



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U. nº 198, de 14/10/2016
AELBRA EDUCAÇÃO SUPERIOR - GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO S.A.

Nielton Alves Silva

INFLUÊNCIAS DAS PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DA ARGAMASSA COM
ADIÇÃO DE BORRACHA DE PNEU: ESTUDO DE CASO DE REVESTIMENTO DE
PAREDES EXTERNAS.

Palmas – TO

2020

Nielton Alves Silva

INFLUÊNCIAS DAS PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DA ARGAMASSA COM
ADIÇÃO DE BORRACHA DE PNEU: ESTUDO DE CASO DE REVESTIMENTO DE
PAREDES EXTERNAS.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e
apresentado como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. MSc. Fernando Moreno Suarte Júnior.

Palmas – TO

2020

Nielton Alves Silva

INFLUÊNCIAS DAS PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DA ARGAMASSA COM
ADIÇÃO DE BORRACHA DE PNEU: ESTUDO DE CASO DE REVESTIMENTO DE
PAREDES EXTERNAS.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e
apresentado como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. MSc. Fernando Moreno Suarte Júnior.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. MSc. Fernando Moreno Suarte Júnior

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. Dr. Fábio Henrique de Melo Ribeiro

Avaliador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. xxxxxxxx

Avaliador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2020

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter proporcionado essa trajetória para realização desse curso, por ter me dado sabedoria nos momentos difíceis;

Aos meus pais, Raimundo Nonato da Silva e Maria de Fatima Alves pelo apoio, pela compreensão nos momentos de stress, pelo incentivo constante para que a cada dia eu me torne uma pessoa melhor;

A minha família por ter me apoiado e ser a base para a realização deste curso;

Aos colegas e amigos que conquistei ao longo do curso, pelas noites de estudo e pelos momentos de divertimento, sempre com foco e objetivo maior de conseguir a graduação;

A meu orientador Fernando Moreno Suarte Júnior, pela dedicação, empenho, orientação e informações que foram necessárias para a realização de um bom trabalho;

Ao Tec. do Laboratório Miller do CEULP, pelo auxílio no desenvolvimento desta pesquisa;

E a todos que ajudaram e participaram direta e indiretamente na conclusão desse curso, o meu muito obrigado.

RESUMO

SILVA, Nielton Alves, Influências das propriedades físico-mecânicas da argamassa com adição de borracha de pneu: estudo de caso de revestimento de paredes externas (2020). Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil). Centro Universitário Luterano de Palmas.

O presente trabalho tem como objetivo principal avaliar as resistências, a tração, axial e a aderência ao substrato e as propriedades térmicas das argamassas de revestimento, produzidas com diferentes teores de substituição do agregado miúdo natural por resíduo de borracha e aplicadas em protótipos de alvenaria cerâmica. Para a realização do estudo, foram confeccionados 4 protótipos com dimensões em planta de 1.00 x 1.00 x 1,30m com inclinação do telhado de 15%, foram construídos em ambiente externo adjacente ao laboratório do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP). Por tanto, foram realizados ensaios físicos e mecânicos para avaliar o comportamento da argamassa de revestimento, com e sem borracha, nos protótipos. Foi realizado o acompanhamento da variação de temperatura dos protótipos revestidos com diferentes argamassas, a fim de avaliar a influência da presença de resíduos de borracha na argamassa, em suas propriedades térmicas. Foi também avaliado o conforto acústico dos diferentes tipos de argamassas. A definição do traço referência foi fundamentado na teoria de CARNEIRO, (1999), para um programa experimental com reprodução e análise em laboratório do traço 1:1:6, sendo usado para as substituições do agregado miúdo com porcentagem de 5%,10% e 15% de resíduo de borracha. Os ensaios realizado de resistência de aderência a tração das argamassas que foram aplicadas. As maiores resistências observadas foram do traço referência que obteve resultados satisfatório. As argamassas com substituição foram as que apresentaram menores resultados.

Palavras-chave: argamassa com borracha; agregado de borracha; conforto térmico e acústico.

ABSTRACT

SILVA, Nielton Alves, Influences of the physical-mechanical properties of mortar with the addition of tire rubber: case study of external wall cladding (2020). Course conclusion work (Civil Engineering). Lutheran University Center of Palmas.

The present work has as main objective to evaluate the resistances, the traction, axial and the adhesion to the substrate and the thermal properties of the coating mortars, produced with different contents of substitution of the natural fine aggregate for rubber residue and applied in ceramic masonry prototypes . To carry out the study, 4 prototypes were made with dimensions in 1.00 x 1.00 x 1.30 m with a 15% roof slope, they were built in an external environment adjacent to the laboratory of the Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP). Therefore, physical and mechanical tests were carried out to evaluate the behavior of the coating mortar, with and without rubber, in the prototypes. The temperature variation of the prototypes coated with different mortars was monitored in order to evaluate the influence of the presence of rubber residues in the mortar, on its thermal properties. The acoustic comfort of the different types of mortars was also evaluated. The definition of the reference trait was based on the CARNEIRO theory, (1999), for an experimental program with reproduction and analysis in the laboratory of the trait 1: 1: 6, being used for the substitutions of the fine aggregate with a percentage of 5%, 10% and 15% rubber residue. The tests carried out of adhesion resistance to traction of the mortars that were applied. The greatest resistance observed was the reference trait that obtained satisfactory results. Mortars with substitution were the ones that showed the lowest results.

Keywords: rubberized mortar; rubber aggregate; thermal and acoustic comfort.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Extração do resíduo de borracha de pneu.	15
Figura 2 – Composição típica de pneus para automóveis.	16
Figura 3 – Cadeia de reposição dos pneus.....	17
Figura 4: Retirada da borracha da banda de rolagem.	18
Figura 5: Borracha resultante do processo de raspagem	18
Figura 6 - Coleta do resíduo de borracha na fábrica de recapagem de pneu.	41
Figura 7 - Fluxograma dos ensaios.....	43
Figura 8 - Preparação do resíduo de borracha, peneira 4,8mm.	44
Figura 9 - Caracterização granulométrica do resíduo de borracha.	45
Figura 10 - Caracterização granulométrica do resíduo de borracha.	46
Figura 11 - Frasco de Chapman.....	46
Figura 12 - Massa específica da borracha	47
Figura 13 - Fragmentos de borracha.....	47
Figura 14 - Misturador mecânico utilizada.	48
Figura 15 - Equipamento para ensaio de consistência Flow table.....	48
Figura 16 - Ensaio de teor de ar incorporado.	49
Figura 17 - Corpos de prova para ensaio de flexão.	50
Figura 18 - Corpos de prova para ensaio de resistência a compressão.....	50
Figura 19 - Ensaio de resistência a tração na flexão.....	51
Figura 20 - Corpo de prova posicionado na prensa para ruptura.....	52
Figura 21 - Corte dos pontos de amostragem com a serra copo.....	52
Figura 22 - Mapeamento das amostras no protótipo	53
Figura 23 - Ensaio de resistência à aderência a tração.	53
Figura 24: Croqui dos protótipos.....	54
Figura 25 - Construção dos protótipos.	55
Figura 26 - Protótipos finalizados.	55
Figura 27 - Protótipos finalizados.	55
Figura 28: Decibelímetro digital.	56
Figura 29 - Termômetro Clock.....	57
Figura 30 - Corpos de prova durante o ensaio de absorção de água por capilaridade.....	57
Figura 31 – Ensaio de resistência a tração na flexão	63
Figura 31 – Ensaio de resistência a compressão.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades da argamassa.....	22
Tabela 2 - Resultados de compressão axial.....	29
Tabela 3 – Resultados de flexão aos 28 dias	30
Tabela 4- Classificação materiais isolantes segundo três categorias.....	38
Tabela 5 - Intensidades sonoras características em dB(A).....	39
Tabela 6 - Relação da quantidade de corpos de provas.....	51
Tabela 7 – Ensaio de caracterização dos agregados miúdos.....	58
Tabela 8 – Ensaio de caracterização do resíduo de borracha.....	59
Tabela 9 – Traços.	60
Tabela 10 - Índice de consistência.....	60
Tabela 11 – Massa específica da argamassa.....	61
Tabela 12 – Teor de ar incorporado.....	62
Tabela 13 – Apresenta valores médios do ensaio de resistência a tração na flexão.....	63
Tabela 14 – Classificação quanto a Resistência à tração na flexão	63
Tabela 15 – Apresenta valores médios do ensaio de resistência a compressão axial.....	65
Tabela 16 – Classificação quanto a resistência à compressão axial	65
Tabela 17 - Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade para o tempo de 10 minutos.	66
Tabela 18 - Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade para o tempo de 90 minutos.	66
Tabela 19 – Dia 20.....	67
Tabela 20 – Dia 21.....	68
Tabela 21 – Dia 22.....	68
Tabela 22 – Desempenho Térmico ABNT NBR 15575-1:2013.	69
Tabela 23 – Parâmetro de Conforto ABNT NBR 16401-2:2008.....	70
Tabela 24 - Teste da betoneira (10 segundos)	71
Tabela 25 – Teste da betoneira (30 segundos).	72
Tabela 26 - Resultados, forma de ruptura e média da resistência de aderência do revestimento executado com o traço referência.	73
Tabela 27 - Resultados, forma de ruptura e média da resistência de aderência do revestimento executado com o traço 5% resíduo de borracha.	74

Tabela 28 - Resultados, forma de ruptura e média da resistência de aderência do revestimento executado com o traço 10% resíduo de borracha.	74
Tabela 29 - Resultados, forma de ruptura e média da resistência de aderência do revestimento executado com o traço 15% resíduo de borracha.	75
Tabela 30 – Resistência para argamassa (ABNT NRB 13749:2013).....	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Condições necessárias para uma boa argamassa.....	21
Quadro 2 - Atribuições da argamassa de assentamento em uma parede.....	23
Quadro 3 - Funções do contrapiso.....	24
Quadro 4 - Três tipos de argamassa mais usadas.....	24
Quadro 5 – Níveis de pressão sonora permitidos pela NBR 10.151:2019.....	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ISO	Organização Internacional de Normalização
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVOS	10
1.1.1 Objetivo Geral	10
1.1.2 Objetivos Específicos	10
1.2 JUSTIFICATIVA.....	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS	13
2.2 PNEUS E SUAS PROPRIEDADES.....	15
2.3 CONSTITUINTES E COMPOSIÇÃO DO PNEU.....	19
2.4 POSSÍVEIS DESTINAÇÕES AMBIENTALMENTE ADEQUADAS PARA OS PNEUS INSERVÍVEIS	19
2.5 ARGAMASSAS	20
2.5.1 Propriedades	20
2.5.2 Características	21
2.5.3 Massa específica e teor de ar incorporado	22
2.5.4 Argamassa de assentamento	23
2.5.5 Argamassa para revestimento de piso	24
2.5.6 Argamassa para revestimento de paredes e tetos	24
2.5.7 Argamassa para reboco	25
2.5.8 Chapisco	25
2.5.9 Argamassa com resíduos	26
2.5.10 Argamassa com borracha de pneu	27
2.6 MATERIAIS CONSTITUINTES DA ARGAMASSA.....	31
2.6.1 Agregados	31
2.6.2 Cimento	31
2.6.3 Cal Hidratada	32
2.6.4 Água	32
2.7 ENSAIO COM ARGAMASSA.....	32
2.8 ESTADO ENDURECIDO DA ARGAMASSA	33
2.8.1 Desempenho térmico	34
2.8.2 Desempenho mecânicos	37
2.8.3 Estanqueidade e absorção de água	37
2.8.4 Materiais Isolantes Térmicos	38

2.8.5	Desempenho Acústico	39
2.8.6	Normalização de desempenho acústico no Brasil.....	40
3.	METODOLOGIA	41
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA METODOLOGIA	41
3.2	LOCAL DE PESQUISA	41
3.2.1	Coleta do resíduo de borracha	41
3.3	OBJETO DE PESQUISA	42
3.4	MATERIAIS.....	43
3.5	MÉTODO	44
3.5.1	Caracterizações dos materiais.....	44
3.6	CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS.....	44
3.6.1	Composição granulométrica do agregado miúdo.....	45
3.6.2	Caracterização do resíduo de borracha de pneu.....	45
3.6.3	Massas Específicas.....	46
3.6.4	Caracterização dos resíduos.....	47
3.6.5	Determinação da dosagem e produção das argamassas	47
3.6.6	Determinação do índice de consistência	48
3.6.7	Determinação do ar incorporado.....	49
3.6.8	Moldagem dos corpos de prova	49
3.6.9	REALIZAÇÕES DOS ENSAIOS LABORATORIAIS JUNTO AOS CORPOS-DE- PROVA.....	51
3.6.10	Determinação da resistência à tração na flexão	51
3.6.11	Determinação da resistência à compressão axial	52
3.6.12	Determinação resistência de aderência à tração pelo teste de arrancamento	52
3.6.13	Protótipo de alvenaria.....	54
3.6.14	Determinação do conforto acústico	56
3.6.15	Coleta de dados de temperatura	56
3.6.16	Determinação Absorção de água por capilaridade	57
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	58
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO MIÚDO.....	58
4.2	CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DE BORRACHA DE PNEU.....	59
4.3	TRAÇOS UTILIZADOS	60
4.4	ENSAIO NO ESTADO FRESCO	60
4.4.1	Índice de consistência ABNT NBR 13276:2016.....	60

4.5	ENSAIOS NO ESTADO ENDURECIDO	62
4.5.1	Ensaio de resistência à tração na flexão e resistência à compressão axial ABNT NBR 13279:2005.....	62
4.6	DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL	64
4.6.1	Absorção de água por capilaridade	65
4.6.2	Temperatura nos protótipos	67
4.6.3	Conforto acústico no interior dos protótipos.....	70
4.1.1	ENSAIO DA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO DOS PROTÓTIPOS – RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO	73
	RESULTADOS, FORMA DE RUPTURA E MÉDIA	73
	RESULTADOS, FORMA DE RUPTURA E MÉDIA	74
	RESULTADOS, FORMA DE RUPTURA E MÉDIA	74
	RESULTADOS, FORMA DE RUPTURA E MÉDIA	75
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
	REFERÊNCIAS	79

1. INTRODUÇÃO

A construção civil tem um papel fundamental na civilização e está diretamente ligada ao conforto da população, estando presente desde as mais simples até as mais complexas construções e vem avançando no que diz respeito a tecnologia e inovações. Ao decorrer do tempo diversos materiais foram surgindo e se tornando indispensáveis na obra, como por exemplo: o concreto que é bastante utilizado nessa área, a argamassa que tem várias finalidades desde ao acabamento até a vedação, e diversos materiais que são de suma importância para que as obras tenham um resultado eficaz. (CORBELLA, O., YANNAS, S., 2009).

Conforme a ABNT NBR-7200 (1998) a mistura de aglomerantes e agregados com água, possuindo capacidade de endurecimento e aderência. Sendo assim, a argamassa é bastante utilizada na construção civil, podendo ser utilizada na alvenaria em geral ou até mesmo como forma decorativa. (FIORITO, 1994).

A área da construção civil vem tomando um espaço cada vez maior no mercado e aumentando os seus pontos positivos e negativos, por exemplo, ela gera entulhos que por muitas vezes não tem um descarte correto e acabam degradando o ambiente, mas também procura supri- lós contribuindo para a preservação do ecossistema. Para essa atividade é necessário que pesquisas sejam feitas para verificar a viabilidade de reutilização de resíduos na construção civil, seja no concreto, na argamassa ou em algum material utilizado nessa área. Essas pesquisas são feitas com o intuito de fazer com que esses resíduos tenham uma utilização e que muitas vezes proporciona um desempenho similar ao produto convencional. (AGOPYAN, V., JOHN, V. M., 2011).

Segundo SEST SENAT (2019), no Brasil, pelo menos 450 mil toneladas de pneus são descartadas por ano. Isso equivale a cerca de 90 milhões de unidades utilizadas em carros de passeio. Deste modo, ter uma destinação adequada para este grande descarte de pneus é uma necessidade mundial. Diversas pesquisas vêm sendo realizadas para verificar a possibilidade de reutilização de resíduos de borracha na

Construção civil, por exemplo, Albuquerque, (2009) realizou uma pesquisa sobre a adição de partículas de borracha de pneu no concreto massa, já Pedro et al, 2012, fez uma pesquisa sobre argamassa com materiais provenientes de pneus. São diversas pesquisas feitas com o intuito de verificar a viabilidade de implantação desses materiais na construção civil.

Buscando esse mesmo ideal, (SEGRE, (1999), assegura que o uso da argamassa adicionada com pó de borracha vem sendo uma opção, pois trata-se de um material com baixa

condutividade elétrica e sonora, e completar mais sobre o assunto. O uso do pó de borracha, que é adquirido da moagem de pneus inservíveis, será uma colaboração para o meio ambiente, pois com a retirada destes resíduos do ecossistema, terá uma diminuição do impacto que eles causam a sociedade.

Diante desta necessidade algumas empresas fabricantes de pneus, colocam em prática projetos para reciclagem da borracha. Segundo Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP), 2015, atualmente a forma mais comum de destinação dos pneus inservíveis é como combustível alternativo para a indústria de cimento, que em 2014 respondeu por 69,7% do total.

A proposta dessa pesquisa é utilizar o resíduo de borracha de pneus inservíveis como agregado miúdo fazendo a substituição parcial do mesmo na produção de argamassa para revestimento, buscando obter um melhor desempenho na trabalhabilidade nas resistências e nos efeitos térmico-acústico.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo comparativo das propriedades físico-mecânico das argamassas convencionais e com adição de borracha de pneu, para revestimento externo.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver traços de argamassas para revestimento externo com substituição do agregado miúdo por resíduo de borracha nas proporções de 5, 10, 15%.
- Caracterizar a argamassa de acordo com as normas, através dos ensaios físicos e mecânico, determinação da resistência a compressão axial (ABNT NBR 7215:2019), determinação da resistência a tração na flexão (ABNT NBR 13279:2005), determinação do índice de consistência normal pela mesa de flow table (ABNT NBR 13276: 2005), determinação da resistência a aderência pelo teste de arrasamento (ABNT NBR 13528:2005), determinação da absorção de água por capilaridade (ABNT NBR 9778, 2005), determinação do ar incorporado (ABNT NBR NM 47/2002).
- Analisar o comportamento da temperatura interna no período da manhã, tarde e à noite.
- Avaliar o conforto acústico conforme a norma (ABNT NBR 15575: 2013).

1.2 JUSTIFICATIVA

Segundo a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos – ANIP, no ano de 2016 foram produzidos 67.870,35 novos pneus no Brasil, e em torno de 35 milhões foram descartados. No primeiro quadrimestre de 2017, foi registrada uma alta no índice de produção, em torno de 1,8%, impulsionada principalmente por pneus agrícolas (33,6%) e caminhonetes (12,2%).

A Resolução nº 258 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, determinou que os fabricantes são os responsáveis por dar um destino final ao montante descartado. Para cada novo pneu introduzido ao mercado, deve ser dada uma destinação adequada a um inservível. De acordo com a Revista Pesquisa FAPESP, desde que esta lei entrou em vigor já foram criados mais de 1.008 pontos de coleta, sendo que no ano de 2014, cerca de 90 milhões de pneus foram coletados para terem uma destinação ecologicamente adequada.

A Inclusão de técnicas sustentáveis na construção civil tornou-se um ponto de tendência para todos os agentes da sociedade, tais como os investidores da área, o poder público, construtores e até mesmo os consumidores, ou seja, os que usufruem do produto final (GONÇALVES R. D. C, 2001).

As vantagens da utilização de resíduos em substituição as matérias primas e a aquisição de recursos não naturais na reciclagem, além de evitarem o impacto ambiental pela destinação incorreta do resíduo, diminuem a exploração de novos recursos naturais das jazidas cada vez mais escassas (TEIXEIRA, 2004).

A utilização da borracha de pneu na argamassa poderá ser também uma fonte de renda, assim como desenvolver argamassas com as resistências exigidas por norma (ABNT NBR 13279 2005).

A cada dia que passa, cresce o número de estudos relacionados com os recursos naturais, isso porque, o mundo está aceitando e utilizando mais recursos sustentáveis. Conforme John (2000), a construção civil representa cerca de 50% do uso dos recursos naturais, é responsável por 50% do CO2 emitido para a atmosfera, e representa a metade dos resíduos sólidos produzidos no mundo (JUNIOR, 2014).

Nos últimos anos, devido à preocupação com a preservação ambiental, a deposição de pneus em todo mundo tem sido um fato preocupante (FERREIRA, 2009). Segundo Golub e Silva (2017), são descartados no Brasil, em média, 17 milhões de pneus por ano.

A justificativa para o desenvolvimento deste trabalho, por meio de análise mais detalhadas dos modos adotados na construção civil, pauta-se nas evidências sobre as vantagens técnicas, econômicas e ambientais envolvendo a utilização da borracha de pneu nas argamassas, especificamente a argamassa convencional de revestimento em que será averiguada as propriedades físico-mecânico, busca-se um produto com excelente desempenho que possa ser aplicado futuramente nas construções, principalmente voltado a durabilidade e ao conforto térmico.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

Resíduos Sólidos tem sido um tema muito comentado nas últimas décadas, quando se começou a perceber a gravidade de seus impactos ao meio ambiente. Com o crescimento urbano e o aumento do padrão de consumo veio a importância de se repensar as práticas de nossa sociedade no âmbito ambiental, ecológico e social. Esta busca por boas práticas e por um manejo correto dos resíduos têm se tornado indispensável com a constatação dos danos à saúde coletiva, o equilíbrio ecológico e o bem-estar dos seres humanos devido à má destinação dos resíduos sólidos. (MONTAGNA et al, 2012).

