



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDICIPLINAR DE CARAÚBAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

WALKNELLY DE FREITAS RÊGO

**PRODUÇÃO DE TIJOLO ECOLÓGICO A PARTIR DE MATERIAIS RECICLADOS
PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL**

**CARAÚBAS
2022**

WALKNELLY DE FREITAS RÊGO

**PRODUÇÃO DE TIJOLO ECOLÓGICO A PARTIR DE MATERIAIS RECICLADOS
PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Departamento de Ciência
e Tecnologia da Universidade Federal
Rural do Semi-Árido, como requisito para a
obtenção do título de Bacharel em Ciência
e Tecnologia.

Orientadora: Profa. Dra. Rosilda Sousa
Santos

Coorientadora: Profa. Dra. Rejane Ramos
Dantas

CARAÚBAS

2022

WALKNELLY DE FREITAS RÊGO

**PRODUÇÃO DE UM TIJOLO ECOLÓGICO A PARTIR DE MATERIAIS
RECICLADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Departamento de
Ciência e Tecnologia da
Universidade Federal Rural do Semi-
Árido, como requisito para a
obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Aprovado em: 17/ 06 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

ROSILDA SOUSA

SANTOS: [REDACTED]

Assinado de forma digital por ROSILDA
SOUSA SANTOS [REDACTED]
Dados: 2022.06.23 09:55:51 -03'00'

Profª. Dra. Rosilda Sousa Santos (UFERSA)

Orientadora

Rejane Ramos

Dantas

Rejane Ramos Dantas
2022.06.20 22:42:02-03'00'
PL 11.2.1

Profª. Dra. Rejane Ramos Dantas (UFERSA)

Coorientadora

DIEGO DAVID SILVA
DINIZ: [REDACTED]

Assinado digitalmente por DIEGO DAVID SILVA DINIZ [REDACTED]
DN: CN=DIEGO DAVID SILVA DINIZ [REDACTED], OU=UFERSA -
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, O=CPEdu, C=BR
Razão: Eu estou aprovando este documento
Localização: sua localização de assinatura aqui
Data: 2022.06.21 08:48:05-03'00'
Foxit PDF Reader Versão: 11.2.2

Prof. Dr. Diego David Silva Diniz (UFERSA)

Membro Examinador Interno

FRANCISCO CÉSAR DE MEDEIROS
FILHO

Assinado de forma digital por FRANCISCO CÉSAR DE MEDEIROS FILHO
DN: cn=FRANCISCO CÉSAR DE MEDEIROS FILHO, ou=CAMPUS CAVALARIAS, ou=UNIVERSIDADE
FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO, [REDACTED]
Dados: 2022.06.23 06:34:20 -03'00'
Versão do Adobe Acrobat Reader: 2022.001.20117

Prof. Dr. Francisco César de Medeiros Filho (UFERSA)

Membro Examinador Interno

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

R333p REGO, WALKNELLY DE FREITAS .
PRODUÇÃO DE TIJOLO ECOLÓGICO A PARTIR DE
MATERIAIS RECICLADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL /
WALKNELLY DE FREITAS REGO. - 22.
40 f. : il.

Orientadora: ROSILDA SOUZA SANTOS.
Coorientador: REJANE RAMOS DANTAS.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 22.

1. Reciclagem. 2. Construção civil. 3. Pó de
serraria. 4. Papelão. I. SANTOS, ROSILDA SOUZA,
orient. II. DANTAS, REJANE RAMOS, co-orient. III.
Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai. Sua grande força foi a mola propulsora que permitiu o meu avanço, mesmo durante os momentos mais difíceis. Muito obrigada!

AGRADECIMENTOS

Minha gratidão, em primeiro lugar, a Deus.

Agradeço às professoras Rosilda Sousa e Rejane Ramos pela orientação, disponibilidade, pelas correções e sugestões, incentivo e carinho demonstrado ao longo desses meses de trabalho. O meu mais sincero agradecimento pela orientação exemplar.

Aos meus pais, Fabiana e Walkney, que me deram a vida, que me ensinaram a fazer escolhas certas. A eles eu devo a pessoa que me tornei. Amo vocês.

Aos meus amigos: Obrigada por estarem em minha vida.

A todos que direta ou indiretamente, contribuíram para conclusão desse trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1. Processo de fabricação do tijolo tipo ecológico.....	23
Figura 4.2. Molde de madeira para fabricação de tijolo ecológico.....	27
Figura 4.3. Papelão triturado para fabricação de tijolo ecológico.	24
Figura 4.4. Adição de pó de serraria para fabricação de tijolo ecológico.	24
Figura 4.5. Homogeneização de ingredientes para fabricação de tijolo ecológico. ..	25
Figura 4.6. Adição de gesso para fabricação de tijolo ecológico.	25
Figura 4.7. Inserção da mistura dos ingredientes no molde para fabricação de tijolo ecológico.....	30
Figura 4.8. Desmolde do tijolo ecológico após secagem.....	30
Figura 4.9 Tijolo ecológico pronto para teste de resistência à compressão (visto em dois ângulos)	31
Figura 4.10. Tijolo ecológico pronto para teste de resistência à compressão.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 Usos alternativos de resíduos sólidos gerados na construção civil.....	21
Tabela 4.1 Quantidades utilizadas para produção de tijolo ecológico.	26
Tabela 5.1 Resultados do ensaio de resistência à compressão dos tijolos ecológicos.....	33
Tabela 5.2 Média e Desvio Padrão de Tensão e Força dos tijolos ecológicos.....	34

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição
ANEPAC	Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção
CBCA	Centro Brasileiro da Construção em Aço
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
MPa	Mega Pascal
NBR	Norma Brasileira
PIB	Produto Interno Bruto
RN	Rio Grande do Norte
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido

RESUMO

A grande quantidade de resíduos sólidos gerados nos processos de produção da construção civil tem estimulado discussões sobre o uso de soluções construtivas e de novas ferramentas como a reciclagem de resíduos, a fim de minimizar os danos à natureza e a redução de custos com materiais convencionais. O uso do tijolo ecológico torna-se um material de construção inovador e dinâmico capaz de promover uma revolução em estruturas de alvenaria, pois proporciona a sustentabilidade e atende a preocupação com o meio ambiente, uma vez que gera pouca poluição, e visto que utiliza argilas provenientes de encostas de rios que tradicionalmente promovem desordens ambientais e impactos na vegetação ao redor. O presente trabalho tem como objetivo a produção de tijolos ecológicos, com estrutura para viabilizar a parte elétrica utilizada nas obras de construção civil. Além dessa finalidade obtém-se, a preservação do meio ambiente e a redução de custos. A pesquisa foi realizada em residência domiciliar da pesquisadora orientada, onde fabricou-se tijolos do tipo ecológico a partir de materiais reciclados e de aditivos da construção civil, os quais são práticos e baratos, com as seguintes dimensões: 9 cm de largura, 19 cm de altura e 19 cm de comprimento, conforme a Portaria Nº 270 de 23 de junho de 2021. Os materiais utilizados foram: papelão, pó de serraria, água e com aditivo o gesso. Após a confecção dos tijolos realizou-se o ensaio de compressão segundo a ABNT NBR 15270-2. Uma das formas de solucionar as dificuldades com relação aos recursos naturais, e diminuir o volume de resíduos descartados é impulsionar a economia local produzindo tijolos com materiais reciclados. Os custos de fabricação e aquisição de insumos para a construção civil com materiais reciclados é consideravelmente baixo, visto que não utiliza de recursos extraídos convencionalmente, além das possibilidades de produzir os tijolos em diversos formatos, apresentando também a resistência e possibilidade de produção em diversos locais, sem geração de grandes quantidades de resíduos, sem poluição do ar e solo e de fácil produção. Nesse sentido, e tendo em vista a degradação da natureza aliado à escassez de recursos naturais, a pesquisa torna-se relevante para a garantia de materiais e insumos de qualidade necessários à construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Reciclagem, teste de compressão, pó de serraria, papelão.

ABSTRACT

The large amount of solid waste generated in the production processes of civil construction has stimulated discussions about the use of constructive solutions and new tools such as waste recycling, in order to minimize damage to nature and reduce costs with conventional materials. The use of ecological brick becomes an innovative and dynamic construction material capable of promoting a revolution in masonry structures, as it provides sustainability and meets the concern for the environment, since it generates little pollution, and since it uses clays from river slopes that traditionally promote environmental disorders and impacts on the surrounding vegetation. The present work has as objective the production of ecological bricks, with structure to enable the electrical part used in civil construction works. In addition to this purpose, the preservation of the environment and cost reduction are obtained. The research was carried out in the home of the oriented researcher, where ecological bricks were manufactured from recycled materials and civil construction additives, which are practical and inexpensive, with the following dimensions: 9 cm wide, 19 cm in height and 19 cm in length, according to Ordinance No. 270 of June 23, 2021. The materials used were: cardboard, sawmill dust, water and plaster with an additive. After making the bricks, the compression test was carried out according to ABNT NBR 15270-2. One of the ways to solve the difficulties related to natural resources, and reduce the volume of discarded waste, is to boost the local economy by producing bricks with recycled materials. The costs of manufacturing and acquiring inputs for civil construction with recycled materials is considerably low, since it does not use conventionally extracted resources, in addition to the possibilities of producing the bricks in different formats, also presenting the resistance and possibility of production in several places, without generating large amounts of waste, without air and soil pollution and easy to produce. In this sense, and in view of the degradation of nature combined with the scarcity of natural resources, research becomes relevant to guarantee the quality materials and inputs necessary for civil construction.

KEYWORDS: Recycling, compression test, sawmill dust, cardboard.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS.....	11
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
3.1 MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	12
3.1.1 Cimento.....	12
3.1.2 Agregados: areia e brita	13
3.1.3 Aço	13
3.1.4 Gesso	14
3.1.5 Resíduos da construção civil	14
3.2 O PROCESSO DE PRODUÇÃO DO TIJOLO CERÂMICO	15
3.3 A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	16
3.4 TIJOLOS PRODUZIDOS A PARTIR DE MATERIAIS RECICLADOS.....	18
3.6 TIJOLOS CONVENCIONAIS E ECOLÓGICOS, TESTES LABORATORIAIS E ANÁLISES ESTATÍSTICAS	20
3.6.1 Análises estatísticas.....	21
4 METODOLOGIA	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1 INTRODUÇÃO

A grande quantidade de resíduos sólidos gerados nos processos de produção da construção civil tem estimulado discussões sobre o uso de soluções construtivas e o de novas ferramentas, como a reciclagem de resíduos, para reduzir os danos à natureza e a retenção de custos com materiais convencionais (SANTANA *et al.*, 2020).

Braga *et al.* (2005) relatam que a sustentabilidade é o tema do milênio, pois se encontra entrelaçado às áreas de planejamento da sociedade e nos setores da economia. Em consonância, Yemal *et al.* (2011) apresentam que a construção civil busca cada vez mais o uso de materiais inovadores capazes de gerar menor impacto ao meio ambiente, promover conforto térmico e diminuir o consumo de energia, reduzindo assim os danos à natureza e ainda a redução de custos da produção.

É grande a quantidade de lixo gerado na construção civil, poluindo o ambiente desde o processo de extração da matéria-prima de alguns materiais, até o descarte dos entulhos ao fim de uma obra, destacando, assim, a necessidade de produção e uso de materiais construtivos formados por materiais reciclados que promovam a sustentabilidade do meio ambiente e a redução de custos com materiais que serão descartados como lixo.

Santos (2009) discorre que o uso do tijolo ecológico é um material de construção inovador capaz de promover uma revolução em estruturas de alvenaria, pois tende à sustentabilidade e preocupação com o meio ambiente, assim como gera pouca poluição, e ainda não utiliza argilas provenientes de encostas de rios que tradicionalmente geram problemas ambientais e impacto na vegetação ao redor.

De acordo com Godoi (2012), o tijolo reciclável é um dos materiais inovadores de maior destaque para a construção civil, trazendo benefícios para obras de pequeno e médio porte, podendo ser de caráter estrutural ou não, e antes de seu uso passa por testes e ensaios destrutivos que garantem sua resistência, seguindo normas da ABNT.

Os materiais mais usados na construção civil são extraídos do meio ambiente muitas vezes de forma irregular, prejudicando as encostas de rios e a vegetação. Estes materiais são processados e usados nas obras, e uma parte deles é descartado como lixo no ambiente, sem preocupação quanto à sua decomposição ou impactos ambientais, e ainda sobre os custos destes materiais que não foram devidamente usados e acabaram sendo descartados.

A produção e uso de materiais construtivos produzidos a partir de insumos reciclados promovem a preservação do meio ambiente e a redução de custos em obras, pois estes que seriam lixo são usados e deixam de ser rejeitados como inutilizáveis, assim como buscam reduzir ao máximo a quantidade de lixo gerado na construção civil.

