra a fermentação e decomposição da matéria orgânica e lavagem dos sais solúveis, assim facilitando o processo de moldagem por extrusão, desenvolvendo completamente suas propriedades plásticas, esse processo evita o inchamento das peças (BRISKIEVICZ, 2018).

Logo após o tratamento, começa a etapa de moldagem, que está estritamente ligada com o teor de água da pasta de argila, quanto maior a quantidade de água, maior a plasticidade, melhorando assim a trabalhabilidade com a pasta e reduzindo o consumo de energia (SILVA; LIMA, 2014).

O processo de moldagem sempre busca o uso das pastas de argila cada vez mais secas, mas sem a perda da plasticidade (PRADO, 2011).

Com o passar do tempo as tecnologias foram desenvolvendo maneiras de acelerar esse processo, assim foram criadas máquinas para realizar essa moldagem, as quais são chamadas de marombas ou extrusoras, as máquinas submetem a matéria prima ao vácuo, pois, a eliminação do ar na massa é de fundamental importância, melhorando a plasticidade e permitindo a moldagem com o mínimo de água possível (GRIGOLETTI, 2001).

A máquina apresentada na Figura 1 abaixo, é conhecido como maromba ou extrusora, na qual Grigoletti expõe no parágrafo anterior.

Figura 1 - Maromba ou Extrusora



Fonte: Gelenski, 2021.

Dentre os processos de fabricação de tijolos cerâmicos, a secagem é uma das mais importantes, é um processo termodinâmico, no qual a água adicionada na etapa de homogeneização, é evaporada (NASCIMENTO et al., 2020). Sendo um dos processos mais antigos, a principal finalidade é a remoção do teor de umidade, a obtenção de um baixo custo no consumo de energia, já que, tempo de secagem, qualidade da peça final e consumo energético são fundamentos que precisam de atenção (SILVA; LIMA, 2014).

Deve ser realizada com um rígido controle do processo, pois, pode ocasionar deformações, trincas e empenamentos se for executada de maneira incorreta, gerando uma perda de produtos (SANTOS E JÚNIOR, 2018). Diversos trabalhos teóricos e experimentais são desenvolvidos, visando melhorar a qualidade do produto final e determinar os melhores parâmetros de processo e seus efeitos sobre o produto (MOTTA et al, 2014).

O processo responsável por gerar as propriedades adequadas ao uso como, dureza, resistência mecânica, resistência à água, a intempéries e aos agentes químicos é a queima (LIMA, 2010).

No decorrer da queima, ocorre transformações do material, sendo necessário uma velocidade de aquecimento e resfriamento que varia de acordo com o material, as transformações são reações químicas, podendo ser as mais diversas possíveis, umas rápidas outras lentas, algumas devem ser evitadas outras devem ocorrer, disso vem a complexibilidade do processo (GRIGOLETTI,2001).

A temperatura, a velocidade de aquecimento e resfriamento, as condições de umidade, o tipo do forno, o tipo de energia e a geometria do produto devem ser analisadas para que o decorrer seja adequado e não haja desperdício (LIMA, 2010).

2.2.1 NORMATIVA DO TIJOLO DE CERÂMICA

As normas foram revisadas pelo Comitê Brasileiro de Cerâmica Vermelha (ABNT/CB-179).

- NBR 15270-1:2017 – Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria – Parte 1 (Requisitos):

Tem como objetivo especificar os requisitos dimensionais, propriedades físicas e mecânicas de blocos e tijolos cerâmicos a serem utilizadas em obras de alvenaria com ou sem função estrutural e executadas de forma racionalizada ou não.

- NBR 15270-2:2017 - Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria – Parte 2 (Métodos de ensaios):

Especifica os métodos para a execução dos ensaios dos blocos e tijolos cerâmicos.

2.3 TIJOLO ECOLÓGICO

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), o solo-cimento é o material resultante da mistura homogênea, compactada e curada de solo, cimento e água em proporções adequadas, sendo o produto dessa mistura resistente a compressão, com bom índice de impermeabilidade, baixo índice de retração volumétrica e boa durabilidade.

A utilização do solo é um grande benefício, pois ele é um material abundante em todo o planeta, possuindo ainda características isolantes que permitem um bom conforto térmico e acústico (PISANI, 2005).

Além disso, o método de fabricação do solo cimento reduz custos, diminui o consumo de água e propulsiona o desenvolvimento de novos produtos, os quais contribuem para o mercado e para a diminuição da poluição (MOTTA et al, 2014).

Denomina-se o tijolo de solo-cimento como “ecológico” devido a não necessidade de queima, uma vez que o material é prensado, ao processo de cura, que é realizado exclusivamente com água, evaporando e retornando à atmosfera de forma limpa, e a existência de furos na estrutura da peça vide Figura 2, que dispensam quebras na alvenaria para instalações elétricas e hidráulicas da edificação (SANTOS; JÚNIOR, 2018).