Segundo a Lei Federal 12.305 de 2010, a qual institui a Política nacional de Resíduos Sólidos, resíduo sólido é todo:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, no estado sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

O histórico da gestão dos resíduos sólidos no Brasil é recente, tendo como primeira iniciativa em 1989 com a criação da lei 354, que abordava resíduos da saúde especificamente. Em 1991 esta lei foi melhorada e gerou o projeto de lei 203, com o mesmo tema. Em 2003 foi criado um grupo de trabalho Interministerial de Saneamento que criou o programa de resíduos sólidos urbanos. Só em 2005 que o um anteprojeto sobre a PNRS4 foi enviado à câmara e após isso, diversas discussões e audiências públicas ocorreram, cerca de 100 projetos sobre este tema foram apresentados e apenas em 2010 a Lei 12.305 foi sancionada. (BRASIL, 2010).

A PNRS estabelece definições, princípios, objetivos e instrumentos, bem como as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, e incluindo as metas e delegando responsabilidades aos geradores, ao poder público e aos demais instrumentos econômicos passíveis de geração de resíduos.

Dentre os objetivos desta lei, pode-se destacar a gestão integrada de resíduos sólidos e a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Entre os seus instrumentos, merecem destaque os planos de resíduos sólidos, a coleta seletiva, a educação ambiental e os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. (BRASIL, 2010).

Os artigos 20 e 21 desta lei descrevem quem está sujeito à elaboração dos planos de resíduos sólidos e ainda expõem o conteúdo mínimo que deve conter um plano de RS. Visto que objetivo geral deste trabalho é a criação de um PGRS, será dado um maior enfoque nestes artigos, quando se tratar especificamente de planos de gerenciamento de resíduos sólidos, os quais são a base para toda gestão de resíduos de instituições públicas e privadas:

Decreto 7.404, de 23 de dezembro de 2010 que regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Apresenta os instrumentos para a Implantação da Logística Reversa, acordos setoriais, regulamentos expedidos pelo Poder Público e os termos de compromisso. A logística reversa pode ser definida pela PNRS por:

Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

Ainda trata da coleta seletiva inclusiva, onde em seu artigo 11, o decreto destaca a inclusão dos catadores, incentivando a partir da possibilidade de dispensa de licitação para a contratação de cooperativas ou associações de catadores, ações de capacitação, incubação e fortalecimento institucional destas cooperativas, além da melhoria das condições de trabalho dos catadores.

Decreto 5940 de 25 de outubro de 2006 institui a separação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, na fonte geradora, e a sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis.

Apesar de ser um decreto válido para órgãos federais, a Casan como parte da administração pública estadual é parte indireta da administração pública federal. O material reciclável em qualquer órgão seja federal, estadual ou municipal, é um bem de valor público, o qual deverá ter um destino social e ambientalmente adequado. (BRASIL, 2009).

Resolução CONAMA 307/2005- estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

De acordo com Pcziecek (2017), a conscientização das pessoas no descarte correto dos materiais e também o aumento de recursos naturais na fabricação de produtos da construção

civil, leva a acreditar que a adição de pneus pode trazer resultados satisfatórios na qualidade, durabilidade e no comportamento mecânico de argamassas e cimentos.

Meneguini (2013), ressalta que após definidas as propriedades e as características do material é possível ter valores mais precisos e garantidos.

Nesta resolução consta que o gerador deve ser o responsável pelo gerenciamento desses resíduos, devendo segregar e encaminhar para reciclagem e disposição final adequada. As áreas destinadas para a disposição final deverão passar pelo processo de licenciamento ambiental e serão fiscalizadas pelos órgãos ambientais competentes.

2.2 PNEUS E SUAS PROPRIEDADES

Para poder discutir melhor como reaproveitar os pneus é interessante revisar sua constituição. A borracha de pneu é composta basicamente por um polímero elastômero, que foi submetido a diversos processos termoquímicos até adquirir as características desejáveis de resistência e durabilidade requeridas para sua aplicação final. (CALLISTER Jr., 2002).

Os materiais poliméricos são compostos por moléculas muito grandes, formadas por cadeias de átomos de carbono, às quais vários átomos ou radicais estão lateralmente ligados. Considera-se que essas macromoléculas são compostas por moléculas simples, ou meros, entidades estruturais menores que se repetem ao longo da cadeia (VAN VLACK, 1970).

Figura 1 – Extração do resíduo de borracha de pneu.



Fonte: Revista Matéria VI.24 N.02 2019.

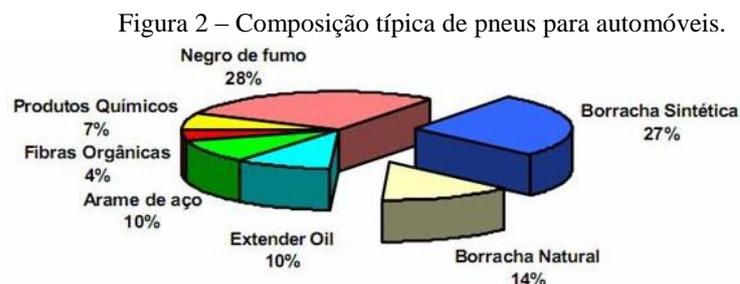
Muitos polímeros possuem a característica de, sob tensão, desenvolverem excepcional deformação e retornarem elasticamente à condição original quando a tensão é retirada. Esses polímeros são denominados elastômeros. Uma característica obrigatória para o comportamento elastômero é que a estrutura molecular seja provida de ligações cruzadas (VAN VLACK, 1970).

O processo de formação de ligações cruzadas nos elastômeros que formam a borracha é conhecido como vulcanização, tratamento através do qual compostos de enxofre se ligam com as cadeias principais do polímero que se encontram adjacentes, formando pontes entre elas.

A vulcanização aumenta o módulo de elasticidade, o limite de resistência à tração, a resistência à abrasão e a resistência à degradação por oxidação. Essas propriedades são diretamente proporcionais à densidade de ligações cruzadas e podem ser melhoradas pela adição de uma carga mineral conhecida como negro de fumo. O negro de fumo consiste em partículas muito pequenas e essencialmente esféricas de carbono, produzidas pela combustão de gás natural ou óleo. Os pneus de automóveis possuem de 15% a 30% em volume de negro de fumo e 3 a 5% de enxofre (CALLISTER Jr., 2002).

As borrachas utilizadas na fabricação de pneus são blendas poliméricas, ou seja, uma mistura monofásica, de elastômeros naturais (látex - homopolímero de isopreno) e sintéticos (copolímero aleatório de estireno e butadieno ou homopolímero de butadieno). Os pneus radiais para caminhões e ônibus usam uma maior proporção de borracha natural do que os pneus de automóveis, sendo os teores respectivos de aproximadamente 40% e 15% em peso do total (BNDES, 1998). Essa mistura é carregada com negro de fumo e posteriormente submetida ao processo de vulcanização, a fim de adquirir as propriedades de resistência e rigidez requeridas para aplicação em pneumáticos.

Na Figura 2 está representada uma composição típica, em peso, de pneus radiais para automóveis. Com base nessa figura pode-se dizer que a borracha de pneu, em sua totalidade, representa aproximadamente 85% do peso do pneu, uma vez que os produtos químicos (entre eles o enxofre), o negro de fumo e o óleo (estender oil) são incorporados à borracha durante seu processamento. Portanto, a composição final da borracha de pneu tem, aproximadamente, 50% de cargas minerais.

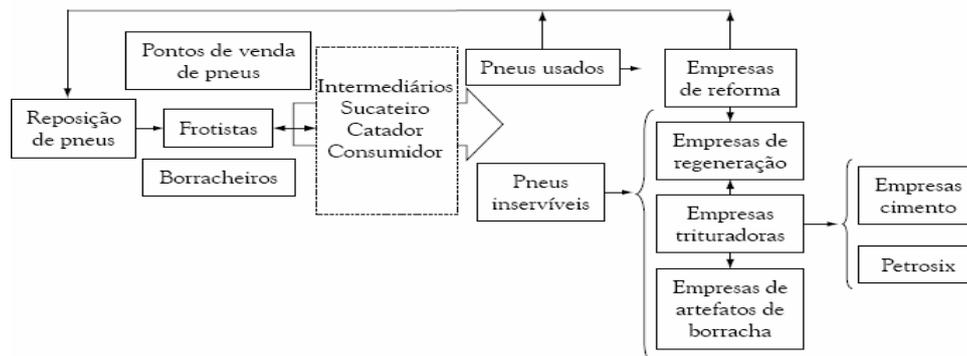


Fonte: (BNDES, 1998).

No processo de reciclagem de pneus só é viável efetuar uma separação das partes metálicas e fibras. Os demais produtos incorporados à borracha permanecem. Segundo Souza (2000) os pneus tipo passeio e tipo transporte pesam, respectivamente, 8 kg e 60 kg, aproximadamente. A reciclagem de cada tipo pode resultar no reaproveitamento de 6,8 kg e 51 kg de borracha de pneu (incluindo todas as cargas minerais), aproximadamente. Entretanto, esse rendimento dependerá do nível de redução no tamanho das partículas. As perdas podem ser de 5% para pneus cortados em pedaços de 50mm a 300mm, de 30% para a redução em partículas de 7mm a 12mm, e de até 60% para grânulos menores que 1 mm (LA SAPIENZA, 2007).

A cadeia de destinação dos pneus usados se inicia com a necessidade do consumidor de reposição dos pneus de veículos motorizados e bicicletas. A partir desta necessidade, o pneu pode percorrer diversos caminhos até sua deposição final. Motta (2008) apresentou um fluxograma que representa uma cadeia de destinação ambientalmente correta para os pneumáticos (vide Figura 3).

Figura 3 – Cadeia de reposição dos pneus.



Fonte: (MOTTA, 2008).

De acordo com Oliveira e Menegotto (2014), uma das formas abordadas para a diminuição da disposição de pneus ao céu aberto é a recauchutagem, onde é feito a substituição da banda de rodagem e o ombro, no entanto, mesmo aumentando a vida útil dos pneus, esse processo gera sobras, esses resíduos que são gerados através desse processo estão sendo estudados no campo da construção civil, pois com o seu uso como adição em determinados materiais podem-se obter matérias mais deformáveis devido às propriedades da borracha.

Já a fibra de borracha ou raspas é obtida da recauchutagem dos pneus; o processo é feito através de uma máquina de raspagem de alta precisão e retirada toda a borracha da banda de rolagem. A figura 4 mostra este processo, cujos demais componentes serão aproveitados.

Figura 4: Retirada da borracha da banda de rolagem.



Fonte: reformadepneus.com.br

Os resíduos de pneus gerados pela recapagem podem ser utilizados na construção civil e na construção de obras rodoviárias aplicado no asfalto fazendo com que aumente seu nível de elasticidade e durabilidade, segundo dados do CEMPRE, (1993). Figura 5 mostra a borracha que resulta do processo anterior.

Figura 5: Borracha resultante do processo de raspagem



Fonte: reformadepneus.com.br

Essas partículas de borracha podem ser enquadradas em dois tipos básicos: raspas (ou fibras) procedentes do processo de raspagem das bandas de rodagem, derivadas do processo de recauchutagem, na curvas da distribuição granulométrica do resíduo de borracha de pneu não existem patamares, o que representaria uma ausência de determinado tamanho, como também, não se observa um crescimento aprumado da curva, demonstrando que este material não possui uniformidade de dimensões (GIACOBBE, 2008).

Segundo La Sapienza (2007), as partículas resultantes do processo de trituração podem ser classificadas em função do seu tamanho como fragmentos (quando se obtém pedaços irregulares de 50 a 300 mm); lascas (quando a trituração mecânica produz pedaços de borracha de 10 a 50 mm); grânulos (quando a borracha dos pneus é reduzida a partículas de 1 a 10 mm); e pó (quando o processamento da borracha dos pneus origina partículas finas, menores do que 1 mm).

2.3 CONSTITUINTES E COMPOSIÇÃO DO PNEU

Composição do pneu é composta por uma mistura poderosa de borracha e aditivos, e principalmente o poliuretano (material esponjoso), sendo leves, resistentes e com boa propriedade amortecedora. Ele possui várias estruturas diferentes, mas duas são mais comuns, uma delas possui colunas de borracha rígida, porém flexíveis que ligam a banda de rodagem até a roda como raios (INFOPNEUS, 2016).

No pneu de passeio, a borracha predomina, sendo 27% sintética e 14% natural. O negro de fumo constitui 28% da composição. Os derivados de petróleo e produtos químicos respondem por 17%, o material metálico (ou aço) por 10% e o têxtil por 4% (INFOPNEUS, 2016).

Os pneus de automóvel são produtos de engenharia complexos. São compostos por numerosos compostos de borracha, vários tipos de negro de carbono, enchedores (como a sílica), e substâncias químicas ou minerais (INFOPNEUS, 2016).

2.4 POSSÍVEIS DESTINAÇÕES AMBIENTALMENTE ADEQUADAS PARA OS PNEUS INSERVÍVEIS

Diante do exposto nas regulamentações já discutidas nas organizações não governamentais e entidades de pesquisa, segundo (Kamimura, 2002) estão investindo em novas alternativas para reaproveitamento de pneus. A seguir apresenta-se um resumo das principais alternativas de utilização dos pneus inservíveis encontradas na bibliografia e/ou já aplicadas na prática.

- Utilização como paredes e coberturas, telhas de concreto, blocos de alvenaria e painéis para fins de isolamento térmico e acústico;
- Emprego no envelopamento de dutos em valas, confecção de passeio público, rodovias, pisos, revestimentos e concretos de baixa exigência estrutural;
- Concreto para utilização em estacas de fundação tipo broca;
- Locais onde são exigidas maior resistência ao impacto e alta absorção de energia, como barreiras de proteção, quebra mar, recifes, postes, elementos de sinalização de trânsito e outras aplicações;
- Aplicação em concretos de paredes de eclusas, visando maior absorção de impacto.
- Dentre as aplicações possíveis na construção civil, o aproveitamento da borracha de pneu no concreto pode trazer as seguintes vantagens: (CALLISTER Jr., 2002).
- Otimização da vida útil dos aterros sanitários;
- Redução do consumo das fontes naturais de agregados;

- Redução de emissão de poluentes na atmosférica;
- Redução dos riscos à saúde pública e à degradação ambiental;
- Redução de sobrecarga em edificações.

Existem várias alternativas de utilização de pneus ou fragmentos de pneus na construção civil. Dados os grandes volumes de produção deste setor, isto pode representar uma contribuição importante para resolução do passivo ambiental ligado ao descarte de pneus inservíveis. Como explicam Akasaki et al. (2001), o uso de partículas de borracha de pneu no concreto pode contribuir para que esse resíduo deixe de ser um problema ambiental e de saúde pública, e passe a ser uma fonte de material alternativo a ser empregado com sucesso na construção civil.

Como destacado no capítulo 1, o presente trabalho se foca no estudo da aplicação de fragmentos de borracha no concreto massa para barragens, a fim de aumentar a capacidade de deformação e minimizar as fissurações de origem térmica. Esta é uma área inovadora, na qual ainda não foram desenvolvidos trabalhos de investigação. Para subsidiar esta investigação, no próximo capítulo é apresentada uma revisão do comportamento de compósitos de matriz cimentícia reforçados com a incorporação de partículas de borracha (AKASAKI et al., 2001).

2.5 ARGAMASSAS

2.5.1 Propriedades

De maneira geral a argamassa é um material formado por aglomerante (cimento), agregado miúdo (areia) e água. Também podem ainda incorporar produtos especiais como cal, fibras etc. (NETO ARAUJO, 2006).

De acordo com Santiago (2007), a argamassa é indispensável em uma construção, seja ela qual for, pois tem a função de unir os materiais como pedras, tijolos ou blocos cerâmicos. Sua outra função é o revestimento, sendo assim, proporciona uma maior proteção aos elementos construtivos. A argamassa é um material essencial e necessário em qualquer construção, porém sua qualidade é importante para obter-se durabilidade nas edificações.

Conforme Grillo (2010), para consentir que materiais cimentícios abrangem novos nichos de mercado, é essencial o entendimento de seus detalhes com o objetivo de aperfeiçoar a sua resistência mecânica. O aprimoramento desta resistência está em discussão há 20 anos, dado que, a ânsia de investigar a adesão dos elementos está diretamente ligada à ocorrência de problemas à perda ou falta de aderência. No Quadro 1 a seguir apresenta algumas das condições que serão necessárias para uma boa argamassa:

Quadro 1 - Condições necessárias para uma boa argamassa.

- Compacidade – Quanto mais densa, conseqüentemente será mais resistente a argamassa.
- Impermeabilidade – É fundamental, pois a penetração de água na argamassa é uma das principais patologias em edifícios.
- Aderência – É necessária aderência para uma boa união entre os elementos construtivos, caso isso não ocorra poderá haver um deslocamento do revestimento, facilitando a degradação.
- Durabilidade – A função da argamassa é unir elementos da alvenaria (assentamento) e a proteção de paredes (revestimento). Caso este material não tenha características apropriadas ou não esteja protegido da ação de intemperes, acaba se degradando mais rapidamente.

Fonte: Adaptado, Celestino Santiago (2007).

A propósito, Ribeiro (2002), acrescenta que as aplicações de argamassa estão ligadas ao volume de aglomerante aplicado, a granulometria da areia e à quantidade de água. Nas edificações, as argamassas são usadas para assentamento de alvenaria, revestimento de alvenaria (chapisco, emboço e reboco), revestimento de piso (contrapiso), assentamento de diversos revestimentos (cerâmicos, rochas etc.), entre outros.

2.5.2 Características

O comportamento de uma argamassa depende de suas propriedades no estado plástico e no estado endurecido.

No estado plástico a argamassa deve apresentar boa trabalhabilidade para facilitar o assentamento dos blocos e uma capacidade de retenção de água adequada para garantir a hidratação do cimento. As características para o estado endurecido são: resistência à compressão adequada, boa resistência de aderência ou ao cisalhamento, boa resiliência (GOMES, 2008).

A Associação Brasileira das Normas Técnicas (ABNT), através de um conjunto de ensaios normatizados estabelece os requisitos necessários para cada propriedade que deve ser controlada através de procedimentos normativos. A Tabela 1 apresenta um resumo destes requisitos.

Tabela 1 - Propriedades da argamassa.

Características	Requisito	Norma
Trabalhabilidade	Uma consistência padrão de 255 ± 10 mm	NBR 13276:2016
Resistência à compressão	Deve ser especificada no projeto.	NBR 13279:2005
Resistência de aderência	Deve ser especificada no projeto.	ASTME518/E518M-15
Retenção de água	80% < normal < 90% < alta	NBR13277:2005

Fonte: Associação Brasileira das Normas Técnicas (ABNT).

Uma argamassa tem boa trabalhabilidade quando adere bem na colher de pedreiro, desliza sem dificuldade e adere bem nas superfícies verticais das paredes. Deve permanecer plástica pelo tempo necessário para os ajustes de alinhamento, prumo e nível das unidades.

A ABNT NBR 13276 (2005) padronizou a trabalhabilidade de uma argamassa através do ensaio de consistência ABNT NBR 8798 (2009) para Blocos vazados de concreto) que mede o diâmetro do espalhamento da argamassa de um cone.

A argamassa deve reter a água de amassamento que serve tanto para lubrificar os materiais secos quanto para garantir a hidratação do cimento. Neste sentido a presença da cal na mistura ajuda a reter água devido a sua grande superfície específica. (FIORITO, A. J. S. I (1994).

Estas duas propriedades do estado plástico estão muito ligadas às propriedades do estado endurecido. Uma boa resistência depende da resistência dos blocos e da quantidade de cimento da argamassa. A aderência argamassa-bloco é melhorada quando a argamassa tem boa trabalhabilidade e boa retenção de água (FIORITO, 1994).

A aderência é a segunda propriedade mais importante na alvenaria após a resistência à compressão das unidades. Depende da rugosidade e aspereza da unidade de alvenaria e de sua absorção inicial. Contribui para combater os esforços de tração e os esforços tangenciais (GOMES, 2008).

2.5.3 Massa específica e teor de ar incorporado

A massa específica do material pode ser absoluta ou relativa. O valor da massa específica é obtido pela relação da massa pelo volume do material, sendo que para cálculo da

massa absoluta não são considerados os vazios do material, já na massa específica relativa também denominada unitária os vazios são considerados no cálculo (BAIA E SABBATINI, 2008).

Ainda segundo os autores, o teor de ar incorporado é o quanto de ar existe em determinado volume de amostra do material. Ao aumentar o teor de ar de uma argamassa conseqüentemente a massa específica da mesma diminui, o que pode ser bom até certo ponto, depois este aumento pode causar perda de resistência mecânica e aderência da argamassa.

Segundo Carasek (2007), a massa específica e o teor de ar incorporado são responsáveis por melhorar a trabalhabilidade das argamassas, ou seja, quanto maior o teor de ar incorporado menor a massa específica da argamassa. Com a massa específica menor é mais fácil de se trabalhar com a argamassa pois reduz o esforço do operário, e em grandes espaços de tempo gera mais produtividade.