Diante do exposto, esta pesquisa tem por finalidade produzir tijolos ecológicos, com estrutura para viabilizar a parte elétrica utilizada nas obras de construção civil. Além dessa finalidade obtém-se, a preservação do meio ambiente e a redução de custos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Produzir tijolos ecológicos a partir de material reciclado e aditivo (gesso) com estrutura para viabilizar a parte elétrica utilizada nas obras de construção civil e como alternativa da preservação do meio ambiente e redução de custos, e avaliar a sua propriedade mecânica através de um ensaio de compressão.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Utilizar materiais reciclados para a construção de um tijolo ecológico;
- Promover uma discussão sobre a importância do uso de materiais recicláveis na construção civil como forma de reduzir o descarte de rejeitos e os impactos ambientais gerados na extração de argila;
- Realizar ensaio de compressão, segundo a norma ABNT NBR 15270-2.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O estudo, planejamento e produção do tijolo ecológico caracteriza a pesquisa sobre temáticas que o envolvem materiais comumente usados na construção civil, a produção do tijolo convencional, no qual está sendo usado como base de estudo, a produção do tijolo alternativo já desenvolvido com outros materiais, assim como os cuidados nas obras com os resíduos descartáveis e descartados.

3.1 MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Há no mercado uma grande oferta de materiais de construção disponível, com diversidade de funções, valores e durabilidade, como o cimento, a brita e o aço, largamente utilizados e com muitas finalidades de usos nas obras devido à resistência e funcionalidade, e serão discutidos nos próximos subcapítulos.

3.1.1 Cimento

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland, em 2021, o Brasil consumiu 4,8 milhões de toneladas de cimento. O Cimento Portland é o mais utilizado na indústria da construção civil, apresenta pequena granulometria, tendo o aspecto pulverulento, e desenvolve maior resistência física quando aplicada a hidratação.

Seu roteiro produtivo compreende algumas fases importantes, são estas: a extração das matérias primas e britagem, este último é submetido à correção de suas formas, pois será submetido à moagem fina, pré-aquecimento, calcificação e clinquerizado, obtendo-se o clínquer, que será misturado a outros componentes, a depender da tipificação do cimento, e submetido a moagem final, dando origem a este insumo tão importante para a viabilidade das edificações (BEZERRA, 2019).

O cimento é um dos principais materiais da construção civil, usado nas obras de diversas formas, como para a fixação dos tijolos, reboco e composição do concreto, mas que possui alto custo e gerando muitos resíduos, como restos de alvenaria e reboco, que são geralmente descartados de forma irregular no meio ambiente.

3.1.2 Agregados: areia e brita

A Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção (ANEPAC, 2016a) relata que, em 2014, o Brasil produziu 714 milhões de toneladas de agregados, com perspectiva de triplicação de área da mancha até 2030, em relação aos anos 2000. Em efeito cascata, haverá nesses futuros anos um alto consumo de matérias primas para construção e esperança de superar a crise financeira vivida no país durante a pandemia da COVID-19.

A areia e a brita são bastante conhecidas na construção civil e usadas muitas vezes juntos para formar estruturas mais resistentes e duradouras, como no concreto e pisos. Os processos que envolvem produção e uso de agregados estão submetidos a legislações de mineração, ambiental, tributária e trabalhista.

Para Fonseca Júnior (2012), a mineração de areia e brita está espalhada por todo o território nacional e é uma das mais importantes atividades extrativas do setor mineral brasileiro, devido ao volume produzido.

A areia define-se como um bem mineral constituído predominantemente por quartzo de granulação fina e pode ser obtida a partir de depósitos de leitos de rios e planícies aluviais, rochas sedimentares e mantos de alteração de rochas cristalinas, com baixa qualidade naquelas provenientes de praias e dunas litorâneas devido à presença excessiva de sais (ANEPAC, 2016b). É um agregado considerado miúdo resultante da fragmentação de rochas como basalto, quartzo, sílica, calcário, granito e gnaiss. E a ABNT NBR 7214:2015 define areia como um solo formado por grãos minerais com diâmetro entre 0,05 e 4,8 mm, caracterizando-se pela sua textura, compactidade e forma dos grãos. A areia é subdividida em areia grossa (entre 2,0mm e 1,2mm), areia média (entre 1,2mm e 0,42mm) e areia fina (entre 0,42mm e 0,074mm).

Já a brita é definida como um bem mineral formado por vários tipos de minerais rochosos, e pode ser usada *in natura* ou misturada com outros materiais, como cimento, asfalto, areia, entre outros, na construção civil, e é extraída da natureza por meio de desmonte por explosivos, britagem e depois classificadas (ANEPAC, 2016b).

3.1.3 Aço

Segundo o Instituto Aço Brasil (2020), foram produzidos 3,4 milhões de toneladas de aço bruto. O Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA) traz os dados de que no ano de 2020 as 336 empresas participantes produtoras de estruturas em aço produziram cerca de 822 mil toneladas, com faturamento de R\$ 7,1 bilhões e cerca de 31.800 colaboradores em 2019. Nesse mesmo ano teve um crescimento de produção em relação a 2018, atingindo o patamar mais alto dos últimos 4 anos.

Ainda segundo a CBCA (2021), o aço é muito usado na construção civil, sempre presente como parte das obras e como material principal de estruturas de resistência e tetos, permitindo mais liberdade a projetos arquitetônicos, com maior área útil, flexibilidade, compatibilidade com outros materiais, uso prático e rápido, e racionalização de materiais e mão-de-obra.

O aço é usado largamente nas obras como um material resistente e de uso prático, sem prévia preparação e com praticidade para ser aplicado, além de ser menos descartados no meio ambiente.

3.1.4 Gesso

O gesso possui propriedades específicas que podem ser favoráveis e desfavoráveis à construção civil, como: elevada plasticidade da pasta, pega e endurecimento rápido, não apresenta retração na secagem, tendo estabilidade volumétrica após o endurecimento.

Como características do gesso pode-se dizer, segundo Munhoz (2008), que a gipsita é um material abundante em todo o planeta e sua extração mundial é em torno de 97 milhões de toneladas por ano. A gipsita é o gesso natural que se encontra em terrenos sedimentares, onde no passado existiram oceanos.

A resistência mecânica dos produtos à base de gesso está relacionada com o crescimento dos cristais da pasta de gesso, sendo prejudicada quando o arranjo cristalino é formado por cristais mais grossos (LOPES, 2012).

3.1.5 Resíduos da construção civil

Os resíduos gerados pela construção e demolição representam uma grande parcela dos resíduos sólidos urbanos, o que pode ser atribuído à alta intensidade de

novas construções e pouca atividade de demolição, bem como às elevadas taxas de desperdício de materiais nos canteiros de obras.

3.2 O PROCESSO DE PRODUÇÃO DO TIJOLO CERÂMICO

O tijolo convencional utilizado na construção civil é o de cerâmica, fabricado com argilas e usado na maioria das obras pela facilidade de aquisição, valor e praticidade. Os primeiros registros do tijolo foram encontrados em escavações de arqueólogos no Oriente Médio, na época neolítica inicial, como peças grandes pesando cerca de 15 kg e em formas ovaladas, secas ao sol, e chegaram ao Brasil no período colonial a partir de 1549 como um material de construção civil para ser usado em obras para crescimento das cidades (SEBRAE, 2008).