Figura 2 – Tijolo Ecológico



Fonte: Alphaz Tijolos Ecológicos, 2021.

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) recomenda uma quantidade de cimento a ser empregada entre 5 a 10%, que deve ser o suficiente para estabilizar e conferir as propriedades necessárias.

A confecção dos tijolos baseia-se na gradação e peneiração do solo, seguido da incorporação do cimento, do RCC e da água, a prensagem dos materiais, podendo ser hidráulica ou manual e pôr fim a cura do material nos sete primeiros dias que seguem a sua fabricação (BRISKIEVICZ, 2018).

O solo utilizado deve ser de fácil desagregação e manter uma proporção em sua granulometria, não sendo aconselhado a adoção de solos predominantemente argilosos ou siltosos, mas sim o solo que apresente um índice superior a 60% de areia (SANTOS E JÚNIOR, 2018).

Assim, segundo a NBR 13553 (ABNT, 2013), o solo adequado para esse tipo de aplicação é o solo arenoso que possui as seguintes características:

- a) 100% passante na peneira 4,8 mm (nº 4).
- b) Entre 15% e 50% de material passante na peneira de 0,075 mm (nº 200).
- c) Limite de liquidez (LL) menor ou igual a 45%.
- d) Índice de Plasticidade (IP) menor ou igual a 18%

A mistura realizada de solo, cimento e RCC é de forma similar a produção de argamassa, até obter-se uma mistura homogênea, e a água é adicionada conforme necessidade, visando o alcance da umidade padrão (SANTOS e JÚNIOR, 2018).

2.3.1. NORMATIVA DO TIJOLO ECOLÓGICO

- NBR 8491:2013 – Tijolo maciço de solo-cimento (Requisitos):

Esta Norma estabelece os requisitos para o recebimento de tijolos de solo-cimento. Esta Norma se aplica aos tijolos de solo-cimento destinados à execução de alvenaria sem função estrutural em obras de construção civil.

- NBR 8492:2013 – Tijolo maciço de solo-cimento – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água - (Método de ensaio):

Esta Norma estabelece o método para análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água em tijolos de solo-cimento para alvenaria sem função estrutural.

- NBR 10833:2013 – Fabricação de tijolo maciço e vazado de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica - (Procedimento):

Esta Norma estabelece os requisitos para a fabricação de tijolos e blocos de solo-cimento em prensa manual ou hidráulica.

- NBR 10834:2013 – Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – (Especificação):

Esta norma estabelece o método da determinação da resistência à compressão e da absorção de água em tijolos de solo-cimento para alvenaria sem função estrutural.

3 METODOLOGIA

Foi desenvolvido uma análise de três estudos sobre o tijolo de solo-cimento para adquirir uma base teórica afim de realizar as comparações, especificamente sobre as composições, resistência à compressão e absorção de água do tijolo ecológico, em relação as normas vigentes dos tijolos de cerâmica.

Durante a análise dos estudos, foi constatado diferenças na composição dos tijolos, ocasionando diferentes resultados ao teste de resistência à compressão e absorção de água, as quais serão exibidas no item 4.

3.1 DIMENSÕES

Conforme a NBR 8491 (2013) as dimensões nominais que os tijolos devem atender são as constantes na Tabela 1. No entanto, podem apresentar dimensões diferentes das estabelecidas nesta tabela, desde que o tijolo permaneça com a altura (H) menor que sua largura (L) (ABNT NBR 10833:2013, 5.2.3).

- Largura do tijolo (L): menor dimensão das faces de assentamento;
- Altura do tijolo (H): distância entre as faces de assentamento.

Tabela 1 – Tipos e dimensões nominais

Dimensões em milímetros

Dimensões nominais			
Tipos	Comprimento	Largura	Altura
A	200	100	50
B	240	120	70

Fonte: NBR 8491 (2013)

3.2 ESTUDO 1 (E1) – RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS A PARTIR DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Estudo desenvolvido pelos autores Viana e Gonçalves (2017), o primeiro passo foi a seleção do resíduo para confecção do tijolo, esse proveniente de demolição, composto por resto de tijolos e cimentícios (rebocos). Em seguida, realizaram o processo de britagem de maneira a alcançar tamanhos menores dos RCC, e trituraram

manualmente para utilizar a peneira que possuía 4,8mm. O agregado resultante da peneira que foi utilizado na mistura do tijolo ecológico.

