

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS SERTÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

IÊDA DEYSE PEREIRA DOS SANTOS

**O USO DE SOLO-CIMENTO COM ADIÇÃO PÓ DE PNEU RECAUCHUTADO NA
FABRICAÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS**

Delmiro Gouveia

2021

IÊDA DEYSE PEREIRA DOS SANTOS

**O USO DE SOLO-CIMENTO COM ADIÇÃO PÓ DE PNEU RECAUCHUTADO NA
FABRICAÇÃO DE TIJOLOS ECOLÓGICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Alagoas – Campus Sertão, como
requisito para a obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: prof. Msc. Rogério de Jesus Santos.

Co-orientadora: prof.^a Msc. Jéssica Beatriz da Silva

Delmiro Gouveia

2021

**Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia**

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4 2209

S237u Santos, Iêda Deyse Pereira dos

O Uso de solo-cimento com adição pó de pneu recauchutado na fabricação de tijolos ecológicos / Iêda Deyse Pereira dos Santos. – 2021. 74 f. : il.

Orientação: Rogério de Jesus Santos.
Coorientação: Jéssica Beatriz da Silva.
Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2021.

1. Construção civil. 2. Tijolo de solo-cimento. 3. Tijolo ecológico. 4. Reaproveitamento de resíduo. 5. Pó de pneu de borracha. 6. Reciclagem. I. Santos, Rogério de Jesus. II. Silva, Jéssica Beatriz da. III. Título.

CDU: 624.157.8

Folha de Aprovação

AUTOR: IÊDA DEYSE PEREIRA DOS SANTOS

O Uso de Solo-Cimento com Adição Pó de Pneu Recauchutado na Fabricação de Tijolos Ecológicos

Trabalho de Conclusão de Curso submetido
ao corpo docente do Curso de Engenharia
Civil da Universidade Federal de Alagoas –
Campus do
Sertão e aprovado em 17 de março de 2021.



Prof. Msc. Rogério de Jesus Santos, UFAL – Campus Sertão (Orientador)

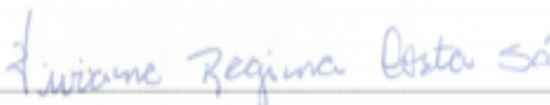
Banca Examinadora:



Prof. Msc. Rogério de Jesus Santos, UFAL – Campus Sertão (Orientador)



Prof.ª. Msc. Jéssica Beatriz da Silva, UFAL– Campus Sertão (Co-orientadora)



Prof.ª Dra. Viviane Regina Costa Sá, UFAL (Avaliador)

“ Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia, socorro presente na hora do desespero, a virgem Maria por passar na frente de todos meus problemas, aos meus pais, minha irmã e sobrinho. ”

AGRADECIMENTOS

A Deus, o meu maior e melhor agradecimento. Por me dar força para não desistir e sempre me acalmar nos piores dias e nas maiores decepções, bem como nos dias calmos e felizes. Aos meus pais dono de todo o meu amor Enaldo Pereira e Josefa Ferreira, que me apoiam em todas as minhas escolhas e me dão os incentivos necessários, base moral e abrigo sentimental em todos os momentos da minha vida. A minha querida irmã Iris Hioná, meu cunhado Bruno Reis e meu sobrinho amado Luiz Miguel, por todo amor e ajuda.

A meu professor e orientador Msc. Rogério de Jesus Santos, pela amizade/confiança construídas ao longo desta caminhada, por me acalmar nos momentos de aflição. Pela orientação competente, sempre muito incentivadora e gratidão por todo respeito erguido nessa fase.

À minha co-orientadora Msc. Jessica, por toda dedicação, compreensão e instruções dadas durante esse período. Pela disposição e orientação competente, me direcionado nas etapas do trabalho.

Ao meu namorado Jefferson Menezes, a qual me incentivou e me apoiou em todos os momentos, me ajudando em diferentes situações e me aconselhando para os melhores caminhos. Todo meu amor e gratidão a ti.

Aos meus amigos Artur Silva, Amanda Lonize, Iara Magda e Jackeline Catú, que mesmo distante sempre me apoiaram e incentivaram nessa jornada.

À minha amiga e confidente Beatriz Marques, que me ajudou e amparou durante toda essa caminhada, gratidão por ter te encontrado no meio desse ambiente tão individualista, pelas madrugadas de estudo, por sua disposição em estar sempre em prontidão quando precisei, pelo seu amor para comigo e seus conselhos maravilhosos. Você é incrível e merece o mundo. À minha professora e amiga Dra. Viviane Regina, por toda orientação nos projetos, dedicação dada e confiança construída ao longo dessa fase. Minha eterna gratidão por sua generosidade, seu apoio condicional e seus conselhos extraordinários. Meu verdadeiro anjo da guarda. A minha tia Egnalda Pereira, por todo apoio, ajuda e confiança depositada. Sempre com ensinamentos e direcionamentos sábios.

Ao meu vizinho Antônio Pereira (*in memoria*), que sempre acreditou no meu potencial e torceu pela minha felicidade, homem íntegro e exemplo para nós, a minha vizinha Lidía Caetano (*in memoria*), gratidão por sempre me apoiar, cuidar e me amparar nos dias escuros bem como nos felizes, sinto muito sua falta, obrigada por tanto. A minha voinha Josefa Pereira (zefinha), por todo amor e ajuda nesta fase da minha vida, gratidão por tanto amor, carinho e cuidado, te amo. A minha segunda mãe Maria Correia (tia ia), obrigada por cuidar de mim desde sempre, por todo amor, cuidado, proteção, oração e carinho. Eu amo muito a senhora. Ao meu primo José

Roberto (*in memoria*), por me incentivar e acreditar no meu potencial, obrigada por toda ajuda e amor, você estará sempre em nossos corações. Te amo.

Da mesma maneira os meus tios que são incríveis e essenciais em minha vida, Aparecida Ferreira, Cleonice Rodrigues, Erinalda Pereira, Eralza Pereira, Enalto Pereira e Zelia Torres. Gratidão por tudo.

Às minhas companheiras de jornada Anne Karoline, Amanda Monteiro, Bellane Gabrielli, Joyce Camila e Luana Sá, obrigada por cada momento compartilhado, por cada madrugada de estudo, por cada momento que estavam ali quando precisei. Vocês são sensacionais e extremamente essenciais em minha vida, gratidão.

Da mesma maneira, aos amigos que a universidade me proporcionou, Altair Alves, Allyson Maciel, Eloyse Fernanda, Gabriel Pereira, Jordana Freitas, Nadyne Barbosa, Rickelly Karla, Rodrigo Porciúncula e Vitor Vinicius, toda gratidão pelo companheirismo e carinho.

Aos meus queridos amigos e amados André Feitoza, Andrea Feitoza e Tania Feitoza por todo carinho, apoio, ajuda e respeito. Todo meu amor e gratidão a vocês.

Ao técnico de laboratório Arnon e professor Alexandre por estarem sempre à disposição em me ajudar durante esse processo vivido dentro do Laboratório de Materiais me auxiliando nas realizações dos ensaios. Neste sentido agradecer ao Adeilton, por disponibilizar a prensa manual para a confecção dos tijolos.

A todos os meus familiares que acreditaram em mim e fizeram parte desta trajetória, que me incentivaram, apoiaram e torceram por mim, cada um de vocês foram extremamente essenciais neste processo.

*“ Mas aqueles que esperam no Senhor renovam as suas forças. Voam
alto como águias; correm e não ficam exaustos, andam e não se cansam.
” Isaías 40:3*

RESUMO

O reaproveitamento de resíduos na construção civil tem sido uma opção viável para a diminuição do consumo de materiais naturais e sua distribuição inadequada dos resíduos no ecossistema. Neste trabalho foi avaliado o reaproveitamento do pó de pneu de borracha recauchutado, em substituição parcial do agregado miúdo natural, para a produção de tijolos de solo-cimento. Os tijolos ecológicos são obtidos a partir da mistura de partes proporcionais de solo, cimento e água. A substituição foi feita em relação ao agregado miúdo nas proporções de 5% e 10%, este resíduo foi cedido pela secretaria de meio ambiente do município de Delmiro Gouveia. As seguintes propriedades foram investigadas: análise granulométrica, resistência a compressão, absorção de água e massa específica. Neste sentido, foi verificado que houve um aumento na resistência à compressão de 4,43% nos blocos ecológicos com incremento de 5% do resíduo, neste mesmo seguimento, ocorreu uma redução de 15,93% nos tijolos ecológicos com incremento de 10% de resíduo, nesta mesma vertente, houve uma redução de índices de absorção de água e de vazios, o que também contribui para a diminuição a compressão. Sendo assim, a utilização do resíduo de borracha de pneus, em substituição parcial da areia natural no solo-cimento para a produção dos blocos ecológicos, além de contribuir efetivamente com a sustentabilidade na construção civil, por meio da economia de extração de matérias primas e redução do descarte e acúmulo inadequado de pneus inservíveis, proporcionando melhorias a algumas propriedades importantes para a eficiência e qualidade dos tijolos.

Palavras chaves: Materiais alternativos; Reciclagem de resíduos; Tijolo de solo-cimento; Tijolos ecológicos.

ABSTRACT

The reuse of waste in civil construction has been a viable option for reducing the consumption of natural materials and their inadequate distribution of waste in the ecosystem. In this work, the reuse of the retreaded rubber tire powder was evaluated, in partial replacement of the natural fine aggregate, for the production of soil-cement bricks. Ecological bricks are obtained by mixing proportional parts of soil, cement and water. The substitution was made in relation to the small aggregate in the proportions of 5% and 10%, this residue was provided by the environment secretary of the municipality of Delmiro Gouveia. The following properties were investigated: granulometric analysis, resistance to compression, water absorption and specific gravity. In this sense, it was verified that there was an increase in the compressive strength of 4.43% in the ecological blocks with an increase of 5% of the residue, in this same segment, there was a reduction of 15.93% in the ecological bricks with an increase of 10% of waste, in this same aspect, there was a reduction in water absorption and voids rates, which also contributes to the decrease in compression. Thus, the use of tire rubber residue, in partial replacement of natural sand in cement-soil for the production of ecological blocks, in addition to effectively contributing to sustainability in civil construction, through the economy of extraction of raw materials and reduction of disposal and inadequate accumulation of waste tires, providing improvements to some properties important to the efficiency and quality of bricks.

Keywords: Alternative materials; Waste recycling; Soil-cement brick; Ecological bricks.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Partes constituintes do pneu.....	22
Figura 2 – Processo de fabricação.....	23
Figura 3 – Processo de recauchutagem.....	24
Figura 4 – Descarte indevido de pneus no rio Amazonas.....	27
Figura 5 – Pneu inteiro usado para contenção de erosão.....	29
Figura 6 – Obra concluída	29
Figura 7 – Ciclo do pneu	30
Figura 8 – Prensa CINVA.....	36
Figura 9 – Tijolos maciços e tijolos vazados.....	39
Figura 10 – Esquema de procedimento experimental	41
Figura 11 – Solo utilizado.....	42
Figura 12 – Cimento Portland.....	43
Figura 13 – Pó de pneu recauchutado.....	44
Figura 14 – água	44
Figura 15 – Prensa manual.....	45
Figura 16 – Execução do experimento.....	47
Figura 17 – Blocos de solo-cimento.....	50
Figura 18 – Blocos de solo-cimento.....	51
Figura 19 – Medições do bloco.....	52
Figura 20 – Processo de capeamento.....	53
Figura 21 – Tijolo capeado.....	53
Figura 22 – Tijolo Nivelado	54
Figura 23 – Tijolos submersos no reservatório.....	54
Figura 24 – Ensaio de compressão.....	55
Figura 25 – Tijolos após passarem pela estufa para obtenção de massa seca.....	56
Figura 26 – Tijolos para obtenção da massa saturada.....	56
Figura 27 – Ensaio de Casa Grande.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição dos cimentos Portland comuns e compostos.....	34
Tabela 2 – Composição dos cimentos Portland de alto forno e pozolanicos.....	34
Tabela 3 – Composição do cimento Portland de alta resistência inicial.....	34
Tabela 4 – Tipos de dimensões nominais apresentadas em milímetros.....	38
Tabela 5 – Tipos de dimensões dos tijolos produzidos no Brasil.....	39
Tabela 6 – Limite das funções de solos pelos grãos.....	46
Tabela 7 – Módulo de finura.....	46
Tabela 8 – Limites granulométricos do agregado.....	57
Tabela 9 – resistência à compressão.....	62
Tabela 10 – resistência à compressão com adição de 5% de resíduo.....	62
Tabela 11 – resistência à compressão com adição de 10 % de resíduo.....	63
Tabela 12: Absorção de água sem resíduo.....	65
Tabela 13: Absorção de água com 5% resíduo.....	65
Tabela 14: Absorção de água com 10% de resíduo.....	66

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução dos pontos de coleta no Brasil.....	30
Gráfico 2 – Curva granulométrica.....	58
Gráfico 3 – Diâmetro efetivo e grau de uniformidade.....	59
Gráfico 4 – Média de compressão dos tijolos ecológicos.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland;

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;

ANIP – Associação Nacional da Indústria de Pneumático;

BTC – Bloco de Terra Comprimida;

BTC+b – Bloco de Terra Comprimida com adição de pó de pneu de borracha recauchutada;

CIB – Conselho Internacional da Construção;

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente;

IBDA – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento de Arquitetura;

IEP – Instituto Educacional Piracicabano;

MF – Módulo de finura;

NBR – Normas Técnicas;

NM – Normatização do Mercosul;

ONU – Organização das Nações Unidas;

PCA – Portland Cement Association;

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos;

RECICLANIP – Programa Nacional de Coleta e Destinação de Pneus Inservíveis;

SBRT – Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas;

SINDUSCON – Sindicato das Indústrias da Construção Civil;

UFAL – Universidade Federal de Alagoas.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivos	17
1.2 Justificativa	17
2. REFERENCIAL TÉORICO	19
2.1 Meio ambiente	19
2.2 Aspectos Gerais dos Pneus	20
2.3 Pneu Inservível	26
2.4 Solo-cimento	31
2.5 Composição de solo-cimento	33
2.6 Fabricação dos tijolos Ecológicos	37
2.7 Integração do Resíduo aos Tijolos de solo cimento	40
3. METODOLOGIA	41
3.1 Materiais	42
3.2 Caracterizações dos materiais	42
3.3 Análise granulométrica	46
3.4 Confeções dos tijolos ecológicos com e sem adição do pó de pneu	49
3.5 Resistências à compressão e absorção de água	51
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
4.1 Caracterização do solo	57
4.2 Ensaio de resistência à compressão	62
4.3 Ensaio de absorção de água	64
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

1. INTRODUÇÃO

A humanidade na atualidade se depara com várias questões em relação ao socioambiental, que não mais consentem que sejam prorrogadas as soluções para estes. Dentre várias problemáticas a serem solucionadas é indiscutível a destinação final do lixo, ou seja, o resíduo produzido pela sociedade é um dos maiores desafios, onde uma boa parte das vezes não se tem resposta. Os resíduos gerados necessitam de uma destinação final coerente para que não haja um desperdício cada vez maior na natureza, desta forma é necessárias medidas mitigadoras para que sejam amenizadas estas indagações. Em conformidade Silva e Fernandes (2012), o setor da construção civil é um dos mais antigos que se tem entendimento dentre a sociedade, este campo desde dos primórdios já executava de forma artesanal seus serviços, conseqüentemente este é um dos maiores geradores de resíduos e consumidor de grandes volumes de matérias-primas na execução de obras.