2.5.4 Argamassa de assentamento

A argamassa de assentamento é o componente utilizado na ligação entre blocos, garantindo distribuição uniforme de esforços (ABNT NBR 15812-1, 2010).

De acordo com Nascimento (2015), a argamassa de assentamento é formada por um ou mais aglomerantes (cimento e cal), agregado miúdo (areia) e água, cujo objetivo é tornar maior a retenção da água durante a hidratação. Pode ser confeccionada in loco ou pode ser argamassa industrializada.

O Quadro 2 apresenta as primordiais atribuições da argamassa de assentamento em uma parede são:

Quadro 2 - Atribuições da argamassa de assentamento em uma parede

- Ligar os elementos construtivos e ajudá-los a suportar esforços normais e laterais.
- Disseminar uniformemente as cargas que atuam na parede, impossibilitando concentração de tensões devido a deformações geométricas.
- Atenuar as imperfeições naturais que a alvenaria poderá estar sujeita.
- Vedar as juntas impedindo a entrada de água da chuva.

Fonte: Adaptado, Nascimento (2015), apud BS 5628-3 (1985).

O bom desempenho da argamassa de assentamento deverá contar com a avaliação de suas propriedades em estado fresco. Em seguida, sua avaliação a compressão simples (GOMES, 2008).

2.5.5 Argamassa para revestimento de piso

Cichinelli (2009) fala sobre o contrapiso como uma faixa de argamassa jogada sobre uma base (laje estrutural, piso, lastro de concreto) para sua regularização. Sua espessura difere entre 2 a 6 cm conforme sua função. Fala ainda que contrapiso oferece outras funções tais como a seguir no Quadro 3:

Quadro 3 - Funções do contrapiso

<ul style="list-style-type: none"> • Regularizar a superfície, fazendo-a mais plana. • Disponibilizar caimentos precisos para ralos. • Auxiliar embutimentos de instalações. <p>Aprimorar o conforto acústico</p>
--

Fonte: Adaptado, CICHINELLI, 2009

Para Martins (2012 apud Souza, 2013) o acabamento com contrapiso é indispensável para lugares que serão revestidos com cerâmicas ou para ambientes que usarão acabamento de piso cimentado. Ressaltando que o ambiente não poderá circular trânsito de veículos.

2.5.6 Argamassa para revestimento de paredes e tetos

Conforme Caporrino (2018), a argamassa de revestimento tem como função revestir paredes, muros e tetos. Existem três tipos principais que são mais usadas são argamassa de chapisco, argamassa de emboço, argamassa de reboco.

O Quadro 4 apresenta as definições das três mais usadas argamassas:

Quadro 4 - Três tipos de argamassa mais usadas

<ul style="list-style-type: none"> • Chapisco forma uma camada base que prepara a parede, com o intuito de uniformizar melhor a superfície e melhorar a aderência do revestimento. • Emboço é a camada que regulariza e cobre a base, possibilitando uma superfície uniforme que estará pronta para receber uma camada de reboco ou acabamento decorativo. • Reboco é a última camada, proporcionando a superfície a receber o acabamento, como a pintura.

Fonte: Adaptado, Caporrino, (2018).

Segundo Pczieczek (2017), a argamassa de revestimento, usada para revestir paredes, conta com diversas serventias quanto a sua aplicação e finalidade. Essas serventias podem ser: homogeneizar sua superfície funcionando como base para acabamentos finais; preservar a

edificação contra o intemperismo; auxiliar no isolamento térmico (até 30%) acústico (até 50%) estanqueidade à água (entre 70% a 100%).

2.5.7 Argamassa para reboco

Argamassas para reboco exteriores: uma das suas essenciais funções de reboco para parede, além de ter aspectos estéticos, é a proteção contra ações intempéricas, por isso, as principais exigências são baixas absorção de água (HENRIQUES & FARIA, 2006 Apud Ana Luísa Garcia Pires, 2013).

No que se refere a resistência mecânica, as argamassas deverão ter valores que não sejam maiores aos da alvenaria a qual são aplicadas e deverão ter deformidade comparável possibilitando a compatibilidade com a superfície da parede e compatível aderência ao suporte; têm de certificar que o teor em sais solúveis liberados estejam baixo. Tais qualidades são de extrema importância para atestar a proteção da parede pelo reboco. (NETO ARAUJO, 2006).

Para argamassa de reboco interno; do mesmo modo de aspectos estéticos e da segurança em uso, nesta situação a essencial preocupação é a defesa contra ações mecânicas usuais, será preciso testificar boa dureza. Porém, quando for adicionar ou substituir resíduos na argamassa, principalmente se será utilizada como reboco interno, deverá ser observado que não utilizem produtos tóxicos e que possam ajudar na regularização da humidade relativa interior, contribuindo assim, para a saúde e conforto dos ocupantes (GOMES, 2008).

Segundo CARNEIRO (1999), usualmente a composição e a dosagem das argamassas adotadas no Brasil são feitas com base em traços (massa ou volume) descritos ou especificados em normas internacionais ou nacionais, como Associação Brasileira de Normas

Técnica (ABNT) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT) e cadernos de encargos. De acordo com o mesmo autor, para argamassas de revestimentos tem-se adotado com mais frequência os traços de dosagem 1: 1: 6 (cimento: cal: areia).

2.5.8 Chapisco

Além da textura, o chapisco tem função de regular a capacidade de sucção por parte do substrato. Assim, substratos de altíssima sucção (como por exemplo, as alvenarias de concreto celular) têm no chapisco um elemento que diminui a intensidade do transporte de água das argamassas para o substrato. Em contraposição, substratos com sucção muito baixa (como é o caso dos elementos estruturais em concreto), necessitam do chapisco como elemento incrementador da sucção de água da argamassa, com o intuito do desenvolvimento adequado

da aderência argamassa-substrato. Este fato é exemplificado na rotina de obras pela obrigatoriedade do chapisco sobre elementos estruturais. O chapisco, como um dos elementos de preparação de base, tem as suas peculiaridades. Primeiramente ele deve ter aderência ao substrato. Isso se consegue pela formulação de dosagem do chapisco, onde se emprega uma argamassa de significativo consumo de cimento (traço 1:3 em volume, usualmente). Essa dosagem rotineiramente costuma nos dar valores aceitáveis de aderência, embora o resultado não dependa somente da argamassa de chapisco, mas de outros fatores como a natureza do substrato (BAUER, 2004).

2.5.9 Argamassa com resíduos

A construção civil tem um potencial para empregar resíduos sólidos que seriam descartados no ecossistema, tendo em vista este problema sócio econômico, foram feitas diversas pesquisas e estudos para minimizar este impacto. A princípio disto, foram introduzidos alguns resíduos da confecção de argamassa, sendo como forma de adição ou substituição, usando: vidro, resíduos minerais, cinzas volantes, resíduo de corte de mármore e granito, resíduo de cerâmica, pó de arroz etc. (PETRUCCI, 2003).

Segundo Vieira (2005), o resíduo cerâmico pode representar uma alternativa mais econômica do ponto de vista energético, haja vista que, para um mesmo processo de cominação utilizado para o seu beneficiamento, o resíduo cerâmico atingiu maiores superfícies específicas em comparação a uma pozolana tradicionalmente utilizada pela indústria de fabricação de cimento Portland.

As resistências a compressão simples das argamassas contendo resíduos calcinados foram superiores às das argamassas sem resíduo, havendo grande potencial para utilização dos resíduos em argamassas em substituição parcial ao cimento (MENEZES et al, 2009).

Segundo Fragata et al (2007), conseguiu-se atingir o objetivo de promover o aumento da sua resistência, mantendo a compatibilidade com as alvenarias de edifícios antigos a nível das suas características físicas, mecânicas e químicas, através do aumento das resistências à flexão e à compressão com condições de cura em ambiente seco (tipo A) quando comparadas com a argamassa de referência e com as argamassas com resíduos de vidro com condições de cura húmidas (tipos B e C). O coeficiente de absorção capilar, para as argamassas com resíduos de vidro com condições de cura seca, foi o mais baixo e próximo da argamassa de referência, o que vai de encontro ao pretendido, ou seja, mantém-se a característica favorável de comportamento à água das argamassas de cal, conseguindo-se assim obter a compatibilidade física (FRAGATA et al, 2007).

Foi realizada a caracterização de argamassas de cal aérea com resíduos de tijolo, telha e vaso, em granulometrias e percentagens de incorporação distintas. No que diz respeito à caracterização mecânica, verificou-se que as argamassas com resíduos apresentam uma evolução significativa no que diz respeito às resistências mecânicas, sobretudo em termos de resistência à compressão. Neste aspeto, são as argamassas com resíduo integral que se destacam por terem ganhos de resistências da ordem dos 500 % dos 60 para os 120 dias. Pode admitir-se, por este motivo, que o pó de resíduos incorporados nas argamassas terá efetivamente alguma reatividade pozolânica (MATIAS et al, 2012).

2.5.10 Argamassa com borracha de pneu

De acordo com Aparecido Canova et al (2007), a borracha sendo um resíduo bastante elástico terá a tendência de contribuir para melhorar a adequação da elasticidade, desta forma, contribuir no desempenho em relação a fissuração. No Brasil, alguns autores já abordaram este tema, sendo eles, Segre (1999) com pó de borracha em pasta de cimento e Meneguini (2003), e novamente Segre em (2004) com argamassa de cimento e areia. Esses autores usaram a borracha para criar aderência com a matriz de cimento, com isso, obtiveram favoráveis resultados quanto a qualidade do produto.

Eduardo Meneguini (2003) Raghavan et al (1998) estudaram as propriedades mecânicas e a trabalhabilidade de argamassa adicionada com resíduos de borracha. Com o resultado notou-se que houve uma queda na resistência a flexão. Entretanto os autores notaram que a argamassa contendo resíduo de borracha apresentou melhor trabalhabilidade em comparação com a argamassa sem adição. Notaram também, tenacidade nos corpos de prova, submetidos à flexão.

Ainda de acordo com Eduardo Meneguini (2003), a adição de resíduo de borracha na construção civil sendo usada até 40% não será prejudicada na aplicação de contrapiso, enchimentos de lajes e regularização. Porém não é recomendável seu uso no tráfego pesado.

Segundo Renê (2009), verificou-se que as argamassas com resíduos apresentam uma evolução significativa no que diz respeito às resistências mecânicas, sobretudo em termos de resistência à compressão. Visando verificar a influência do resíduo de borracha de pneu nas propriedades físicas e mecânicas da argamassa. Sales e Mendes (2013), utilizaram as proporções de 5% e 10% de substituição de resíduo de borracha, os resultados atenderam os requisitos de trabalhabilidade, resistência e aderência.

Segundo Ferreira (2009), um fator importante a ser mencionado ao utilizar a borracha é que os corpos de prova com borracha apresentam uma resistência maior à ruptura por flexão, devido às fibras de borracha trabalharem evitando o rompimento total.

As propriedades físico-mecânicas das argamassas podem ser divididas em dois patamares, um de natureza adesiva, em que refere-se à capacidade da argamassa aderir-se ao substrato, promovendo assim, a resistência de aderência. A segunda de natureza aglomerante, ou seja, a argamassa promove uma consolidação interna, ligação entre o aglomerante e o agregado, nessa etapa desenvolvem-se as demais propriedades físico-mecânicas, como a resistência à compressão, à tração, permeabilidade e a capacidade de absorver deformações (BAUER, 2004).

De acordo com Pedro (2012), existem outras propriedades como a permeabilidade ao vapor de água em que também se verificam ganhos de qualidade nas argamassas com agregados de borracha relativamente à argamassa de referência. Obteve-se melhorias entre 10% e 20%.

O uso de argamassa utilizando grãos de borracha de pneus pode ser atrativo como adição, pois poderá produzir um material mais leve e com características para isolamento, além de contribuir para deixar de ser um problema ambiental (FIORITI et al, 2012).

Conforme Meneguini (2003), para o ensaio de compressão axial já é esperado que a argamassa sem adição seja mais resistente que a argamassa com adição de borracha. Porém, isso não significa que o material não possa ser empregado, mas que pode ser utilizado para outros fins que não exigem que a resistência mecânica seja determinante. Conforme pode ser visto na Tabela 2, foram estudados 6 traços pelo autor, cada traço possui um sub-traço, sendo um com à adição de borracha e outro sem adição, mostrando a comparação dos resultados de compressão axial, para as idades de 3, 7 e 28 dias.

Tabela 2 - Resultados de compressão axial

Resistência	A à compressão axial (MPa)		
Traços	Idades		
	3 Dias	7 Dias	28 Dias
1:3 - s/ adição	22,0	26,2	27,5
1:3 - sc/ adição	13,9	14,7	19,1
1:5 - s/ adição	9,3	12	15,5
1:5 - c/ adição	7,6	9,0	15,4
1:7 - s/ adição	5,2	5,9	7,9
1:7 - c/ adição	4,4	5,9	7,9

Fonte: adaptado Segundo Meneguini (2003).

Observaram que conforme o aumento da quantidade de borracha no traço, a resistência à compressão diminuí. Meneguini (2003), utilizou em sua pesquisa as proporções para adição de 0%, 5% e 15% e granulometria de 20 e 40 *mesh*, e observou que a resistência a tração diminuí, independente do traço, em comparação com o sem adição de borracha. Quando ocorre o gelo-desgelo também acontece a diminuição de resistência a flexão segundo o autor. Segundo Yilmaz e Degrimenci (2014), a adição contínua de borracha fragmentada com dimensões entre 4,75mm e 0,425mm, em até 40% em volume do agregado miúdo parece manter trabalhabilidade adequada comparada com a referência sem a borracha.

Eldin e Senouci (1993), ao substituírem agregados graúdos por borracha de pneus no concreto, constataram uma diminuição na resistência à compressão de 85% comparado ao concreto tradicional. Os autores notaram ainda uma diminuição de 25% do peso do concreto em relação ao comum, e quando foi substituído agregados de menor granulometria por borracha de pneus com granulometria similar, ocorreu uma menor perda de resistência à compressão quando comparado com a substituição dos agregados graúdos. Os autores argumentam que quando for aplicado em argamassas a perda será bem menor que se comparado ao concreto.

Ferreira (2009) relata que o aumento da quantidade de borracha no traço diminui significativamente a resistência à compressão, sendo assim, resistindo menos em comparação aos traços sem a adição. A borracha sofreu diminuição de resistência ao longo do teste em laboratório, o qual comprovou para o autor que o material sofre deformações. A argamassa tendo menor módulo de elasticidade, permite maior deformação sob carga, dando à argamassa maior mobilidade, sendo um material ideal para absorver impactos (MENEGUINI, 2003).

Conforme, apresenta Meneguini (2003), é possível observar que existe uma pequena diferença entre a argamassa com adição e sem adição de borracha, sendo que a argamassa com menor resultado de módulo permite maior deformação sob cargas.

Na Tabela 3, verifica-se que a adição de partículas de borracha proporciona uma melhor absorção de esforços na resistência à flexão, resistindo o compósito por mais tempo até romper por completo. Observa-se que a adição de 10% de resíduo proporcionou um acréscimo de 56%, e com a adição de 20% de borracha um aumento de 23%, comprovando uma melhoria na resistência a fratura total, aperfeiçoando assim o compósito (FERREIRA, 2009).

Tabela 3 – Resultados de flexão aos 28 dias

Porcentagem de borracha (%)	Força Ruptura (KN)	Tensão Ruptura (Mpa)
0	1,30	1,625
10	2,03	2,542
20	1,60	2,000
30	1,27	1,583

Fonte: Adaptado conforme Ferreira (2009).

Albuquerque et al. (2002), em seu trabalho de pesquisa concluiu que partículas de borrachas com tamanhos maiores que 4mm atuam de forma negativa, sendo um dos problemas maiores a aderência entre matriz e agregado, sendo a mesma amenizada com o tratamento da borracha. De acordo com Guoqiang (2004) estudos realizados recentemente, com o objetivo de melhorar a interação matriz- agregado na pasta de cimento, foram realizados um pré-tratamento nas partículas da borracha com tratamentos aparentes (item 2.2.3), obtendo resultados promissores nas propriedades mecânicas.

No trabalho realizado por Segre (1999), foi definido dois traços: um traço com a adição de borracha sem tratamento e outro traço com adição de borracha com tratamento. Segundo o autor, os resultados com o tratamento com uma solução de hidróxido de sódio resultaram em valores satisfatórios de propriedades mecânicas e de aderência, além da diminuição da porosidade e da densidade, comprovando a influência do tratamento no desempenho do material.

Ferreira (2009), percebeu que ao substituir o agregado miúdo natural nas proporções de 10%, 20% e 30% por borracha, o peso da argamassa reduziu em 1,83%, 4,96% e 5,11% em relação ao traço sem adição. O autor também avaliou a absorção de água, a qual resultou em aumento da absorção de água por capilaridade em relação à amostra, mas a quantidade de água que era absorvida reduzia à medida que se aumenta a proporção da borracha no traço.

2.6 MATERIAIS CONSTITUINTES DA ARGAMASSA

2.6.1 Agregados

Segundo Petrucci (1998), agregados são materiais sem uma forma granular e volume definidos, são inertes, e conforme suas características físicas e mecânicas se demonstram adequados para a construção civil. Metha e Monteiro (2014), relatam que os agregados são baratos e que em contato com a água não formam reações químicas, no entanto, desempenham funções importante no comportamento final. Os autores afirmam que os agregados, por terem um papel importantíssimo no resultado, estão sendo estudados com mais cautela e a visão como inerte está sendo reavaliada.

De acordo com Pedro (2011) o agregado mais utilizado na produção de argamassas tradicionalmente é a areia, a qual provém de jazidas ou rios. A areia tem o papel de proporcionar a aderência da pasta, resistência no estado endurecido e trabalhabilidade. Segundo o autor a areia tem como característica o seu número de vazios, que por sua vez, é determinada pela granulometria do agregado, sendo outra característica que influencia diretamente no comportamento da argamassa.

2.6.2 Cimento

Conforme Coimbra. (2006), o cimento é um dos materiais mais consumidos no mundo, suas qualidades são típicas como trabalhabilidade e mobilidade no estado fresco e resistência, durabilidade no estado endurecido. Os autores Baía e Sabbatini (2008), definem cimento da seguinte forma: O cimento Portland é composto de clínquer e adições minerais. A flexibilidade da sua composição possibilita a produção de diversos tipos de cimentos com diferentes propriedades químicas e mecânicas. O clínquer é o produto da fusão entre 1400°C a 1500°C das matérias primas usadas na composição do cimento (argila + calcário + óxido de ferro). Existem vários compostos presentes no clínquer como os silicatos de cálcio, aluminato de cálcio e alumínio.

De acordo com Neville (2013), o cimento ao ser misturado com água, sofre reações químicas seguido do processo de endurecimento, chamado de tempo de pega, que é a mudança do estado fresco para endurecido. Ele tem como principal função a aderência entre as partículas, durabilidade e resistência. O autor ainda descreve o cimento como um composto de diversos materiais, que exige um rígido controle de fabricação, sempre buscando atender as normas e a qualidade do produto final.

2.6.3 Cal Hidratada

Segundo a ABNT NBR 7175 (2003), a cal hidratada é constituída pelo pó resultante na hidratação da cal virgem, a qual é composta de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio, ou também pela mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio.

Conforme Guimarães (2002) a argamassa com a presença de cal hidratada tem como características principais a plasticidade, maior trabalhabilidade, hidratação, e aderência ao substrato, evitando descolamento e fissuração da argamassa no estado endurecido. Segundo o autor a cal proporciona um aspecto mais liso e mais claro na argamassa, também possui características bactericidas e fungicidas, protegendo as edificações de manchas e apodrecimentos.

2.6.4 Água

Petrucci (1998) comenta em seu trabalho, que determinadas vezes a água potável não pode ser utilizada na mistura argamassada. Isso porque podem existir alta concentração de sódio e potássio, os quais interferem no resultado final. A água deve conter pouquíssimas quantidades de impurezas, as quais não têm efeito danoso no resultado. Segundo Neville e Brooks (2013), a qualidade da água deve ser avaliada com criteriosidade, uma vez que as impurezas podem causar interferência na resistência, manchas na superfície, corrosão, eflorescência e interferir no tempo de pega do material.

2.7 ENSAIO COM ARGAMASSA

O estudo da argamassa conforme Segre (1999), pode ser aprofundado e aperfeiçoado com a aplicação de vários ensaios, ao qual aborda-se a seguir:

- **Determinação da Composição Granulométrica:** utilizado para determinar a quantidade retida e acumulada de cada peneira como também calcular o módulo de finura do agregado.
- **Massa Específica:** utilizado para encontrar a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, excluindo os poros permeáveis.
- **Determinação do Índice de Consistência:** utilizado para determinar o teor de umidade que indica a passagem do estado plástico para o estado líquido.
- **Determinação da Absorção de Água por Imersão:** utilizado para determinar a quantidade de água absorvida por cada corpo de prova.

- Determinação da Resistência à flexão: utilizado para determinar a resistência a flexão de cada corpo de prova.
- Determinação da Resistência à Compressão: utilizado para determinar a resistência a compressão de cada corpo de prova.

2.8 ESTADO ENDURECIDO DA ARGAMASSA

Para que uma argamassa no estado endurecido desempenhe um bom papel durante toda a sua vida útil, é importante verificar se ela atende os seguintes fatores: retração, resistência à aderência, resistência à compressão axial e diametral, módulo de elasticidade e durabilidade ao ataque de sulfatos (PCZIECZEK, 2017).