Sua composição apresenta porcentagem distantes de agregado, sendo elas uma amostra em 10%, outra de 20% e outra de 50% de agregado. O aglomerante utilizado foi o CP-V-ARI da Holcim, por ser um cimento comum da região de Caratinga – MG, e por ser o cimento utilizado na produção de materiais que precisam de alta resistência para funcionalidade, como postes, artefatos de cimento, blocos para alvenaria, meio-fio e lajes. A mistura para fabricação do tijolo, segue conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Percentual de materiais para mistura – E1

Misturas para os tijolos			
Tipo de amostra	Agregado	Solo	Cimento
Amostras 10%	10%	82%	8%
Amostras 20%	20%	72%	8%
Amostras 50%	50%	42%	8%

Fonte: Elaboração própria

As dimensões dos tijolos foram de 30 cm de comprimento, 15 cm de largura e 7,5 cm de altura. Sendo realizado a misturas, a massa foi colocada na forma para confecção dos tijolos.

Os tijolos foram submetidos a cura de 7 dias, conforme exige a NBR 10833 (2013), e após 14 e 28 dias realizaram o teste de resistência à compressão. Os dados dos testes de resistência à compressão e absorção de água, serão especificados no item resultado e discussão.

3.2 ESTUDO 2 (E2) – AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DE BLOCOS DE SOLO-CIMENTO UTILIZANDO RESÍDUOS CERÂMICOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Estudo desenvolvido pela autora Briskievicz (2018), o primeiro passo foi a seleção do resíduo para confecção do tijolo, esse proveniente de demolição, composto por resto de blocos cerâmicos. Em seguida, realizou o processo de britagem com um britador de mandíbulas de maneira a alcançar tamanhos menores dos RCC, porém o material ainda apresentava grãos graúdos, em virtude disso para separação dos agregados foi utilizado uma peneira de diâmetro 6,3mm. Os grãos retidos nessa peneira foram submetidos ao procedimento de moagem novamente, até apresentarem diâmetro menor que 4,8mm. Para utilização do RCC, o material foi seco em estufa à 105°C por 24 horas.

Sua composição apresenta porcentagem inicial de 60% de agregado, 30% de solo e 10% de cimento. Por apresentar problemas executivos empregou-se a dosagem de 50% de agregado, 40% de solo e manteve 10% de cimento. O aglomerante utilizado foi o CPII-Z da Itambé, por ser um cimento comum da região de Pato Branco – PR, e por ele ser próprio para produção de argamassas e concretos (simples, armado e protendido) apresentando alta durabilidade.

As dimensões dos tijolos foram de 25 cm de comprimento, 12,5 cm de largura e 6,25 cm de altura.

Os tijolos foram submetidos a cura de 7 dias, conforme exige a NBR 10833 (2013). Essa norma permite a utilização dos blocos após 14 dias. A idade escolhida para rompimento foi de 14 e 28 dias, porém, os blocos que seriam rompidos aos 28 dias sofreram atraso de um dia, sendo rompidos na idade de 29 dias.

3.3 ESTUDO 3 (E3) – ESTUDO DE TIJOLOS DE SOLO CIMENTO COM ADIÇÃO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Estudo desenvolvido pelo autor Pinto (2015), o primeiro passo foi a seleção do resíduo para confecção do tijolo, o RCC utilizado é composto por resto de argamassa utilizada no chapisco, emboço e reboco. Pela origem ser de limpeza da laje, o material não passou pelo processo de britagem, para facilitar o processo de produção, o RCC foi peneirado em uma peneira nº4 (4,8mm).

Sua composição apresenta porcentagem distantes de agregado, sendo elas uma amostra em 33,3%, outra de 50% e outra de 66,7% de agregado. O aglomerante utilizado foi o CP-V-ARI da Guaíba, por ser um cimento comum da região de Santa Maria – RS, e por ser o cimento utilizado na produção de materiais que precisam de alta resistência para funcionalidade, como postes, artefatos de cimento, blocos para alvenaria, meio-fio e lajes. A mistura para fabricação do tijolo, segue conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Percentual de materiais para mistura – E3

Misturas para os tijolos			
Tipo de amostra	Agregado	Solo	Cimento
Amostras 1	33,3%	57,7%	9%
Amostras 2	50%	41%	9%
Amostras 3	66,7%	24,3%	9%

Fonte: Elaboração própria

As dimensões dos tijolos foram de 25 cm de comprimento, 12,5 cm de largura e 7,0 cm de altura. Sendo realizado a misturas, a massa foi colocada na forma para confecção dos tijolos.

Os tijolos foram submetidos a cura de 7 dias, conforme exige a NBR 10833 (2013), e já foram testados com essa idade. Após 28 dias os demais tijolos passaram pelo teste de resistência à compressão.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

4.1 COMPOSIÇÃO

4.1.1 COMPOSIÇÃO - ESTUDO 1 (E1)

A composição do estudo 1 apresenta 10, 20 e 50% de RCC (tijolos cerâmicos e rebocos) conforme Tabela 4. O cimento utilizado foi o CP-V-ARI da Holcim que segundo a NBR 16697 (2018) apresenta como sendo de alta resistência inicial, resiste à compressão de 26 MPa (Mega Pascal, unidade de medida de pressão) a 1 dia de idade e de 53 MPa aos 28 dias. Diferencia-se apenas pelo processo de dosagem e produção do clínquer. Utilizado para concreto e argamassa que necessitem de resistência inicial elevada e desforma rápida.