Oliveira (2011) discorre que o processo de produção de tijolos de cerâmica avermelhada difere em detalhes entre as empresas fabricantes, apresentando também variações particulares nos produtos devido à matéria-prima usada e do objetivo do produto final, podendo ser usados equipamentos mais rudimentares ou modernos.

Matuti (2019) relata que os materiais usados na fabricação do tijolo cerâmico são somente a argila e a água que passam por uma manipulação básica, buscando remover resíduos de materiais orgânicos e outros componentes indesejados.

Em seguida, sobre o processo de produção do tijolo, Bresola (2020) explica da seguinte maneira:

“A argila após ser pega, passa por um processo no qual é feita as fases de laminação e destorroamento, para o apoucamento da granulometria do material, sendo então reduzido os possíveis rompimentos de peças. A massa formada é colocada a uma segunda laminação com acréscimo de água, caso necessário de aditivos para a correção nos aspectos químicos e mineralógicos da massa. Deste modo, há um melhoramento na condição de plasticidade da massa, sendo então submetida a conformação, etapa de modelagem em máquinas extrusoras”.

Após a modelagem é feito o corte dos tijolos, usando cortadores com peças nas dimensões planejadas, de forma manual ou automática, e colocados ao ar livre para secar. Após secar, os tijolos são levados para a queima no forno, dividido em três etapas: a 1ª etapa é o aquecimento e dura de 8 a 13 horas, chegando a 650°C; na 2ª etapa a temperatura atinge 1200°C, gerando reações que conferem as

propriedades do tijolo e se mantém por alguns dias, a fim de uniformizar a temperatura alta no forno; e a 3ª etapa é o resfriamento lento que dura de 24 a 36 horas (COSTA, 2017).

Compreende-se então que o processo de produção de tijolo é iniciado na limpeza da argila, depois ela é destorroada, adicionada água e vira uma massa, que vai ser modelada e cortada para secar ao sol, queimada no forno e depois resfriada.

3.3 A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A Assembleia Geral das Nações Unidas reuniu, em 2015, cerca de 193 países-membros a fim de buscar uma nova agenda de desenvolvimento sustentável formado por 17 objetivos (ODSs) que buscam, no geral, utilizar infraestruturas resilientes, promover a industrialização de forma mais inclusiva e sustentável, e ainda promover a inovação na área para que se torne cada vez mais sustentável e menos impactante ao meio ambiente.

O Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS, 2014) discorre sobre como a construção civil gera muitos resíduos sólidos que geram impactos ao meio ambiente desde a retirada da matéria-prima da natureza até seu descarte incorreto após o fim da obra.

O autor Teodoro (2011) relata que o setor da construção civil é um dos grandes responsáveis pelos problemas que afetam o meio ambiente devido à grande produção e geração de resíduos sólidos diariamente, e que estes são descartados de forma clandestina em terrenos inabitados ou em lixões a céu aberto, demorando muitos anos para se decomporem.

Os autores Fernandes e Amorim (2014) destacam ainda que além da grande geração de lixo, há também o risco dos resíduos formados por elementos sintéticos que geram perigo ao meio ambiente e à saúde humana, pois esses elementos são incorporados na natureza sem prévios estudos e podem gerar contaminação e impactos ambientes desconhecidos.

Em 2015 o Brasil gerou aproximadamente 45 milhões de toneladas de lixo proveniente de demolição, equivalente a 57% do resíduo sólido total gerado pelo país, com tendência a esse valor ser ainda maior pois esses dados são somente sobre

descarte em locais públicos como lixões e aterros, sem considerar os descartes na natureza de forma imprópria (ABRELPE, 2016).

A Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2018), apresenta na Tabela 3.1 abaixo, um demonstrativo dos possíveis usos recicláveis de materiais descartados na construção civil.

Tabela 3.1. Usos alternativos de resíduos sólidos gerados na construção civil.

Produto	Uso Recomendado
Areia reciclada	Argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, contrapisos, solo-cimento, blocos e tijolos de vedação.
Pedrisco reciclado	Fabricação de artefatos de concreto, blocos de vedação, pisos intertravados, manilhas de esgoto, dentre outros.
Brita reciclada	Fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagens.
Bica Corrida	Obras de base e sub-base de pavimentos, reforço e subleito de pavimentos, regularização de vias não pavimentadas, aterros e acerto topográfico.
Rachão	Obras de pavimentação, drenagem e terraplenagem.

Fonte: ABRECON, 2018.

Compreende-se então que a reciclagem de resíduos da construção civil permite dar nova utilidade a materiais que seriam descartados em lixões e na natureza para esperarem sua decomposição. Marques *et al.* (2020) corroboram com esse pensamento no seguinte trecho:

A reciclagem de resíduos da construção está em constante evolução no cenário brasileiro, devido às novas práticas desenvolvidas na indústria, que se utiliza de materiais reciclados, absorvendo quantidades cada vez maiores de produtos destinados às mais diversas aplicações e possibilitando ainda ganhos de produtividade em vários setores. A demanda por materiais reciclados de alta qualidade é crescente e favorece a sustentabilidade, pois depende de uma cadeia de produção bem definida e estruturada, que possua operadores logísticos eficientes e usinas capazes de se manterem em um mercado dominado por grandes fornecedores (MARQUES *et al.*, 2020).

Ou seja, a reciclagem na construção civil permite que o material que antes seria descartado seja repensado para produzir outro material e assim ser vendido possivelmente com menor custo e grande aceitação pelos consumidores. Todavia, os custos com usinas de reciclagem desses materiais são bastante altos, chegando a

desmotivar quem planeja investir nessa área, mas que possui muitas vantagens a médio e longo prazo tanto para o proprietário quanto para o meio ambiente, como descrito por Marques *et al.* (2020) no trecho abaixo.

Apesar de existirem muitos custos operacionais relevantes em uma usina de reciclagem, como a manutenção do sistema de britagem, a remuneração dos funcionários, o transporte de materiais e a própria operação, os materiais reciclados chegam ao mercado com preço inferior em até 40% em relação aos demais, garantindo dessa maneira, uma grande aceitação por parte dos construtores e compradores em geral. A adequação ambiental é intrínseca ao negócio da reciclagem, pois constitui o objetivo final dos geradores de resíduos. Além do reaproveitamento dos resíduos recicláveis, também é realizada a destinação ambientalmente correta de outros tipos de resíduos que chegam à usina, garantindo assim a conformidade na gestão de resíduos sólidos nas empresas (MARQUES *et al.*, 2020).

Em consonância, Frasson (2017) relata que já é possível ver mudanças no setor da construção civil quanto à aceitação do uso de novos materiais provenientes de agregados reciclados em algumas etapas da obra, e que estas mudanças são necessárias para promover o desenvolvimento urbano sem comprometer o meio ambiente e extinguir as jazidas.