Neste sentido, ainda acordando com Silva e Fernandes (2012) aponta-se que este setor consome uma grande quantidade de recursos naturais, além de gerar um volume elevado de resíduos, cerca de 40 a 60% dos resíduos sólidos urbanos produzidos diariamente nas cidades têm origem no setor da construção. Todavia, no presente momento surgem constantemente novas tecnologias e otimizações dos recursos usados, no âmbito da construção civil é permitido a elaboração e execução de projetos que sigam as diretrizes da sustentabilidade.

Hoje em dia dentro dos descartes é possível ver algumas formas de reciclagens dos resíduos, como exemplo os pneus inservíveis. Em concordância com o Programa Nacional de Coleta e Destinação de Pneus Inservíveis (RECICLANIP, 2019) implantado pela Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP,2018), cerca de 70% dos pneus inservíveis são usados como combustível alternativo em fornos de cimentaria, devido ao seu poder calorífico, este substitui o coque de petróleo. Neste sentido ainda sintonia com a RECICLANIP (2019), os outros 30% são distribuídos em: asfaltos de borracha, pisos industriais, piso para quadras poliesportivas, fabricação de solados de sapatos entre outros. Várias pesquisas vêm sendo realizadas para verificar a viabilidade do uso da borracha de pneus como agregado, serão denotados alguns estudos deste material, no âmbito geral. Em harmonia com Adhikari, De e Maiti (2000, p939) o uso do resíduo em misturas asfálticas é seguro e dentre outras vantagens se destaca um aumento da resistência a variação de temperatura bem como a capacidade de drenagem.

Bignozzi, Saccani e Sandrolini (2000, p97), estudam o uso do pó do pneu em argamassas poliméricas, visto que esta última já possui um ótimo desempenho e flexibilidade, em relação as altas resistências já nas primeiras idades. Contudo o intuito é dá maiores características ecológicas bem como uma possível redução de custo.

Já em relação ao uso no solo-cimento, Pierce e Black well (2003, p197), destacam a adição do resíduo como um aliado em destinações de estabilização de aterros, preenchimento de valas e cabaceiras de pontes.

De acordo com Rodrigues e Santos (2013), os agregados reciclados de borracha de pneu são muito promissores na indústria da construção, devido às características inerentes a esse material: leveza, elasticidade, absorção de energia, propriedades térmicas e acústicas. Pensando neste sentido, a indústria da construção civil gigantesca, diga-se de passagem, em contrapartida tem vários aliados ao seu favor quando se trata de meio ambiente, que é o caso do solo-cimento onde o mesmo pode minimizar danos ambientais, dar mais agilidade ao processo construtivo em si e também baratear o custo de uma obra. A Cartilha de Construção Eco Produção (2017), relata que em relação ao processo construtivo dos blocos é importante descrever que o mesmo não precisa de queima em seu processo de produção e dispensa revestimentos e argamassas, tornando assim mais econômico o mesmo. Em relação a matéria prima pode ser encontrada em abundância em sua maioria das vezes, sendo assim este pode ser reduzido significativamente no custo final do produto. É de suma importância salientar também que se o mesmo tiver sua produção bem elaborada e uma cura correta, o bloco apresenta boa resistência à compressão e durabilidade.

Neste sentido, objetiva-se neste trabalho realizar a produção de tijolos ecológicos de solo cimento com a adição do acréscimo do pó de pneu recauchutado. Foram acrescentadas a massa de solo-cimento significativas proporções do pó de pneu: 5% e 10% (em função da quantidade de solo), para assim fazer as devidas verificações de suas propriedades. Para a produção desta investigação, este trabalho utilizou de pesquisas quantitativas e qualitativas, acerca de literaturas e tal como a utilização de ensaios para avaliar as propriedades do solo-cimento que foram influenciadas por resíduos. É valido ressaltar que este trabalho foi desenvolvido ao meio de uma pandemia que o mundo está enfrentando e neste sentido todo processo foi desenvolvido com o máximo cuidado e proteção adequada. Portanto, o presente estudo exhibirá as preocupações ambientais e também tecnológicas, tendo como por finalidade principal discorrer sobre benefícios que as inserções de resíduos de borracha trarão para as propriedades do bloco de solo-cimento e, ao mesmo

tempo apresentar uma proposta viável tanto tecnologicamente quanto ambiental para a gestão desses resíduos.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivos gerais

A finalidade geral deste trabalho é analisar o emprego do pó de pneu recauchutado na produção de tijolos de solo-cimento, bem como o comportamento mecânico.

Neste sentido, será exposto preocupações ambientais e também tecnológicas, tendo como por finalidade principal discorrer sobre benefícios que as inserções de resíduos de borracha tratarão para as propriedades do tijolo de solo-cimento e, ao mesmo tempo apresentar uma proposta viável tanto tecnologicamente quanto ambiental para a gestão desses resíduos.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Averiguar o comportamento físico mecânico do bloco solo-cimento com adição de 5% e 10% de resíduo de pneu;
- Realizar ensaio de absorção de água nos blocos de solo-cimento com e sem o pó do pneu;
- Verificar a resistências à compressão dos blocos de solo-cimento contendo o resíduo e analisar também o sem a adição;
- Executar os ensaios de granulometria.

1.2. Justificativa

De acordo com o Conselho Internacional da Construção (CIB,2019), o setor da construção civil tem um papel de extrema importância na geração de impactos ambientais, visto que este consome recursos naturais desde do processo de fabricação até sua execução e operação de obras.

Um estudo feito por Ângulo et al. (2004) identificou que a quantidade de volume de entulhos da construção e demolição gerado é até duas vezes maior que o volume de lixo sólido urbano. Desta forma tentando amenizar os impactos ambientais gerados pela construção civil, é necessário a busca por soluções inovadoras que estabeleçam uma relação de sustentabilidade com o meio ambiente, sem afetar o seu consumo no mercado bem como os limites de mão de obra.

Neste sentido, a fabricação do tijolo solo-cimento com e sem adição do resíduo de pó de borracha de pneu inservível, surge como uma nova proposta para atender a demanda de construção sustentável, onde estes apresentam um baixo impacto ao meio ambiente quando comparado aos blocos convencionais. Resumidamente, desta forma o maior desafio neste setor é fazer com que a inovação se defina e demonstre uma superioridade em relação aos costumes.

Os tijolos de solo-cimento, além de buscarem minimizar os impactos gerados, para o meio ambiente, também implica na redução de custos na construção, devido a abundâncias de suas matérias primas. Estes também possuem leveza em relação aos convencionais e não se faz necessário o uso de mão de obra qualificada e uma das principais vantagens do mesmo é que ele pode atingir uma resistência superior à exigida pelas normas técnicas o que garante durabilidade a longo prazo, em relação ao seu uso específico.

A umidade também deve ser observada, o tijolo de solo-cimento sai na frente por possuir toda sua cura com adição de pequenas quantidades de água, que aumentam sua resistência já os convencionais podem chegarem a enfraquecer. Neste mesmo pensamento os furos nos tijolos modulares formam câmaras termo acústicas que controlam a temperatura no interior da construção e ajudam a isolar ruídos, bem como este possui embutimento rápido e fácil. Sendo assim a fabricação dos mesmos é um caminho para a promoção de uma visão ecológica, social e econômica.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Meio ambiente

É notável que ao discorrer da história o homem não tinha nenhuma preocupação com a quantidade de geração de resíduos sólidos, visto que a quantidade de recursos naturais era abundante e a natureza aceitava sem reclamar os despejos. Mas diante do crescimento desfreado populacional, atrelado com a tecnologia e o avanço industrial se veem sendo observado um maior consumo tanto de bens como de serviços e tendo como resultando inúmeras transformações no meio em que vivemos, principalmente no meio ambiente. No entanto, é importante pensar em uma sociedade trabalhando em conjunto com o ambiente e também junto à economia, visto que, ao inverso, não teríamos um avanço no desenvolvimento sustentável, sendo assim, o maior desafio do ser humano atualmente é fazer a economia evoluir, atendendo às expectativas de uma sociedade e por resultado manter um ambiente saudável para as nossas vindas gerações.

Em conformidade com o Ministério do Meio Ambiente (2019), a agenda 21 é um documento que foi lançado na ECO92 (ou Rio92), que sistematiza um plano de ações com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável. Esta é definida como um instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis, é um mecanismo de planejamento participativo para o desenvolvimento do meio ambiente do país, resultado de uma vasta consulta a comunidade. E que foi coordenado pela comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentáveis.

É importante salientar que entre as conquistas da agenda 21 no país, podemos destacar a criação nos municípios, formação de gestores municipais e ONG's em todo o território brasileiro e sua inclusão no Plano de Plurianual do Governo Federal (PPA) que este tinha como meta assegurar a implementação das ações prioritárias da agenda 21 no Brasil e também a implementação de planos locais e desenvolver um método de avaliação e monitoramento do Programa Agenda 21 locais.

Sabidamente, o setor da construção civil tem um papel de extrema importância dentro da sociedade bem como para o desenvolvimento econômico de um país, neste sentido o mesmo se torna uma das peças fundamentais para o avanço global da sustentabilidade. Segundo o Sindicato das Indústrias da Construção Civil (SINDUSCON,2010), nos mostra que a relevância econômica teve um crescente aumento na geração de empregos formais, porém as retratações econômicas com a junção da crise política impactaram severamente este setor.

MARTINS (2012), ressalta que embora o setor da construção civil contribua positivamente para a economia do país, é preciso salientar que este setor também é responsável por um grande crescimento de geração dos resíduos sólidos da construção civil (RCC). Essa problemática leva as autoridades, pesquisadores e a sociedade a voltarem suas forças bem como seus conhecimentos para o enfrentamento das dificuldades de manejo e destinação final adequada destes.

Desde de muito tempo às políticas públicas estão voltadas ao lixo doméstico e ao esgoto sanitário. Só que atualmente, o resíduo gerado pela construção civil vem se destacando pelo seu grande volume coletado cotidianamente nas grandes zonas, visto isso podemos destacar sem dúvidas a falta de gerenciamento ambiental.

Entre tantos problemas ambientais que são causados pelos resíduos produzidos por meio da construção civil é de grande destaque o assoreamento dos sistemas de drenagem urbana, onde por várias vezes este gera custos de difícil previsão e mensuração por parte do setor administrativo público. Sabe-se que as políticas ambientais que são relacionadas ao tema abordado devem focar no adequado manuseio, visando uma possível reutilização ou bem como em uma redução, reciclagem e posterior disposição desses resíduos.

É de grande destaque a ação efetiva em termos legais, para a resolução do problema ambiental, neste contexto foi criado uma resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 2002, que definiu as responsabilidades e deveres, comprovando um novo sistema de gestão, o qual impõe os grandes geradores a reduzir, reutilizar e reciclar, assim como fazer de maneira coerente o devido tratamento e dispor os resíduos de construção e demolição.

Contudo é a partir da percepção do nível dos desgastes ambientais, que se faz necessário trabalhar um esquema de projeto onde haja um bom desenvolvimento global, mesmo que seja regional, que mostre a dimensão ambiental no sentido de conceber um novo e bem mais ativo método de administrar os recursos do ambiente para aquele setor.

2.2 Aspectos Gerais dos Pneus

2.2.1 Definição

Segundo Vasconcelos (2009), a borracha é composta originalmente por látex presente em árvores denominadas de seringueiras visto que este após passar por um processo de

industrialização dá origem a diversos produtos, onde um destes é o pneu de borracha que em sua maioria das vezes é usado em modais rodoviários.

Neste sentido a Reciclanip (2009), define o pneu como um artefato inflável, constituído praticamente por borracha e materiais de reforço que são utilizados para rodagem em veículos automotores e bicicletas.

De acordo com ANIP (2018), no Brasil a produção do pneu se datou pela década de 1930, quando foi implementado o plano Geral de Viação Nacional, onde a concretização do mesmo veio acontecer no ano de 1936 com a instalação da Companhia Brasileira de Artefatos de Borracha que é popularmente conhecida como Pneus Brasil; é importante salientar que no final dos anos 80 o país já havia produzido mais de 29 milhões de pneus e desde então o mesmo conta com mais de 15 fabricas que fazem a produção do referido produto, atualmente da produção mundial, o país se encontra na sétima posição na categoria de pneus para automóveis e é o quinto em pneus para caminhões e ônibus. O pneu, tecnicamente conhecido como pneumático, é um item de extrema importância e sem dúvidas é essencial para o funcionamento dos veículos tanto na segurança bem como no conforto dos usuários. Estes servem para suportar cargas, assegurar a transmissão da potência automotriz sendo assim garantir dirigibilidade e respostas eficientes nas freadas e acelerações e contribuir, junto com as suspensões.

Acordando com ANIP (2018), este produto é formado por vários componentes, como aço, náilon, fibra de aramida, rayon, fibra de vidro/poliéster, borracha natural e sintética, e diversos tipos de polímeros como carbono preto, sílica e resinas; antidegradantes (ceras de parafina antioxidantes e inibidoras da ação do gás ozônio); promotores de adesão (sais de cobalto, banhos metálicos nos arames e resinas); agentes de curas (aceleradores de cura, ativadores e enxofre) e produtos auxiliares.

A figura 1 mostra um corte de seção transversal do pneu, que se observam as partes constituintes em sua estrutura.

Figura1- Partes constituintes do pneu



Fonte: associação brasileira do segmento de reforma de pneus 2018

2.2.2 Processo de fabricação

A ANIP (2018), relata que os processos produtivos e construtivos do pneu passam por várias etapas, que devem ser muito bem estruturadas para garantir que o pneu tenha o desempenho esperado e proporcione total segurança a seus usuários. Cada etapa do processo de fabricação do pneu é controlada e segue especificações técnicas pré-determinadas pelo INMETRO (ANIP, 2018).

Acordando com ANIP (2018), as técnicas bem como as especificações devem ser seguidas rigorosamente para garantir todos os aspectos necessários como por exemplo: segurança, uniformidade de peso e geometria, simetria, grau de vulcanização e rastreabilidade estejam totalmente compatíveis com as regulamentações existentes.

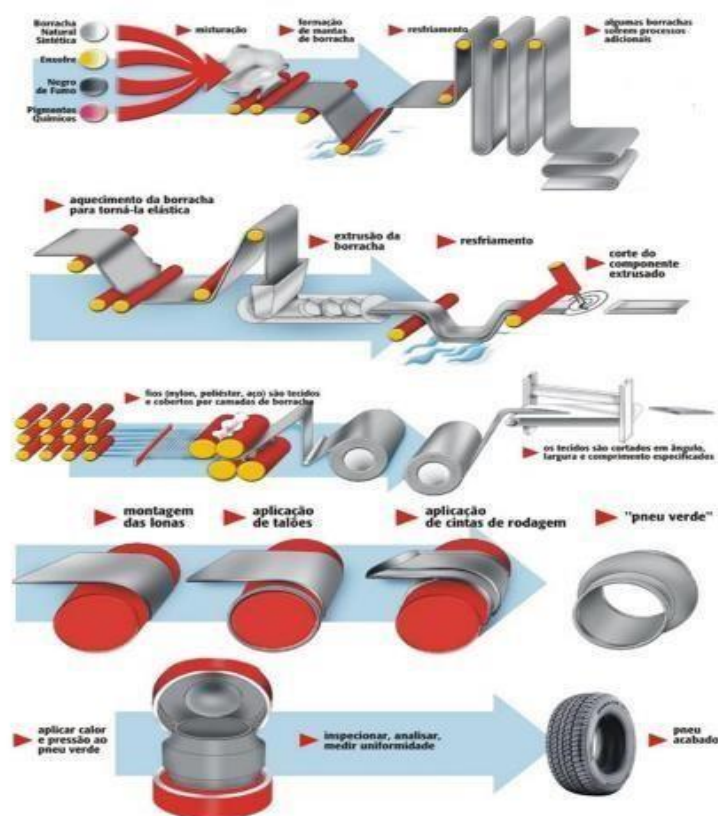
Segundo Rodrigues (2008), o processo de fabricação do pneu se dá inicialmente, pegando a borracha que já está pronta em formato de cilindro esta é fixada em um tambor retrátil onde são colocados os cordéis e os fios metálicos, que são amarrados em direção transversal. Logo após a costura dos cabos metálicos acontece a dobragem das bordas das lonas. Pelo processo de extrusão é aplicada a banda de rodagem, soldando suas extremidades. O pneu em sua forma cilíndrica é retirado do tambor e colocado em uma prensa, e um saco de borracha butílica inflada por vapor quente é colocado dentro do pneu.