Segundo Petrucci (1998), a argamassa ou a pasta de cimento quando seca e endurecida sofre o processo de aumento ou diminuição de volume, variando conforme a porcentagem de água e cal adicionada a mistura, processo chamado de retração.

Conforme Santos (2008), a retração acontece por causa da perda de água no processo de amassamento ou até mesmo para o ambiente, sendo a principal causa de possíveis fissuras futuras. O autor destaca ainda, que argamassas com concentração elevadas de cimento podem desempenhar fissuras durante o estado fresco e endurecido.

De acordo com a ABNT NBR 13528 (2010), a resistência de aderência de uma argamassa à tração tem como característica resistir as forças normais e tangenciais que ocorrem entre a interface com o substrato.

A aderência não é uma característica da argamassa e sim, a interação de uma superfície a outra. Conforme Carvalho Junior (2005), a aderência está totalmente direcionada aos fatores do estado fresco: consistência, trabalhabilidade, plasticidade, retenção de água, massa específica, teor de ar incorporado, e retração.

Conforme Carasek (2010), a resistência mecânica das argamassas:

Diz respeito à propriedade dos revestimentos de possuírem um estado de consolidação interna capaz de suportar esforços mecânicos de diversas origens, que são as tensões simultâneas de tração, compressão e cisalhamento (CARASEK, 2001).

Segundo Petrucci (1998), as argamassas possuem baixos valores de resistência, considerado valores médios de resistência para 28 dias de 10 kgf/cm². O autor também salienta que para a argamassa atingir valores de resistência adequados, ela não deve secar de maneira rápida, pois as reações químicas necessitam de água.

De acordo com Cincotto et al. (1995), o módulo de elasticidade tem como função principal deformar a argamassa e a mesma retornar às suas características iniciais. Segundo Silva e Campiteli (2008), o surgimento de fissuras pode ocorrer por diversos fatores, entre os quais, o transcorrer da elasticidade e resistências a tração inadequadas, através de tensões de tração decorrente da retração de secagem, retração térmica entre outros fatores. Nas argamassas pobres em cimento, pode aparecer microfissuras entre os grãos dos agregados e a pasta de aglomerantes. Já nas argamassas ricas, as tensões se acumulam causando fissuras.

2.8.1 Desempenho térmico

Quando o objeto de estudo é o desempenho térmico, deve-se ter em conta de que ele é resultado de uma junção de fatores, dentre eles as variáveis climáticas. Trata-se do estudo do clima e do local do projeto a fim de satisfazer às necessidades de conforto. Os fatores climáticos terão influência no espaço arquitetônico construído, visto que a ação simultânea das variáveis climáticas atua de forma intrínseca na natureza (VELOSO, 2010).

O clima pode ser analisado em três escalas distintas, o macroclima, o mesoclima e o microclima. Esta divisão visa facilitar o entendimento da atuação do mesmo no ambiente construído.

Ao tratar de desempenho térmico no Brasil, a ABNT NBR 15.220-3 (2005) desempenho térmico de edificações é a principal referência. Esta norma é dividida em cinco partes e é responsável pela definição e metodologia de cálculo do desempenho térmico. A ABNT NBR 15.575 (2005) desempenho utiliza esta norma como base para toda a metodologia de cálculo necessária para obtenção dos parâmetros de comparação entre os níveis de projeto e os níveis mínimos aceitos pela norma.

A primeira parte da norma ABNT NBR 15.220-3 (2005) estabelece as definições e os correspondentes símbolos e unidades de termos relacionados com o desempenho térmico de edificações. Nesta parte constam tabelas organizando os parâmetros e suas respectivas unidades, facilitando a busca dos conceitos desejados.

Já o objetivo da segunda parte é apresentar os procedimentos para o cálculo das propriedades térmicas de elementos e componentes de edificações. São apresentadas todas as fórmulas, parâmetros e valores típicos necessários para calcular propriedades como resistência, transmitância e capacidade térmica. Para facilitar o entendimento dos cálculos, a norma conta também com exemplos ilustrativos (CALLISTER, 2006).

A terceira parte da norma introduz as diretrizes do zoneamento bioclimático brasileiro, abrangendo um conjunto de recomendações e estratégias construtivas destinadas às habitações

unifamiliares de interesse social. Para o entendimento do presente trabalho, é essencial a compreensão do zoneamento bioclimático, a ser discutido posteriormente (SANTOS, 2008).

Por fim, as duas últimas partes da norma são destinadas a procedimentos de ensaios de campo para medição da resistência de materiais. São respectivamente, a medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida e a medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico (ROQUE, 2009).

Segundo Pessette et al. (2012), a utilização de borracha no traço melhora significativamente o isolamento térmico. Em estudo feitos pelo autor com concretos e argamassas, foi possível visualizar que em um traço para 10% de substituição do agregado graúdo no concreto e 20% na substituição do agregado miúdo na argamassa, foram obtidos índices de redução de 20% para o concreto e de 60% para a argamassa, sendo considerado valores muito significativos, evidenciando assim que é possível utilizar argamassas em função do isolamento térmico em prol do conforto visando atender os critérios da ABNT NBR 15575 (2013) norma de desempenho.

Segundo Ferreira (2009), quando a borracha é adicionada à uma mistura, abre-se um número de vazios na argamassa, pois a borracha atrai o ar, e os dois juntos proporcionam a estanqueidade na transmitância térmica de um ambiente ao outro, contribuindo para o isolamento. Callister (2006) em sua tese complementa:

A propriedade da condutividade térmica definida como fenômeno no qual o calor é transmitido das regiões de temperatura maiores para regiões de temperatura inferiores em uma substância. Capacidade calorífica como a propriedade que indica a capacidade de um material em absorver calor da vizinhança externa, ou seja, a quantidade de energia necessária para produzir um aumento unitário na temperatura. E a propriedade da difusividade térmica definida como velocidade de propagação do calor no material (CALLISTER, 2006).

Meneguini (2003) em seu trabalho descreve que através de ensaios realizados, os resultados apresentados com a substituição por borracha apresentaram valores significativos, atende as normas.

Segundo Akutsu et al (2005) a avaliação do desempenho térmico de uma edificação engloba a resposta global do projeto arquitetônico proposto em relação às trocas térmicas entre o ambiente construído e o ambiente externo. Lamberts et al (2005) afirmam que avaliar o desempenho energético de edificações é uma tarefa complexa que envolve grande quantidade de variáveis interdependentes e conceitos multidisciplinares. Dentro deste contexto, a existência de normas com diretrizes para o desenvolvimento de sistemas

construtivos representa uma ferramenta importante para a tomada de decisões. (LAMBERTS et al, 2005)

Atualmente existem no Brasil normas de desempenho térmico e energético, dentre elas a ABNT NBR 15220 (2005) que estabelece o zoneamento bioclimático brasileiro e propõe diretrizes construtivas para habitações voltadas à população de baixa renda. Outra norma existente é o conjunto de normas ABNT NBR 15575 (2012) que define requisitos que devem ser contemplados pelos sistemas de vedações verticais internas e externas, assim como pelos subsistemas de cobertura.

Com o crescimento do número de construções voltadas à população de baixa renda no Brasil, muito estimulado por programas habitacionais como o “Minha Casa, Minha Vida”, as construtoras têm buscado sistemas construtivos econômicos e racionais para produzir casas em série. Em função da velocidade de execução e otimização de mão-de-obra, sistema construtivo de paredes de concreto tem sido uma escolha constante por parte dos projetistas em habitações de interesse social (FERREIRA, 2010).

Menezes (2006) realizou pesquisa para avaliação do desempenho térmico de habitações de interesse social, tendo utilizado para as simulações unidades habitacionais implantadas entre os anos de 2000 e 2004 em Passo Fundo – RS. A metodologia aplicada baseou-se em outros estudos já realizados relativos ao desempenho térmico e as normativas vigentes, especialmente a ABNT NBR 15220 (2005).

O estudo adotou cinco unidades habitacionais que representavam projetos do Programa de Subsídios à Habitação de Interesse Social (programa habitacional do município) onde foram realizadas medições de temperatura de bulbo seco e de umidade relativa de ar, no inverno do ano de 2005 e no verão de 2006. Simultaneamente, foram feitos cálculos de parâmetros de avaliação, como transmitância térmica das paredes e coberturas, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar (FERREIRA, 2010)

Segundo Barbosa (1997), a metodologia desenvolvida pode ser aplicada em simulações para qualquer sistema construtivo e em outras zonas climáticas além do adotado para o estudo, devendo-se para isso quantificar as horas anuais de desconforto comparando-as com o limite aceitável estabelecido para tal zona, ajustar uma ferramenta de simulação horária anual com relação aos sistemas construtivos existentes na região e montar um arquivo climático do ano climático de referência.

Para a avaliação do desempenho térmico de edificações existe atualmente uma série de normas técnicas que fornecem diretrizes a serem seguidas. A ABNT NBR 15575 (2012) cita como alguns dos benefícios da normatização a uniformização da produção, a facilitação do

treinamento da mão-de-obra, o fornecimento de procedimentos para cálculos e projetos, o aumento da produtividade, a melhoria da qualidade e o controle de processos.

2.8.2 Desempenho mecânicos

Todas as camadas do revestimento estão intimamente ligadas e a deformação de qualquer uma destas camadas, seja por fator externo ou endógeno, resultará em tensões que atuarão sobre elas. Estas tensões de tração e compressão assumem inúmeras variáveis e o aumento ou diminuição dependerá do traço e das técnicas de aplicação das argamassas (FIORITO, 2009).

Os métodos de ensaios podem ser realizados segundo a ABNT NBR 13279 (2005) - Argamassas para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.

Santos (2008) ressalta que após o endurecimento as argamassas, seja de assentamento ou de revestimento, são submetidas a algum tipo de esforço mecânico. As argamassas de revestimento são submetidas à abrasão superficial, impactos, tensões de cisalhamento decorrentes de movimentação do substrato e variações térmico-higrométricas.

2.8.3 Estanqueidade e absorção de água

A capilaridade ocorre quando existe contato de líquido com o substrato. A nível microscópico, são originadas interfaces curvas de contato entre a água e o gás existente nos poros, essa interação gera a pressão capilar e a quantidade de água que será absorvida por esse poro é função dessa pressão de sucção capilar. A curva que representa essa sucção demonstra a relação existente entre a pressão e a quantidade de água retida. Por isso, fica dependente da variação do raio dos poros presentes no material (ROQUE, 2009).

A umidade por capilaridade, ou seja, a umidade que sobe do solo úmido (umidade ascensional) ocorre nas fundações, nos baldrames e alvenarias das edificações devido às condições do solo úmido e a falta de obstáculos que impeçam a sua progressão. O estudo realizado por Salomão (2012) provou essa afirmação ao mostrar que a não impermeabilização das vigas baldrames permite uma maior passagem de umidade para as paredes que as vigas baldrames impermeabilizados.

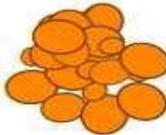
Alguns ensaios precisam ser realizados para que se possa determinar a permeabilidade por capilaridade dos materiais. Por isso, tanto a ABNT NBR 9779 (2012), que possibilita verificar a absorção de água por capilaridade em amostras de argamassas e concretos, quanto o ensaio do cachimbo, que determina o volume de água absorvido sob baixa pressão, pela

superfície de um revestimento, após decorridos determinados períodos de tempo, são usadas com esse intuito.

2.8.4 Materiais Isolantes Térmicos

O isolante térmico é o material que tenta manter o mais constante possível as condições climáticas internas do edifício, independentemente das variações das temperaturas e das condições climáticas externas. Segundo Galbusera E Mammi (2008) os materiais podem-se classificar segundo três categorias: estrutura do material, processo de transformação e tipo de matéria prima (Tabela 4).

Tabela 4- Classificação materiais isolantes segundo três categorias

ESTRUTURA DO MATERIAL	PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO	TIPO DE MATÉRIA PRIMA
FIBROSOS 	NATURAIS	ORGÂNICO
		INORGÂNICO
	SINTÉTICOS	ORGÂNICO
		INORGÂNICO
CELULARES 	NATURAIS	ORGÂNICO
		INORGÂNICO
	SINTÉTICOS	ORGÂNICO
		INORGÂNICO
POROSOS 	NATURAIS	ORGÂNICO
		INORGÂNICO
	SINTÉTICOS	ORGÂNICO
		INORGÂNICO

Fonte: Adaptado de Galbuseira e Mammi (2008)

Na primeira categoria podem-se observar materiais fibrosos, celulares e porosos. Nos fibrosos, a presença de uma rede de fibras (natural ou artificial) permite manter o ar dentro do material, pertencem a esta categoria, por exemplo: a lã de vidro, lã de rocha, lã de fibra e madeira, fibras de poliéster. Nos materiais celulares, a presença de elementos fechados, como células, que aprisionam o ar dentro deles, os torna leves e eficientes isolantes térmicos, pertencem a esta categoria: poliestireno, poliuretano, vidro celular. Nos materiais porosos, as cavidades e túneis presentes no interior do material garantem que o ar permaneça dentro deles, permitindo bons níveis de isolamento; pertencem a esta categoria: argila expandida, vermiculita ou concreto celular (CARRASCO, 2005).

No segundo método de classificação existe uma divisão entre materiais naturais e sintéticos, considerando o tipo de transformação sofrida.

A última categoria refere-se a natureza das matérias primas utilizadas para produzir os materiais isolantes térmicos, diferenciando-os entre produtos orgânicos (mundo vegetal) e inorgânicos (mundo mineral). Os materiais derivados do petróleo fazem parte da categoria dos orgânicos (ANIT, 2010).

2.8.5 Desempenho Acústico

O ruído gerado pela circulação de veículos, crianças brincando no playground e música alta no apartamento vizinho são causas de desentendimentos e de estresse. Por isso, faz-se necessária a adequada isolamento acústica por parte de fachadas, coberturas, entrespisos e paredes de geminação. Além de critérios de isolamento ao som aéreo, a norma inclui disposições para a isolamento ao ruído transmitido por impactos, fator extremamente importante para os entrespisos e coberturas acessíveis (PEDROSO, 2007).

Os sons resultam de movimentos vibratórios que se propagam pelo ar ou outros meios segundo ondas com amplitudes e frequências variadas. Quanto maior a amplitude da onda, maior a intensidade sonora. Quanto maior a frequência, expressa em ciclos por segundo (Hertz – símbolo Hz), mais agudo é o som. Propagando-se no ar, a onda pressiona o tímpano das pessoas, considerando-se que os sons e ruídos sensibilizam o ouvido humano numa escala logarítmica e que o limiar da audição humana corresponde à pressão de 2×10^{-5} Pa ou $0,000002 \text{ kgf/m}^2$, grandeza sem nenhum significado no dia das pessoas. Com base nessa pressão de referência e para expressar quão superior a ela é uma certa intensidade sonora, foi criado o Bel, e a partir dele o Decibel (1 Decibel = 10 Bels) com o intuito de desprezar frações decimais.

Tabela 5 - Intensidades sonoras características em dB(A)

Nível de desempenho		Correspondência aproximada
Pa	dB (A)	
20	120	Martelete pneumático, turbina de avião
2	100	Veículos com escapamento aberto (motos, autos)
0,2	80	Avenidas com trânsito intenso, gritos de pessoas
0,02	60	Rádio em volume normal, rua com pequeno trânsito de veículos
0,0002	20	Limite para o repouso tranquilo
0,00002	0	Limite de audição para jovens, frequência 1.000 a 4.000Hz

Fonte: ABNT NBR 15575/2013. /Câmara Brasileira da Indústria da Construção.

2.8.6 Normalização de desempenho acústico no Brasil

O conforto acústico em ambientes, no Brasil, tem suas especificações de métodos de avaliação e exigências de nível de ruído determinadas pelas normas ABNT NBR 10.151:2019 – Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento e ABNT NBR 10.152:2017 – Níveis de ruído para conforto acústico – Procedimento. O CONAMA, (1990, p. 1) utiliza essas normas como parâmetro, conforme indicam os seguintes itens:

A envio de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política. Obedecerá, no interesse da saúde, do sossego público, aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidos nesta Resolução.

São prejudiciais à saúde e ao sossego público, para os fins do item anterior aos ruídos com níveis superiores aos considerados aceitáveis pela norma NBR 10.151:2019 – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o conforto da comunidade, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

Na execução dos projetos de construção ou de reformas de edificações para atividades heterogêneas, o nível de som produzido por uma delas não poderá ultrapassar os níveis estabelecidos pela NBR 10.152:2017 - níveis de Ruído para conforto acústico da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

Quadro 5 – Níveis de pressão sonora permitidos pela NBR 10.151:2019

TIPOS DE ÁREAS	DIURNO	NOTURNO
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial, urbana, de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativo	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000, p. 3)

Por sua vez, a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, estabelece na NBR 10152 (1987) os níveis de ruído permitidos em locais específicos, relacionando-os as diferentes atividades.

3. METODOLOGIA

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA METODOLOGIA

Esse trabalho de pesquisa cultiva buscar e produzir conhecimentos científicos para aprimorar os processos tecnológicos da utilização do resíduo de borracha de pneu, esta é classificada em bibliográfica e exploratória experimental, sendo a primeira realizada em livros e artigos científicos e a segunda será através de experimentos laboratoriais.

3.2 LOCAL DE PESQUISA

Foram realizados conforme o cronograma os ensaios no laboratório de materiais e estruturas do Centro Universitário Luterano de Palmas - TO. Os quais foram realizadas as determinações das composições granulométricas, massa específica da areia e do resíduo de borracha, de acordo com as normas da ABNT NBR NM 248 (2003) e NM 52 (2009), respectivamente. Foi determinado o traço de referência (convencional) usando com base nesse, foram definidos três traços com 5%, 10% e 15% de adição de resíduo de borracha de pneu.

3.2.1 Coleta do resíduo de borracha

Foram coletados os resíduos de borracha em uma indústria de recapagem de pneu do grupo Marcopam no município de Palmas Tocantins foram necessários 20 Kg de resíduo e em seguida encaminhadas para as dependências do laboratório de materiais e estruturas do CEULP/ULBRA. onde passaram todo material na peneira 4,8mm pois existem grãos maiores que ficam retido na 4,8mm para assim obter um material que represente um agregado miúdo conforme a ABNT NBR 7211(2009).

Figura 6 - Coleta do resíduo de borracha na fábrica de recapagem de pneu.



Fonte: Autor

O material coletado foi encaminhado para o laboratório onde foi passado pelo processo de limpeza e passagem pela peneira 4,8mm, pois existem grãos maiores que ficam retido na 4,8mm foram desprezados para obter um material que represente um agregado miúdo conforme a ABNT NBR 7211(2009).

3.3 OBJETO DE PESQUISA

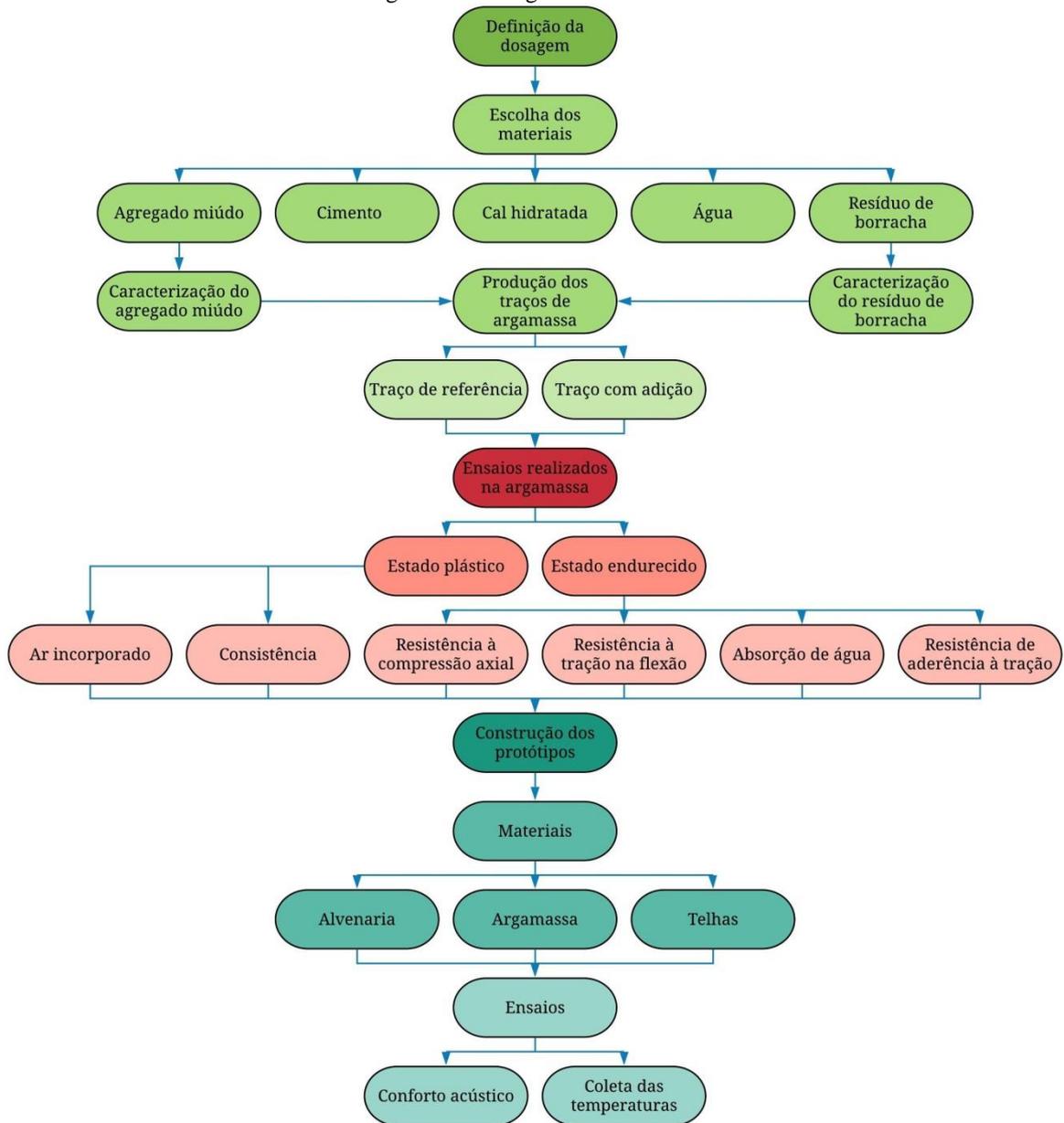
O objeto de estudo deste trabalho consiste em desenvolver um traço de argamassas de revestimento externo adquirindo por base um traço mencionado por Carneiro (1999), usados com mais frequência, para revestimento externo o traço de dosagem 1: 1: 6 (cimento: cal: areia) e foram desenvolvidos mais três traços com a substituição do agregado miúdo por resíduo de borracha com uso da mesma dosagem de referência, Sales e Medes (2013), utilizaram as proporções de 5% e 10% de resíduo de borracha em seu estudo sobre argamassas, porém nesse trabalho optou -se por abranger mais uma adição de 15%. Logo desenvolvido os traços de 5%, 10% e 15% de resíduo de borracha de pneu na substituição da areia, e caracterizar a argamassa e avaliar suas propriedades, tanto no estado fresco como no estado endurecido.