A reciclagem na construção civil possui muitas vertentes de discussão e amplo potencial de crescimento e aceitação, com ações partindo de grandes e pequenos construtores e abrindo mercado para aqueles que decidam investir em materiais alternativos reciclados.

3.4 TIJOLOS PRODUZIDOS A PARTIR DE MATERIAIS RECICLADOS

O grande uso dos recursos naturais durante a história da humanidade vem gerando um desgaste na natureza, encarecimento dos produtos e muitas vezes até seu déficit. Marques *et al.* (2020) discorrem que diante da escassez dos recursos naturais usados na construção civil, a indústria está buscando alternativas de novos conceitos e soluções técnicas voltadas para a sustentabilidade ambiental.

Klepa *et al.* (2018) falam também que a construção civil, dentro da economia de qualquer país, é um dos principais motivadores econômicos, pois contribuem diretamente para o Produto Interno Bruto (PIB), devido às compras e vendas em

grandes quantidades, geração de empregos e crescimento, mesmo em momentos de crise.

Uma das maneiras de driblar as dificuldades com recursos naturais necessários para a construção civil, reduzir a quantidade de resíduos descartados e impulsionar a economia local é por meio do uso de materiais reciclados para a produção de insumos, como a produção de tijolos com resíduos plásticos e de papelão.

Sousa *et al.* (2018) estudaram a viabilidade econômica da produção de blocos de concreto dosados com resíduos de tijolos cerâmicos, ou seja, o uso de rejeitos de tijolos de cerâmica na dosagem de concreto para a fabricação de blocos maciços de concreto para pavimentação e para alvenaria. Após muitos testes laboratoriais, os autores obtiveram resultados onde os blocos com substituição de 80% do agregado de tijolo de cerâmica convencional de oito furos apresentaram um elevado desempenho mecânico e comprovada viabilidade econômica, dando assim novo uso a um material antes considerado como lixo e reduzindo custos de produção.

Soares *et al.* (2018) discutiram sobre a produção de blocos de construção ecológicos produzidos com papel reciclado, fabricando um tijolo mais leve e resistente, assim como mais barato e acessível, além de reduzir a quantidade de resíduos de papel na natureza.

Em consonância, Cunha (2016) desenvolveu uma pesquisa sobre um tijolo ecológico feito de papel reciclado e outras fontes de celulose, buscando reduzir o lixo e preservar a natureza, e com a produção baseada em misturar o papel velho de jornais e embalagens com água e outros materiais, prensar moldando e realizar a secagem.

Os custos de fabricação e a aquisição de insumos para a construção civil com materiais reciclados é consideravelmente baixo, além das possibilidades de produzir os tijolos em diversos formatos, apresentando também a resistência e possibilidade de produção em diversos locais, sem geração de grandes quantidades de resíduos, sem poluição do ar e fácil produção (SOARES *et al.*, 2018).

Weber *et al.* (2017) falam que o uso do tijolo ecológico oferece muitos benefícios, como o financeiro, e a possibilidade de usar técnicas diferenciadas em construções resulta na economia de materiais, tempo de execução e mão-de-obra, resultando em agilidade e economia.

Assim, compreende-se que o tijolo ecológico é um grande contribuinte para a preservação do meio ambiente, na redução de custos e na agilidade das obras, possibilitando dar novas utilidades a materiais que seriam descartados no meio ambiente como lixo para longos períodos de decomposição.

3.6 TIJOLOS CONVENCIONAIS E ECOLÓGICOS, TESTES LABORATORIAIS E ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Uma das formas de avaliar a qualidade do tijolo ecológico é analisando os resultados de testes laboratoriais e de análise estatísticas, assim assegurando que os mesmos possuem potencial para uso e conferem qualidade e segurança no seu uso.

O ensaio de resistência à compressão é largamente usado em testes com produtos para a construção civil, e Almeida (2012) discorre que a resistência mecânica é definida como a força resultante da aplicação de uma força sobre um material. A resistência de um material depende de sua capacidade de suportar uma carga sem apresentar deformações indevidas ou falhas. Essa propriedade é inerente ao material e é determinada através de ensaios padronizados pelas normas em vigor.

Almeida (2012) dá uma definição do ensaio de resistência à compressão voltada para o concreto, mas o mesmo serve para o ensaio com materiais cerâmicos e reciclados.

Sousa *et al.* (2018) realizaram o teste de resistência à compressão em tijolos cerâmicos convencionais e ecológicos com traço de concreto e resíduos de tijolo cerâmico moído, obtendo média nos tijolos convencionais de 9,26 MPa, indicando ótimo resultado e possibilidade de uso desse tijolo para obras estruturais até a classe de resistência EST80. Já os tijolos testados pelos autores com traços de concreto e resíduos de tijolo cerâmico moído apresentaram valores distintos e maiores que o tijolo convencional, com valores entre 11,66 MPa até 27,94 MPa, mostrando que estes apresentam maior vantagem no uso quando utiliza o agregado reciclado em substituição de 80% ao agregado convencional. Ainda os autores concluem que, em uma análise econômica de cinco anos, o uso do tijolo com uso de agregado reciclado se mostra viável, com aumento das receitas e diminuição de custos.

Um modelo de tijolo ecológico foi testado por Silva *et al.* (2020), com o uso de resíduos de vidro comum em tijolos maciços de cerâmica, onde todas as composições testadas apresentaram resultados no ensaio de compressão maiores que 1,5 MPa,

mas com esboroamento das bordas ao realizar os testes, indicando a necessidade de novos estudos voltados para este quesito, assim como mostra a importância da realização deste teste para analisar os pontos positivos e negativos de um tijolo ecológico.

3.6.1 Análises estatísticas

O Desvio Padrão e a Média são parâmetros estatísticos largamente usados em pesquisas científicas para facilitar a compreensão dos valores encontrados, por isso foram escolhidos para processar os resultados obtidos mais a frente. O desvio padrão e a média são calculados da seguinte maneira:

- Média: o ponto médio dos valores analisados, calculados da seguinte maneira:

$$Média = \frac{\sum Xi}{n}$$

Ou seja, a média é a soma dos valores, dividido pela quantidade de valores, facilitando a compreensão do ponto central entre os valores encontrados.

- Desvio Padrão: e o grau de variação de um conjunto, calculada por meio das seguintes fórmulas:

$$Desvio\ Padrão = \sqrt{\frac{\sum (Xi - X_{médio})^2}{n}}$$

O Desvio Padrão estabelece um valor a ser considerado antes e após a média, como um intervalo entre o menor e o maior valor encontrado.

Autores como Aragão e Cabral (2004), Sousa *et al.* (2018) e Lima (2018) realizaram pesquisas relacionadas à produção e estudo de materiais da construção civil, realizando testes de resistência à compressão e utilizando os parâmetros estatísticos Média e Desvio Padrão para compreender seus dados obtidos e facilitar a discussão dos mesmos, assim como uma diversidade de outros autores e áreas de estudo.