A prensa é devidamente aquecida, a borracha em excesso e expulsa por cavidades, depois de algum tempo é retirado da prensa o pneu pronto.

Conforme ao Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas (SBRT, 2009) a vulcanização é um dos processos mais importantes para a produção do pneu, pois este dá resistência à borracha. Nesta etapa é realizado o aquecimento do mesmo juntamente com o enxofre e agentes aceleradores e ativadores.

A seguir na figura 2, será apresentado a estrutura esquematizada e completa do processo de fabricação dos pneus, neste está contido desde das etapas primordiais como exemplo é o processo de misturarão, e então dá sequência ao restante do processo com a extrusão, lonas, talões, construção e por fim o procedimento de vulcanização, onde neste é visto os processos que se forma o pneu.

Figura 2: Processo de fabricação dos pneus



Fonte: < <https://www.noticiasautomotivas.com.br/visitamos-a-fabrica-da-bridgestone-em-santo-andresp/>>

Segundo a ANIP (2018), logo depois do processo de vulcanização são realizados ensaios com amostras dos pneus prontos, que são testados como exemplo, a fadiga, durabilidade, resistência, alta velocidade e de velocidade sob carga. Os pneus também passam por um balanceamento, um teste conhecido como variação de forças e exame de raios- X. De acordo com ANIP (2018), por último, o pneu passa por um processo de inspeção final, onde são efetuados os testes que são necessários para sua liberação para que assim este

traga confiabilidade no seu desempenho, até ser armazenado para ser distribuído, chegando às mãos do consumidor.

No ano de 2013, as empresas associadas à ANIP geraram cerca de 68,8 milhões de unidades de pneus, isto tem preocupado bastante tanto os fabricantes como os ambientalistas, pois uma vez sua vida útil acabada o mesmo se torna inservível, assim sendo praticamente obrigatório o seu descarte.

De acordo com ANIP (2018), é de fundamental importância entender que a primeira solução para a destinação dos pneus usados é recauchutagem, porém quando não possível fazer uso da solução citada é feito outro método que é a remoldagem. Porém se mesmo assim o produto não oferecer condições que permita nenhuma utilização das alternativas anteriores, o mesmo passa se classificar como irreversível.

O processo de recauchutagem é uma forma de oferecer sobrevida ao produto em questão, constituindo no reaproveitamento da estrutura resistente do pneu desde que o mesmo esteja em boas condições, é colocado uma nova banda de rodagem no pneu, com isso é substituído a banda desgastada, não podendo esquecer da reforma das laterais e dos ombros das carcaças. Na figura 3 é mostrado o processo de recauchutagem.

Figura 3: Processo de recauchutagem



Fonte: < www.goodyear.com.br > (2019)

A remoldagem é um processo que se assemelha ao da recauchutagem, no entanto, o que difere é que além da remoção da banda de rodagem é realizada a remoção das partes laterais dos pneus, sendo assim, todo pneu recebe uma nova camada de borracha e passa por um novo processo de vulcanização (ANDRADE, 2007).

2.2.3 logística reversa do pneu

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), legitimada em 2010, a logística reversa compreende-se em um conjunto de ações, procedimentos e meios de coletar resíduos sólidos e retorna-los às fontes geradoras. Tendo como objetivo os preceitos de reaproveitar, reciclar e dar destinações ambientais corretas a cada tipo de material.

Leite (2003), ainda relata que a logística reversa pode ser determinada como um setor de planejamento, operação e controle de fluxo bem como as informações logísticas correspondentes, do retorno de bens de pós-venda e pós-consumo aos ciclos de negócios ou dos ciclos produtivos, que são usados através de canais de distribuição reversos, visto que estes agregam valores como: econômico, ecológico, logístico, de imagem corporativa, dentre outros.

Siqueira, Nogueira (2008), relata que através das vantagens que a logística reversa nos traz, as empresas estão tendo que se preocupar com o ciclo de vida útil de seus produtos. O processo se inicia desde do desenvolvimento do produto, passando pelas seleções de fonte renováveis para que este facilite a etapa de reciclagem tal como o estudo de processos logísticos de tratamento das devoluções e pôr fim a chegada do sistema de recolhimento dos itens descartados.

Ainda acordando com Siqueira, Nogueira (2008), um exemplo conveniente a ser apresentado são as aplicações de logística reversa de pós-consumo dos pneus inservíveis, que em uma boa parte do território brasileiro estão sendo tratados. Tendo em vista os problemas ambientais e sociais que estes acarretam. Este produto traz características especiais e aplicações diferenciadas.

Segundo Lagarinhos e Tenório (2013), uma das principais metodologias da logística reversa são os processos dentro da cadeia de reciclagem, está mantém a constância em toda a cadeia e viabiliza a economia. Em relação aos pneus, a maior divergência são as realizações tanto na coleta deste objeto bem como no transporte, já que em sua grande maioria estão localizados em zonas de difícil acesso, tornando assim esta etapa em sua maioria inviável da perspectiva econômica em desrespeito ao custo logístico.

Segundo Siqueira e Nogueira (2008), com a existência dessa questão e das exigências legalizadas, muitos esforços estão sendo empregados para busca de medidas que possam satisfazer todos os interesses, visto que este estaria representando a sociedade, os produtores de pneus e os importadores.

No território brasileiro, logo após a aprovação da deliberação do CONAMA 258/99, a logística reversa no que diz respeito ao caso dos pneus, tem sido bastante satisfatória e aplicada, considerando que o regimento da legislação instituiu esta conjuntura.

2.3 Pneu Inservível

Entende-se por pneus inservíveis aqueles que apresentam danos irreparáveis em sua estrutura e não podendo ser utilizado para rodagem ou para reforma. Neste sentido foi adotado para o território brasileiro a resolução nº 258 de 1999 e mais tarde a mesma foi revogada para resolução nº 416 de 2009 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), está obrigada todos os usuários darem uma destinação ambientalmente adequada para estes pneus e também aos remoldados.

De acordo com a CONAMA (2009), os pneus usados são apontados atualmente como um dos maiores problemas ambientais do planeta. Encontram-se nos dias que se discorre mais de três bilhões de pneus inservíveis dispostos inadequadamente no mundo, e o mais alarmante é que os números só aumentam. A destinação final é de extrema importância, por uma série de impactos negativos ao meio ambiente e conseqüentemente a saúde pública. Sabe-se que quando se faz uma destinação incorreta dos pneus pode-se gerar diversas problemáticas.

Em conformidade com o Ministério do Meio Ambiente (2019), Um grande exemplo é quando são queimados, estes provocam uma quantidade absurda de gases tóxicos e contaminação do solo e da água, quando eles são abandonados nos cursos d' água, obstruem canais, córregos e galerias de águas pluviais, prejudicando a vazão de escoamento, sendo assim o mesmo pode contribuir para as enchentes, que por sua vez é um fenômeno natural que causa prejuízos estrondosos e também pode tornar-se locais ótimos para proliferação de mosquitos transmissores de doenças como por exemplo a dengue e a febre amarela. Na figura 4, é mostrado a problemática que foi discutida acima.

Figura 4: descarte indevido de pneus no rio amazonas



Fonte: <https://g1.globo.com/ap/amapa/noticia/acumulo-de-pneus-descartados-no-rio-amazonaschamaatencao-na-orla-de-macapa.ghtml>

Entre os criadouros mais problemáticos podemos destacar os pneus inservíveis, que são jogados incorretamente no meio ambiente. A destinação deste está determinada a partir de 1999, quando foi publicada a primeira resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), neste sentido, a resolução diz que os fabricantes e importadores têm de recolher os pneus inservíveis.

Na proporção de um novo pneu colocado no mercado de reposição, o fabricante precisa recolher o pneu, e entregar anualmente, o plano de gerenciamento de pneu com um conteúdo mínimo. Este plano descreve estratégias para coleta do material, acompanhada de cópia de eventuais contratos, convênios ou termos de compromisso para esta finalidade. E também a indicação de unidades de armazenagem, informando as correspondentes localizações bem como a capacidade e além disso a descrição dos programas educativos que serão desenvolvidos junto aos consumidores entre outros aspectos.

Para atender as resoluções do Conama, os fabricantes e importadores fundaram no ano de 1999 a Reciclanip onde este é o ambiente que são compartilhadas as responsabilidades sobre o material referido, visto que estes trabalham com as questões ambientais. O serviço oferecido já recebeu várias premiações de reconhecimento, principalmente pelo trabalho de conscientização da população sobre recolhimento e destinação adequada do pneu inservíveis.

Segundo o Reciclanip (2019), as maiores destinações dos pneus inservíveis estão concentradas nas seguintes soluções;

- Devido ao seu poder calorífico, cerca de 70% dos pneus inservíveis são utilizados como combustíveis alternativos em fornos de cimenteiras, em substituição ao

coque de petróleo, outro uso deste material é a utilização para tapetes de automóveis,

- Pisos industriais e pisos para quadras poliesportivas,
- Um processo bastante interessante é o uso dos pneus não-radiais onde estes são cortados em lâminas que servem para fabricação de percintas (indústrias moveleiras), solas de caçados e dutos de águas pluviais.

A maioria dos processos nos pneus para a reciclagem, requer a separação dos componentes dos mesmos e ou também a trituração antes da sua utilização. Sendo assim, são encontrados outros exemplos de reutilização dos pneus inservíveis em sua forma inteira contribuído para questão da destinação final deste resíduo.

Na Engenharia Civil, kamimura (2002), fala que os pneus podem ser usados em sua forma inteira ou em partes, as aplicações que são mais usuais dos pneus inservíveis são em materiais de enchimento de peso leve; drenagem de em campo séptico; aterro em estradas; suporte de base de estrada; sistemas de drenagem de gases e aterros sanitários; material para compostagem; estabilizadores de aterro sanitário; barragens; diques; controle de erosão; isolante térmico e acústico; drenagem em aterros sanitários; aditivos em pavimentos asfálticos; coberturas de parques, concretos leves, entre outros.

Dentre as alternativas que foram descritas acima, é de grande importância salientar que as mesmas funcionam como um mitigador na destinação final dos pneus inservíveis, visto que estas não utilizam em larga escala o estoque dos pneus descartados que existem no meio ambiente, os processos que exigem as tecnologias mais difíceis são as que mais englobam a maior quantidade de pneus inservíveis.

A seguir serão mostradas algumas figuras que ilustram alternativas descritas no uso dos pneus descartados, mostrando sua utilidade no referido setor. Na figura 5, é exemplificado o uso dos pneus para contenção de erosão no solo, já na ilustração 6 é verificado a mesma obra concluída. Nesta obra foram usados mais de 120 mil pneus inservíveis colocados todos manualmente com o intuito de conter a erosão no solo.

Figura 5: Pneus inteiros usados para contenção de erosão



Fonte: < <http://www.usp.br/agen/repgs/2005/pags/113.htm> >

Figura 6: Obra concluída

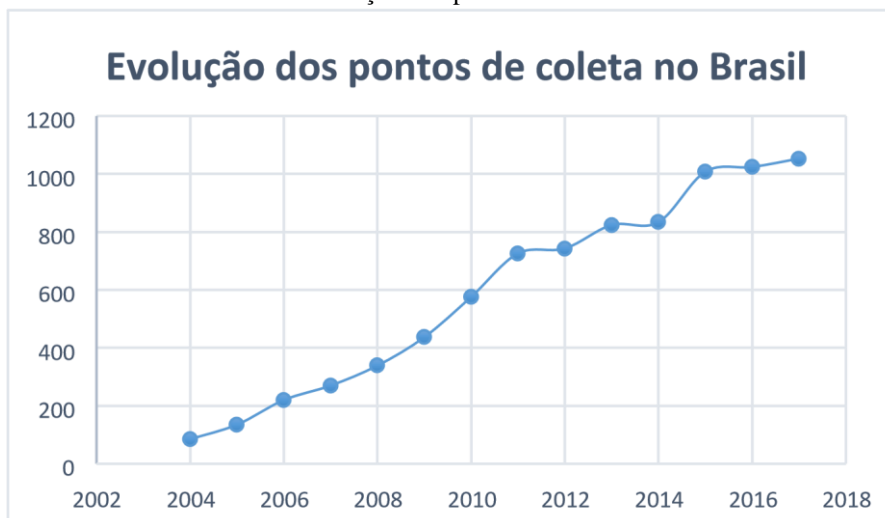


Fonte: < <http://www.usp.br/agen/repgs/2005/pags/113.htm> >

É bastante interessante salientar, que existem pontos de coleta para a entrega dos pneus inservíveis, estes são disponibilizados e administrados pelas prefeituras municipais que recebem e armazenam os pneus recolhidos, e neste sentido existem também o serviço municipal de limpeza pública que fazem o recolhimento do mesmo ao longo das vias públicas.

É de responsabilidade da Reciclanip toda gestão da logística de retirada dos pneus inservíveis do ponto de coleta e pela destinação ambientalmente adequada em empresas licenciadas pelos órgãos ambientais competentes e homologado pelo Ibama. Os acordos entre os órgãos têm permitido a ampliação dos números de pontos em todo o País, onde pode-se comprovar através do balanço anual do Programa de Coleta e Destinação de Pneus Inservíveis. O gráfico 1 mostra a evolução dos pontos de coletas no país, em 2018, foi datado mais de 1000 pontos em todo território nacional.

Gráfico 1: Evolução dos pontos de coleta no Brasil



Fonte: [http://www.reciclanip.org.br/pontos-de-coleta/o-que-sao/\(2019\)](http://www.reciclanip.org.br/pontos-de-coleta/o-que-sao/(2019))

O verdadeiro ciclo do pneu podemos visualizar na figura 7, que mostra desde da sua produção até a sua destinação e igualmente a sua utilização correta dos resíduos de borracha dos pneus.

Figura 7: Ciclo do pneu



Fonte: Reciclanip (2019)

Contudo, vemos que o Brasil teve um grande avanço em relação as destinações de pneus inservíveis desde da criação da resolução do Conama, e posteriormente a criação do Reciclanip no ano de 1999, embora que o sistema de coleta seja bastante eficiente, ainda se faz necessário um maior foco na educação ambiental e comoção da população, pois estes fazem parte do ciclo de consumo dos pneus.

2.3.1 Destinação dos pneus inservíveis

Neste sentido Fioriti (2007), aborda que o descarte inapropriado dos pneus inservíveis, podem causar um problema inquietante não apenas para o meio em que vivemos, mas também para a saúde pública, os pneus descartados em terrenos vazios, tendem a manter água de chuva criando um ambiente propício a proliferação de vetores, como o mosquito “*Aedes Aegypti*” que é o veículo para a dengue.

Conforme Reschner (2008), a aglomeração de pneus inservíveis acondicionados em montes a céu aberto tem um extremo potencial para causar muitos e grandes incêndios, e uma vez que uma grande pilha pega fogo, é muito difícil apagar. Em algumas situações esta queima leva meses, produzindo uma fumaça que é visível a quilômetro de distância. Devido ao calor intenso e a produção de fumaça, o bombeiro tem dificuldades de extinguir esse incêndio por meios convencionais. Nesta perspectiva a poluição do ar e do solo é ainda pior se forem feitas tentativas para apagar o fogo com espuma ou água.