Tabela 4 – Composição

Composição			
Tipo de amostra	Agregado	Solo	Cimento
Amostras 10%	10%	82%	8%
Amostras 20%	20%	72%	8%
Amostras 50%	50%	42%	8%

Fonte: Elaboração própria

4.2.2 COMPOSIÇÃO - ESTUDO 2 (E2)

A composição do estudo 2 apresenta 50% de RCC (blocos cerâmicos), conforme presente na Tabela 5. O cimento utilizado foi o CII-Z da Itambé, que segundo a NBR 16697 (2018) descreve que o cimento possui adição de material pozolânico que garante menor permeabilidade ao material e pode ser empregado em

obras civis em geral, subterrâneas, marítimas e industriais. Além disso, pode ser utilizado na produção de argamassas, de concreto simples, armado e protendido. O concreto feito a partir desse tipo de cimento é mais impermeável e possui alta durabilidade.

Tabela 5 – Composição

Composição			
Tipo de amostra	Agregado	Solo	Cimento
Amostras 1, 2 e 3	50%	40%	10%

Fonte: Elaboração própria

4.2.3 COMPOSIÇÃO - ESTUDO 3 (E3)

A composição do estudo 3 apresenta 33,3%, 50% e 66,7% de RCC (resto de argamassa utilizada no chapisco, emboço e reboco) conforme Tabela 6. O cimento utilizado foi o CP-V-ARI da Guaíba que segundo a NBR 16697 (2018) apresenta como sendo de alta resistência inicial, resiste à compressão de 26 MPa (Mega Pascal, unidade de medida de pressão) a 1 dia de idade e de 53 MPa aos 28 dias. Diferencia-se apenas pelo processo de dosagem e produção do clínquer. Utilizado para concreto e argamassa que necessitem de resistência inicial elevada e desforma rápida.

Tabela 6 – Composição

Composição			
Tipo de amostra	Agregado	Solo	Cimento
Amostras 1	33,3%	57,7%	9%
Amostras 2	50%	41%	9%
Amostras 3	66,7%	24,3%	9%

Fonte: Elaboração própria

4.2.4 ANÁLISE DAS COMPOSIÇÕES

Para determinação da dosagem ideal para a fabricação de produtos de solo-cimento, a NBR 10833 (2013) recomenda escolher três traços diferentes, que devem ser ensaiados e comparados de forma a averiguar qual traço apresenta o melhor custo benefício.

Para minimizar a quantidade de solo natural utilizada na fabricação dos tijolos, várias composições foram adotadas, pretendendo entender o potencial do RCC. Considerando uma produção em larga escala, quanto maior for a utilização de resíduos nos tijolos, menor será a quantidade de resíduo descartado incorretamente (PINTO, 2015).

Outro critério importante é em relação à umidade. A sua determinação deve ser feita com cuidado para não resultar em uma massa muito encharcada ou muito seca, uma vez que a umidade errada dificulta a prensagem e a boa compactação dos blocos. A água é adicionada até que a argamassa alcance uma consistência suficiente para que quando apertada uma parte da mistura com a mão ela fique com as marcas dos dedos, porém, ao ser largada no chão de uma altura de cerca de um metro, se quebre ao atingir a superfície.

O item 4.3.4, mostra que a adoção da composição com 50% e 66,7% de RCC apresentaram os valores mais satisfatórios, sendo eles maiores que o valor exigido pela NBR 10834 (2013), que solicita o valor médio sendo 2MPa.

O item 4.4.4, mostra as mesmas composições sendo as mais favoráveis, indicando um valor de absorção adéquo ao que se pede na norma.

4.3. ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Como os tijolos são maciços e possuem dois furos, foi utilizada uma chapa de metal para a distribuição de carga de maneira igual por toda a amostra colocada na prensa.

Segundo a NBR 10834 (2013), nenhum resultado apresentado individual pode ser menor que 1,7 MPa, e a média dos resultados não deve ser menor que 2,0 MPa, esses são os valores apresentados aos 28 dias pela norma.

4.3.1 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - ESTUDO 1 (E1)

Os autores desenvolverem quatro amostras que tiveram o papel de corpo de prova. Na Tabela 7 identifica-se os valores de resistência de cada um.