4 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada em etapas, sendo a primeira etapa realizada em residência domiciliar da pesquisadora orientada, onde se fabricou tijolos do tipo ecológico a partir de materiais reciclados e de aditivo da construção civil, os quais são práticos e baratos com relação ao tijolo convencional, com as seguintes dimensões: 9 cm de largura, 19 cm de altura e 19 cm de comprimento, conforme a Portaria Nº 270 de 23 de junho de 2021. Os materiais utilizados foram: papelão, pó de serraria e água e como aditivo o gesso. Após a confecção dos tijolos realizou-se o ensaio de compressão segundo a ABNT NBR 15270-2.

A primeira fase para a produção dos tijolos ecológicos foi a separação dos materiais necessários, com quantidades definidas previamente por método de tentativa e erro, até decidir qual a melhor proporção para produção os tijolos da pesquisa, quantidades essas definitivas por unidade e explanadas na Tabela 4.1.

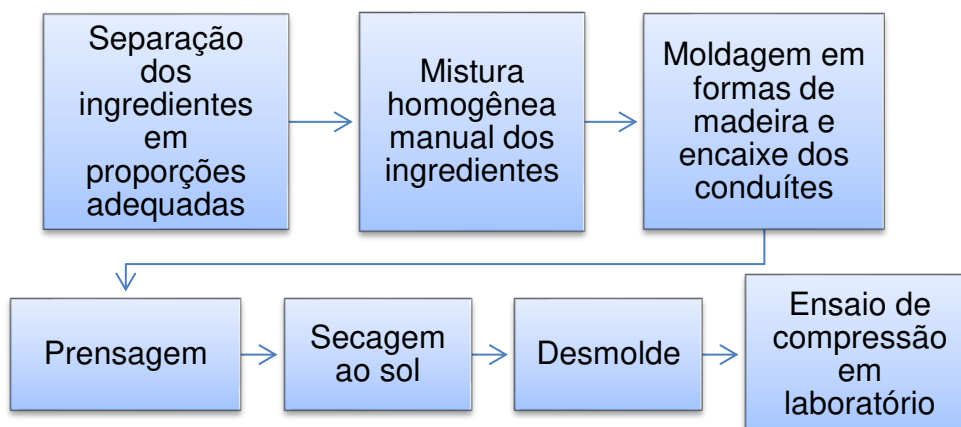
Tabela 4.1. Quantidades utilizadas para produção do tijolo ecológico.

Item	Quantidade p/ 1 tijolo
Papelão	800 g
Pó de serraria	800 g
Água	1 L
Gesso	400 g

Fonte: Autoria própria, 2022.

Após a separação do material, deu-se início a produção do tijolo conforme as fases estão indicadas na Figura 4.1.

Figura 4.1. Processo de fabricação do tijolo tipo ecológico.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Na produção dos tijolos ecológicos utilizaram-se molde de madeira de pinus com medida interna 19 cm de largura por 19 cm de comprimento, e nove centímetros de altura, e canos de PVC centralizados nas laterais do molde, para dar formato aos mesmos e passagem para sistema elétrico, conforme Figura 4.2 abaixo.

Figura 4.2. Molde de madeira para fabricação de tijolo ecológico.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Inicialmente, os materiais foram triturados manualmente e adicionados aos poucos em um recipiente para mistura e homogeneização manual, conforme Figura 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6.

Figura 4.3. Papelão triturado para fabricação de tijolo ecológico.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 4.4. Adição de pó de serraria para fabricação de tijolo ecológico.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 4.5. Homogeneização de ingredientes para fabricação de tijolo ecológico.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 4.6. Adição de gesso para fabricação de tijolo ecológico.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Após a homogeneização dos materiais, papelão, pó de serraria, gesso e água, essa mistura foi colocada aos poucos no molde e encaixada a caixa de energia, com cuidado para ocupar todos os espaços considerando a caixa e os canos de PVC, conforme ilustrado na Figura 4.7.

Figura 4.7. Inserção da mistura dos ingredientes no molde para fabricação de tijolo ecológico.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Após moldados, os tijolos ecológicos foram deixados secando ao sol por 24 horas para minimizar a umidade. Após esse período, os mesmos foram desmoldados, conforme pode ser visualizado nas Figuras 4.8 e 4.9.

Figura 4.8. Desmolde do tijolo ecológico após secagem.



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 4.9. Tijolo ecológico pronto para teste de resistência à compressão (visto em dois ângulos).



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 4.10. Tijolo ecológico pronto para teste de resistência à compressão (visto em dois ângulos).



Fonte: Autoria própria, 2022.

Após esta fase (secagem ao ar livre e o desmolde), os tijolos ecológicos seguiram para a segunda etapa da pesquisa, sendo direcionados ao Laboratório de Caracterização da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG), para

realização do ensaio de compressão o qual foi realizado na máquina universal SHIMADZU – AG-IS 100 kN, adaptada com suporte de duas placas de ferro para uniformização da força exercida sobre o tijolo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização do ensaio de resistência à compressão nos 4 (quatro) tijolos ecológicos com critério de rompimento, obtiveram-se os seguintes resultados (Tabela 5.1). Denominou-se a nomenclatura para os tijolos 1, 2, 3 e 4 de TJ1, TJ2, TJ3 e TJ4.

Tabela 5.1. Resultados do ensaio de resistência à compressão dos tijolos ecológicos.

Tijolo	Tensão	Força
TJ1	$\sigma = 4,16 \text{ Mpa}$	F= 692 N
TJ2	$\sigma = 7,07 \text{ Mpa}$	F= 1178 N
TJ3	$\sigma = 7,00 \text{ Mpa}$	F= 1165 N
TJ4	$\sigma = 16,75 \text{ Mpa}$	F= 1065 N

Fonte: Autoria própria, 2022.

O TJ1 apresentou resultados muito distintos dos demais tijolos, mas isso se explica devido à produção artesanal e dificuldades na padronização dos mesmos, gerando porosidade nos tijolos e distinção nos resultados, sendo algo facilmente corrigido com a produção padronizada e cuidados com os detalhes do tijolo.

Rabello *et al.* (2019) desenvolveram uma pesquisa sobre a adição do mineral vermiculita e de poliuretano para aplicação em tijolos, como forma de melhorar o isolamento térmico e acústico. Os autores indicam que o uso da vermiculita e do poliuretano aumentaram a porosidade dos tijolos, promovendo assim o objetivo almejado, mas que se deve sempre atentar aos níveis de porosidade para que estes não afetem a qualidade e a resistência dos mesmos, tornando-os inviáveis para uso.

Em seu estudo, Silva *et al.* (2020) fala que a adição de vidro no tijolo tornou-o frágil nas bordas, causando o esboroamento, sendo possivelmente um problema causado pelo preparo dos materiais e quantidades usadas, mostrando como a escolha dos materiais e da produção do tijolo podem afetar na porosidade dos mesmos e na qualidade do tijolo como produto final.