De acordo com Albuquerque (2009), a reciclagem de resíduos industriais atualmente é uma necessidade para a redução do passivo ambiental, preservação dos recursos naturais e redução de custos do produto final. O reaproveitamento destes permite o aumento da vida útil dos aterros sanitários, evitando a poluição de córregos, rios e florestas, e assim se reduzirá a despesa de produção por ser uma matéria-prima de menor custo do que um material virgem.

2.4 Solo-cimento

Nos primórdios, depois da “revolução agrícola” o ser humano passou a deixar de ser nômade e começou a viver em aldeias, engenhado suas habitações com recursos vindos da natureza, e, de acordo com Alexandre; Alves; Lima (2009, p.16), “sabe-se que o uso abundante da terra crua pelo homem vem desde a antiguidade e este fato é confirmado nos sítios arqueológicos das antigas civilizações em todo o mundo”.

O solo é uma das matérias mais antigas utilizadas pelo ser humano no processo construtivo. Segundo Grande (2003) a aplicação deste material na construção é sinônimo de fruto de abundância, bem como a facilidade de obtenção e manuseio, atrelado ao seu baixo custo, visto que este permitiu o emprego de métodos construtivos ao longo dos anos, com adobes, paredes monolíticas e tijolos prensados.

De acordo com Abiko (1983), apud: Marinho; Penteado (2011, p.17), os vestígios da primeira vez que o solo-cimento foi utilizado se dataram no ano de 1915, nos Estados Unidos da América, pelo engenheiro Bert Reno. Este fez a pavimentação de uma rua com uma mistura de conchas marinhas, areia de praia e cimento Portland. No entanto só no ano de 1935, a Portland Cement Association (PCA) iniciou suas pesquisas sobre o tema. Partir deste o composto tem sido empregado em vários setores da construção. Conforme a humanidade foi evoluindo os avanços tecnológicos em relação aos métodos construtivos também foram crescendo, o uso do solo nas técnicas foram se aprimorando e segundo Barbosa; Ghavami (2010), no momento atual, em alguns países da América do Sul, como o exemplo o Peru, e em vários locais da África, o uso do adobe se faz bastante presente devido ao seu baixo custo, em outros países mais desenvolvidos, fazem o uso desta técnica devido ao seu apelo ambiental, em razão de que boa parte do material é encontrado em abundância. Já no Brasil foram os portugueses que pela primeira vez utilizaram técnicas com terra na construção, com destaque para o adobe, utilizando em casa, igrejas e prédios públicos.

Em harmonia com Grande (2003, p. 38), no Brasil a utilização deste material foi bastante intensificada a partir do ano de 1940, quando a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), gozava de métodos de dosagem para o emprego em obras de pavimentação inspirados nos moldes da experiência da PCA Americana.

Ribeiro (2013) nos diz que o solo-cimento é bastante conhecido por apresentar características eficazes em relação à resistência à compressão, durabilidade e impermeabilidade, baixa retração volumétrica, quando submetido à cura adequada. O solo-cimento advém do adobe ou taipa de pilão que era normalmente usado em paredes externas e as divisões internas e paredes do piso superior construídas com taipa de mão, devido ao fato de ser ele, uma matéria mais leve (LOPES,2002).

Conforme a NBR 12023(1992) o solo-cimento é definido como um produto endurecido, que é o resultado da cura de uma mistura íntima compactada de solo, cimento e água, em proporções estabelecidas através de dosagem, executada de acordo com a NBR 12253 (1992).

Sendo assim o bloco de solo-cimento procura atender ao critério de adequação ambiental, que tem como princípio uma menor degradação do meio, quando se faz comparações aos convencionais. Além das vantagens descritas este tijolo busca atender ao um apelo social, contribuindo para a redução do déficit habitacional, gerando um futuro melhor para as novas gerações advindas.

2.5 Composição de solo-cimento

Segundo Lima (2010), o solo cimento é formado principalmente por água, cimento e solo e a incorporação de materiais alternativos como resíduos na sua produção, onde este agrega valor ambiental ao material. A quantidade de produtos a serem misturados é conhecida como traço, visto que este pode ser apresentado em unidade de massa. A relação entre os traços traz à tona a produção de tijolos de solo cimento com uma qualidade aceitável.

Em síntese, os principais componentes deste é

- **Água:** é um líquido incolor, sem cor, sem cheiro e inodoro, composto de hidrogênio e oxigênio. O Brasil é um país privilegiado em relação às reservas hídricas e o consumo da água de forma irracional pode acarretar graves prejuízos ao meio ambiente e seres vivos. As impurezas que podem aparecer na água de mistura podem ser agressivas ao cimento (como sulfatos e matéria orgânica), de acordo com Bauer (1994). Assim, a água utilizada no solo cimento não deve conter impurezas para não comprometer as propriedades dos outros materiais.

- **Cimento:** O cimento Portland é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob a ação da água. Este produto é composto de clínquer e de adições. O clínquer é o principal componente e está presente em todos os tipos de cimento Portland. O que define os diferentes tipos de cimento são as adições, visto que estas podem variar de um tipo ao outro

(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND, 2002). Ribeiro (2013), os vários tipos de cimento são classificados no Brasil pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) visto que estes são nomeados pela sigla CP seguidos de um número romano de I a V de acordo com sua composição. Em sua maioria é também adicionada na sua classificação a resistência mínima à compressão em Mpa por valores iguais a 25, 32 e 40 alcançado após um período de cura de 28 dias. A tabela 1 a seguir mostra o tipo e composição do cimento Portland.

Tabela 1 – Composição dos cimentos Portland comuns e compostos

Tipo de cimento portland	Sigla	Composição (% em massa)				Norma Brasileira
		Clínquer + gesso	Escória granulada de alto-forno (sigla E)	Material pozolânico (sigla Z)	Material carbonático (sigla F)	
Comum	CP I	100	-	-	-	NBR 5732
	CP I-S	99-95	-	1-5	-	
Composto	CP II-E	94-56	6-34	-	0-10	NBR 11578
	CP II-Z	94-76	-	6-14	0-10	
	CP II-F	94-90	-	-	6-10	

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland (2002)

A tabela 2 mostra a composição dos cimentos de alto-forno e materiais pozolânicos na composição os chamados cimentos Portland de alto-forno e pozolânicos respectivamente esses tipos de cimento são normalizados no Brasil.

Tabela 2- Composição dos cimentos Portland de alto-forno e pozolânicos

Tipo de cimento portland	Sigla	Composição (% em massa)				Norma Brasileira
		Clínquer + gesso	Escória granulada de alto-forno	Material pozolânico	Material carbonático	
Alto-Forno	CP III	65-25	35-70	-	0-5	NBR 5735
Pozolânico	CP IV	85-45	-	15-50	0-5	NBR 5736

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland (2002)

Os cimentos de alta resistência é um tipo particular dos comuns, o desenvolvimento da alta resistência inicial é conseguido pela utilização de uma dosagem diferente de calcário e argila na produção do clínquer. Na tabela 3 é ilustrado a descrição acima.

Tabela 3- Composição do cimento Portland de alta resistência inicial

Tipo de cimento portland	Sigla	Composição (% em massa)		Norma Brasileira
		Clínquer + gesso	Material carbonático	
Alta Resistência Inicial	CP V-ARI	100-95	0-5	NBR 5733

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland (2002)

▪ Solo: Ferreira et al. (2008, apud Ribeiro, 2013) garante que praticamente todos os solos podem ser estabilizados com cimento e utilizados para a produção de solo cimento, porém os mais utilizados são os que precisam de baixos teores de cimento para a sua estabilização, do ponto de vista econômico. Segundo Grande (2003), o conhecimento do perfil do solo e de sua subdivisão em horizontes A (solo superficial), B (subsolo) e C (material de origem residual), permitem algumas observações relevantes no uso prático do solo cimento, quanto ao emprego dos solos provenientes desses perfis. Já Ribeiro

(2013) afirma que no horizonte C encontram-se os solos com as melhores características para o emprego no solo cimento por serem arenosos e de 19 destorroamento fácil apesar da possibilidade de conter partículas friáveis, onde exige um estudo de dosagem ideal antes de sua utilização.

2.5.1 Tijolos solo cimento

Conforme a normatização da ABNT – NBR 8491, os tijolos de solo-cimento são definidos como alvenaria constituída de uma mistura uniforme, compactada e endurecida de solo, cimento Portland, água e provavelmente, aditivos e/ou pigmentos em proporções que permitam atender as exigências desta diretriz, sendo que sua altura (H) seja menor que sua largura (L). Pode ser maciço bem como vazado.

Neste sentido o tijolo de solo cimento consiste em utilizar uma mistura de cimento, solo e água no traço de 1:10 e a água deve ser colocada até a mistura atingir a consistência ideal. Por não necessitar de queima na sua fabricação e utilizar pouca água em sua cura, o impacto ao meio ambiente é reduzido, e sua fabricação se torna possível em qualquer lugar que possua o maquinário adequado, inclusive no próprio canteiro. (CUNHA,2017). De acordo com Santos et al. (2009), a produção de tijolos de solo cimento trata-se de uma técnica revolucionária por ser uma maneira inteligente de construir, rápida e ecológica. Além disto, este tipo de tijolo tem características que trazem qualidade, solidez, beleza e economia no custo da obra.

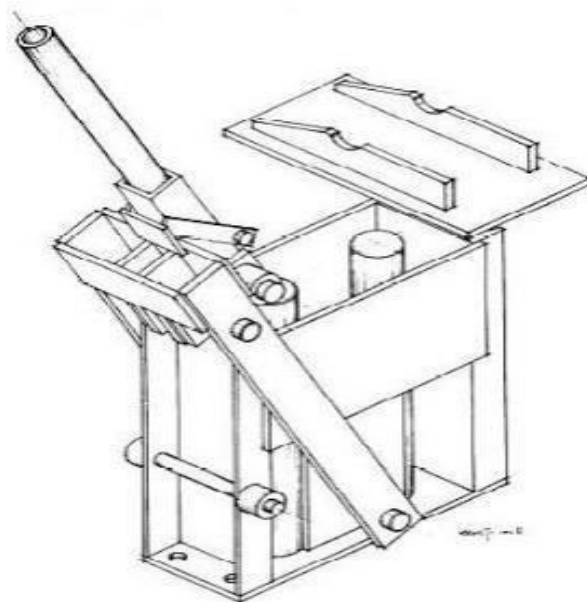
Pisani (2005, apud Moraes et. al, 2014) são descobertos diversos tamanhos e modelos de tijolos ecológicos, sendo estes, escolhidos de acordo com o projeto, mão de obra, materiais e equipamentos locais, além de outras condicionantes específicas, quando se trata de tijolos com dimensões diferentes, é usado proporções de dosagens diferentes e prensagem ou moldagem mais cuidadosa, para que as faces externas do elemento de alvenaria possuam textura e resistência superiores.

A prensa CINVA-Ran, foi bastante popularizada no âmbito da construção civil, e a mesma foi modernizada pelo engenheiro chileno Raúl Ramirez, no centro de pesquisas CINVA, de acordo com o que Barreto (2011 p,29) cita:

O projeto do CINVA-RAN era um projeto apoiado pelo OEA (1950-1961) em convênio com a Universidade Nacional da Colômbia, onde era promovido o intercâmbio científico e a capacitação de profissionais. Constitui-se na Colômbia, escolas e casas com a mão de obra dos camponeses (SANCHEZ, 2008).

Ainda acordando com Barreto (2011 p,29), a máquina trata-se de uma prensa que fabrica tijolos de terra compactada, com o objetivo da produção em massa e baixo custo para solucionar os problemas de moradias populares naquele país. A figura 8 ilustra uma prensa CINVA.

Figura 8: Prensa CINVA



Fonte: Cartilha produção de tijolos de solo cimento (2016)

De acordo com a ONU-Organização das Nações Unidas, (2019) no ano de 1970, houve uma reunião das conferências das Nações Unidas para o Meio Ambiente, visto que este teve como objetivo a preservação do meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável. Já em 1972 em Estocolmo, surge a preocupação para a criação de leis que normatizem o referido, sendo assim começam o surgimento de estudos em relação a novos materiais como por exemplo o uso do solo cimento.

Segundo Lima (2006), no Brasil o uso do solo cimento foi apenas usando em moradias por volta do ano de 1978, quando o antigo Banco Nacional da Habitação (BHN), confirmou que a técnica era aceitável para construções. Naquele tempo todos os estudos eram realizados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo e este mostrou que além de um bom desempenho acústico, o solo cimento que era aplicado em construções levava a uma redução de custos de 20% a 40%, comparado ao convencional. A partir deste atrelado aos avanços tecnológicos surgiram protótipos de tijolos ecológicos que são estudados diversos tipos e misturas dentro da composição, com a finalidade de dar uma destinação limpa em relação aos resíduos.

2.5.2. Vantagens e desvantagens

Conforme explicado por Grande (2003) e a cartilha de produção de tijolos de solo cimento (2016), dentre as vantagens dos tijolos ecológicos as que mais se destacam são:

- Seu sistema de encaixe auxilia a orientação no assentamento, mantendo as juntas regulares o que evitam o surgimento de trincas e fissuras;
- Seu uso reduz o peso da construção, pois este necessita de uma menor quantidade de material para assentamento e revestimento;
- Não passa pelo processo de queima, visando assim um baixo consumo energético
- Pode ser utilizado o próprio tijolo a vista, ficando com bom acabamento por conta das suas medidas e texturas regulares;
- Seus furos, além de promoverem conforto térmico e acústico, também formam condutores para redes hidráulicas e elétricas, evitando assim a quebra de paredes, além de permitirem o embutimento fácil e rápido das colunas de sustentação;
- São resistentes a compressão e a umidade;
- Facilidade de produção e uso, já que podasse produzir o próprio solo no local da obra reduzindo ou evitando custos de transporte, para o caso de pequenas obras;
- Utiliza-se de mão de obra não especializada na linha de produção.

Já as desvantagens, Moraes et. al (2014), mostra que a inserção massiva do tijolo de solo cimento no mercado é inviável por conta da grande demanda existente, e pelo fato da produção do tijolo ecológico, em comparação a do tijolo convencional (cerâmico), não conseguir, atualmente, suprir a demanda massiva da construção civil além disso, é necessário um estudo do tipo de solo e teor de cimento a ser utilizado para atender as normas técnicas.

Contudo para Fiais e Souza (2017), a baixa notoriedade do tijolo ecológico é uma das principais razões para a falta de informação em relação ao produto. Fiais e Souza, ainda cita que a utilização destes tijolos necessita de cuidados, afim de se evitar as patologias mais comuns.

2.6 Fabricação dos tijolos Ecológicos

De acordo com a cartilha de produção de tijolos de solo cimento (2016), os blocos de solo cimento, são também classificados como BTC (BLOCO DE TERRA COMPRIMIDA), estes são fabricados com terra (solo) adensado em molde por meio da compactação ou

prensagem, seguido de seu desmolde imediato. É importante salientar que os blocos não passam pelo processo de queima durante sua fabricação, contribuindo assim de forma significativa para o meio ambiente.

O processo de produção destes, acordando com grande (2003), é;

- A primórdio, a preparação do solo, onde este é destorroado e peneirado;
- Seguindo ao preparo da mistura, o cimento é adicionado ao solo e realiza-se uma homogeneização através da betoneira, logo em seguida adiciona-se água e mistura ao material até obter um ponto uniforme de umidade em toda a massa;
- Moldagem dos tijolos: esta etapa pode ser realizada através de prensas manuais, hidráulicas ou mecânicas. Essa fase é fundamental para a compactação e rearranjo dos grãos de solo;
- Cura: é durante esta etapa que os tijolos adquirem resistência mecânica, e é bastante válido salientar que durante os sete primeiros dias e após 6 horas de moldados, os tijolos devem ser mantidos úmidos por meio de molhagens sucessivas. De acordo com Bauer (1994) diz que a cura deve ser realizada com as peças separadas, postas em uma superfície horizontal, ao abrigo do Sol e chuva.