Tabela 7 – Resultado de teste de resistência à compressão – (E1)

Amostras	Resistência					
	Tijolo com 10%		Tijolo com 20%		Tijolo com 50%	
	7 dias	14 dias	7 dias	14 dias	7 dias	14 dias
1ª amostra	1,73 MPa	1,78 MPa	1,79 MPa	1,83 MPa	1,94 MPa	2,02 MPa
2ª amostra	1,65 MPa	1,69 MPa	1,70 MPa	1,74 MPa	1,97 MPa	2,01 MPa
3ª amostra	1,68 MPa	1,74 MPa	1,71 MPa	1,72 MPa	2,00 MPa	2,05 MPa
4ª amostra	1,70 MPa	1,75 MPa	1,76 MPa	1,74 MPa	2,02 MPa	2,00 MPa

Fonte: Viana e Gonçalves (2017)

De acordo com a NBR 10834 (2013), a resistência média dos tijolos não pode apresentar valores inferiores a 2,0 MPa (ou 20 kgf/cm²). Pelos resultados obtidos o tijolo que apresenta melhor desempenho é o realizado com 50% de agregado, com prazo de cura de 14 dias.

4.3.2 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - ESTUDO 2 (E2)

A autora desenvolveu três amostras para o teste de resistência à compressão. Na Tabela 8 temos os valores do teste.

Tabela 8 – Resultado de teste de resistência à compressão – (E2)

AMOSTRAS	Resistência	
	Tijolo com 50%	
	14 dias	29 dias
1ª amostra	1,14 MPa	2,33 MPa
2ª amostra	1,15 MPa	2,19 MPa
3ª amostra	1,14 MPa	2,23 MPa

Fonte: Briskievicz (2018)

Aos 14 dias os tijolos não atenderam a resistência mínima recomendada pela NBR 10834 (2013) que indica para média de 2 MPa, apresentando uma resistência média de 1,14 MPa. Observa-se na tabela os valores das amostras de 29 dias, que apresentam uma média de 2,25 MPa, se enquadrando no mínimo exigido pela norma.

4.3.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - ESTUDO 3 (E3)

O autor realizou 3 amostras para o teste de resistência à compressão. Os valores constam na Tabela 9.

Tabela 9 – Resultado de teste de resistência à compressão – (E3)

AMOSTRAS	Resistência					
	Tijolo com 33,3%		Tijolo com 50%		Tijolo com 66,7%	
	7 dias	28 dias	7 dias	28 dias	7 dias	28 dias
1ª amostra	1,18 MPa	1,49 MPa	1,49 MPa	2,08 MPa	1,51 MPa	2,04 MPa
2ª amostra	0,92 MPa	0,81 MPa	1,68 MPa	2,05 MPa	1,48 MPa	2,36 MPa
3ª amostra	1,00 MPa	0,96 MPa	1,73 MPa	2,06 MPa	1,43 MPa	2,34 MPa

Fonte: Pinto (2015)

Somente a 3ª amostra com 50% de agregado aos 7 dias atendeu o solicitado pela NBR 10834 (2013) que exige um valor de resistência individual de 1,7 MPa. As misturas que apresentaram melhores desempenho aos 28 dias foi a de 50% e de 66,7% de RCC. O valor de resistência média aos 28 dias para os tijolos com 50% foi de 2,06 MPa e para os tijolos com 66,7% foi de 2,24 MPa.

4.3.4 ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS ESTUDOS

Os resultados obtidos de algumas composições são agradáveis à norma, porque são maiores que os valores de resistência mínima, sendo eles o E1 com 50% de agregado aos 14 dias que resultou numa média de resistência de 2,02 MPa, o E2 com 50% de agregado aos 29 dias que apresentou resistência média de 2,25 MPa e o E3 com 66,7% aos 28 dias resultando em 2,24 MPa.

A variação que foi mostrada nos tijolos de solo-cimento é resultado das diferentes camadas de solo de cada região, da homogeneização das misturas por ser produzido de forma manual, teor de umidade, compactação da mistura, tipo e teor de cimento e cura do mesmo (NASCIMENTO et al., 2020)

Para melhor entendimento a Tabela 10 contemplada os resultados finais.

Tabela 10 – Resistência média dos tijolos

Melhores resultados de resistência			
ESTUDOS	E1 – 50%	E2 – 50%	E3 – 66,7%
	14 dias	29 dias	28 dias
Resistência Média	2,02 MPa	2,25 MPa	2,24 MPa

Fonte: Elaboração própria

Pelos resultados dos testes, os estudos que tiveram as melhores resistências foram o E2 e E3, com prazo de cura de 28 e 29 dias. O E2 apresentou uma composição de 50% de RCC (blocos cerâmicos), 40% de solo e 10% de cimento CII-Z. O E3

continha em sua composição 66,7% de RCC (resto de argamassa utilizada no chapisco, emboço e reboco), 24,3% de solo e 9% de cimento CP-V-ARI.

Desta forma, considera-se que a utilização do resíduo de construção civil como agregado para o tijolo ecológico é uma alternativa viável pois apresenta resistência exigida pela NBR 10834 (2013) e se apresenta como uma forma de economia e de reciclagem de resíduos que seriam descartados e poluiriam o meio ambiente (VIANA e GONÇALVES, 2017).