E para a obtenção dos dados para a avaliação do desempenho térmico e acústico foram construídos quatro protótipos, conforme a ABNT NBR 15575 (2013), não apresenta precisamente o tamanho ideal para confecção do protótipo. E para a construção dos mesmos, são apresentados no item 3.6.4 que está relacionado abaixo, e sua medição, levou-se em conta requisitos da norma já mencionada, os mesmos serão construídos no próprio Campos do CEULP/ULBRA numa área reservada para construção de protótipos.

A análise do conforto acústico dos protótipos fora realizada por meio de métodos de medição mais simples e acessível, descrito na ABNT NBR 10151 (2000) e na ABNT NBR 10152 (1987). Decibelímetro digital.

E para realizar a coleta das temperaturas internas será utilizado termômetro digital, também de propriedade da Instituição. A figura 7 apresenta um fluxograma de acordo com as etapas apresentadas e o método de dosagem.

Figura 7 - Fluxograma dos ensaios



Fonte: Autor (2020).

3.4 MATERIAIS

Na produção dos corpos de prova serão utilizados os seguintes materiais, conforme Figura 6:

- Cimento: Cimento da marca Ciplan, CPII F 32;
- Cal Hidratada- CH-1 da marca Fortex;
- Areia Média: Material extraído dos lagos de Palmas-TO;
- Resíduo de Borracha: Material coletado em uma empresa revendedora autorizada de pneus em Palmas-TO;
- Água: será utilizado água potável da rede de abastecimento público;

- Desmoldante: Utilizado óleo vegetal para facilitar a remoção dos corpos de prova de suas respectivas fôrmas;
- Blocos de alvenarias 9x19x29, para construção dos protótipos;
- Telha acústico metálica (tipo sanduiche).

3.5 MÉTODO

Neste tópico ficam descritos os métodos utilizados para a caracterização da areia e do resíduo de borracha, confecção dos traços, moldagem dos corpos de prova e a realização dos ensaios experimentais.

3.5.1 Caracterizações dos materiais

Nesta etapa foram caracterizados os agregados (grãos, miúdos e resíduo de borracha) para produção da argamassa conforme as normas exclusivas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, as propriedades do aglomerante (cimento) foram extraídas da embalagem do fabricante. Foram realizados os ensaios para determinação da massa específica, granulometria, dimensão máxima e módulo de finura.

Figura 8 - Preparação do resíduo de borracha, peneira 4,8mm.



Fonte: Autor (2020).

Para obtenção de uma curva granulométrica, segundo ABNT NM 248:2003, o resíduo foi peneirado mecanicamente, sendo aproveitado os resíduos passantes na peneira ABNT4 (# 4,8mm). Em relação a distribuição granulométrica do agregado moído, observa-se que as porcentagens retidas acumuladas nas diferentes peneiras estão dentro dos limites de distribuição granulométrica, previstos na ABNT NBR 7211:2009, para que um material seja considerado agregado miúdo.

3.6 CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

3.6.1 Composição granulométrica do agregado miúdo

Foram realizados ensaios da areia natural classificada como média de procedência da draga Capital localizada em Palmas - TO. A caracterização deste material também se deu pela ABNT NM 248:2003.

A granulometria é um método de análise que visa classificar as partículas de uma amostra pelos respectivos tamanhos e medir as frações correspondentes a cada tamanho.

Figura 9 - Caracterização granulométrica do resíduo de borracha.



Fonte: Autor (2020).

O ensaio foi realizado de acordo com a norma já citada que estabelece a série normal e série intermediária que envolve um conjunto de peneiras sucessivas, que atendam às normas NM-ISO 3310-1 ou 2, com as aberturas de malha estabelecidas.

3.6.2 Caracterização do resíduo de borracha de pneu

Através do ensaio de granulometria ABNT NBR 7211:2009, foi determinado a granulometria da borracha, obtendo assim uma curva granulométrica determinada pelo ensaio de peneiramento, o peneiramento se dá pela pesagem de material que passa por cada peneira através da abertura inicial desejada.

Figura 10 - Caracterização granulométrica do resíduo de borracha.



Fonte: Autor (2020).

A determinação da composição granulométrica do resíduo de borracha, foi realizada do mesmo método da areia. A análise granulométrica e o módulo de finura seguiram os procedimentos estabelecidos pela ABNT NBR NM 248: 2003.

3.6.3 Massas Específicas

Massa específica é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, excluindo os vazios. Os ensaios serão realizados de acordo com a ABNT NBR NM 52 (2009). No caso da areia será pesado aproximadamente 500 g (ms) do material e colocado no Frasco de Chapman.

Figura 11 - Frasco de Chapman



Fonte: Autor (2020).

O ensaio deve ser realizado duas vezes, pelo mesmo operador e o mesmo equipamento, tendo diferença máxima de $0,02 \text{ g/cm}^3$ entre eles.

3.6.4 Caracterização dos resíduos

Não existem normas específicas para a caracterização desse tipo de material, logo as características básicas dos resíduos foram determinadas a partir das normas vigentes empregadas para o agregado miúdo (KURZ, 2013). Portanto, a análise granulométrica e o módulo de finura seguiram os procedimentos estabelecidos pela ABNT NBR NM 248:2003. Enquanto a massa específica e massa unitária foram definidas conforme as determinações da ABNT NBR NM 52:2009 e ABNT NBR NM 45:2006, respectivamente, visto que, para definir a massa específica se utilizou o picnômetro.

Figura 12 - Massa específica da borracha



Fonte: Autor (2020).

Figura 13 - Fragmentos de borracha



Fonte: Autor (2020).

No entanto para a realização do ensaio do resíduo de borracha foi usado o psicrômetro conforme a: ABNT NBR 6458(2017). Foi pesado aproximadamente 200g (ms) de resíduo da borracha e colocado no picnômetro.

3.6.5 Determinação da dosagem e produção das argamassas

A dosagem utilizada na pesquisa em questão foi determinada em laboratório, constituído por cimento, cal e agregado miúdo natural. Para a definição do traço referência desse estudo, foram reproduzidos em laboratório os traços mencionados por Carneiro (1999), sendo ele 1:1:6, com proporções em massa. Este traço também é comumente usado na região de Palmas - TO. Traço 1:1:6, cimento, cal, agregado miúdo. Tal traço em peso.

O resíduo de borracha de pneu entrou como substituição do agregado miúdo. Os percentuais de resíduo foram de 5%, 10% e 15%.

A água do sistema foi determinada através da NBR 13276:2016 – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência.

Figura 14 - Misturador mecânico utilizada.



Fonte: Autor (2020).

Após a definição do traço de referência, foram executados os traços contendo resíduos de borracha em sua composição. Para a confecção desses traços, o agregado miúdo natural foi substituído, em massa, por resíduos de borracha nas proporções de 5%, 10% e 15%, com o intuito de analisar a influência desse tipo de material no comportamento físico, mecânico e térmico das argamassas, conforme tabela 7.

3.6.6 Determinação do índice de consistência

O ensaio da mesa de consistência (Flow Table), normatizado pela (ABNT NBR 13276:2005), tem como objetivo determinar a consistência da argamassa no estado fresco. Este ensaio permite saber se é necessário aumentar a fluidez da argamassa, seja pela adição de superplastificantes ou pelo aumento do fator água/cimento (LEAL, 2012).

Para comparar os diferentes traços é necessário que a trabalhabilidade das argamassas sejam semelhantes e atendam a norma para isso foi utilizado o ensaio Flow table para medir índice de consistência.

Figura 15 - Equipamento para ensaio de consistência Flow table.



Fonte: Autor (2020).

. Para chegar a mesma consistência foi se acrescentando água aos poucos e fazendo o ensaio diversas vezes até atingir a consistência adequada, sabendo assim a quantidade de água utilizado em cada traço.

3.6.7 Determinação do ar incorporado

A determinação do ar incorporado foi realizada de acordo com a ABNT NBR NM 47/2002. Conforme a Norma, neste ensaio se utilizou um aparelho de medição de ar incorporado com capacidade para 8 litros de argamassa. Antes da medição do ar foi pesado o recipiente para obter a massa específica da argamassa.

Figura 16 - Ensaio de teor de ar incorporado.



Fonte: Autor (2020).

O ensaio foi realizado na argamassa em estado fresco, ao mesmo tempo em que os corpos de prova eram moldados.

A execução da argamassa foi perpetrada seguindo as prescrições da ABNT NBR 5738/2015a.

3.6.8 Moldagem dos corpos de prova

Para a realização dos ensaios de determinação da resistência a tração na flexão e a determinação da resistência à compressão, bem como para o ensaio de absorção de água foram moldados corpos de prova prismáticos do tipo 4 cm x 4 cm x 16 cm e corpos de prova cilíndricos para ensaios de resistência a compressão.

Figura 17 - Corpos de prova para ensaio de flexão.



Fonte: Autor

Após o preparo da argamassa, conforme visto no item 3.2.1, a argamassa foi colocada no molde em duas camadas adensadas com o auxílio de uma mesa de adensamento por queda com operação manual. Foram realizadas 30 quedas por camadas e em seguida foi efetuado o rasamento dos corpos de prova com uma régua metálica. Os corpos de prova logo após as suas moldagens podem ser vistos na Figura 18.

Figura 18 - Corpos de prova para ensaio de resistência a compressão.



Fonte: Autor (2020).

Os corpos de prova permaneceram no molde por 24 horas, depois desmoldados e condicionados na câmara úmida Laboratório de Materiais e Estrutura do CEULP/ULBRA. A moldagem foi realizada conforme a ABNT NBR13729 (2005).

Tabela 6 - Relação da quantidade de corpos de provas.

Ensaios	Normas ABNT	Idades	Nº de CP's / Idades	Total de CP's
Compressão axial	NBR 5739/2018	07,14 e 28 Dias	05	60
Tração na flexão	NBR 9778/2009	07,14 e 28 Dias	05	60
Absorção de água	NBR 8522/2017	28 Dias	03	12
Traços: 4 tipos			Total de CP's	132

Fonte: Autor (2020).

Os corpos de prova permaneceram no molde por 24 horas, depois desmoldados e condicionados no Laboratório de Materiais e Estrutura em câmara úmida.

3.6.9 REALIZAÇÕES DOS ENSAIOS LABORATORIAIS JUNTO AOS CORPOS-DE-PROVA

Os ensaios laboratoriais dos corpos-de-prova foram realizados conforme a (ABNT NBR 7215:2019) para classificação, controle a aceitação, no laboratório do CEULP/ULBRA.

3.6.10 Determinação da resistência à tração na flexão

Os corpos de prova foram colocados numa máquina universal de ensaios e aplicada uma carga de 50N/s até que ocorresse a ruptura.

Em média, foram utilizados cinco corpos de prova de cada tipo de argamassas por idade.

Figura 19 - Ensaio de resistência a tração na flexão



Fonte: Foto: Autor.

A determinação da resistência à tração na flexão das argamassas seguirá a (ABNT NBR 13279, 2005). A ruptura das amostras incidiu-se aos 07,14 e 28 dias de idade, sendo para cada traço estudado 5 corpos-de-prova prismáticos.

3.6.11 Determinação da resistência à compressão axial

Os ensaios de Determinação da resistência à compressão axial dos corpos-de-prova foram realizados conforme a (ABNT NBR 7215:2019).

Os ensaios das amostras ocorreram aos 07, 14 e 28 dias de idade, sendo para cada traço, estudados 05 corpos-de-prova.

Figura 20 - Corpo de prova posicionado na prensa para ruptura.



Fonte: Foto: Autor.

3.6.12 Determinação resistência de aderência à tração pelo teste de arrancamento

A determinação a resistência de aderência da interface base- argamassa, foi realizado um ensaio semi-destrutivo regido pela ABNT NBR 13528:2005. Foi usado a própria parede dos protótipos para realização deles.

Figura 21 - Corte dos pontos de amostragem com a serra copo.



Foto: Autor (2020).

Foram recolhidas 6 amostras circulares de 50 mm de diâmetro, de cada face dos protótipos construídos, totalizando 24 no total. Para o corte das mesmas, utilizou-se uma serra copo, apropriada para cortes de alvenaria a fim de que a estrutura e integridade do revestimento não ficassem comprometidas, de acordo com a Figura 21. Para melhor

desempenho do ensaio de arrancamento, cada corte foi feito com uma profundidade de aproximadamente 5 mm da superfície do substrato.

Figura 22 - Mapeamento das amostras no protótipo



Fonte: Autor (2020).

Os pontos onde foram realizados os ensaios foram escolhidos aleatoriamente. A amostra era automaticamente descartada em caso de rompimento do revestimento durante o corte com a serra copo. Na Figura 22 ilustra o mapeamento das amostras no protótipo, com o descarte de um ponto de amostragem por falha durante o corte.

Figura 23 - Ensaio de resistência à aderência a tração.

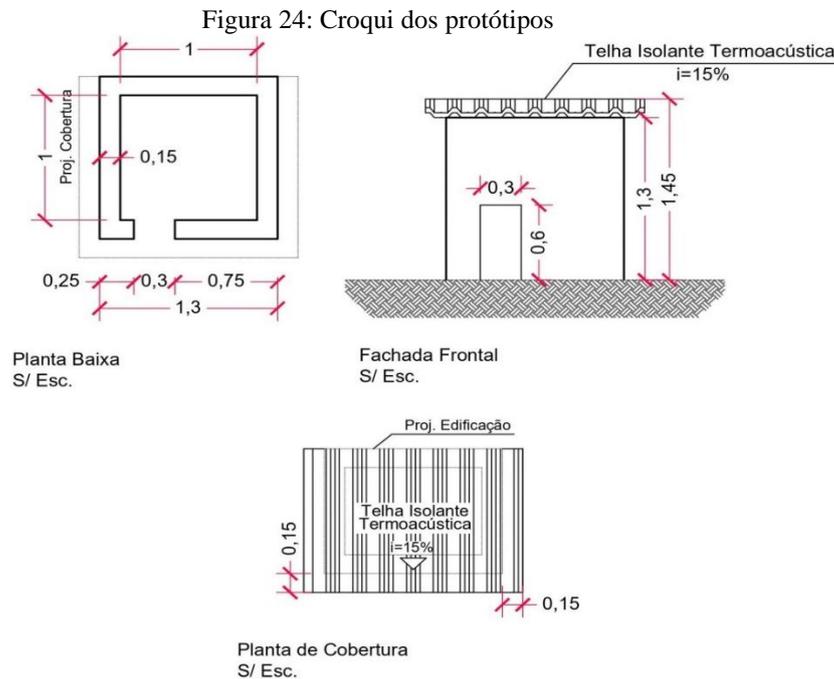


Fonte: Autor (2020).

Acoplou-se então o equipamento de tração na pastilha conforme a Figura 23 e aplicou-se o esforço de tração até a ruptura do corpo de prova.

3.6.13 Protótipo de alvenaria

Conforme a ABNT NBR 15575:2013, a aferição da temperatura, in loco, foi feita em escala real (1:1), no entanto a mesma não apresenta nada sobre o tamanho ideal para construção do protótipo. Diante ocasião, realizou-se pesquisa bibliográfica de projetos semelhantes e artigos sobre o tema, dentre os artigos estudados, a cerca de protótipos. Foram construídos 04 (quatro) protótipos, de alvenaria convencional, todos com as dimensões em planta de 1.00 x 1.00 m e altura de 1.30m e telhado termo acústico metálico com inclinação de 15%, conforme a figura 24.



A construção realizou-se no campus da Universidade Luterana de Palmas, no local reservado para construção dos mesmos, levou-se em consideração a localização, observando-se para que não houvesse sombra sobre os protótipos, além identificar o lado da abertura da janela sendo está voltada para o oeste.

Procedeu-se a limpeza dos terrenos e a preparação do solo para receber a fundação. A fase de construção foi realizada por mão de obra especializada, os tijolos utilizados para a montagem foram tijolos cerâmicos convencionais de 8 furos assentados com uma argamassa de cimento e areia sobre um lastro de concreto de 8mm de espessura conforme especificações recomendadas. Foram revestidas as fachadas externas com chapisco e após o tempo recomendado por norma foi feito o revestimento com espessura de 3centímetros de argamassa e para o telhado do protótipo utilizou-se telha termo acústica.

Figura 25 - Construção dos protótipos.



Fonte: Autor (2020).

Figura 26 - Protótipos finalizados.



Fonte: Autor (2020).

Figura 27 - Protótipos finalizados.



Fonte: Autor (2020).

Foram revestidas as fachadas externas com chapisco e após o tempo recomendado por norma foi feito o revestimento com espessura de 3 centímetros de argamassa e para o telhado do protótipo utilizou-se telha termo acústica.

3.6.14 Determinação do conforto acústico

A análise do conforto acústico dos protótipos foi feita por meio de métodos de medição alternativo àqueles propostos na NBR 15575: 2013.

A medição do ruído foi realizada com um Decibelímetro digital seguindo a metodologia recomendada nas ISO's. Decibelímetro digital Modelo: DEC-490 com escala de frequência entre 31,5 e 8000 Hz; de propriedade da Instituição, demonstrado na Figura 28.

Figura 28: Decibelímetro digital.



Fonte: Google Imagens.

Para a medição do ruído, o instrumento foi previamente calibrado para a leitura de nível de pressão sonora equivalente (L_{eq}), em decibels ponderados em “A” [dB (A)]. Este nível é obtido a partir do valor médio quadrático da pressão sonora (com a ponderação A) referente a todo o intervalo de medição. Foi realizado dois procedimentos para a determinação do conforto acústico. Os procedimentos foram realizados em todos protótipos usando uma betoneira com uma porção de brita, em um intervalo de 10 em 10 segundos e de 30 em 30 segundos.

3.6.15 Coleta de dados de temperatura

Para realizar a coleta das temperaturas internas foi utilizado com um termômetro digital, sendo que a aferição da temperatura, in loco, realizada em escala real (1:1), a coleta foi feita no meio do protótipo durante três dias nos horários de 8:00, 13:00, 18:00. realizou coletas no período diurno.

Para realizar a coleta das temperaturas internas será utilizado termo-higrômetro digital com data logger SHT31 SMART GADGET Sensirion (Figura 29).

Figura 29 - Termômetro Clock



Fonte: Autor (2020).

Todos dados foram coletados de acordo com método descrito na NBR 15575 (2013), transferidos para uma planilha no Excel e processados para formação de gráficos e tabelas.

3.6.16 Determinação Absorção de água por capilaridade

Os ensaios para determinar a absorção de água por capilaridade seguiram as instruções da (ABNT NBR 9779, 2013).

Dos corpos de prova prismáticos moldados (4x4x16) cm, conforme visto na norma já mencionada, foram separados três corpos de prova com idades de 28 dias, de cada tipo de argamassa, para realização desses ensaios.

Figura 30 - Corpos de prova durante o ensaio de absorção de água por capilaridade.



Fonte: Autor (2020).

Esse ensaio foi realizado aos 28 dias e consiste em, inicialmente, lixar as faces dos corpos de prova, de maneira a remover as camadas de desmoldante, proveniente dos moldes. As amostras são colocadas uma bandeja metálica, preenchida com água, de maneira que a lâmina de água fique, constante, no máximo a (5±1) mm acima da face em contato com a bandeja. Pesa-se cada corpo de prova aos 10 minutos e 90 minutos, conforme a ABNT NBR 15259 (2005).