Contudo Ribeiro (2013), fala que o processo de cura dos tijolos de solo cimento tem finalidade de evitar que a água de amassamento e hidratação do cimento, que fica localizada na superfície do tijolo, se dissipe; sendo assim é necessário manter o controle da temperatura do material até que o mesmo alcance o nível de resistência desejado e fornecendo mais água durante as reações de hidratação quando necessário.

Pisani (2002), explica que o mercado brasileiro oferece vários tipos e modelos de tijolos de solo-cimento, que são usados nas construções conforme sua necessidade. Alguns dos principais tipos estão descritos na tabela a seguir e podem ser confeccionados tanto para a função de vedação bem como a estrutural, a depender da sua dosagem e sua prensagem aplicada. A tabela 4 mostra as grandezas dos tipos de bloco de solo-cimento.

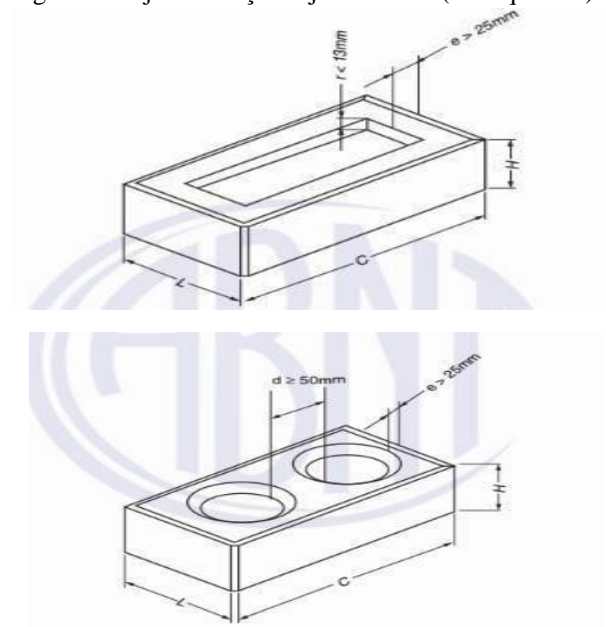
Tabela 4-Tipos e dimensões nominais apresentadas em milímetros (mm)

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

Fonte: ABNT NBR 8491:2012

De acordo com ABNT NBR 8491:2012 os tijolos de solo-cimento devem ter forma de paralelepípedo, nas dimensões (milímetros) indicadas na figura 9 a seguir e explicada na tabela 5.

Figura 9: Tijolo maciço e tijolo vazado (na seqüência)



Fonte: ABNT NBR 8491:2012

Tabela 5: Tipos e dimensões dos tijolos produzidos no Brasil

Tipo	Dimensões	Características
Maciço comum	5cm x 10 cm x 20cm 5 cm x 10 cm x 21 cm	Assentamento com consumo de argamassa similar aos tijolos maciços comuns
Maciço com encaixes	5 cm x 10 cm x 21 cm 5 cm x 11 cm x 23 cm	Assentamento com encaixes com baixo consumo de argamassa
$\frac{1}{2}$ tijolos com encaixes	5 cm x 10 cm x 10,5 cm 5 cm x 11 cm x 11,5 cm	Elemento utilizado para que não haja quebras na formação dos aparelhos com juntas desencontradas
Tijolos com dois furos e encaixes	5 cm x 10 cm x 10 cm 6,25 cm x 12,5 cm x 25 cm 7,5 cm x 15 cm x 30cm	Assentamento à seco, com cola branca ou argamassa bem plástica. Tubulações passam pelos furos na vertical
$\frac{1}{2}$ tijolos com furo e encaixe	5cm x 10 cm x 10 cm 6,25 cm x 12,5 cm x 12,5 cm 7,5 cm x 15 cm x 15 cm	Elemento para acertar os aparelhos, sem necessidade de quebras.

Fonte: Pisani (2002)

2.7 Integração do Resíduo aos Tijolos de solo cimento

Na atualidade, encontram-se vários estudos em relação a inserção do resíduo na fabricação de tijolos de solo cimento.

De acordo com Cordeiro et al. (2004), um dos principais proveitos do solo cimento é a possibilidade da incorporação de outros materiais a ele, exemplo deste são agregados produzidos com entulhos e rejeitos industriais. Desta maneira, diversos tipos de resíduos agroindustriais, de mineração, de construção e demolição vêm sendo estudados em conjunto com os tijolos bem como paredes monolíticas de solo cimento.

Já Calmon et al. (1997) e Silva (1998) examinaram o grande potencial de aproveitamento do resíduo de serragem de granito para a produção de argamassas de assentamento designados a construções de alvenaria. Estes verificaram a aptidão desse resíduo na fabricação de tijolos de solo cimento.

Silva et al. (2008) estudou a junção de resíduos de EVA (Etilene Vinil Acetate), vindo da fabricação de calçados, em tijolos de solo cimento. As conclusões obtidas foram que quanto maior fosse o teor desse material menor seria a resistência de compressão aos tijolos. A mescla de solo, 10% de cimento em massa e 10 % de resíduos de EVA em volume atenderam os critérios que a norma pedia, em relação a alvenaria de vedação sabendo que este não terá fim estrutural.

Considerações feitas por Silva (2009) objetivando mensurar a viabilidades de incorporação de lodo de Estações de Tratamento de Água em tijolos de solo cimento como uma maneira de diminuir os impactos que são gerados por este material ao meio ambiente. Deste modo, pode-se comprovar nas pesquisas, que a adição de resíduos na fabricação de tijolos de solo cimento, trazem resultados satisfatórios aos que se exige diante da normatização, e além disto estes contribuem positivamente para a redução dos impactos gerados ao meio ambiente.

3. METODOLOGIA

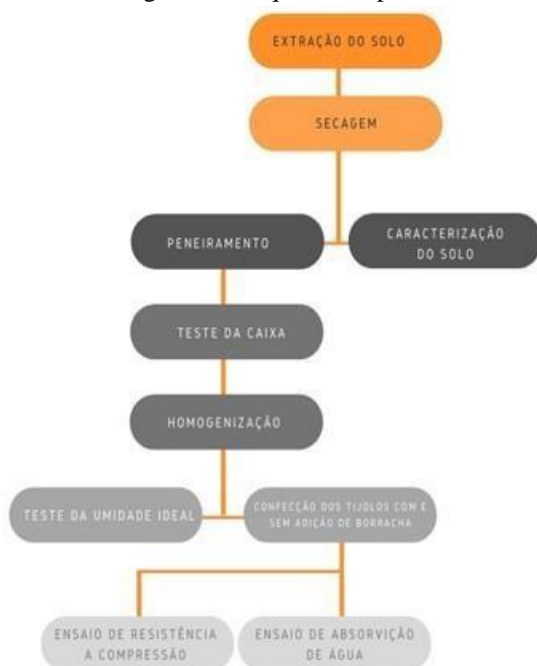
O atual trabalho foi desenvolvido no Laboratório de matérias da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), no município de Delmiro Gouveia mais precisamente no campus do sertão e será apresentado a fabricação de bloco de solo-cimento sem e com adição de pó de pneu recauchutado. Neste terá a explicação de todo procedimento de fabricação etapa por etapa e igualmente a avaliação das propriedades físicas e mecânicas do mesmo. Os tijolos ecológicos são produzidos a partir de prensas manuais.

Neste sentido, a referida pesquisa é oriunda de trabalhos qualitativos haja vista que, foram usados como base para a produção deste trabalho, artigos, teses bem como dissertações e para o desenvolvimento dos ensaios deste, tomamos como referência as normas brasileiras da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

É de extrema importância saber a origem do solo, pois a partir deste saberemos se é necessário maior ou menor adição de cimento.

Neste sentido foi elaborado um fluxograma, que está exemplificado na figura 10, onde mostra todo o procedimento experimental utilizado para a confecção dos tijolos, e também os ensaios tecnológicos realizados no decorrer da pesquisa.

Figura 10: Esquema do procedimento experimental



Fonte: Autora, (2020).

3.1 Materiais

É de real relevância citar que todos os ensaios foram realizados nos laboratórios de materiais e de solos da Universidade Federal de Alagoas no Campus Sertão.

3.2 Caracterizações dos materiais

Os materiais que foram definidos para a produção deste trabalho foram: solo, cimento, resíduo de pneu, água e óleo queimado para desmolde.

Utilizou-se também uma prensa manual de tijolos ecológicos, para maior facilidade da confecção dos blocos.

3.2.1 Solo

O solo utilizado foi extraído de uma barragem na zona rural do Município de Arapiraca no povoado Canãa mais precisamente no estado de Alagoas, foi escolhido este devido a problemática atual. A figura 11, mostra o solo utilizado.

Figura 11: Solo utilizado



Fonte: Autora, (2020).

3.2.2 Cimento

O cimento utilizado neste trabalho foi o Portland composto com fíler do tipo CP II-F-32, pois é um dos mais encontrados atualmente na região. É importante salientar que suas propriedades atendem as necessidades desde grandes estruturas, como o exemplo do concreto armado até uma pequena como é o caso de um reboco.

Segundo a ABNT-NBR 16697 (2018), o CP II-F-32 reúnem em sua composição, cerca de 6 a 14% de polozona, podendo conter uma ou mais formas de material carbonático não

ultrapassando o valor de 15% e é incluído sulfato de cálcio neste. Na ilustração 12 é mostrado o cimento utilizado nas confecções dos blocos.

Figura 12: Cimento Portland



Fonte: Autora, (2020).

3.2.3 Pó de Pneu

Os resíduos de borracha de pneu recauchutado foram fornecidos pela Prefeitura Municipal de Delmiro Gouveia, através da Secretaria de Meio Ambiente e Recurso Hídricos, que se localiza na rua vereador João Dantas Feitosa, n. ° 490, Centro. Foi utilizado para este trabalho o material passante na peneira de abertura 6,3 mm, de acordo com Segantini (2014).

Na figura 13, é mostrado o resíduo de pó de pneu recauchutado que será utilizado na fabricação dos tijolos ecológicos.

Figura 13: Pó de pneu recauchutado

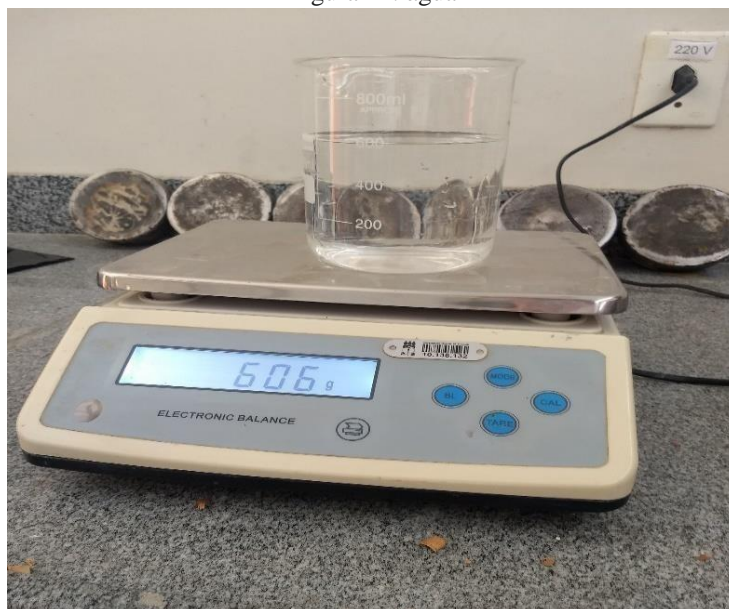


Fonte: Autora, (2020).

3.2.4 Água

A água utilizada no laboratório de materiais da Universidade Federal de Alagoas do campus sertão- UFAL, é fornecida pelo sistema de abastecimento de água de Delmiro Gouveia-AL (CASAL). A figura 14 mostra a água utilizada em todo procedimento da produção dos blocos.

Figura 14: água



Fonte: Autora (2020).

3.2.5 Prensa manual de tijolos

Para a realização da produção de tijolos ecológicos vazados foi utilizado uma prensa manual, cujas dimensões dos tijolos fabricados neste são 12,5 cm de largura, 7 cm de altura e 25 cm de comprimento. É mostrado na figura 15 a seguir o funcionamento desta.

Figura 15: Prensa manual



Fonte: Autora, (2020).

3.3 Análise granulométrica

A composição granulométrica do solo mais precisamente o agregado miúdo, foi definida com embasamento nas determinações da ABNT – NBR NM 248 (2003), por meio do método de peneiramento.

De acordo com a ABNT – NBR 6502 (1995), os grãos se classificam conforme a tabela 6 que será descrita a seguir, este são analisados de acordo com os seus respectivos diâmetros.

Tabela 6 – Limite das frações de solo pelos dos grãos

TIPO DE SOLO	FRAÇÃO LIMITE
Matacão	De 200 mm a 1 m
Pedra-de-mão	De 60 mm a 200 mm
Areia grossa	De 0,6 mm a 2,0 mm
Areia média	De 0,2 mm a 0,6 mm
Areia fina	De 0,06 mm a 0,2 mm
Silte	De 0,002 mm a 0,06 mm
Argila	Inferior a 0,002 mm

Fonte: ABNT – NBR 6502 (1995)

Em conformidade com a ABNT – NBR 6502 (1995), para a determinação do agregado miúdo será utilizada a classificação de Abrams, sendo que este tem como base o módulo de finura. Neste sentido o módulo de finura corresponde à soma das porcentagens retidas, em massa, de um agregado, nas peneiras da série normal e divididas por 100, é importante frisar que quanto maior o módulo de finura, mais grosso é o material.

Segundo Abrams (1922), o agregado miúdo é categorizado com base no seu módulo de finura (MF) que de acordo com a tabela 7 será expresso da seguinte forma:

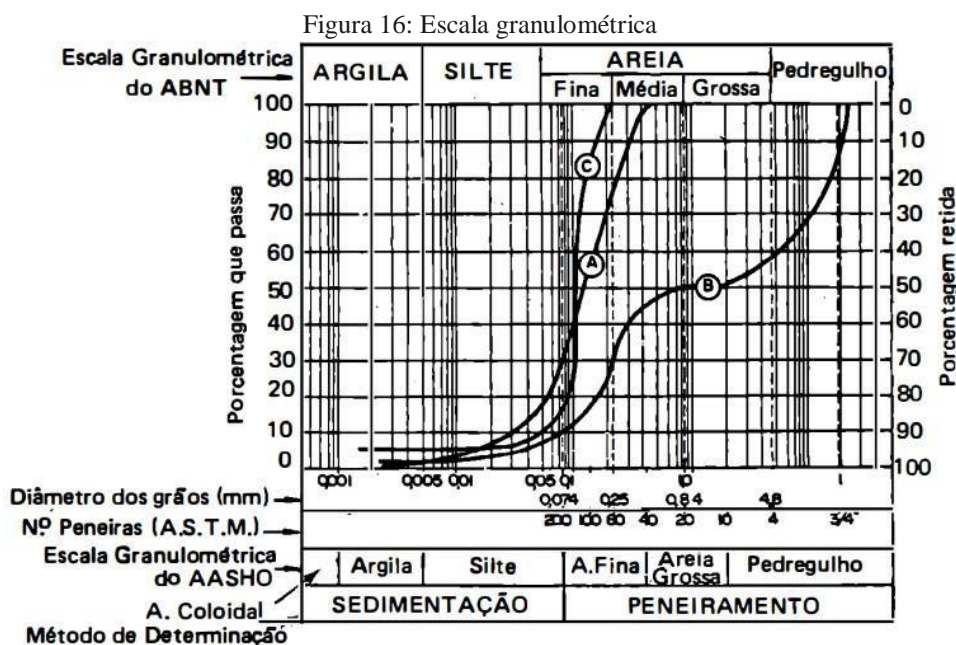
Tabela 7: Módulo de finura

SOLO	MÓDULO DE FINURA
Areia grossa	$>3,90$
Areia média	$3,90 > MF < 2,40$
Areia fina	$< 2,40$

Fonte: Abrams, (1922).