4.4 ENSAIO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA

A norma NBR 10834 (2013), especifica que a absorção de água individual para tijolos de solo-cimento deve ser $\leq 22\%$ e o valor da média deve ser menor que 20%. O ensaio mostra a relação entre o peso seco da amostra, e o peso saturado de modo a apontar a quantidade de água que o corpo de prova absorve em sua pior condição. As amostras passam pelo processo de secagem na estufa para obter o peso da massa seca, e na sequência são colocados em submersão por 24 horas, após isso é pesado novamente para obter o peso da massa úmida.

4.4.1 ENSAIO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA - ESTUDO 1 (E1)

Como indicado na Tabela 11 a absorção individual que atende o solicitado pela norma é a mistura de 50% de RCC (tijolos cerâmicos e rebocos).

Tabela 11 – Absorção de água – E1

Peso e absorção de água			
Amostras	Peso seco (g)	Peso úmido (g)	Absorção (%)
10%	1806,9	2209,83	22,30%
20%	1998,7	2418,42	21%
50%	2034,6	2441,11	20%

Fonte: Viana e Gonçalves (2017)

4.4.2 ENSAIO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA - ESTUDO 2 (E2)

Como indicado na Tabela 12 a absorção individual e a média dos tijolos atendem o solicitado pela norma. Considerando a mistura de 50% de RCC (bloco cerâmico).

Tabela 12 – Absorção de água – E2

Peso e absorção de água			
Amostras	Peso seco (g)	Peso úmido (g)	Absorção (%)
1ª amostra	2091,4	2509,68	20%
2ª amostra	1971,0	2254,39	17,6%
3ª amostra	1884,3	2257,39	19,8%

Fonte: Briskievicz (2018)

4.4.3 ENSAIO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA - ESTUDO 3 (E3)

Conforme a Tabela 13 as únicas combinações que atenderam ao requisito da norma foi o tijolo composto por 50% e 66,7% de RCC (resto de argamassa utilizada no chapisco, emboço e reboco).

Tabela 13 – Absorção de água – (E3)

Peso e absorção de água			
Amostras	Peso seco (g)	Peso úmido (g)	Absorção (%)
33,30%	1960,3	2464,68	25,73%
50%	2000,5	2400,6	20%
66,70%	2068,5	2478,06	19,80%

Fonte: Pinto (2015)

4.4.4 ANÁLISE DA ABSORÇÃO DE ÁGUA DOS ESTUDOS

Quanto ao parâmetro da absorção, apresenta viabilidade técnica para uso dos tijolos de solo-cimento as composições que apresentam 50% e 66,7% de RCC, pois

os valores que foram obtidos dos estudos atendem as especificações da NBR 10834 (2013). Os estudos E1, E2 e E3 apresentaram os melhores valores de absorção com amostras de 50% e 66,7% de RCC.

Um fato que contribui muito para essa elevada absorção de água das demais amostras (10%, 20% e 33,3%) é que o RCC pode ter grumos. A presença de grumos torna os tijolos mais porosos, deixando-os mais propensos a absorver quantidades maiores de água (PINTO, 2015).

4.5 EXIGÊNCIAS DAS NORMAS DOS TIJOLOS CERÂMICOS

4.5.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Os tijolos cerâmicos de vedação devem atender o item 5.5 (Resistência à compressão) da norma ABNT NBR 15270-1 (2017), que solicita uma resistência mínima de 1,5 MPa.

4.5.2 ABSORÇÃO DE ÁGUA

Conforme a NBR 15270-1 (2017) o índice de absorção de água não deve ser inferior a 8% e nem superior a 22%.

4.6 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS DOS TIJOLOS ECOLÓGICOS EM RELAÇÃO AO ITEM 4.5

A Tabela 14 mostra os valores exigidos pela norma para os tijolos de solo-cimento e tijolos cerâmicos. A Tabela 15 apresenta os valores obtidos no decorrer da análise de cada estudo em relação aos valores exigidos pelas normas.

Tabela 14 – Valores exigidos por norma

Especificação	Resistência e absorção exigida	
	Resistência à compressão	Absorção de água
Tijolo cerâmico	≥ 1,5 MPa	≤ 22%
Tijolo de solo-cimento	≥ 1,7 MPa	≤ 22%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 15 – Valores obtidos da análise em relação ao solicitado pela norma

Especificação	Resistência e absorção exigida	
	Resistência à compressão	Absorção de água
Tijolo cerâmico	≥ 1,5 MPa	≤ 22%
Tijolo de solo-cimento	≥ 1,7 MPa	≤ 22%
E1 - 50% de RCC	2,02 MPa	20%
E2 - 50% de RCC	2,25 MPa	17,60%
E3 - 50% de RCC	2,24 MPa	19,80%

Fonte: Elaboração própria

Os estudos que tiveram melhor aproveitamento estão citados nos itens 4.3.4, 4.4.4 e nas Tabelas 13 e 14, os quais tratam da resistência à compressão e da absorção de água. Mostrando que o tijolo ecológico atende as normas vigentes a ele, e ainda atende a norma que trata da resistência mínima e absorção de água para tijolos de cerâmica, tornando seu uso muito mais viável em prol ao meio ambiente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos resultados analisados o emprego do tijolo ecológico é uma alternativa para mitigação de impactos ambientais.