Foram realizadas ainda as análises estatísticas utilizando os parâmetros de média e desvio padrão dos resultados obtidos na análise de tensão e força de ruptura, sendo explanados na Tabela 5.2 a seguir.

Tabela 5.2. Média e Desvio Padrão de Tensão e Força de ruptura dos tijolos ecológicos.

	Média	Desvio Padrão
Tensão	8,74 MPa	4,77 MPa
Força	1025 N	197,17 MPa

Fonte: Autoria própria, 2022.

Os valores individuais e média da tensão indicam bons resultados, visto que segundo a NBR 7170/1983, os resultados de teste de resistência à compressão ao rompimento não podem apresentar resultados menores que 1,5 MPa, e os resultados obtidos foram elevados, mesmo nos TJ1 e TJ4 que apresentaram resultados distintos dos demais.

Quanto ao desvio padrão, os resultados dos TJ2 e TJ3 não saíram da curva de desvio, mas o TJ1 se apresentou abaixo da curva e TJ4 se apresentou acima da curva, o que já era esperado, visto que a produção manual, mesmo que padronizada, apresenta distinções.

Ao analisar resultados de pesquisas com outros tipos de tijolos, tem-se resultados tanto do tijolo tradicional de oito furos, como de diversos tijolos ecológicos. Aragão e Cabral (2004) realizaram ensaios tecnológicos em tijolos de cerâmica vermelha, e obtiveram resultados de análise de tijolos de oito cerâmicas de estado do Amazonas, onde a média da tensão analisada foi entre 0,31 e 2,80 MPa, mostrando que os resultados podem ser negativos ou positivos mesmo em regiões onde o barro utilizado é proveniente de áreas rasas e com muitos resíduos, precisando de análise prévia antes da produção dos mesmos.

Lima (2018) analisou 16 amostras de tijolos de três empresas produtoras de tijolos cerâmicos produzidos no Vale do Assú/RN, onde as empresas A e C apresentaram resultados de resistência à compressão menores que 1,5 MPa, enquanto que a empresa B apresentou resultados acima deste valor, mostrando que nem sempre o material cerâmico apresenta resultados satisfatórios de resistência quando manipulado de forma inadequada ou despadronizado.

Quanto aos tijolos ecológicos, Lira (2020) pesquisou tijolos ecológicos do tipo solo-cimento, com uso de agregados reciclados de classe A solo, cimento e água, e realizou testes de compressão, obtendo média de tensão de 5,75 MPa e média de

força de 92356,57 N, apresentando altos valores de resistência e compressão, assim como a viabilidade técnica da produção e uso desse tijolo.

Os resultados obtidos corroboram com os dados apresentados por Viana e Gonçalves (2017), ao analisarem a resistência à compressão de tijolos ecológicos produzidos a partir de resíduos de construção e demolição, que apresentaram bons resultados de força e tensão com uso de 50% dos resíduos, com MPa de 2,00 a 2,05 MPa, sendo considerado que o uso do resíduo de construção civil como agregado para o tijolo ecológico é uma alternativa viável.

Mantilla *et al.* (2013) pesquisaram sobre o desempenho à compressão de paredes intertravadas com tijolos de rejeitos de minério de ferro, com cimento e água prensados. Os resultados obtidos pelos autores indicam a regularidade dos tijolos, visto que apresentaram alta resistência à compressão, com média de 14,57 MPa, e coeficiente de variação de 13,6%.

Os resultados obtidos no ensaio de resistência à compressão do tijolo ecológico produzido à base de papelão, pó de serraria, água e gesso apresentou resultados positivos e dentro da legislação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fabricação de tijolo ecológico produzido com papelão, pó de serraria, gesso e água, foi realizada e gerou quatro tijolos que foram levados para realização de ensaio de resistência à compressão.

Mediante os dados obtidos no ensaio de resistência à compressão do tijolo ecológico produzido nesta pesquisa, observaram-se resultados positivos e promissores quando comparados à legislação, assim como semelhantes ou até melhores que os resultados de outros trabalhos científicos do mesmo nicho por meio de discussão. Mostrando, assim, a viabilidade da produção e uso deste tijolo ecológico na construção civil, além de dar novo destino a materiais que antes seriam descartados na natureza, como forma de reduzir custos e beneficiar o meio ambiente.

Todavia, resta a necessidade de estudos sobre a padronização da produção, buscar realizar novos testes de compressão para obter um tijolo ecológico dentro do padrão ideal da construção civil e assim conseguir resultados mais precisos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo, 2016.

ARAGÃO, S. C.; CABRAL, E. M. **Ensaios tecnológicos em cerâmica vermelha do pólo Oleiro dos municípios de Iranduba e Manacapuru, AM**. 48º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Curitiba/PR, 2004.

ALMEIDA, S.M. **Análise do módulo de elasticidade estático e dinâmico do concreto de cimento portland através de ensaios de compressão simples e de frequência ressonante**. Dissertação (Pós-graduação em Construção Civil), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

Associação Brasileira de Cimento Portland. **VENDAS DE CIMENTO CRESCEM 6,6% EM 2021**. 2021. Disponível em: <<https://abcp.org.br/vendas-de-cimento-crescem-66-em-2021/>>. Acesso em 5 de setembro de 2021.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; MIERZWA, J.C.; BARROS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

_____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7170: tijolo maciço cerâmico para alvenaria**. Rio de Janeiro, 1983.

_____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15270-2 – Componentes cerâmicos**. Rio de Janeiro, 2005.

_____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7214:2015 Areia normal para ensaio de cimento Especificação**. Rio de Janeiro, 2015.

_____. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO (ABRECON). **História do entulho**. 2018. Disponível em: <<https://abrecon.org.br/>>. Acesso em 10 de setembro de 2021.

_____. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO (ANEPAC). **Mercados: perspectivas para o setor de agregados**. 2016. Disponível em: <<https://www.anepac.org.br/agregados/mercado>>. Acesso em 5 de setembro de 2021.

_____. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO (ANEPAC). **Areia**. 2016. Disponível em: <<http://www.anepac.org.br/agregados/areia-e-brita/item/136-areia>>. Acesso em 5 de setembro de 2021.

_____. Instituto Aço Brasil (IAB). **Produção de aço bruto do Brasil cresce 24% no primeiro semestre**. 2020. Disponível em:

<<https://acobrasil.org.br/site/noticia/producao-de-aco-bruto-do-brasil-cresce-24-no-primeiro-semester/>>. Acesso em 10 de setembro de 2021.

_____. **PORTARIA Nº 270 de 23 de junho de 2021.** Aprova a Regulamentação Técnica para Componentes Cerâmicos para Alvenaria - Consolidado. Diário Oficial da União, 2021.