3.3.1 Coeficiente de uniformidade

De acordo com Caputo (1988), os solos recebem designações próprias que se identificam as acepções usuais dos termos. Essas frações, de acordo com a escala granulométrica brasileira (ABNT), são: pedregulhos, areia, silte, argila. Na figura 16 mostraremos as duas escalas granulométricas a da ABNT e da AASHO, neste sentido estas são usadas para fins rodoviários.



Fonte: Caputo, (1988).

Ainda de acordo com Caputo (1988), essa curva é representada graficamente, pela curva granulométrica, sendo assim esta é traçada por pontos em um diagrama semi-logarítmico, no qual, sobre o eixo das abscissas, são marcados os logaritmos das dimensões das partículas e sobre o eixo das ordenadas as porcentagens, em peso, de material que tem dimensão média menor que a dimensão considerada. Este além de representar melhor a parte do solo de granulação fina, é tal que a forma da curva é a mesma para os solos que têm composição granulométrica semelhante.

Ainda assim, segunda a forma da curva podemos distinguir os diferentes tipos de granulometria. Neste sentido teremos uma granulometria contínua (curva A), descontínua (curva B) ou uniforme (curva C), bem graduada (curva A) ou mal graduada. Apresentando ou não um predomínio das frações grossas e suficiente porcentagem das frações finas. Segundo Caputo (1988), é definido na curva granulométrica os dois parâmetros diâmetro efetivo e grau de uniformidade. O diâmetro efetivo é correspondente a 10% em peso total de todas as partículas menores que ele. O coeficiente de uniformidade C_u é a razão entre os diâmetros correspondentes a 60% e 10%, tomados na curva.

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (1)$$

Onde:

$C_u < 5$ Solos uniformes

$5 < C_u < 15$ Solos mediantemente uniforme

$C_u > 15$ Solos desuniforme

3.3.2 Massa específica

A ABNT – NM 52 (2009), diz que a massa específica de uma amostra é determinada como sendo a relação entre massas do agregado em sua situação seca e seu volume, onde é indispensável a eliminação dos poros permeáveis. Em conformidade com a normatização, a massa específica é calculada da seguinte maneira, de acordo com a equação 1:

$$d_1 = \frac{m}{v - v_a} \quad (2)$$

Onde:

m = Massa da amostra seca em estufa (g);

v = Volume do recipiente (cm^3);

v_a = Volume de água adicionada ao recipiente, de acordo com a equação 2, que será citada a seguir.

$$v_a = \frac{m_2 - m_1}{\rho_a} \quad (3)$$

Onde:

m_2 = Massa total (recipiente + agregado + água) (g); m_1 = Massa do conjunto (recipiente + agregado) (g); ρ_a = Massa específica da água (g/cm^3).

3.3.3 Limite de plasticidade

O método para a determinação do limite de plasticidade do solo embasado através do uso da normatização da ABNT – NBR 7180 (2016).

3.3.4 Limite de liquidez

O método para a determinação do limite de liquidez do solo foi baseado na ABNT – NBR 6459 (2016), versão corrigida (2017).

3.3.5 Teste da Caixa

Este teste foi determinado através das conformidades prescritas no IBDA (2013).

3.3.6 Teor de Material Pulverulento

Segundo a ABNT – NBR NM 46 (2003), os materiais pulverulentos são definidos como partículas minerais que tem dimensões inferiores a $75\mu m$, incluído os materiais solúveis em água que estão presentes nos agregados. Para se determinar o teor do material pulverulento foi utilizado o procedimento A.

3.4 Confeções dos tijolos ecológicos com e sem adição do pó de pneu

Os ensaios e os métodos, foram fundamentados a partir da NBR 10833 (ABNT, 2013 a), visto que os quais descrevem todos os procedimentos primordiais para a produção dos tijolos de solo-cimento em prensas manuais. Tendo também como base IEP (2016), uma vez que esta será utilizada como auxílio para a confecção e orientação dos tijolos ecológicos.

Preliminarmente, solo foi levado para o processo de secagem, neste sentido o mesmo ficou por volta de 48 horas até que ele ficasse completamente seco, para isto os grãos foram espalhados em uma lona. Este processo é de suma importância, para os grãos não grudarem na peneira. Em seguida, todo o material referido foi passado na peneira de 4,8 mm conforme os requisitos atribuídos na NBR 10833 (ABNT, 2013 a), que estabelece que 100% do material deverá ser passado na malha da peneira mencionada acima. Dando continuidade, todo o solo que foi passado na peneira 4,8 mm, rigorosamente irá ser pesado em uma balança que tenha eficácia em sua precisão, a que foi utilizada neste procedimento foi fornecida pelo laboratório de materiais.

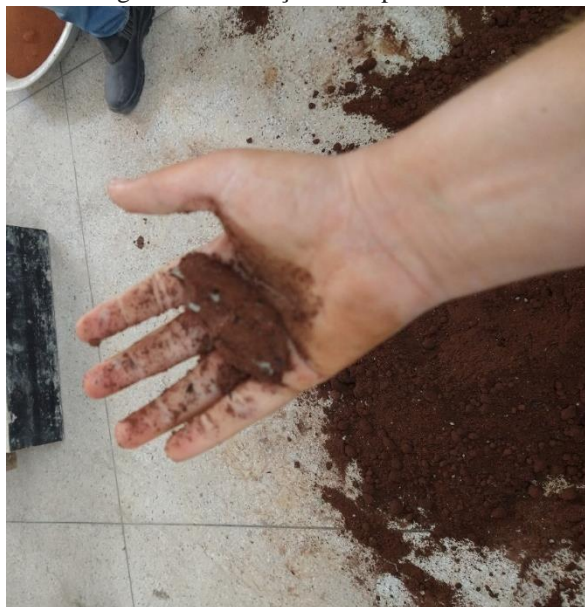
A partir deste, a primeira etapa para a confecção dos blocos de tijolos ecológicos, foi fazer o processo de mistura a seco do solo e do cimento. Quanto mais seco e fino o solo estiver a mistura será homogênea e assim se terá maior precisão e obtenção de melhores resultados na estabilização.

Dando prosseguimento, será adicionado água ao composto, na qual a umidade adequada é analisada conforme a apresentação da coesão na massa, melhor dizendo, deve-se pegar uma quantidade pequena deste solo e fazer uma bolinha com as mãos, feito isso observasse

que ao apertar é necessário certificar a marca dos dedos na amostra, se isto ocorrer a massa está no ponto correto.

É importante salientar que, deverá ser feito outro teste em relação a umidade ideal da mistura, o procedimento para o mesmo é o seguinte, confeccionar uma bolinha empiricamente nas mesmas proporções do ensaio anterior e jogar está de uma altura de um metro. Se esta esfera se desfazer em alguns pedaços, a massa está no ponto ideal. Na figura 17 será exposto os testes mencionados.

Figura 17: Execução do experimento



Fonte: Autora, (2020).

Concluído as essas etapas anteriores, a mistura foi colocada na prensa manual para que se faça a confecção dos blocos de solo cimento. Para elaboração dos tijolos ecológicos o traço adotado de cimento e de solo foi na proporção de 1:10 e foram também confeccionados blocos de solo cimento com adição de pó de pneu inservível, neste sentido será usado o mesmo traço, porém adicionado 5% e 10% do resíduo.

Em seguida a após a moldagem dos tijolos ecológicos, os mesmos seguem para o processo de cura, visto que estes ficaram segundo as restrições da normatização NBR 10833 (ABNT, 2013 a) por um período de 7 a 14 dias, sendo que eles deverão ser molhados 2 vezes ao dia para maior resistência. Na figura 18 será exposto os tijolos com e sem adição dos resíduos.

Figura 18: Blocos de solo-cimento



Fonte: Autora, (2020).

3.5 Resistências à compressão e absorção de água

Com base na ABNT – NBR 8491 (2013), que aborda as condições elegíveis de recebimento de um determinado lote dos blocos vazados de solo-cimento sem função estrutural para a vedação em alvenaria. Sendo assim, nessas condições, a normatização específica que deve ser feito o ensaio de resistência à compressão bem como o de absorção de água.

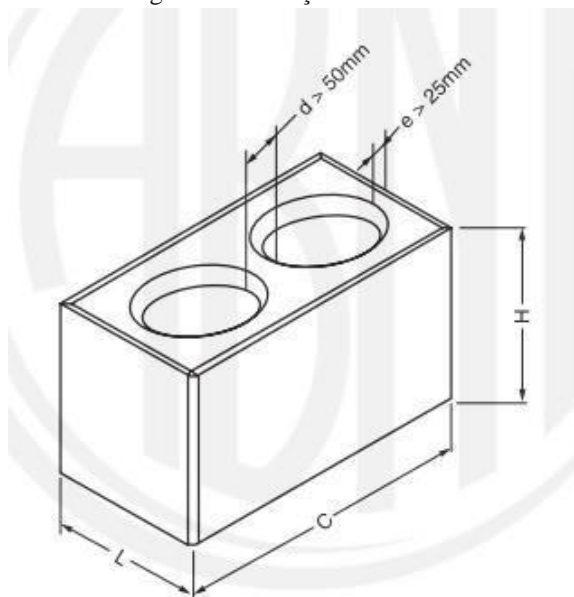
Neste fundamento, ainda com base na ABNT – NBR 8491 (2013) a amostragem que é ensaiada deve ser apresentada uma resistência à compressão média $\geq 2,0$ Mpa e individual $\geq 1,7$ Mpa durante o período de dias referentes à cura (7 a 14 dias). Todavia em relação a absorção da água, os tijolos ecológicos com e sem adição dos resíduos eles devem apresentar valores médios $\leq 20\%$ e valores individuais $\leq 22\%$, também durante o período da cura (7 a 14 dias).

3.5.1 Ensaio de resistência à compressão simples

Seguindo as normatizações da ABNT – NBR 8491 (2013) e ABNT – NBR 8492 (2013), o ensaio de resistência à compressão em blocos de solo cimento, passados o período de cura de 7 dias que é o tempo exigido pela norma, o mesmo prosseguiu do seguinte modo:

A priori é feito as aferições, neste sentido mediu-se por cada face (largura, comprimento e altura), de acordo com a ilustração da figura 19 a seguir. A dimensão em cada face, será a média dos três valores obtidos.

Figura 19: Medições do bloco



Fonte: ABNT – NBR 10834, (2013).

Logo após, os blocos ecológicos foram cortados ao meio com o auxílio de uma makita, perpendiculares à sua maior dimensão. Foi adicionado nestes uma pasta (cimento + água), do mesmo modo foi feito o capeamento de cada face do tijolo com uma pasta de cimento Portland, de uma forma que seja possível obter faces planas e paralelas. O procedimento se dá da seguinte forma, primeiro faz o capeamento de uma face e espera está a endurecer (o período de secagem é entorno de 5 horas) em um papel que foi untado com desmolde (é também utilizado óleo sem uso de carro), este desmolde facilita a retirada do bloco do local que foi colocado na figura 20 é exemplificado esse procedimento, logo após é feito o mesmo procedimento na outra face. A figura 21 ilustra a junção dos tijolos partidos ao meio.

Figura 20: Processo de capeamento



Fonte: Autora, (2020).

Figura 21: tijolo capeado



Fonte: Autora, (2020).

Para sabermos se o bloco está nivelado, foi utilizado um nível de bolha empregado para deixar as faces planas e paralelas, de uma forma que a força seja totalmente distribuída igualmente, durante o ensaio de compressão. Na figura 22 mostra esse procedimento.

Figura 22: Tijolo nivelado



Fonte: Autora, (2020).

Depois do endurecimento da pasta de cimento, a próxima etapa foi identificar e analisar cada tijolo ecológico e submergir eles em um período de 24 horas em um tanque de água. Na figura 23, é elucidado os tijolos submersos no reservatório.

Figura 23: Tijolos submersos no reservatório



Fonte: Autora, (2020).

Passado este período, retira-se individualmente o bloco e este é enxugado faces por face e colocado imediatamente na prensa para a realização do ensaio de resistência à compressão, na figura 24 é ilustrado o ensaio de compressão simples. É válido destacar

que de acordo com a ABNT – NBR 8492 (2013), esse procedimento de retirada do bloco e secagem, não deve passar de no máximo três minutos.

Figura 24: ensaio de compressão



Fonte: Autora, (2020).

3.5.2 Ensaio de absorção de água

Em conformidade com ABNT – NBR 8491 (2013) e ABNT – NBR 8492 (2013), o ensaio de absorção de água em blocos de solo-cimento seguiu as seguintes orientações: assim que os tijolos estiverem passados pelo processo de cura, os mesmos serão colados em uma estufa com uma temperatura entre 105 °C e 110 °C para a obtenção da massa seca m_1 em gramas, na figura 25 é elucidado os tijolos após passarem pela estufa para obtenção de massa seca. Em seguida, os blocos serão imersos em um tanque com água durante o período de 24 horas, importe frisar que imersão só se dá depois que os corpos de prova estiverem em temperatura ambiente. Sendo assim, na figura de 26 é mostrado os tijolos imergidos na água. Decorrido esse tempo, retira-se os tijolos do tanque e os enxuga, para se obter a massa saturada m_2 , em gramas. Esse processo deve ser feito em no máximo 3 minutos.

O cálculo, da absorção de água é exposto pela Equação 3:

$$A\% = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

m_1 - Massa seca (g);

m_2 - Massa saturada (g).

Figura 25: Tijolos após passarem pela estufa para a obtenção de massa seca



Fonte: Autora, (2020).

Figura 26: Tijolos para obtenção de massa saturada.



Fonte: Autora, (2020).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização do solo

4.1.1 Análise Granulométrica

Foi constatado que ao longo do processo do ensaio granulométrico, notou-se que todo material passou nas peneiras intermediárias, sendo assim nenhuma massa do agregado ficou retida na referida peneira e poucos grãos ficaram presos na peneira de 4,8 m, neste seguimento o agregado foi classificado como agregado miúdo (ABNT – NBR7211, 2019). De acordo com os resultados alcançados a partir da massa retida em cada peneira foi possível calcular o percentual de material retido, material retido acumulado e material passante. Na tabela 8 será apresentado o mesmo e no gráfico 2 será realizado a curva granulométrica.