O coeficiente de capilaridade, medido em $\text{g}/\text{dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$, é definido pela diferença entre a massa obtida aos 90 minutos e a massa obtida aos 10 minutos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta etapa tem como finalidade apresentar os resultados obtidos no estudo segundo a proposta inicial, avaliando as propriedades físicas, mecânicas e térmicas das argamassas de revestimentos produzidas com resíduos de pneus aplicadas em protótipos de alvenaria cerâmica.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO MIÚDO

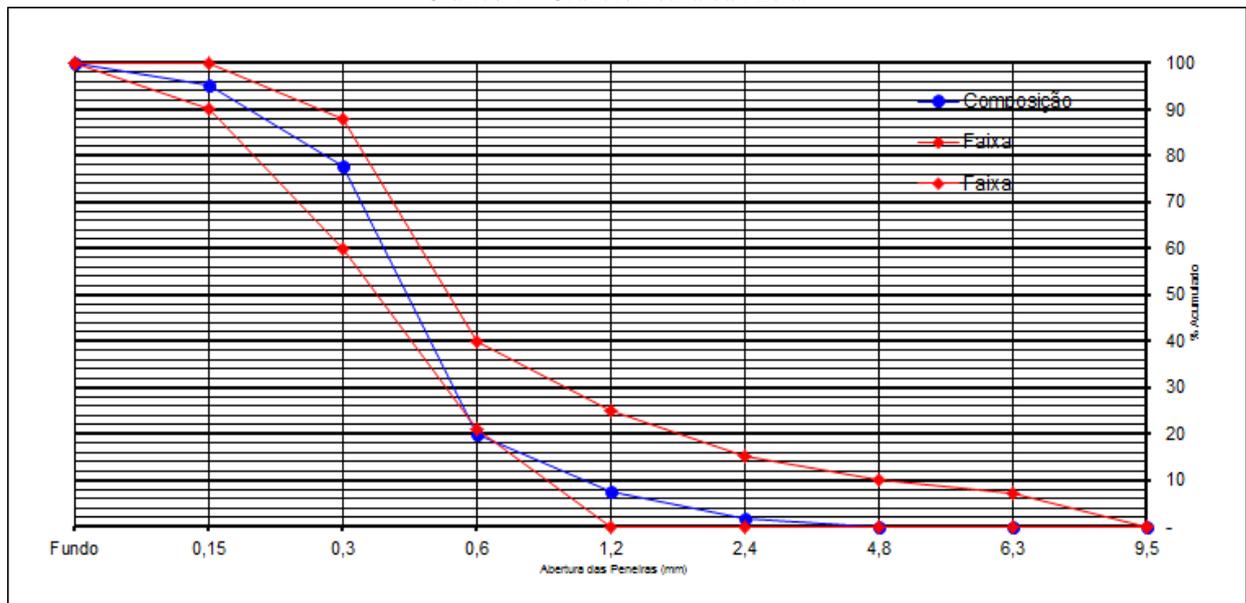
Tabela 7 – Ensaio de caracterização dos agregados miúdos

Determinação da massa unitária do agregado miúdo (ABNT NBR NM 45:2006)		
Massa unitária	1,520	g/cm ³
Determinação da massa específica do agregado miúdo (ABNT NBR NM 53:2009).		
Massa específica	2,610	g/cm ³
Determinação da composição granulométrica (ABNT NBR NM- 248:2003)		
Módulo de finura da média (ABNT NBR NM- 248:2003)	2,05	%
Dimensão máxima característica.	4,8	mm

Fonte: Autor (2020).

Neste estudo a granulometria máxima passante da areia foi de 4,8 mm, sendo representado no Gráfico 1, a areia resultou em um módulo de finura de 2,05mm. A massa específica da areia resultou em 2,61 g/cm³, enquanto a massa unitária obtida foi de 1,520 g/cm.

Gráfico 1 - Granulometria da Areia.



Fonte: Autor (2020).

O gráfico 1 apresenta as curvas granulométricas do agregado miúdo natural (areia) estudado, a core vermelha representa o limite inferior e superior da zona ótima utilizável, na cor azul está a curva granulométrica está dentro da zona ótima de utilização.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DE BORRACHA DE PNEU

A massa específica da borracha resultou em $1,08 \text{ g/cm}^3$, enquanto a massa unitária obtida foi de $0,349 \text{ g/cm}^3$.

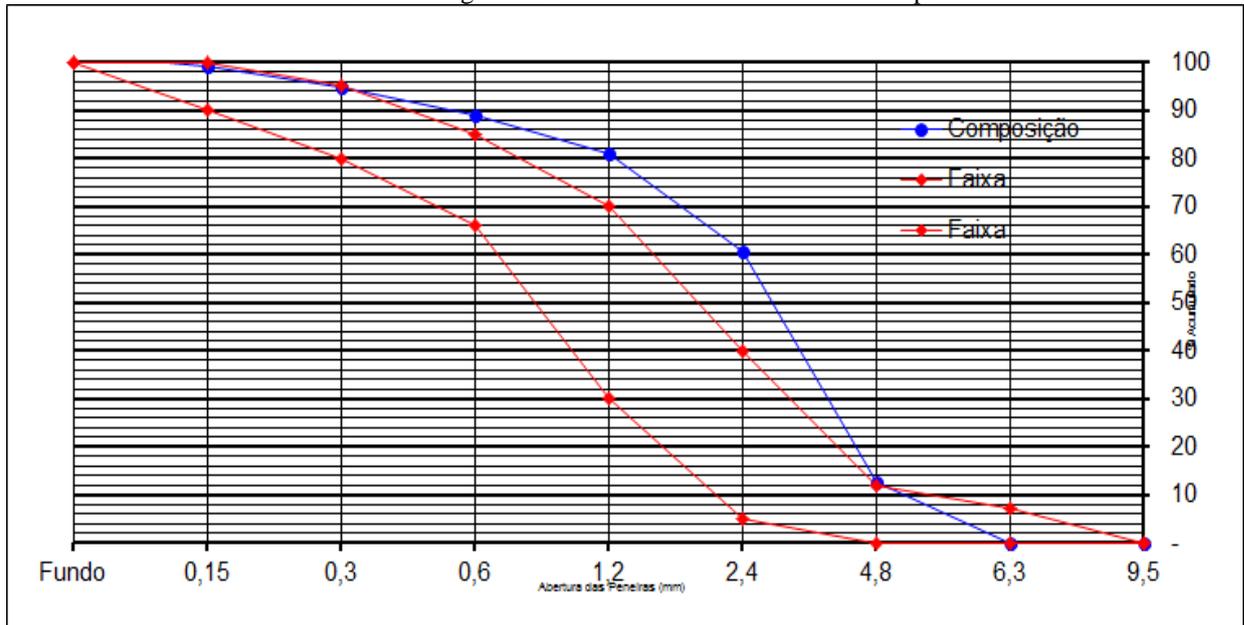
Tabela 8 – Ensaio de caracterização do resíduo de borracha.

Determinação da massa unitária do resíduo de borracha (ABNT NBR NM 45:2006)		
Massa unitária	0,345	g/cm^3
Determinação da massa específica do resíduo de borracha (ABNT NBR NM 53:2009).		
Massa específica	1,06	g/cm^3
Determinação da composição granulométrica (ABNT NBR NM- 248:2003)		
Módulo de finura da média (ABNT NBR NM- 248:2003)	2,40	%
Dimensão máxima característica.	4,8	mm

Fonte: Autor (2020).

Os resultados alcançados para os agregados são condizentes com a literatura e se aproximam com os encontrados pela autora Pcziecek (2017) e Meneguini (2005), principalmente na obtenção dos resultados para o resíduo de borracha.

Gráfico 2 - Curva granulométrica do resíduo de borracha de pneu



Fonte: Autor (2020).

Através do ensaio de granulometria (ABNT NBR 7211, 2009), foi determinado a granulometria da borracha, obtendo assim uma curva granulométrica determinada pelo ensaio de peneiramento, o mesmo procedimento foi usado para os ensaios do resíduo de borracha, por ela possuir grãos diferentes da areia a curva está uniforme conforme descreve (GIACOBBE, 2008). A granulometria foi classificada como descontínua, pois, a mesma apresenta ausência de frações em sua curva de distribuição.

4.3 TRAÇOS UTILIZADOS

Conforme descrito no item 3.5.7, esse estudo foi baseado no traço mencionado por Carneiro (1999), sendo ele 1:1:6, com proporções em massa, para aplicação de um traço referência. Na Tabela 9 pode ser observado a quantidade de material empregada para a realização do traço referência e dos traços com diferentes teores de substituição.

Tabela 9 – Traços.

Materiais	1:1:6 (REF.)	5% borracha	10% borracha	15% borracha
Água (ml)	2400	2050	2000	2000
Areia (Kg)	6,000	5,700	5,400	5,100
Cimento CP II 32 (Kg)	1,00	1,00	1,00	1,00
Cal Hidratada (Kg)	1,00	1,00	1,00	1,00
Borracha (Kg)	0	0,3	0,6	0,9

Fonte: Autor (2020).

Após a definição do traço de referência, foram executados os traços contendo resíduos de borracha em sua composição. Para a confecção desses traços, o agregado miúdo natural foi substituído, em massa, por resíduos de borracha nas proporções já divulgadas.

4.4 ENSAIO NO ESTADO FRESCO

Nesta seção estão os resultados do estado fresco da argamassa que foram realizados, que são: índice de consistência, determinação da massa específica e o teor de ar incorporado.

4.4.1 Índice de consistência ABNT NBR 13276:2016

Para a determinação do índice de consistência foi definido um valor de desvio padrão na argamassa, aceitando-se 20mm para mais ou para menos. Dessa forma foi possível observar que conforme se aumenta o teor de adição de borracha menor é sua trabalhabilidade. Portanto, para fins de padronização, foi determinado que o índice de consistência das argamassas ensaiadas deveria ficar dentro da faixa de 280 ± 20 mm.

A Tabela 10 apresenta o resultado do índice de consistência obtido para cada traço em estudo. Verifica-se que a adição de borracha na argamassa diminuiu a trabalhabilidade.

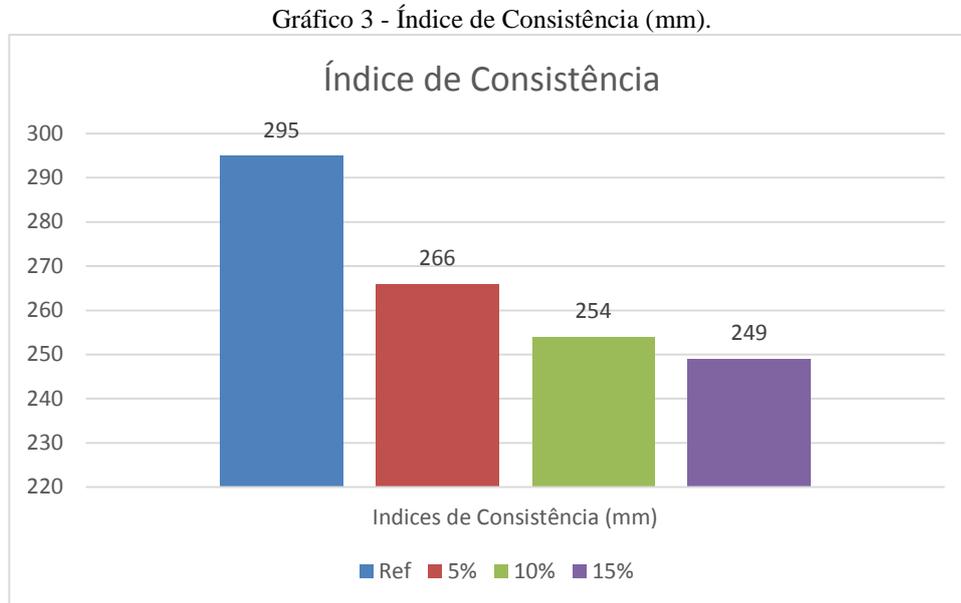
Tabela 10 - Índice de consistência.

Traços	Índices de Consistência (mm)		Média (mm)
Ref.	291	298	295
5%	262	270	266
10%	253	255	254
15%	248	250	249

Fonte: Autor (2020).

Com apoio nas pesquisas desenvolvidas pelos autores que serviram de referência para o desenvolvimento desse estudo, sabe-se que poderia ter sido empregado o uso de aditivos ou

outras adições a fim de melhorar a trabalhabilidade das argamassas. Entretanto, optou-se por não seguir os mesmos critérios dos autores de referência. Pois neste trabalho foi desenvolvida uma argamassa com propriedades que possibilitam a aplicação como revestimento em edificações.



Fonte: Autor (2020).

De acordo com o Gráfico 3, nota-se que o teor de ar aumenta conforme o teor de adição de borracha, ou seja, quanto maior a quantidade de borracha no traço, maior será o número de vazios. Pode-se observar na Tabela 11, que conforme se aumenta a quantidade de borracha menor é a massa específica do traço, resultando em uma argamassa mais leve. Abaixo no Gráfico 4 estão apresentados os resultados do teor de ar incorporado e massa específica em cada traço em estudo.

Tabela 11 – Massa específica da argamassa.

Traços	d (g/cm ³)
REF	2,045
5%	1,961
10%	1,840
15%	1,750

Fonte: Autor (2020).

Na Tabela 12 pode ser observado os valores encontrados para cada traço, sendo que foi realizado seguindo as determinações da ABNT NBR 9833:2009.

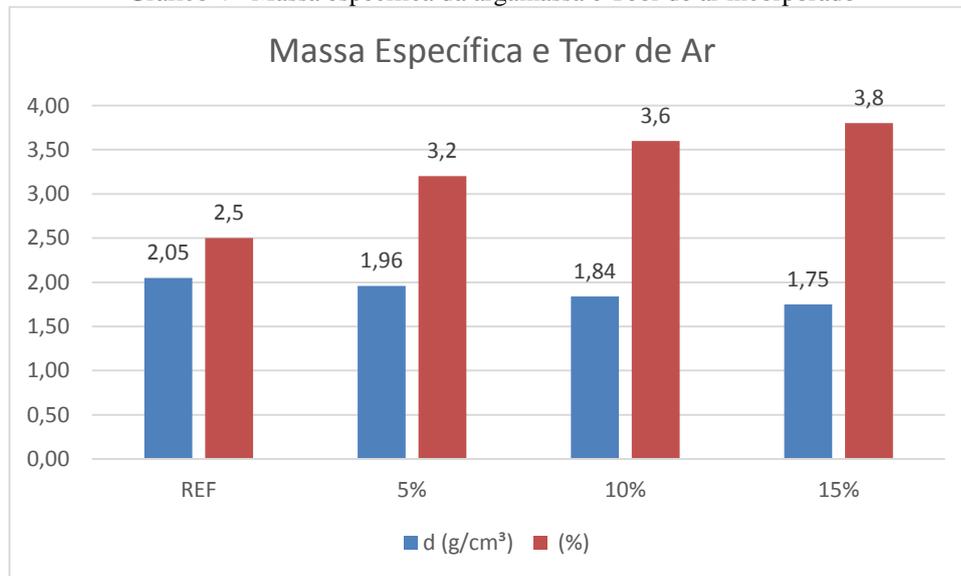
Tabela 12 – Teor de ar incorporado

Traços	(%)
REF	2,5
5%	3,2
10%	3,6
15%	3,8

Fonte: Autor (2020).

Com base nos resultados obtidos, verificou-se no gráfico que o teor de ar incorporado das amostras aumentou, conforme a fração de borracha subiu. Portanto, a substituição de borracha à argamassa eleva a quantidade de ar incorporado.

Gráfico 4 - Massa específica da argamassa e Teor de ar incorporado



Fonte: Autor (2020).

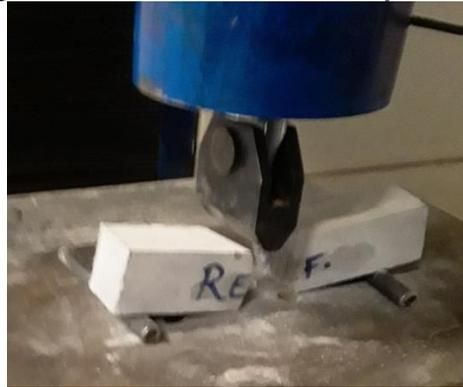
4.5 ENSAIOS NO ESTADO ENDURECIDO

Nesta seção estão dispostos os resultados de resistência à tração na flexão, resistência a compressão axial simples, absorção por capilaridade e aderência à tração.

4.5.1 Ensaio de resistência à tração na flexão e resistência à compressão axial ABNT NBR 13279:2005

Os ensaios de resistência à compressão axial simples, e de resistência à tração na flexão foi realizado conforme os procedimentos da norma.

Figura 31 – Ensaio de resistência a tração na flexão



Fonte: Autor (2020).

A seguir, demonstrados em forma de tabela e gráfico os valores encontrados para o ensaio de resistência à tração na flexão e o ensaio de resistência à compressão axial das argamassas.

Tabela 13 – Apresenta valores médios do ensaio de resistência a tração na flexão

Traços	7Dias (MPa)	14 Dias (MPa)	28 Dias (MPa)
Ref.	2,13	2,67	3,05
5%	1,75	2,03	2,07
10%	0,64	0,81	0,81
15%	0,45	0,46	0,52

Fonte: Autor (2020).

Pode ser observado na tabela 13 e no gráfico 5, que nos traços com 10% e 15% de borracha obteve-se valores menores que o traço referência, mas no traço com 5% de borracha os resultados não foram tão ruins pouco menor que o traço referência.

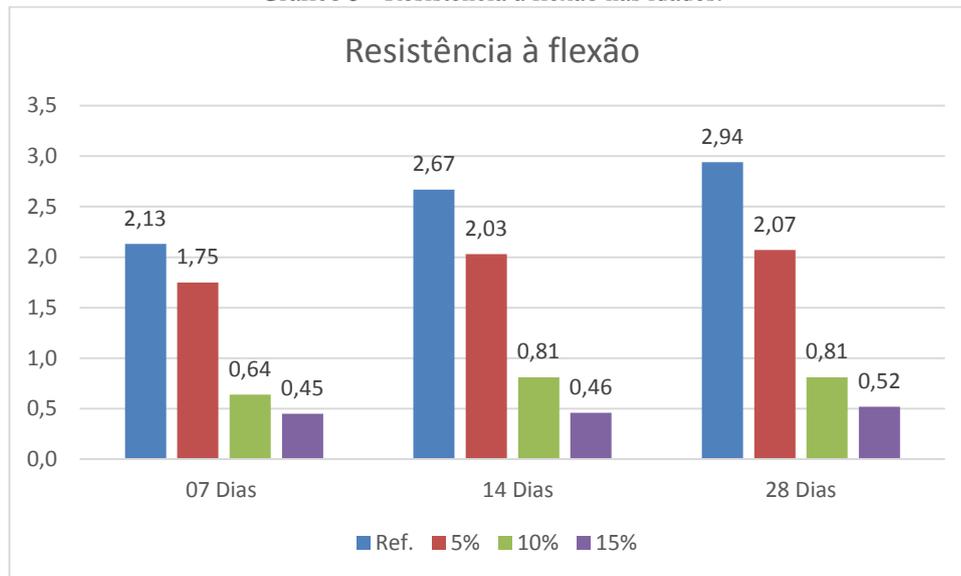
A ABNT NBR 13279: 2005, estabelece valores para classificar as argamassas quanto a sua resistência à flexão. O traço referência está na classe R3, o traço com 5% R2, o traço de 10% e 15% estão na classe R1. Os valores referentes a cada classe estão apresentados na tabela abaixo.

Tabela 14 – Classificação quanto a Resistência à tração na flexão

Classe	Resistência à tração na flexão (Mpa)	Método de ensaio
R1	≤1,5	NBR 13279 (ABNT, 2005)
R2	1,0 a 2,0	
R3	1,5 a 2,7	
R4	2,0 a 3,5	
R5	2,7 a 4,5	
R6	>3,5	

Fonte: NBR 13281(ABNT, 2005)

Gráfico 5 - Resistência à flexão nas idades.



Fonte: Autor (2020).

Conforme pode ser visto no gráfico 5 a maior resistência a tração na flexão foi do traço da argamassa de referência e a menor foi a dos traços de 10 e 15%.

4.6 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

Os ensaios das amostras ocorreram aos 07, 14 e 28 dias de idade, sendo para cada traço, estudados 03 corpos-de-prova.

Figura 32 – Ensaio de resistência a compressão.



Fonte: Autor (2020).

Os resultados de resistência à compressão axial foram obtidos também através da média dos resultados de rompimento de três corpos de prova. Pode-se perceber pela tabela a seguir que as argamassas que possuem maior resistência a

compressão axial também possuem na resistência a tração na flexão A tabela 15 mostra os valores obtidos nos ensaios.

Tabela 15 – Apresenta valores médios do ensaio de resistência a compressão axial

Traços	7Dias (MPa)	14 Dias (MPa)	28 Dias (MPa)
Ref.	3,18	4,72	5,17
5%	2,09	2,27	2,56
10%	1,53	1,89	1,92
15%	0,89	1,11	1,19

Fonte: Autor (2020).

A ABNT NBR 13279:2005, estabelece valores para classificar as argamassas quanto a sua resistência a compressão axial. O traço referência está na classe P4, o traço de 5% está na classe P3, o traço de 10% está na classe P2 e o de 15% está desclassificado. Os valores de resistência referentes a cada classe estão apresentados na tabela 16.