Por não necessitar do processo de queima, os tijolos de solo-cimento podem ser considerados mais ecológicos que os tijolos cerâmicos. O uso de lenha resulta no desflorestamento e sua queima emite gases que contribuem para o aquecimento global.

Em geral, foi possível observar que os tijolos de solo-cimento apresentaram resultados satisfatórios nas proporções de 50% e 66,7% de RCC, porém, em alguns dos ensaios

realizados (10%, 20% e 33,3%) estes ficaram fora dos padrões estabelecidos nas normas, como de absorção de água e de resistência à compressão.

A proporção de 50% e 66,7% de RCC atingiram uma boa absorção de água, onde o tijolo de solo-cimento apresentou resultados de acordo com a NBR 10834 (2013), não tendo uma absorção maior que 20%.

Um dos matérias para realização de uma edificação sustentável aponta para os tijolos de solo-cimento. Infelizmente muitas vezes a escolha do material acaba sendo feita pela disponibilidade do mesmo e pelo custo, não na finalidade, sendo deixado de lado a questão ambiental.

É importante que novos profissionais conheçam esse material, tenham a compreensão dos benefícios, afinal a pouca utilização do tijolo ecológico se dá pela falta de divulgação, o que gera uma baixa demanda e um elevado preço para obtenção do produto.

Desta forma, sugere-se que a utilização do RCC acima de 50% como agregado para o tijolo ecológico é uma alternativa viável, pois apresenta resistência exigida pela NBR 10834 (2013) e se apresenta como uma forma de economia e de reciclagem de resíduos que seriam descartados e poluiriam o meio ambiente.

6 REFERÊNCIAS

- (1) PINTO, Lucas Mazzoleni. **Estudo de tijolos de solo cimento com adição de resíduo de construção civil**. Santa Maria - RS, 2015. TCC de Bacharelado em Engenharia Civil. UFSM,RS - Universidade Federal de Santa Maria.
- (2) MIRANDA, Bruno; MORETTO, Izabela; MORETO, Rafael. **ODS 18 Gestão ambiental nas empresas – Sustentabilidade**. São Paulo, 2019. TCC de Pós-Graduação em Administração e Economia. FEA/PUC-SP – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.
- (3) VIANA, I.F.M e GONÇALVES, L.F. **Resistência à compressão de tijolos ecológicos à partir de resíduos de construção e demolição**. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia Civil e Arquitetura Sustentável) – Instituto Tecnológico de Caratinga - ITC. Caratinga – MG, p. 45. 2017.
- (4) CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). **Resolução 307** de 5 julho de 2002.
- (5) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15116: agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland – Requisitos e métodos de ensaios**. Rio de Janeiro. 2021.
- (6) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15270-1: componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos**. Rio de Janeiro. 2017.
- (7) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15270-2: componentes cerâmicos Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos**. Rio de Janeiro. 2017.
- (8) SANTOS, E.C.O.B; JÚNIOR, J.M.C. **Mitigação de impactos ambientais através do uso de materiais de construção ecológico**. Estudo de caso:

- Tijolos Ecológicos comparados a Tijolos Cerâmicos. Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica. Anápolis, GO. P.77, 2018.
- (9) BRISKIEVICZ, Jéssica. F. **Avaliação das propriedades de blocos de solo-cimento utilizando resíduos cerâmicos de construção civil**. 2018. p. 82. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco. 2018.
- (10) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13553**: materiais para emprego em parede monolítica de solo-cimento sem função estrutural. Rio de Janeiro. 2013.
- (11) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8491**: tijolo de solo-cimento - Requisitos. Rio de Janeiro. 2013.
- (12) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8492**: tijolo de solo-cimento – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio. Rio de Janeiro. 2013.
- (13) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10833**: fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica - Procedimento. Rio de Janeiro. 2013.
- (14) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10834**: bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural. Rio de Janeiro. 2013.
- (15) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16697**: cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro. 2018.
- (16) BARROS, M. Maiccon. **Tijolo ecológico com resina polimérica e resíduo de rocha ornamental**. Rio de Janeiro, 2019. TCC de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais. UEZO – Centro Universitário Estadual da Zona Oeste.
- (17) BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de construção**. vol 1. 5ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005. Documento eletrônico. Disponível em: <[Materiais de Construção -](#)

[Falcão Bauer - Vol 1 - 5ª Ed, p.25 - Baixar pdf de Doceru.com](#)>. Acesso em 05 de agosto de 2022.