BEZERRA, L.M. **Acompanhamento do processo produtivo do cimento portland da indústria de Cimento Portland Mizubaraúna/RN.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química), Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, 2019.

BRESOLA, C.S. **FABRICAÇÃO DE TIJOLO SOLO-CIMENTO COM EMPREGO DE SERRAGEM DE MADEIRA.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil), Faculdade de Educação e Meio Ambiente (FAEMA), 2020.

CBCS. Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas: Subsídios para a promoção da Construção Civil Sustentável.** MMA/PNUMA/CBCS, 2014.

Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA). **Produção de estruturas em aço tem crescimento de 25,6% em 2019.** 2021. Disponível em: <<https://www.cbca-acobrasil.org.br/site/noticia/producao-de-estruturas-em-aco-tem-crescimento-de-25-6-em-2019>>. Acesso em 10 de setembro de 2021.

COSTA, A. G. B. **Utilização de resíduos cerâmicos da cidade de porto velho na produção de concretos.** Dissertação. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Amazonas. Manaus, AM. 2017.

CUNHA, R. **O tijolo ecológico Betr-Block possibilita construir casas com papel reciclado.** Stylourbano, 2016. Disponível em: <<https://www.stylourbano.com.br/o-tijolo-ecologico-betr-block-possibilita-construir-casas-com-papel-reciclado/>>. Acesso em 15 de outubro de 2021.

FERNANDES, A.V.B.; AMORIM, J.R.R. Concreto sustentável aplicado na construção civil. **Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas**, Aracaju, 2014

FONSECA JUNIOR, C.A.F. **Mercado de agregados no Brasil.** 10ª Jornada de Iniciação Científica-CETEM, 2012.

FRASSON, S.A. **Usinas de reciclagem de entulho como agentes na valoração dos resíduos gerados pela construção civil.** 19º Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, 2017.

GODOI, B.C.S. **Requisitos de sustentabilidade para o desenvolvimento de projetos residenciais multifamiliares em São Paulo.** Dissertação (Mestrado). FAUUSP:São Paulo. 2012.

KLEPA, R.B.; MEDEIROS, M.F.; FRANCO, M.A.C.; TAMBERG, E.T.; FARIAS, T.M.B.; FILHO, J.A.P.; BERSANETI, F.T.; SANTANA, J.C.C. Reuse of construction

waste to produce thermoluminescent sensor for use in highway traffic control. **Journal of Cleaner Production**, v.209, p. 250-258, 2018.

LIMA, R. **Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de blocos cerâmicos produzidos por indústrias do Vale do Assú-RN**. Monografia (Bacharelado em Ciência e Tecnologia), Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró/RN, 2018.

LIRA, D.S. **TIJOLOS ECOLÓGICOS**: estudo de viabilidade técnica no uso de agregados reciclados de resíduos da construção civil classe A. Dissertação (Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade), Universidade Federal de São Carlos/SP, 2020.

LOPES, S. M. O. **Concepção e produção de placas de gesso laminado. Relatório de Estágio**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Química), Instituto Politécnico de Tomar. Tomar, 2012.

MANTILLA, J.N.R.; ESPÓSITO, T.; MOREIRA, L.E.; CARRASCO, E.V.M. Avaliação do desempenho à compressão de paredes intertravadas com tijolos de rejeitos de minério de ferro. **Revista Construindo**, Belo Horizonte, v.5, n.1, 2013.

MARQUES, H.F.; RIBEIRO, C.C.; OLIVEIRA, D.M.; BAMBERG, P.; ALMEIDA, M.L.B. Reaproveitamento de resíduos da construção civil: a prática de uma usina de reciclagem no estado do Paraná. **Revista Brazilian Journal of Development**, v.16, n.4, 2020.

MATUTI, B.B. **Reutilização de resíduos de construção civil e demolição na fabricação de tijolo cerâmico**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal do Amazonas, 2019.

MUNHOZ, F.C. **Utilização do gesso para fabricação de artefatos alternativos de tijolo cerâmico**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Estadual de Paulista. Bauru, SP. 2008.

OLIVEIRA, F.E.M. **Acompanhamento da produção industrial em cerâmica da microrregião do Vale do Assu**: estudo de caso. Angicos, 2011.

Organização das Nações Unidas (ONU). **Agenda 2030**. 2015. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em 10 de setembro de 2021.

RABELLO, L.G. et al. **Produção de compósito de poliuretano e vermiculita para aplicação em tijolos**. 21º Congresso dos Estudantes de Ciência e Engenharia de Materiais do Mercosul, Ponta Grossa, 2019.

SANTANA, J.C.S.; ASSIS, R.C.T.; PERES, SM. A utilização de tijolo reciclável como ferramenta de construção econômica e sustentável. **Revista Portos: por um mundo mais sustentável**, cap.3, 2020.

SANTOS A. F. R. dos; BAUMGART, L. N.; WOICIOKOSKI, M.; TABARELLI JR., O.; JATZAK, S.; NICOLETTI, V. **Utilização de resíduos da construção civil em tijolos**

ecológicos. Trabalho Interdisciplinar, Administração da Produção II. Associação do Vale do Itajaí Mirim, 2009.

SEBRAE; ESPM. **Cerâmica vermelha:** estudos de mercado. São Paulo: SEBRAE Nacional, 2008. Relatório Completo.

SILVA, I.N.R. et al. **Estudo da influência da adição de resíduos de vidro comum em tijolos cerâmicos maciços de argila.** 1º Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, evento online, 2020.

SOARES, D.A.; COSTA, E.M.K.; MELO, M.C.; OLIVEIRA, M.V.C.; CAMARGO, S.S.M. Blocos de Construção Ecológicos Produzidos à Base de Papel Reciclado. **Revista Repositório Internacional**, 2018.

SOUSA, M.F.; SORIANO, J.; PATINO, M.T.O. Resistência à compressão e viabilidade econômica de blocos de concreto dosado com resíduos de tijolos cerâmicos. **Revista Articles**, n.23, v.3, 2018.

TEODORO, N.F.G. **Contribuição para a Sustentabilidade na Construção Civil:** Reciclagem e Reutilização de Materiais. Universidade Técnica de Lisboa, 2011.

VIANA, I.F.M.; GONÇALVES, L.F. **Resistência à compressão de tijolos ecológicos a partir de resíduos de construção e demolição.** Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil), Faculdades Integradas de Caratinga/MG, 2017.

WEBER, E.; CAMPOS, R.F.F.; BORGA, T. Análise da eficiência do tijolo ecológico solo-cimento na construção civil. **Revista Ignes**, v.6, n.2, p.18-34, 2017.

YEMAL, J.A.; TEIXEIRA, N.O.; NÃÃS, I.A. **Sustentabilidade na Construção Civil.** In: 3rd International Workshop Advances in Cleaner Production. 2011.