Tabela 16 – Classificação quanto a resistência à compressão axial

Classe	Resistencia à compressão (MPa)	Método de ensaio
P1	≤2,0	
P2	1,5 a 3,0	
P3	2,5 a 4,5	NBR 13279
P4	4,0 a 6,5	(ABNT, 2005)
P5	5,5 a 9,0	
P6	> 8,0	

Fonte: NBR 13281(ABNT, 2005)

A partir dos resultados encontrados nota-se que a resistência à compressão diminuiu em todos os traços com adição de borracha. Ferreira (2009) ao fazer o ensaio de resistência à compressão visualizou que conforme se aumentava a quantidade de borracha no traço, se diminuía a resistência. Concluindo que a quantidade de borracha tende a reduzir a resistência à compressão se comparado ao traço referência.

A causa que comprometeu a resistência foi o próprio resíduo que não possui uma granulometria continua, por ela possuir grãos diferentes da areia a curva foi uniforme faltou partículas menores para preencher os vazios. Conforme descreve (GIACOBBE, 2008).

4.6.1 Absorção de água por capilaridade

O ensaio de absorção foi realizado aos 28 dias de idade, com três corpos-de-prova para cada traço, sendo realizadas as leituras iniciais após os 10 e 90 min. Conforme pode ser visto no Gráfico 6, os valores apresentados são das médias encontradas para cada traço.

Tabela 17 - Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade para o tempo de 10 minutos.

Traços	Absorção de água (g/cm ³)
Referência	0,15
5% Borracha	0,23
10% Borracha	0,30
15% Borracha	0,37

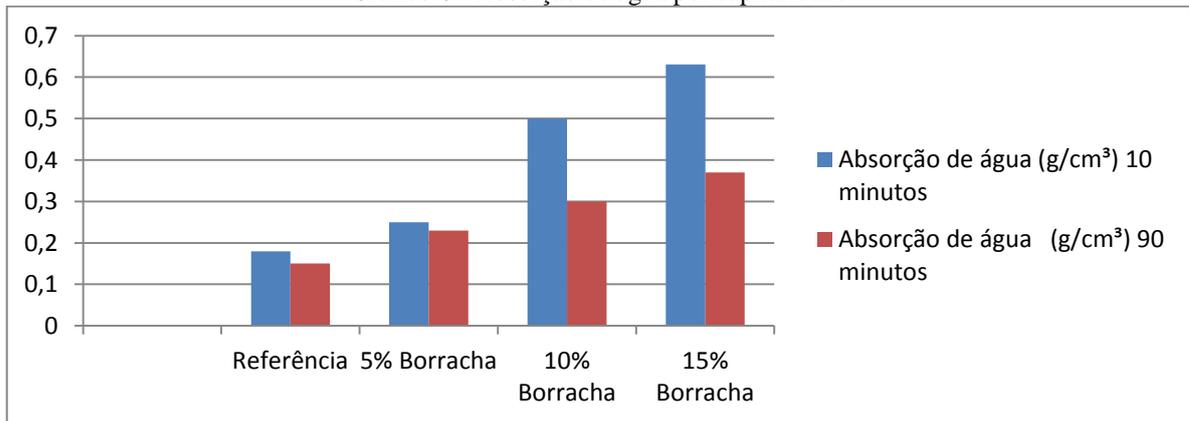
Fonte: Autor (2020).

Tabela 18 - Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade para o tempo de 90 minutos.

Traços	Absorção de água (g/cm ³)
Referência	0,18
5% Borracha	0,25
10% Borracha	0,50
15% Borracha	0,63

Fonte: Autor (2020).

Gráfico 6 - Absorção de água por capilaridade.



Fonte: Autor (2020).

O Gráfico 6 apresenta os resultados dos ensaios de absorção de água por capilaridade para um tempo de 10 minutos e de absorção de água por capilaridade para um tempo de 90 minutos, respectivamente.

Figura 33 – Ensaio de absorção de por capilaridade.



Fonte: Autor (2020).

Analisando estes resultados pode ser observado através do gráfico apresentado, que conforme ocorre o aumento do teor de borracha, maior é o valor de absorção de água. De acordo com Ferreira (2009), conforme a quantidade de borracha adicionada, menor é o peso das amostras, pois a borracha além de possuir massa específica menor que a dos outros materiais, também aumenta o número de vazios na argamassa.

4.6.2 Temperatura nos protótipos

Feito a coleta de dados de temperatura durante três dias com o termômetro colocado no interior dos quatro protótipos a partir das 08horas às 13horas e as 18horas, foi transferido para a planilha do Excel e assim formatado. Logo após foi feito a média desses resultados e registrado na tabela como mostra abaixo.

Figura 34 - Coleta de temperatura



Fonte: Autor

As temperaturas foram coletadas de acordo com método descrito na NBR 15575:2013, transferidos para uma planilha no Excel e processados para formação de gráfico e tabelas.

Tabela 19 – Dia 20.

DIA 1	TEMPERATURAS				
	Referência (°C)	Traço 5%	Traço 10% (°C)	Traço 15% (°C)	EXTERNA (°C)
HORARIO (h)					
08:00	30,18	30,08	30,02	29,89	32,11
13:00	33,32	32,95	32,81	31,11	34,72
18:00	32,75	32,12	32,03	32,05	33,05

Fonte: Autor (2020).

Com estes dados foi gerado o Gráfico, que mostra a temperatura externa e a temperatura interna dos 4 protótipos em cada um dos 3 horários medidos.

Tabela 20 – Dia 21.

DIA 2	TEMPERATURAS				
HORARIO (h)	Referência (°C)	Traço 5%	Traço 10% (°C)	Traço 15% (°C)	EXTERNA (°C)
08:00	30,17	30,13	30,02	30,13	32,11
13:00	34,07	33,86	33,41	33,12	35,72
18:00	33,65	32,56	32,63	32,45	32,85

Fonte: Autor (2020).

E dessa forma foi realizado durante três dias seguidos para obter informações mais precisas e assim comparar resultados entre os traços de argamassas estudados.

Tabela 21 – Dia 22.

DIA 3	TEMPERATURAS				
HORARIO (h)	Referência (°C)	Traço 5%	Traço 10% (°C)	Traço 15% (°C)	EXTERNA (°C)
08:00	29,87	29,70	29,52	29,29	30,11
13:00	33,67	33,32	32,21	32,02	34,72
18:00	32,85	32,19	32,03	31,05	30,05

Fonte: Autor (2020).

Depois de coletar dados durante três dias seguidos como recomendado, foi gerado um gráfico comparando os resultados obtidos durante os três dias entre os quatro materiais estudados para assim fazer uma comparação mais precisa.

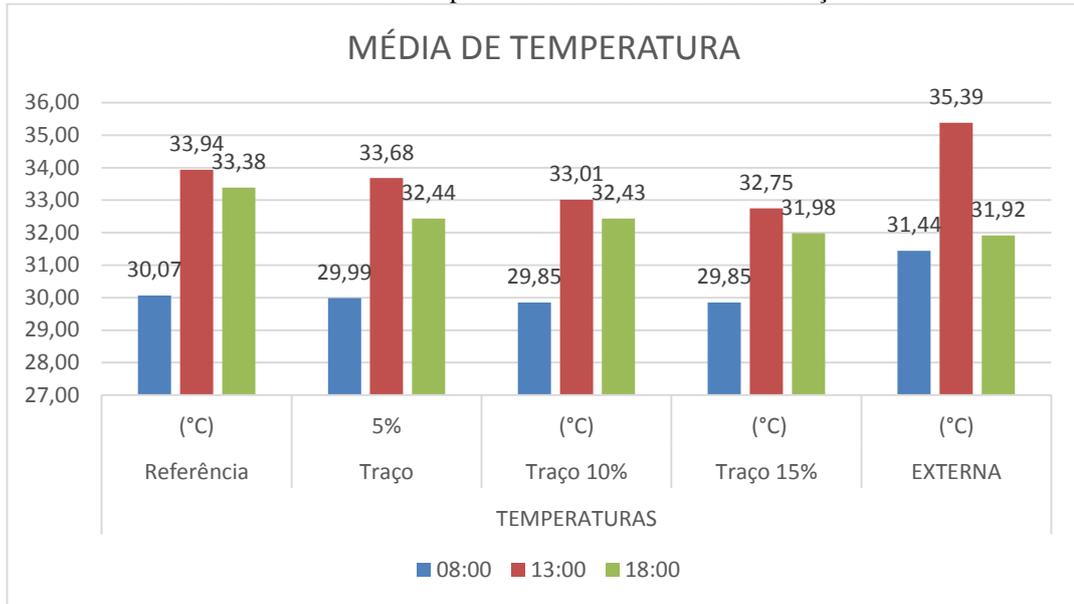
Em relação aos protótipos com resíduo de borracha, o resultado foi satisfatório e atendeu as expectativas. O traço com maior quantidade de borracha manteve a temperatura mais baixa, e foi possível observar a maior diferença entre a temperatura interna e externa, sendo visto que a temperatura não variou muito ao durante os três dias.

Ao ser analisado cada protótipo, foi observado que a temperatura daquele revestido com argamassa de 15% de borracha chegou ao seu valor máximo de temperatura de 33,12 °C, enquanto o com 0% atingiu 34,07 °C enquanto a temperatura externa 35,72°C. Já o protótipo com traço de argamassa com 5% e 10% de borracha atingiram 33,32°C e 33,41°C, respectivamente.

Visto que o menor valor atingido pelo protótipo referência foi de 29,87 °C, enquanto os traços com resíduo de borracha de 5%,10% e 15% foram de 29,70 °C, 29,52°C e 29,19 °C, comprova-se que a diminuição da temperatura no protótipo também é gradativa em todos os protótipos estudados.

No Gráfico 6 pode ser feito uma análise da temperatura atingida em alguns determinados períodos, através do cálculo da média ao longo de todos os dias estudados. Percebe-se que a temperatura do ambiente aumenta rapidamente ao longo do dia, enquanto as dos protótipos aumentam gradualmente.

Gráfico 6 - Média de temperatura durante os 3 dias de medição.



Fonte: Autor (2020).

Observa-se, no gráfico, que às 8:00 todos os protótipos estão praticamente com a mesma temperatura mais baixas. Já às 13:00, a temperatura externa é a maior e as 18:00 a temperatura é menor e os protótipos estão ainda diminuídos sua temperatura. Vale destacar que o protótipo referência tem a segunda temperatura mais elevada ao longo do dia, mas durante a tarde diminuiu muito pouco a sua temperatura, sendo que às 13:00 ele é o que possui a maior temperatura. Percebe-se que o protótipo referência não consegue esfriar tão rapidamente como os traços com substituição.

Segundo a ABNT NBR 15575-1:2013 o desempenho térmico de uma edificação deve atender os critérios conforme a Tabela 20, para dias de verão.

Tabela 22 – Desempenho Térmico ABNT NBR 15575-1:2013.

Nível de desempenho	Zonas bioclimáticas 1 a 7	Zonas bioclimáticas 8
M	$T_i, \text{máx.} \leq T_e, \text{máx.}$	$T_i, \text{máx.} \leq T_e, \text{máx.}$
I	$T_i, \text{máx.} \leq (T_e, \text{máx.} - 2^\circ\text{C})$	$T_i, \text{máx.} \leq (T_e, \text{máx.} - 1^\circ\text{C})$
S	$T_i, \text{máx.} \leq (T_e, \text{máx.} - 4^\circ\text{C})$	$T_i, \text{máx.} \leq (T_e, \text{máx.} - 2^\circ\text{C})$

Fonte: Autor (2020).

A região de Palmas - TO se encontra no nível de número 2, sendo que, T_i é a temperatura interna e T_e é a temperatura externa. Conforme a ABNT NBR 15575: 2013, os níveis de desempenho apresentados são classificados em mínimo (M), intermediário (I), e superior (S), onde que, segundo a norma, somente os níveis I e S são recomendados para a estação verão. Conforme a ABNT NBR 15575:2013, o desempenho térmico não se refere

somente a valores de temperatura, mas tais como: tamanho da abertura para ventilação, proteção das aberturas, vedações externas, exposição solar. Analisando esses critérios é possível verificar que os protótipos analisados, deveriam ter maiores aberturas de ventilação para ocorrer as trocas de calor. Se tratando de exposição solar, somente as paredes que estão voltadas para o sul, são as que menos recebem radiação, mas não dá pra se dizer que seria um ponto negativo. Quanto a classificação os protótipos, conforme os dados analisados eles estão classificados em intermediários conforme visto no Gráfico 7, os resultados atendem a ABNT NBR 17555:2013 até ao final do dia, quando a temperatura interna acaba não diminuindo rapidamente como a externa.

A Tabela 23 apresenta alguns parâmetros destacados pela ABNT NBR 16401:2008, que estão relacionados com a temperatura operativa no ambiente, em relação a umidade relativa.

Tabela 23 – Parâmetro de Conforto ABNT NBR 16401-2:2008.

Estação sazonal	Temperaturas operativa	Unidades relativa
Verão	22,5°C a 25,5°C	65%
	23°C a 26°C	35%
Inverno	21,0°C a 23,5°C	60%
	21,5°C a 24,0°C	30%

Fonte: Autor (2020).

Conforme Andreolli apud Perreira (2004), “temperatura operativa (TO) indica a sensação de calor ou frio sentida pelo corpo de um ser humano, combinando num único número os efeitos da temperatura de bulbo seco, umidade relativa e velocidade do ar”.

Segundo o Gráfico 7, é possível perceber que somente às 13:00 a temperatura interna de cada protótipo ultrapassa o parâmetro de conforto da ABNT NBR 16401:2008, para a estação de verão. Como o estudo foi realizado no mês de outubro estação da primavera época em que a região é muito quente, não foi possível fazer um comparativo com a estação na realização do ensaio.

4.6.3 Conforto acústico no interior dos protótipos

Este trabalho apresenta a comparação dos quatros tipos de argamassas estudados 0%, 5% ,10% e 15%. A tabela e gráfico abaixo mostra os dados colhidos do teste feito com a betoneira, coletados de 30 em 30 segundos durante 3,0 minutos e para uma melhor precisão e de 10 em 10 segundos durante 1,0 minuto ligada a betoneira cronometrado.

Figura 35 – Realização dos ensaios.



Fonte: Autor (2020).

Esta avaliação foi realizada usando um pouco de brita na betoneira, no interior dos protótipos estava o equipamento emissor de ruído. A tabela e gráfico abaixo traz os dados colhidos de 10 em 10 segundos durante 1,0 minuto ligada a betoneira cronometrada.

Tabela 24 - Teste da betoneira (10 segundos)

TEMPO(s)	Traço Referencia	Traço 5%	Traço 10%	Traço 15%
00:10	71,8	69,5	68,9	70,3
00:20	70,8	70,4	70,8	69,8
00:30	70,6	71,3	69,8	70,6
00:40	69,6	70,7	70,7	71,2
00:50	71,6	70,6	71,5	70,5
01:00	70,9	71,1	70,9	71,6

Fonte: Autor (2020).

Para a aferir mais perfeito os protótipos e trazer resultados precisos foi realizado mais um teste de conforto acústico utilizando a betoneira com brita em seu interior como equipamento emissor de ruído. A tabela abaixo traz os dados colhidos de 30 em 30 segundos durante 3,0 minuto ligada a betoneira cronometrada.

Tabela 25 – Teste da betoneira (30 segundos).

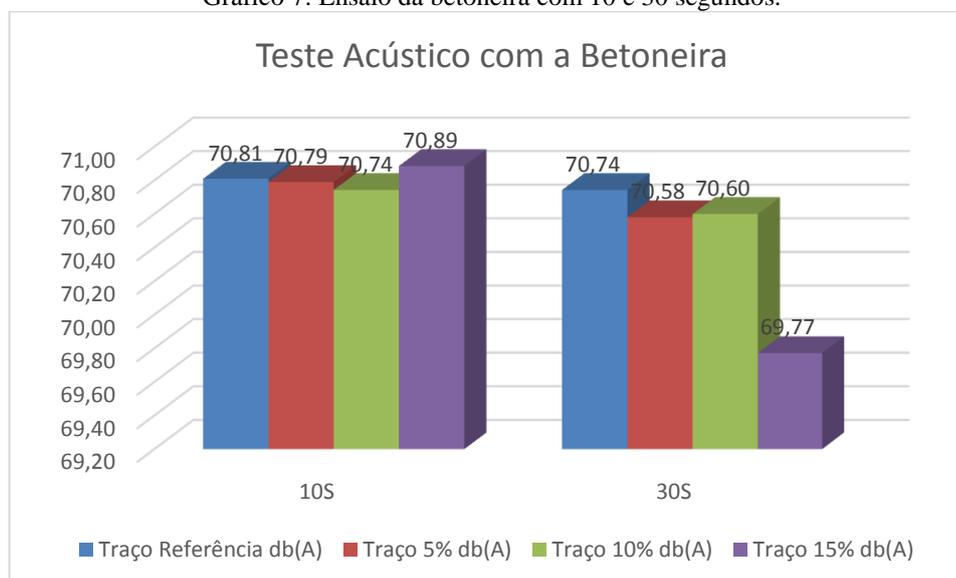
TEMPO(s)	Traço Referencia	Traço 5%	Traço 10%	Traço 15%
00:30	71,8	69,5	68,9	70,3
00:60	70,8	70,4	70,8	69,8
01:30	70,6	71,3	69,8	70,6
02:00	69,6	70,7	70,7	71,2
02:30	71,6	70,6	71,5	70,5
03:00	70,9	71,1	70,9	71,6

Fonte: Autor (2020).

Segundo Carvalho (2006), isolar acusticamente um recinto trata-se de impedir a entrada dos ruídos externos no mesmo, de forma a alcançar patamares em conformidade com a atividade a ser exercida no seu interior, então como analisado nos quatros protótipos percebe-se que o revestimento das paredes com o resíduo de borracha de pneu na argamassa como isolamento acústico não surtiu efeito.

Depois de colhido os resultados dos ensaios foi gerado o gráfico para melhor comparar o conforto acústico dos quatros tipos de traços de argamassas estudados e assim chegar a uma conclusão.

Gráfico 7: Ensaio da betoneira com 10 e 30 segundos.



Pela leitura dos gráficos observa-se que o conforto acústico dos protótipos revestidos com argamassa com resíduo de borracha não foi muito diferente o conforto acústico do protótipo referência revestido com argamassa normal. Em um dos protótipos com revestimento de resíduo de borracha, mostrou-se um pouco melhor no resultado de conforto acústico nos ensaios realizados.

4.1.1 ENSAIO DA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO DOS PROTÓTIPOS – RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

Para análise dos resultados da resistência a aderência à tração em cada corpo de prova, foi ponderado os resultados conforme os parâmetros apresentados pela (ABNT NBR 13528, 2010).

Figura 36 – Ensaio de resistência de aderência a tração.



Fonte: Autor (2020).

Os dados referentes à carga, seção e resistência de aderência das amostras referente aos protótipos estão apresentadas nas Tabelas 6,7,8 e 9. A tabela também apresenta a forma de ruptura de cada corpo de prova, podendo variar de “a” a “g”, conforme legenda abaixo da tabela.

Tabela 26 - Resultados, forma de ruptura e média da resistência de aderência do revestimento executado com o traço referência.

CP	RESULTADOS, FORMA DE RUPTURA E MÉDIA										
	Traços Ref.	Carga (N)	Seção (mm ²)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura						
					A	B	C	D	E	F	G
1A	93,2	25	0,37	X							
2A	87,1	25	0,35		X						
3A	85,6	25	0,34								X
4A	78,9	25	0,32					X			
5A	95,4	25	0,38								X
6A	86,9	25	0,35								X
Media			0,35								

Fonte: Autor (2020).

- (a) Ruptura do substrato;
- (b) Ruptura interface substrato/chapisco;
- (c) Ruptura do chapisco;
- (d) Ruptura da interface chapisco/argamassa;

- (e) Ruptura da argamassa;
- (f) Ruptura interface argamassa/cola;
- (g) Ruptura na interface cola/pastilha;

Tabela 27 - Resultados, forma de ruptura e média da resistência de aderência do revestimento executado com o traço 5% resíduo de borracha.

CP	RESULTADOS, FORMA DE RUPTURA E MÉDIA									
	Traços 5%	Carga (N)	Seção (mm ²)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura					
				A	B	C	D	E	F	G
1A	46,9	25	0,19					X		
2A	44,2	25	0,18	X						
3A	53,2	25	0,21				X			
4A	46,9	25	0,19				X			
5A	53,4	25	0,21	X						
6A	49,8	25	0,20					X		
Média			0,20							

Fonte: Autor (2020).

- (a) Ruptura do substrato;
 (b) Ruptura interface substrato/chapisco;
 (c) Ruptura do chapisco;

- (d) Ruptura da interface chapisco/argamassa;
 (e) Ruptura da argamassa;
 (f) Ruptura interface argamassa/cola;
 (g) Ruptura na interface cola/pastilha;

Tabela 28 - Resultados, forma de ruptura e média da resistência de aderência do revestimento executado com o traço 10% resíduo de borracha.

CP	RESULTADOS, FORMA DE RUPTURA E MÉDIA									
	Traços 10%	Carga (N)	Seção (mm ²)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura					
				A	B	C	D	E	F	G
1A	37,5	25	0,15	X						
2A	37,6	25	0,15	X						
3A	42,3	25	0,17				X			
4A	39,8	25	0,16					X		
5A	44,1	25	0,18							X
6A	43,0	25	0,17	X						
Média			0,16							

Fonte: Autor (2020).