- (18) BRASIL. Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. Aspectos da Construção Sustentável no Brasil. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/website/aspectos-construcao-sustentavel/show.asp?ppgCode=31E2524C-905E-4FC0-B784-118693813AC4>>. p.73. Acesso em 05 de ago. de 2022.
- (19) CREA-MT. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Mato Grosso. **Tijolos ecológicos: Construção com menos impactos ambientais.** Disponível em:<<https://www.crea-mt.org.br/portal/tijolos-ecologicos-construcao-com-menos-impactos-ambientais/>>. Acesso em 05 de ago. de 2022.
- (20) FIGUEIREDO, S. S.; SILVA, C. G.; BEZERRA, I. M. T.; DIAS, S. L.; NEVES, G. A.; MENEZES, R. R.; SANTANA, L. N. L. **Materials Science Forum 727-728**, 2012. 1422-1427.
- (21) FREITAS, Isabela Mauricio. **Os resíduos de construção civil no município de Araraquara/SP.** Araraquara, 2009. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente. UNIARA - Centro Universitário de Araraquara. Araraquara, 2009.
- (22) OLIVEIRA, Adriele. **Quais são os principais impactos ambientais da construção civil?** Educa Mais Brasil, 2019. Documento Eletrônico. Disponível em: <<https://www.educamaisbrasil.com.br/cursos-e-faculdades/engenharia-civil/noticias/quais-sao-os-principais-impactos-ambientais-da-construcao-civil>>. Acesso em 15 de out. de 2022.
- (23) CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 001, 23 de janeiro de 1986.** Ministério do Meio Ambiente. 1986.

- (24) FONSECA, Diego Santos. **Avaliação de aspectos e impactos ambientais em canteiros de obras em Salvador**. Salvador, 2011. TCC de Bacharelado em Engenharia Civil. UFBA - Universidade Federal da Bahia - Escola Politécnica. Salvador, p. 09. 2011.
- (25) OLENIK, Luís Paulo. **Análise de estabilização com cimento de argilas sedimentares de Joinville-SC**. TCC de Bacharelado em Engenharia Civil. UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. Joinville, p.18. 2016.
- (26) GRIGOLETTI, G. de Campos. **Caracterização de impactos ambientais de indústrias de cerâmica vermelha do estado do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Documento Eletrônico. Disponível em: <https://www.lume.ufrg.br/bitstream/handle/10183/1753/000307557.pdf>. Acesso em 29 de setembro de 2022.
- (27) SEBRAE. **Cerâmica vermelha para construção (CVPC): telhas, tijolos e tubos**. SEBRAE: Brasília, 2008. Documento Eletrônico. Disponível em: <https://organizaocotc.files.wordpress.com/2014/04/nt00038da6-ceramica-vermelha.pdf>. Acesso em 29 de Setembro de 2022.
- (28) MARTINS, J. G.; SILVA, A. P. **Produtos Cerâmicos**. 2ª edição: UFP, 2004.
- (29) PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de construção**. 6ª ed. Porto Alegre: Globo, 1982. 435p.
- (30) SILVA, L.A.C.; LIMA, R.R.S. **Estudo de proporções de lodo de eta e argila para produção de material cerâmico**. 2014. 66f. TCC de Bacharelado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Pernambuco. Sergipe, 2014.
- (31) PRADO, Carolina Mangieri de Oliveira. **Caracterização química e mineralógica das argilas utilizadas na produção de cerâmica vermelha no estado de Sergipe**. 2011. 62f. Dissertação de Mestrado em Química – Núcleo

- de Pós-Graduação em Química, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, 2011.
- (32) NASCIMENTO, Lucas Pereira Castanheira et al. **Secagem de tijolos cerâmicos argilosos industriais: uma investigação teórica usando modelos concentrados**. 2020. 31f. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2020.
- (33) LIMA, Rosa do Carmo de Oliveira. **Estudo da durabilidade de paredes monolíticas e tijolos de solo-cimento incorporados com resíduo de granito**. Campina Grande, 2010. 109 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.
- (34) Associação Brasileira de Cimento Portland. **SOLO-CIMENTO**. São Paulo, 2009. Documento Eletrônico. Disponível em:<<https://abcp.org.br/solo-cimento/>>. Acesso em 01 de outubro de 2022.
- (35) PISANI, M. A. J. **Um material de construção de baixo impacto ambiental: o tijolo de solo-cimento**. In: SINERGIA. v.6. n.1. 2005. São Paulo, 2005. 53-59p.
- (36) MOTTA, et al. **TIJOLO DE SOLO-CIMENTO: ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E VIABILIDADE ECONÔMICA DE TÉCNICAS CONSTRUTIVAS SUSTENTÁVEIS**. Belo Horizonte, 2014.