Tabela 8: Limites granulométricos do agregado

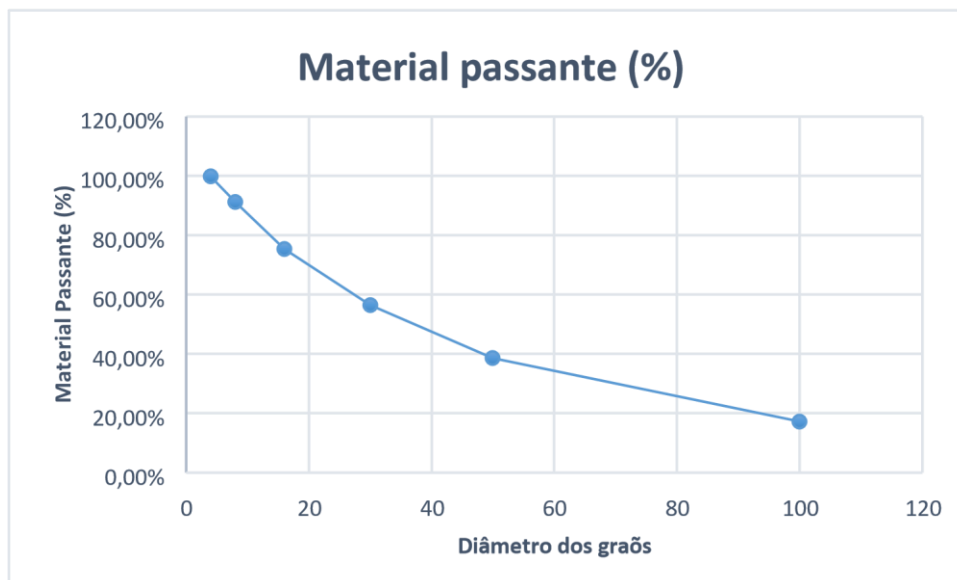
Agregado Miúdo					
Peneira n°	Abertura (mm)	Material retido (g)	Material retido (%)	Material retido acumulado (%)	Material passante (%)
4	4,8	2	0,24%	0,24%	99,76%
8	2,4	72,2	8,50%	8,74%	91,26%
16	1,2	135,9	16%	24,74%	75,26%
30	0,6	159,8	18,82%	43,56%	56,44%
50	0,3	150,9	17,77%	61,33%	38,67%
100	0,5	181,8	21,41%	82,74%	17,26%
Fundo		146,5	17,26%	100%	0,00%
TOTAL		849,1	100%		
Módulo de finura					3,21

Fonte: Autora, (2020).

Segundo a classificação de Abrams (1992), que tem uma categorização da seguinte forma $MF > 3,90$; $3,90 > MF < 2,4$ e $MF < 2,40$, o solo usado para fabricação dos blocos ecológicos desta pesquisa é categorizado como areia média já que seu módulo de finura apresenta 3,21%.

A curva traz a relação do tamanho das peneiras (diâmetro dos grãos em escala logarítmica) e seu respectivo percentual material dos grãos.

Gráfico 2: Curva Granulométrica.



Fonte: Autora, (2020).

Conforme mostrado na tabela 8, é possível perceber que a amostra contém em sua totalidade uma grande concentração de materiais com diâmetros entre 0,15 mm a 1,2 mm. Neste sentido é possível constatar que o solo apresenta grãos classificados como areia grossa, areia média e areia fina, acordando com a tabela 1, (ABNT – NBR 6502, 1995). De acordo com Caputo (1988), as representações granulométricas são analisadas graficamente, neste seguimento, as curvas são traçadas por pontos, no qual, nas abscissas é locado os diâmetros dos grãos e nas ordenadas quantidade de material passante e neste podemos definir a classificação dos grãos bem como sua graduação, que podemos citar como: bem graduados, graduação uniforme e graduação aberta. É importante salientar que temos também uma análise de curvatura (exemplificada na figura 16), a qual compete a seguinte: curva A ou contínua, curva B ou descontínua, curva C ou uniforme.

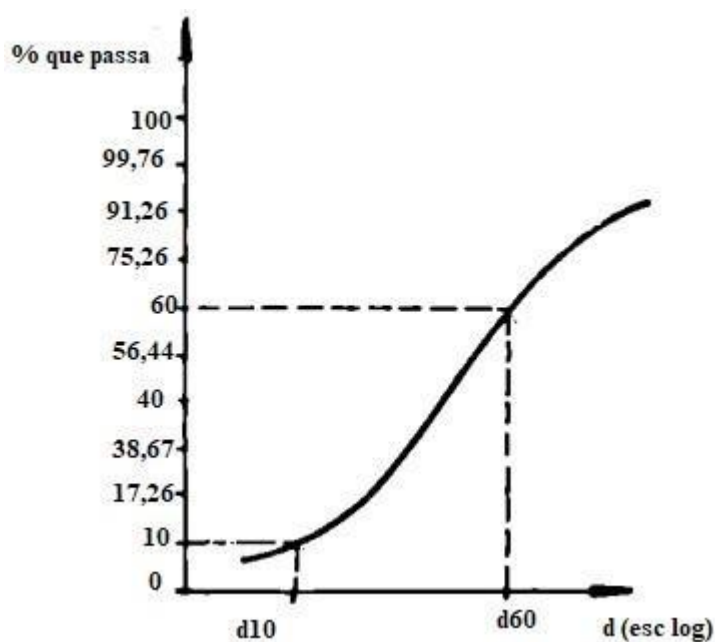
Verificando a curva granulométrica é possível determinar que está possui uma forma bem graduada e contínua, isto é, com quantidade de material fino, suficiente para o preenchimento dos vazios entre as partículas maiores e com distribuição ininterrupta.

4.1.2 Coeficiente de uniformidade

Constatasse que ao longo dos cálculos deste procedimento o mesmo é todo classificado no intervalo de areia como foi mostrado no gráfico 2 acima. Neste sentido é definido a curva granulométrica, neste também teremos a curva que define o coeficiente de uniformidade

onde será mostrado no gráfico 3, sendo assim será calculado o coeficiente efetivo e grau de uniformidade.

Gráfico 3: Diâmetro efetivo e grau de uniformidade



Fonte: Autora, (2021).

Sendo assim o coeficiente de uniformidade será calculado da seguinte forma.

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

$$C_u = \frac{22,576}{9}$$

$$C_u = 2,508$$

Neste sentido, o coeficiente uniforme é classificado como solo uniforme.

4.1.3 Massa específica

Através das informações mostradas na metodologia, a massa específica foi calculada da seguinte forma, que será exposto na equação 4:

$$V_a = \frac{m_2 - m_1}{\rho_a} \quad (5)$$

$$V_a = \frac{1204,9 - 910,3}{1}$$

$$V_a = 294,6 \text{ cm}^3$$

$$d1 = \frac{800}{800 - 294,6} \quad (6)$$

$$d1 = 1,59 \text{ g/cm}^3$$

Acordando com a NBR NM 52, (2003) os resultados obtidos através dos ensaios, com a mesma amostra não podem deferir em mais de $0,02 \text{ g/cm}^3$ para a amostra específica.

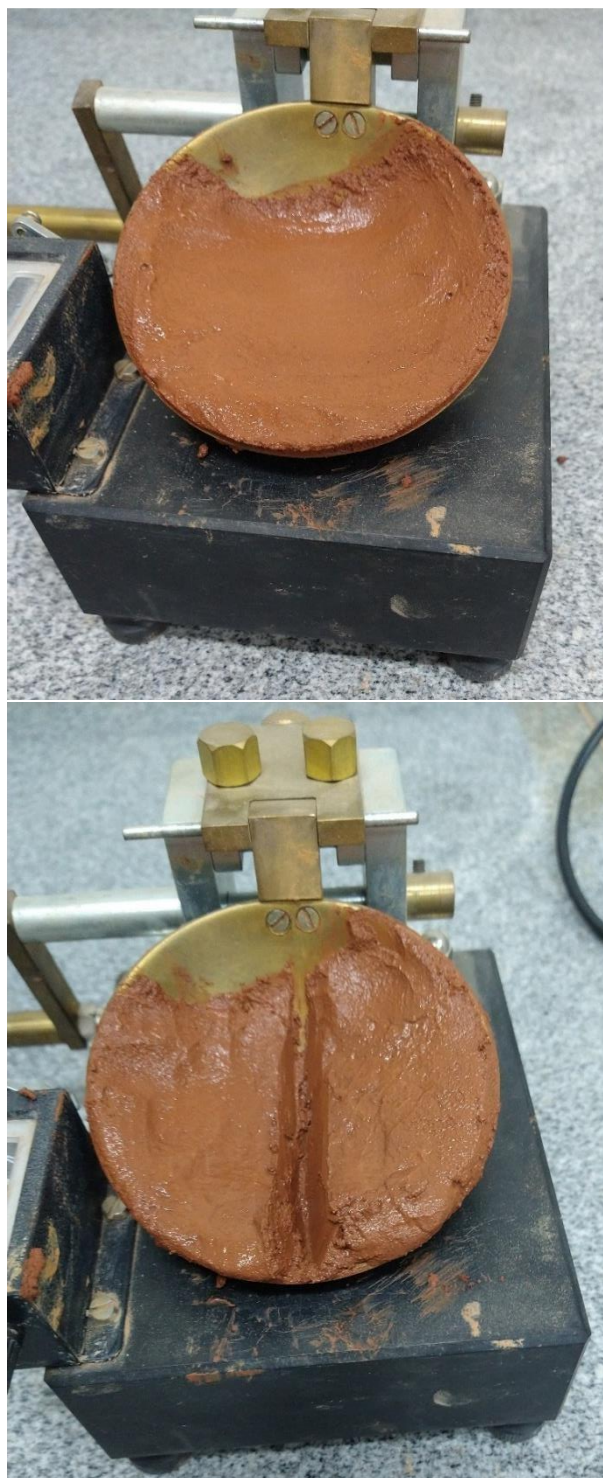
4.1.4. Limite de Plasticidade

No tocante em que se refere à plasticidade do referido material, este foi catalogado como não plástico, pois não foi possível a realização do ensaio estabelecido, devido ao seu baixo teor de argila dentro dos grânulos, a realização deste ensaio se deu através da (ABNT – NBR 7180, 2016).

4.1.5. Limite de Liquidez

Ao se tratar do ensaio referido, também não foi possível a conclusão do mesmo devido ao solo apresentar uma textura arenosa. Com o uso do aparelho de Casagrande exposto na figura 27, o número máximo de golpes obtidos foram 10 para o fechamento da ranhura, o que impossibilitou o término e conclusão do ensaio.

Figura 27: Ensaio de casa grande



Fonte: Autora, (2020).

4.1.6. Teor de material pulverulento

A equação 6, nos dá o resultado do material pulverulento:

$$m = \frac{m_i - m_f}{m} \times 100 \quad (7)$$

$$m = \frac{m_i}{800} \times 100$$

$$m = \frac{800 - 675}{800} \times 100$$

$$m = 15,625\%$$

O resultado mostra que 15,625 % da amostra de solo é composta por partículas que apresentam granulometria menor que 0,075 mm, neste sentido o solo nos mostra que tinha pouco material fino, principalmente argiloso. É devido a isto que a ranhura feita fechou com apenas 10 golpes durante o ensaio de limite de liquidez.

4.1.7. Teste da caixa

Foi utilizado uma caixa de madeira com as respectivas dimensões de 60 x 3,5 x 8,5 cm, untada com óleo queimado na parte interna. Após 7 dias do referido teste, constatou-se que o somatório da retração em todos os lados foi muito pequeno, de aproximadamente 8 mm (aproximadamente 2 mm em cada lado). É importante salientar que não houve nenhum tipo trinca. Concluímos que a amostra de solo está adequada para a utilização como material na confecção dos tijolos ecológicos.

4.2 Ensaio de resistência à compressão

As tabelas 9,10 e 11 respectivamente mostram todos os resultados obtidos durante o ensaio de resistência à compressão, após 19 dias da produção dos tijolos (o uso desses dias foi devido a problemática atual), de 8 corpos de prova de tijolos de solo cimento, 8 tijolos de solo cimento com adição de 5% de pó de borracha de pneu recauchutado e 8 tijolos de solo cimento com adição de 10% de pó de borracha de pneu recauchutado.

Tabela 9: resistência à compressão

Tijolos ecológicos de solo-cimento			
Corpo de prova	Resistencia à compressão		
	Carga de ruptura		Tensão (MPa)
	(TNF)	(KN)	
1	2,3	22,55	2,25
2	2,16	21,18	2,11
3	2,48	24,32	2,43
4	2,96	29,02	2,9
5	2,58	25,3	2,53
6	1,98	19,41	1,94
7	2,15	21,08	2,1
8	1,89	18,53	1,85
Média			2,26

Fonte: Autora, (2020).

O desvio padrão amostral da tabela 9 foi dado através de cálculos pelo software Excel, como o valor de 0,34, ou seja, quanto mais próximo do valor de zero mais homogêneos são os dados e o coeficiente da variação é de 0,15.

Tabela 10: resistência à compressão com adição de 5% de resíduo

Tijolos ecológicos de solo-cimento			
Corpo de prova	Resistencia à compressão		
	Carga de ruptura		Tensão (MPa)
	(tnf)	(KN)	
1	1,68	16,46	1,64
2	2,28	22,35	2,23
3	2,55	25	2,5
4	2,95	28,92	2,89
5	2,4	23,53	2,35
6	2,2	21,57	2,15
7	2,98	29,22	2,92
8	2,25	22,06	2,2
Média			2,36

Fonte: Autora, (2 020).

O desvio padrão amostral da tabela 10 foi dado através de cálculos pelo software Excel, como o valor de 0,42, ou seja, quanto mais próximo do valor de zero mais homogêneos são os dados e o coeficiente da variação é de 0,18.

Tabela 11: resistência à compressão com adição de 10 % de resíduo

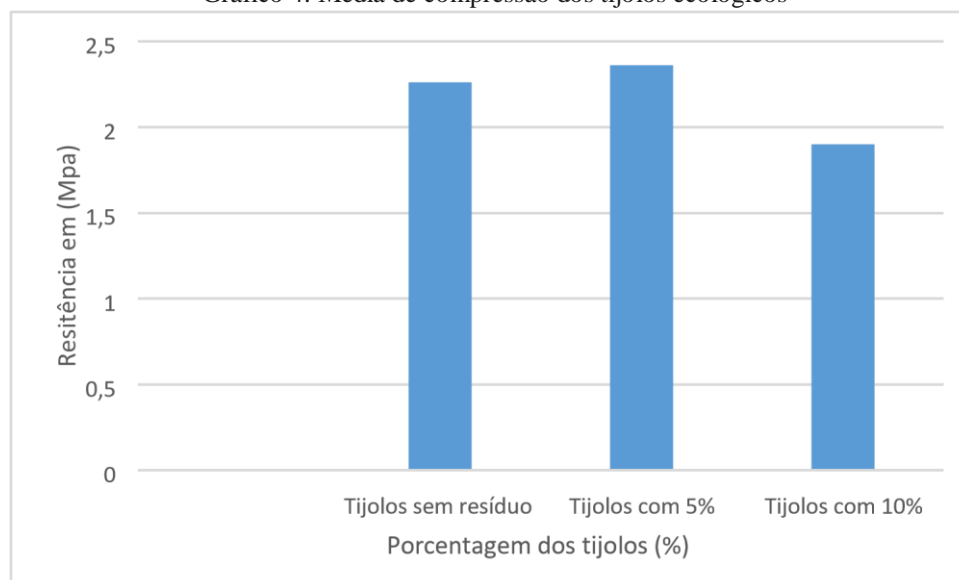
Tijolos ecológicos de solo-cimento			
Corpo de prova	Resistencia à compressão		
	Carga de ruptura		Tensão (MPa)
	(tnf)	(KN)	
1	1,99	19,51	1,95
2	1,05	10,29	1,02
3	2,04	20	2
4	2,18	21,37	2,13
5	1,25	12,25	1,22
6	2,47	24,22	2,42
7	1,9	18,64	1,86
8	2,6	25,49	2,54
Média			1,9

Fonte: Autora, (2020).

O desvio padrão amostral da tabela 11 foi dado através de cálculos pelo software Excel, como o valor de 0,53, ou seja, quanto mais próximo do valor de zero mais homogêneos são os dados e o coeficiente da variação é de 0,29.

No gráfico 4, será exposto as médias de compressão, para uma melhor análise, bem como uma melhor visualização.