- (a) Ruptura do substrato;
 (b) Ruptura interface substrato/chapisco;
 (c) Ruptura do chapisco;
 (d) Ruptura da interface chapisco/argamassa;

- (e) Ruptura da argamassa;
 (f) Ruptura interface argamassa/cola;
 (g) Ruptura na interface cola/pastilha;

Tabela 29 - Resultados, forma de ruptura e média da resistência de aderência do revestimento executado com o traço 15% resíduo de borracha.

CP	RESULTADOS, FORMA DE RUPTURA E MÉDIA										
	Traços 15%	Carga (N)	Seção (mm ²)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura						
					A	B	C	D	E	F	G
1A	29,0	25	0,12						X		
2A	26,5	25	0,11		X						
3A	28,8	25	0,12					X			
4A	31,1	25	0,13						X		
5A	31,9	25	0,13						X		
6A	32,0	25	0,13						X		
Média			0,12								

Fonte: Autor (2020).

(a) Ruptura do substrato;

(b) Ruptura interface substrato/chapisco;

(c) Ruptura do chapisco;

(d) Ruptura da interface chapisco/argamassa;

(e) Ruptura da argamassa;

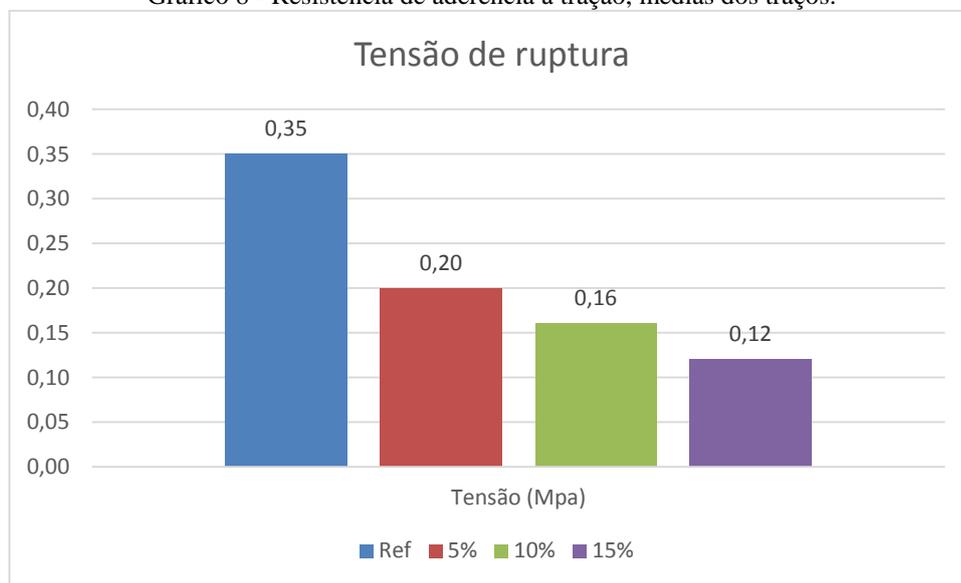
(f) Ruptura interface argamassa/cola;

(g) Ruptura na interface cola/pastilha;

Foram realizados ensaios em 4 protótipos cada um com tipos de revestimento, traço referência, traço de 5% de 10% de 15% de resíduo de borracha. Todas executadas com chapisco rolado.

Os resultados de aderência à tração são apresentados através da média resultante do ensaio, conforme o Gráfico 8.

Gráfico 8 - Resistência de aderência à tração, medias dos traços.



Fonte: Autor (2020).

Na Tabela 30, pode ser observado os valores que a norma ABNT NBR 13749 (2013) estabelece para revestimentos de paredes e tetos e os limites de aderência à tração em uma argamassa de revestimento.

Tabela 30 – Resistência para argamassa (ABNT NRB 13749:2013).

Local		Acabamento	(MPa)
Parede	Interna	Pintura ou Base para reboco	≥0,20
		Cerâmica ou laminado	≥0,30
	Externa	Pintura ou Base para reboco	≥0,30
		Cerâmica	≥0,30
Teto		≥0,20	

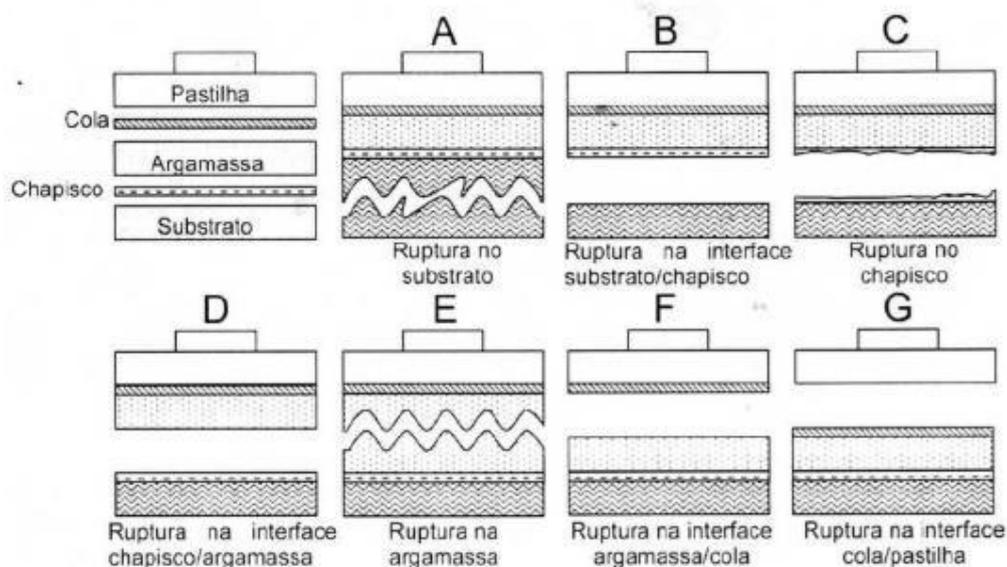
Fonte: ABNT

Conforme pode ser analisado através dos valores encontrados no ensaio de aderência (Gráfico 8) e os valores que são estabelecidos pela norma, somente o traço com 5% de borracha foi o que atingiu o valor esperado e normatizado para ser aplicado em um revestimento externo. O traço com 10% ficou um pouco mais próximos dos valores da norma e o 15% de borracha não atingiu nenhum dos valores estabelecido pela norma. Já o traço referência pode ser utilizados em revestimento de paredes externas e paredes internas.

O estudo tem por objetivo analisar as argamassas quanto a sua utilização para reboco externo, ou seja, os valores de resistência deverão ser maiores ou iguais a 0,3 MPa. Segundo a (ABNT NRB 13749:2013).

Na Figura 37, pode ser analisado as possíveis formas de ruptura em uma argamassa de revestimento com chapisco segundo a NBR 13528:2010.

Figura 37 – Possíveis formas de ruptura no revestimento com chapisco.



Fonte: NBR 13528 (ABNT, 2010).

Como pode ser observado, o traço com referência três romperam na interface da argamassa com a cola, comprovando assim que a resistência é maior que a obtida no ensaio, e mais três romperam no substrato e no chapisco, reforçando assim uma boa aderência.

Já os traços com 5%, 10% e 15% de borracha, ocorreu a ruptura no substrato e na argamassa, na interface substrato/chapisco. Conferindo também que teve aderência.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de resíduo de borracha de pneu neste estudo apresenta o intuito de apresentar novos resultados e aplicações no mercado construtivo, além de apresentar a importância da reciclagem de pneus, que tem como intenção diminuir o volume dos lixões e trazer um destino correto para os mesmos. É visto que em cima disso, é possível diminuir o custo e as energias para gerar o produto, acarretando assim um menor impacto gerado ao meio ambiente.

Essa pesquisa, foi realizada com resíduos de borracha proveniente da recauchutagem, adicionada na argamassa de revestimento, procedeu em resultados aceitáveis para estado fresco da argamassa, e para o estado endurecido não foi tão satisfatório.

A substituição da borracha no traço influenciou na redução da massa específica, resultando em uma argamassa mais leve. Perante disso, o teor de ar incorporado na argamassa ficou maior, e a consistência diminuiu conforme aumento do teor de borracha. Também foi notado que o aumento do teor de borracha no traço, mais rápido era a perda de trabalhabilidade da argamassa.

Foi observado que a resistência à compressão axial, diminuí à medida que é adicionado a borracha. Relacionando a resistência do traço referência para o traço com 05 % ocorreu a diminuição de 49 % o traço de 10% diminuiu 62% e o de 15% diminuiu 77% da resistência. No ensaio de resistência à tração na flexão também houve diminuição em relação ao traço referência, mas com o traço de 5% de substituição teve uma variação menor de 32% já o traço com 10% acresceu para 73% e o de 15% 83% em relação ao traço referência.

Um dos fatores que causaram a perda de resistência das argamassas com a substituição foi a composição granulometria do resíduo de borracha pois a mesma possuía grãos diferentes da areia, ficando curva uniforme e descontínua, pois, a mesma apresenta ausência de frações em sua curva de distribuição.

Segundo Fioriti et al. (2012), outro fator que melhora as resistências das argamassas com o resíduo de borracha são o tratamento da borracha com solução de hidróxido de sódio (NaOH), em seu trabalho tiveram resultados positivos, com isso buscou melhorar a aderência entre as partículas de borracha e a matriz do cimento.

Lee et al. (1998) tratou a borracha com uso de ácido carboxílicos a fim de melhorar as propriedades e características de ligação com o agregado. O autor visualizou em sua pesquisa uma melhora de 17% na resistência à compressão e 48,5% na resistência à flexão. Já Albuquerque et al. (2001), empregou em seu trabalho a adição de um aditivo polimérico de

base acrílica e estireno – butadieno, resultando em uma diminuição da queda da resistência de compressão de 20%.

Os resultados realizados de resistência de aderência a tração. Os traços de argamassa foram aplicados sobre blocos cerâmicos com chapisco manual. As maiores resistências observadas foram das argamassas produzidas com o traço referência, a argamassa com 5% de resíduo de borracha foi a que teve melhor resultado com a substituição alcançando 0,20 MPa, pode ser utilizada em revestimento interno e teto. Os outros dois traços de argamassa de 10% e 15% teve o pior desempenho neste substrato ficando com uma resistência menor do que a estabelecida por norma, conseguindo a média de 0,16MPa para o traço de 10% e o de 15% 0,12MPa. Este problema fica mais evidente quando observamos que os rompimentos deste ensaio nos traços com as substituições ocorreram mais na interface chapisco/ argamassa, o que confirma o ocorrido na questão das resistências.

Este trabalho também teve como objetivo avaliar o desempenho térmico e acústico, com isso foi construídos quatros protótipos de alvenaria e revestido com argamassa de 0%, 5%, 10% e 15%. As coletas de dados de temperatura foram feitas durante três dias com o termômetro colocado no interior dos quatros protótipos a partir das 08horas às 13horas e as 18horas, feito a média desses resultados e registrado comprovou que a temperatura do ambiente aumenta rapidamente ao longo do dia, enquanto as dos protótipos aumentam gradualmente.

Visto que o menor valor atingido pelo protótipo referência foi de 29,87 °C, enquanto os traços com resíduo de borracha de 5%,10% e 15% foram de 29,70 °C, 29,52°C e 29,19 °C, comprova-se que a diminuição da temperatura no protótipo também é gradativa em todos os protótipos estudados.

Analisando o conforto acústico no interior dos protótipos nos quatros tipos de argamassas estudados 0%, 5% ,10% e 15%. Os resultados obtidos dos testes feitos com a betoneira, coletados de 30 em 30 segundos durante 3,0 minutos e para uma melhor precisão e de 10 em 10 segundos durante 1,0 minuto ligada a betoneira cronometrado.

Observou-se que o conforto acústico dos protótipos revestidos com argamassa com resíduo de borracha não foi muito diferente do conforto acústico do protótipo referência revestido com argamassa normal. Em um dos protótipos com revestimento de resíduo de borracha, mostrou-se um pouco melhor no resultado de conforto acústico nos ensaios realizados.

O ensaio realizado de resistência de aderência a tração dos traços que foram aplicados. As maiores resistências observadas foram do traço referência que obteve um

resultado satisfatório obtendo uma resistência média de 0,35MPa que é estabelecida por norma para ser usado em revestimento externo e interno.

Segundo os valores que são estabelecidos pela norma, somente o traço com 5% de borracha foi o que apresentou valor de 0,20MPa que é normatizado para ser aplicado em revestimento interno e teto. O traço com 10% obteve valor de 0,16MPa, abaixo dos valores da norma. Da mesma forma o 15% de borracha obteve 0,12MPa, os dois traços não atingiu nenhum dos valores estabelecido pela norma.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Avaliar a influência da granulometria, forma e textura do resíduo de borracha de pneu na substituição do agregado miúdo nas propriedades da argamassa;

Avaliar a possibilidade de substituição da cal por aditivos plastificantes, incorporadores de ar e retentores de água na produção de argamassa com substituição do agregado miúdo;

REFERÊNCIAS

CORBELLA, O., YANNAS, S., 2009. **Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos – Conforto Ambiental**. 2 ed. Rio de Janeiro, Editora Revan.

AGOPYAN, V., JOHN, V. M., 2011. **O Desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**. 1 ed. São Paulo, Blucher.

FIORITO, A. J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução**. São Paulo: Pini, 1994.

GOMES, A. **O Propriedades das argamassas de revestimento de fachada**. Salvador, 2008.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de construção**. 12ª edição, São Paulo: Globo, 2003.

ABNT-NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente, 2009.

ABNT-NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão, 2005.

ABNT-NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos, 2019.

ABNT-NBR 7217: Agregados – determinação da composição granulométrica, 1987.

ABNT-NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT-NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência, 2016.

ABNT-NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica, 2005.

ALBURQUERQUE, A. C. **Estudo das propriedades de concreto massa com adição de partículas de borracha de pneu. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, programa de pós-graduação em engenharia civil**. Porto Alegre, 2009.

CAPORRINO, C. F. **Patologias em alvenarias. 2**. Ed. São Paulo, Oficina de Textos, 2018.

FIORITI, C. F. et al. **Influência de diferentes granulometrias de resíduos de pneu em argamassas**. Universidade Estadual Paulista, 2009.

FERREIRA, C. R. G. **Análise de propriedades térmica e mecânicas de compósitos de argamassa e resíduo de borracha**. 2009. Dissertação de Pós-Graduação – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2009.

BRASIL. Resolução nº 416, de 30 de setembro de 2009. **Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis em sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências**. CONAMA, 2009.

BRASÍLIA - DF. SEST SENAT. **Cerca de 450 mil toneladas de pneus são descartadas por ano no Brasil**. 2019. Disponível em:

<<https://www.sestsenat.org.br/imprensa/noticia/cerca-de-450-mil-toneladas-de-pneus-sao-descartados-por-ano-no-brasil>>. Acesso em: 05 nov. 2019.

GOMES, D. **Desempenho de argamassas fabricadas com incorporação de materiais finos provenientes da trituração de pneus**. 2011. Dissertação de Mestrado – Universidade Técnica de Lisboa, 2011.

GRILLO, K. V. F – **Análise comparativa da aderência de tipos rochosos assentados com três argamassas**. Dissertação apresentada a Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências, 2010.

KURZ, M. N. et al. **A potencialidade do uso de resíduo de borracha de pneu em argamassa: análise das propriedades físicas e mecânicas**. Revista Matéria. Rio de Janeiro, 2018.

MARGALHA, M. G. **Argamassas. Universidade de Évora – Engenharia Civil, Conservação e Recuperação do Patrimônio**. Évora, Portugal, 2011.

MENEGUINI, E. C. **Comportamento de argamassas com o emprego de pó de borracha**. **Dissertação de Mestrado** – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2003.

MIRANDA, L. F. R. **Contribuição ao desenvolvimento da produção e controle de argamassas e revestimento com areia reciclada lavada de resíduos classe A da construção civil.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2005.

PARRA, C. V.; NASCIMENTO, A. P. B., FERREIRA, M. L. **Reutilização e reciclagem de pneus, e os problemas causados por sua destinação incorreta.** Universidade Nove de Julho – Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Barra Funda, São Paulo, 2010.

PEDRO, D.; DE BRITO, J.; VEIGA, R. **Argamassas fabricadas com materiais finos provenientes da trituração de pneus.** Universidade Técnica de Lisboa. Mato, 2012.

PEDRO, D. A. G. **Desempenho de argamassas fabricadas com incorporação de materiais finos provenientes da trituração de pneus.** Dissertação para obtenção de Mestrado em Construção. Universidade Técnica de Lisboa. Mato, 2011

PIRES, A. L. G. **Avaliação do comportamento higroscópico de argamassas de reboco.** Dissertação (Mestrado), Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2013.

POSSER, N. D. **Proporcionamento de argamassas para reboco de recuperação. Dissertação apresentada para obtenção de título de Mestrado em Engenharia.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2004.

PCZIECZEK, A. **Análise das propriedades físicas e mecânicas de argamassa para revestimento utilizando cinza volante e resíduo de borracha de pneus inservíveis.** Dissertação (mestrado), Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, Santa Catarina, 2017.

RECENA, F. A. P. **Conhecendo a argamassa.** 2. Ed, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, EDIPUCRS, 2012.

RIBEIRO, C. C. **Materiais de construção civil.** 2. Ed. Belo Horizonte, Minas Gerais, Editora UFMG, 2006.

SANTIAGO, C. C. **Argamassas tradicionais e cal.** Salvador, Bahia, Editora EDUFBA 2007.

SANTOS, M. L. L. **O Aproveitamento de resíduos minerais na formulação de argamassas para a construção civil.** Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2008.

SEGRE, N. C. **Reutilização de borracha de pneus usados como adição em pasta de cimento.** 1999. Universidade Estadual de Campinas, 1999.

SOUZA, R. T. **Análise da logística reversa de pneus usados e inservíveis e seus impactos ambientais quando descartados inadequadamente.** Centro Tecnológico da Zona Leste. São Paulo, 2009

SUGIMOTO, L. **Tese propõe metodologia para descarte de pneus.** Universidade Federal de Campinas, Jornal da Unicamp. Campinas, 2004.

TRIGO, A. P. M. et al. **Avaliação do comportamento estrutural de protótipos de lajes pré-moldadas com concreto com resíduo de borracha de pneu.** Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, São Paulo, 2008.

CARRASCO, A. O. **O processo de projeto da habitação popular.** 2005. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

FERREIRA, J. S. W. **O processo de urbanização brasileiro e a função social da propriedade urbana.** Ações integradas de Urbanização de Assentamentos Precários. São Paulo: Ministério das Cidades, 2010.

SALES, A. T. C; MENDES, J. S. S. **Argamassas com agregado miúdo de resíduos de recauchutagem de Pneus.** IV Simpósio Internacional de inovação tecnológica. Anais SIMTEC. ISSN: 2318-3403. Aracaju/SE – 25 a 27/09/ 2013. Vol. 1/n. 1/ p. 25.

INFOPNEUS. **História do Pneu.** Disponível em: Acesso em: 08 ago. 2016.

GIACOBBE, S. **Estudo do comportamento físico-mecânico do concreto de cimento Portland com adição de borracha de pneu.** Dissertação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2008.

BAUER, L.A. Falcão. **Materiais de Construção.** 5ª ed., Rio de Janeiro: LTC, 2000.

CARNEIRO, A. M. P. **Revestimento externo em argamassa de cimento, cal e areia: sistemática das empresas de construção civil de Porto Alegre.** 1993. 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.

BAÍA, L. L. M; SABBATINI F. H. **Projeto e Execução de Revestimento de Argamassa.** 2 ed. São Paulo, O nome da Rosa. 2001. 82 p

CopySpider Scholar

Apoiar o CopySpider

Português ▾

Login

Exportar relatório

Exportar relatório PDF

Visualizar ▾

Gerador de Referência Bibliográfica (ABNT, Vancouver)

TCC II NIELTON ALVES SILVA FINALIZADO 03-11.docx (03/11/2020):

Documentos candidatos

repositorio.unesc.ne... [1,2%]
 revistas2.uepg.br/in... [1,2%]
 pro.poli.usp.br/wp-c... [0,92%]
 professor.pucgoias.e... [0,77%]
 uel.br/ce/dc/wp-con... [0,63%]
 professor.pucgoias.e... [0,39%]
 blog.owa.com.br/hr-... [0,34%]
 fgv.br/cpdoc/acervo/... [0,15%]
 groups.google.com/d/... [0%]
 arelaovitoria.com.br...

Arquivo de entrada: TCC II NIELTON ALVES SILVA FINALIZADO 03-11.docx (15758 termos)

Arquivo encontrado	Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)
repositorio.unesc.ne...	Visualizar 3577	230	1,2
revistas2.uepg.br/in...	Visualizar 2128	213	1,2
pro.poli.usp.br/wp-c...	Visualizar 19247	320	0,92
professor.pucgoias.e...	Visualizar 2541	141	0,77
uel.br/ce/dc/wp-con...	Visualizar 7333	145	0,63
professor.pucgoias.e...	Visualizar 3166	75	0,39
blog.owa.com.br/hr-...	Visualizar 1502	59	0,34
fgv.br/cpdoc/acervo/...	Visualizar 2500	28	0,15
groups.google.com/d/...	Visualizar 331	0	0
arelaovitoria.com.br...	-	-	-

Conversão
falhou