Gráfico 4: Média de compressão dos tijolos ecológicos



Fonte: Autora, (2020).

A maioria dos tijolos ensaiados apresentaram resistência à compressão média e individual superior ao estabelecido pela ABNT – NBR 8491 (2013), neste sentido mostrando ser

satisfatório seus resultados. É importante evidenciar que os resultados das tabelas acima estão relacionados principalmente com a quantidade de água adicionada à mistura, com o teor de cimento bem como com o tipo de solo utilizado haja vista que o mesmo foi classificado como areia média. Concluído que, de acordo com a ABCP (2009), esse material apresenta boas características de um solo ideal para a produção de tijolos ecológicos de solo-cimento.

Já em relação a análise individual dos blocos, estes apresentaram em sua boa parte resistência à compressão semelhante. Com isso é possível afirmar que com a adição do resíduo do pó de borracha de pneu recauchutado as alterações de resistência são mínimas, sendo maiores nos tijolos com adição a 10%.

Fazendo uma análise dos dados do tijolo de solo-cimento de referência, ou seja, os sem resíduo, para o traço com incremento de 5% de resíduo de borracha de pneu, ocorreu um acréscimo de 4,43% da resistência a compressão quando comparado ao tijolo de solo cimento de referência. Para o incremento de 10% de pó de resíduo de pneu recauchutado, verificou-se que uma redução de 15,93 %.

4.3 Ensaios de absorção de água

As tabelas 12, 13 e 14, a seguir mostraram os resultados obtidos por meio do ensaio de absorção de água.

Devido a inserção do resíduo nos blocos, foi necessárias maiores aferições destes, já que a análise da borracha se torna mais complexa ao ser colocada na estufa e posteriormente ser esfriada. Neste sentido, foram feitas 6 medições ao longo de 6 dias com intervalos de 24 horas até chegar a uma constância de acordo com a ABNT – NBR 8491 (2013). Na tabela 12, será exposto a absorção de água nos tijolos de solo-cimento sem adição do pó de pneu recauchutado.

Tabela 12: Absorção de água sem resíduo

Tijolo de solo-cimento			
Corpo de prova	Massa seca (g)	Massa saturada(g)	Absorção de água (%)
1	2795	3354	20
2	2796,4	3352	19,86
3	2796,8	3352,5	19,87

Total	8388,2	10058,5	
Médias das massas	2796,06	3352,84	19,91
Variância	0,0061		
Desvio padrão	0,08		
Coefficiente de variação	0,0039		

Fonte: Autora, (2020).

Na tabela 13, será exposto a absorção de água nos tijolos de solo-cimento com de 5% adição do pó de pneu recauchutado.

Tabela 13: Absorção de água com 5% de resíduo

Tijolo de solo-cimento			
Corpo de prova	Massa seca (g)	Massa saturada(g)	Absorção de água (%)
1	2138	2488	16,97
2	2137,5	2496,5	16,8
3	2137,7	2501,4	17,02
Total	6413,2	7485,9	
Médias das massas	2137,74	2495,3	16,93
Variância	0,013		
Desvio padrão	0,12		
Coefficiente de variação	0,0068		

Fonte: Autora, (2020).

Na tabela 14, será exposto a absorção de água nos tijolos de solo-cimento com 10 % de adição do pó de pneu recauchutado.

Tabela 14: Absorção de água com 10% de resíduo

Tijolo de solo-cimento			
Corpo de prova	Massa seca (g)	Massa saturada(g)	Absorção de água (%)

1	2109,3	2363,3	12,05
2	2107,2	2412,2	14,48
3	2109	2478	17,5
Total	6325,5	7253,5	
Médias das massas	2108,5	2417,84	14,68
Variância	7,45		
Desvio padrão	2,73		
Coefficiente de variação	0,1860		

Fonte: Autora, (2020).

O desvio-padrão apresentado pelos blocos ecológicos com e sem adição de pneu recauchutado foram respectivamente 0,0061, 0,13 e 2,73, ou seja, esses resultados mostraram o quanto em média a absorção de água ficou abaixo da absorção individual, que para os referidos casos é exigido pela norma a porcentagem de 22%. É importante salientar que quanto maior o desvio-padrão, menor será a absorção. Neste sentido, é evidenciado que os tijolos ecológicos conseguiram atingir valores satisfatórios médios bem como individuais conforme estabelecido pela ABNT – NBR 8491 (2013) e NBR 8492 (2013).

Fazendo uma análise da média dos dados da porcentagem de absorção de água do tijolo de solo-cimento de referência, ou seja, o sem resíduo, para o traço com adição de 5% de resíduo, ocorreu uma redução de 14,97% na absorção de água. Já para o incremento de 10% de resíduo de borracha de pneu ocorreu uma redução ainda maior que foi de 26,26%. Os blocos ecológicos são de baixa permeabilidade, por consequência estes são mais duráveis. Analisando e fazendo um comparativo entre as tabelas acima, observa-se que os tijolos com maior adição de absorção de água foram os que não tinham nenhum resíduo de pó de pneu, isto se dá devido a um maior rearranjo dos grãos dos blocos citados e fazendo com que estes preencham seus poros com maior quantidade de água e assim tendo como resultado um maior teor de umidade.

Ao darmos continuidade as análises, podemos destacar e tomarmos como uma vantagem do resíduo estudado é a diferença de massa entre os tijolos. Fazendo um diagnóstico comparativo entre as médias das massas, chega-se à conclusão que os tijolos com adição tanto de 5% como de 10% de resíduo no estado fresco bem como no saturado é mais leve, ou seja, este apresenta um decréscimo de massa nos dois estados.

Ao ser projetado para construção civil, a carga atuante na estrutura terá uma redução significativa, o que trará economia na obra, por consequência provocará uma diminuição da sapata e redução de bitola de aço.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho conseguiu validar através de métodos bastante práticos utilização do pó de pneu recauchutado. Foi possível produzir blocos de solo-cimento economicamente viáveis, com um baixo teor de cimento, neste sentido adotando um traço de 1:10 e o solo extraído no local determinado. Sendo assim, foram feitas metodologias para análise de três traços distintos para o referido tijolo ecológico, conseguinte foi feito um traço foi tomado como referência, outro com o traço de 5% do resíduo em relação ao solo e do cimento e por fim teve a análise com 10%.

Tendo em vista a fundamentação teórica e os ensaios realizados, foi possível observar que o resíduo de borracha de pneu recauchutado proporcionou aos tijolos de solo-cimento uma diminuição na resistência à compressão.

Foi verificado também uma redução nos índices de absorção e um aumento dos índices de vazios, que neste sentido também contribuíram para parcela de diminuição da resistência a compressão. É importante salientar que os tijolos que tiveram menores índices de vazios também tiveram maiores níveis de resistência a compressão, ou seja, o resíduo de borracha ocasionou mais vazios nos blocos aos quais foi adicionado e também é bastante válido citar que o tamanho das partículas de borracha inseridas contribuiu para essa situação.

Foi dado notoriedade a este processo de fabricação, pois o mesmo não necessita do uso de energia elétrica, mas sim o uso de energia manual, que foi realizado através do uso de prensa manual, outro destaque para o mesmo foi que neste procedimento não houve emissão de gases poluidores, já que o processo de cura requer apenas a adição de água para que os mesmos adquiram resistência.

Em relação as dificuldades enfrentadas, surgiram várias ao longo do processo da pesquisa, as quais se destacam:

- Por ser um assunto relativamente novo no país, há uma escassez de trabalhos técnicos relacionados ao tema, na realidade não foi encontrado nada específico acerca do conteúdo, toda a pesquisa foi bastante experimental e baseada em resultados de trabalhos voltados para os tijolos de solo-cimento com adições de resíduos diversos;
- Escassez de solo em torno da região da Universidade;
- Atual situação vivida no país devido a pandemia, impossibilitou o avanço dos ensaios e rapidez dos mesmos.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Para trabalhos porvindouros recomenda-se que:

- Analises com os resíduos 2% e 15%;
- Testar com granulometria maior que a testada no referido trabalho;
- Testar a resistência com um maior período de cura, como um exemplo 30 dias;
- Fazer a análise da resistência a flexão dos blocos após a adição do incremento;
- Testar outros tipos de solo para os blocos;
- Testar com outros traços.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABCP, Associação Brasileira de Cimento Portland. Solo-Cimento. Disponível em: < <https://www.abcp.org.br/cms/basico-sobre-cimento/aplicacoes/solo-cimento/>>. Acesso em: 5 de dezembro de 2019.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12253: **Solo-cimento – Dosagem para emprego como camada de pavimento – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2012. 3p.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16697: **Cimento Portland – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2018. 12p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8491: **Tijolo de solo- cimento**. Rio de Janeiro, 2013. 5p.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 84942: **Tijolo de solo-cimento – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2013. 4p.
- Acúmulo de pneus descartados no rio Amazonas chama atenção na orla de Macapá**. 2017. Disponível em: < <https://g1.globo.com/ap/amapa/noticia/acumulo-depneusdescartados-no-rio-amazonas-chama-atencao-na-orla-de-macapá.ghtml> > Acesso em: abril 2020.
- AGOPYAN, V.; JOHN V. M. **O Desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo: Blucher, 2011. v. 5, 26p.
- ALMEIDA, M.C. **Estudo do Ciclo de Vida do Pneu Automotivo e oportunidade para disposição final de pneus inservíveis**. In: KAMIMURA, Eliane. **Potencial dos resíduos de borracha de pneus pela indústria da construção civil**. Dissertação de Mestrado De Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2002.
- AMARAL FILHO, E. M. **Concreto de alta resistência 1º parte**. Revista IBRACON, n. 53 p. 80, jan., fev., mar. / 2009.
- ANIP, **Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos**. Disponível < <http://www.anip.com.br/>>. Acesso em 4 de novembro de 2019.
- BAUER, L.A.F. **Materiais de construção 1**. 5. Ed Rio de Janeiro: LTC, 1994. 447p.

BARRETO, Mauricio Guilermo corba. **Por que duas casas ficam em pé e uma cai**
Estudos multicasco do processo construtivo de 3 habitações sociais em adobe nos
Assentamentos Rurais Pirituba 2 e Sapé Tiaraju – SP – Brasil. Dissertação de Mestrado
em Arquitetura, Insitituo de Arquitetura e Urbanismo da USP – Universidade de São
Paulo, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente: Conselho Nacional do Meio Ambiente
(CONAMA). Resolução n. 258. disponível em:<
<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25899.html> >. Acesso em 6 de
novembro de 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente: Conselho Nacional do Meio Ambiente
(CONAMA). Resolução n. 301. disponível em:
<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30102.xml> Acesso em 6 de novembro
de 2019.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e suas aplicações 1.** 6. Ed Rio de Janeiro
LTC, 1988. 26 p.

CHAGAS, Marcela Aleixo; GONÇALVES, Gabrielle Cristina; LUCAS, Taiza de Pinho
Barroso; MGESTE, Jalson Luiz; MORAIS, Paola Waleska Pereira; MOTTA, Jessica
Campos Soares Silva; ROCHA, Glayce Nayara; TAVARES, Joicimara da Costa. **Tijolo**
de Solo-Cimento: análise das Características físicas e viabilidade econômica de
técnicas construtivas sustentáveis. E-xata, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 13-26, 2014,
Editora UnkBH.

DA SILVA, João Paulo Nobre; DE SOUZA, Marcia Ikarugi Bomfim; SEGATINI,
Antônio Anderson da Silva; DOS SANTOS, Joelma Pereira. **Tijolos prensados de**
solocimento com adição de resíduos de concreto. Enc. Energ. Meio Rural 2006, Ano 6.
FASSONI, D.P (2000). Fabricação Artesanal de Tijolos de Terra Crua – Adobe. Curso
64, 71ª Semana do Fazendeiro, 16 a 20 de outubro de 2000, UFV, Viçosa, MG, 10p, apud
ALEXANDRE, Jonas; Alves, Maria G.; LIMA Thiago V. **Estabilização de Solos**
Argilosos para a Produção de Blocos Ecológicos. Engenharia Civil UM, n° 34, 2009.
GRANDE, Fernando Mazzeo. **Fabricação de Tijolos Modulares de Solo-Cimento por**
Prensagem Manual com e sem Adição de Sílica Ativa. 2003. 180f. Dissertação
(Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos, SP, 2003.

GRANDE, Fernando Mazzeo. **Fabricação de Tijolos Modulares de Solo-Cimento por Prensagem Manual com e sem adição de Sílica Ativa.** Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Usp – São Carlos 2003.

GOODYEAR... *New Goodyear Innovation Could Make Tire Pumps Obsolete.* 2011.

Disponível em: < https://corporate.goodyear.com/en-US/media/news.htmlstory.cfm?a_id=559/ > Acesso em: abril 2020.

QUATRO RODAS. **Nova etiquetagem para pneus.** Disponível em: < <https://quatrorodas.abril.com.br/auto-servico/entenda-como-funciona-anova-etiquetagem-de-pneus/> > Acesso em: abril 2020.

LAGARINHOS, C. A. F., **Reciclagem de Pneus: Análise do Impacto da Legislação Ambiental Através da Logística Reversa.** 2011, 293p. Tese de Doutorado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

LATINO AMERICANO SOBRE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO, 2, 2013, Coimbra. Anais... Coimbra: CILASCI, 2013. P. 1-10.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: < <https://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21> > Acesso em: abril 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Disponível em: < <https://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21> > Acesso em: abril 2020.

RECICLANIP, O ciclo sustentável do pneu. Disponível em: < <http://www.reciclanip.org.br/formas-de-destinacao/principais-destinacoes/> >. Acesso em 4 de novembro de 2019.

RIBEIRO, C.M. C. **Gerenciamento de pneus inservíveis: coleta e destinação final.** 2005. 87f. Dissertação (Mestrado) – Centro Universitário Senac, São Paulo, 2005.

RODRIGUES, J. P. C.; SANTOS, C. C. **Resistência à compressão a altas temperaturas do betão com agregados reciclados de borracha de pneu.** In: CONGRESSO IBERO.

RODRIGUES, M.R.P. **Caracterização do resíduo da borracha de pneus inservíveis em compostos aplicáveis na construção civil.** Tese em defesa do título de Doutor – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

SBRT. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. Disponível em: < <http://sbrt.ibict.br/acessoDT/199> > Acesso em: abril 2020.

SETOR RECICLAGEM. Disponível em: <

<http://www.setorreciclagem.com.br/reciclagemde-borracha/descarte-de-pneusinserviveis/>>. Acesso em 5 de novembro de 2019.

SEST, Serviço Social do Transporte. Disponível < <https://www.sestsenat.org.br/noticia/cerca-de-450mil-toneladas-de-pneussaodescartados-por-ano-no-brasil/> >. Acesso em 5 de novembro de 2019.

SEGANTINI, Antônio Anderson da Silva; WADA, Patrycia Hanna. **Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos na construção e demolição**. DOI: 10.4025/acrascitechnol. V33i2.9377, Acta Scientiarum. Technology, Maringá, v.33, n° 2, 2011.

SINPEC, Sindicato Nacional da Industrial de Pneumáticos, Câmara de Ar e Camelback. Disponível < <https://www.fiesp.com.br/sinpec/sobre-o-sinpec/quem-somos/>>. Acesso em: 1 de março de 2020.

USP NOTÍCIAS. **Pneus São Alternativas Para Recuperar Áreas Degradadas Pela Erosão**. São Paulo, 07 jun. 2005. REVISTA USP NOTÍCIAS. Disponível em: Acesso em: abril 2020.

WIEBECK, H.; ESPER, F.; FEIJÓ, A.C. **Tecnologia da Borracha**. Cooperação Universidade Empresa CECAE/USP, São Paulo. 2002.