



FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE

JÔNATAS GAMBATI MOREIRA DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS VÍTREOS
DE GARRAFAS EM MATRIZES CIMENTÍCIAS: ARGAMASSA CONVENCIONAL**

ARIQUEMES – RO

2020

JÔNATAS GAMBATI MOREIRA DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS VÍTREOS
DE GARRAFAS EM MATRIZES CIMENTÍCIAS: ARGAMASSA CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso para a
obtenção do Grau em Engenharia Civil
apresentado á Faculdade de Educação e
Meio Ambiente – FAEMA.

Orientador: Prof. Ms. Bruno Dias Oliveira

ARIQUEMES - RO

2020

FICHA CATALOGRÁFICA
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Júlio Bordignon - FAEMA

SI586a	SILVA, Jônatas Gambati Moreira da. Avaliação da viabilidade de incorporação de resíduos vítreos de garrafas em matrizes cimentícias: argamassa convencional. / por Jônatas Gambati Moreira da Silva. Ariquemes: FAEMA, 2020. 45 p.; il. TCC (Graduação) - Bacharelado em Engenharia Civil - Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA. Orientador (a): Prof. Esp. Bruno Dias Oliveira. 1. Resíduos de vidro. 2. Vítreo. 3. Argamassa. 4. Agregado Miúdo. 5. Vidro. I Oliveira, Bruno Dias. II. Título. III. FAEMA.
CDD:620.1	

Bibliotecária Responsável
Herta Maria de Açucena do N. Soeiro
CRB 1114/11

JÔNATAS GAMBATI MOREIRA DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS VÍTREOS
DE GARRAFAS EM MATRIZES CIMENTÍCIAS: ARGAMASSA CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso para
a obtenção do Grau em Engenharia
Civil apresentado á Faculdade de
Educação e Meio Ambiente – FAEMA.

Banca examinadora

Orientador: Prof. Esp. Bruno Dias Oliveira
Faculdade de Educação e Meio Ambiente-FAEMA

Prof.^a Ms. Helena Gouvêia Rocha Alves
Faculdade de Educação e Meio Ambiente-FAEMA

Prof. Esp. Ruan Iuri de Oliveira Guedes
Faculdade de Educação e Meio Ambiente-FAEMA

ARIQUEMES - RO

2020

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Agradeço a minha mãe Euza Lucia Gambati e a minha irmã Fernanda Gambati Coimbra, por me incentivarem, e não me deixaram desistir em momento algum, pois é por vocês que continuo lutando.

Aos familiares, amigos e companheiros de trabalho que sempre entenderam o motivo da minha ausência em determinados momentos.

Agradeço encarecidamente ao meu orientador professor Esp. Bruno Dias de Oliveira, que dedicou parcela do seu tempo para orientar-me.

RESUMO

A sustentabilidade tem sido nos últimos anos discussão e motivos de muitos estudos, sendo assim, com o intuito de reduzir impactos ambientais gerados pela indústria da construção civil, muitos estudos foram feitos utilizando resíduos de vidro gerados por diversos setores, incorporando-os como materiais novamente na construção civil. Desta forma, esta pesquisa tem como objetivo avaliar a viabilidade do reaproveitamento de resíduos de materiais vítreos incorporando-os à argamassa. A metodologia utilizada foi por meio de uma pesquisa experimental, utilizando os testes densidade de massa conforme ABNT NBR 13278 (2005), absorção de água e índice de vazios conforme ABNT NBR 9778 (2009), resistência à tração e a compressão conforme ABNT NBR 13279 (2005). O teste de densidade de massa, tiveram resultados inferiores aos de referência. Já a absorção de água por imersão e índice de vazios, obtiveram resultados superiores ao valor de referência. A resistência à tração com melhor desempenho foi a da argamassa com substituição maior de resíduo de vidro pela areia. A resistência à compressão alcançou o objetivo deste estudo, colaborando para a viabilidade de substituição parcial do agregado, elevando satisfatoriamente a resistência. Portanto, os ensaios realizados, mostrou a viabilidade esperada para a substituição dos agregados miúdos por resíduos de vidro.

Palavras-chave: Resíduos de vidro. Vítreo. Argamassa. Agregado Miúdo.

ABSTRACT

In recent years, sustainability has been discussed and the reasons for many studies, so, in order to reduce environmental impacts generated by the construction industry, many studies have been done using glass waste generated by different sectors, incorporating them as materials again in civil construction. Thus, this research aims to assess the feasibility of reusing glassy material waste by incorporating it into the mortar. The methodology used was through an experimental research, using mass density tests according to ABNT NBR 13278 (2005), water absorption and voids index according to ABNT NBR 9778 (2009), tensile strength and compression according to ABNT NBR 13279 (2005). The mass density test had lower results than the reference. Water absorption by immersion and voids index, on the other hand, obtained results above the reference value. The tensile strength with the best performance was that of mortar with greater replacement of glass residue by sand. Compressive strength achieved the objective of this study, contributing to the viability of partial replacement of the aggregate, satisfactorily increasing the strength. Therefore, the tests carried out showed the expected feasibility for replacing fine aggregates with glass waste.

Keywords: Glass waste. Vitreous. Mortar. Small Household.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fenômeno de transição vítrea em função da temperatura	14
Figura 2 - Funções relativas dos óxidos constituintes em composições do vidro.....	15
Figura 3 - Trabalhabilidade e condições de aplicação da argamassa.....	19
Figura 4 - Diferentes alternativas de revestimento de parede	19
Figura 5 - Garrafas de vidro	25
Figura 6 - Misturador Planetário	28
Figura 7 - (a) Forma prismática (b) Forma cilíndrica	29
Figura 8 - Mesa de consistência (flow table)	30
Figura 9 - Instrumentação dos ensaios: (a) Resistência à tração na flexão; (b) Resistência à compressão	32
Figura 10 - Resultados da densidade de massa das argamassas	35
Figura 11 - Resultados (a) Absorção por imersão (b) Índice de vazios.....	36
Figura 12 - Resistência à tração na flexão das argamassas.....	38
Figura 13 - Resistência à compressão das argamassas.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais Propriedade físico-químico-químicas e atrativos do vidro.....	16
Tabela 2 - Propriedades das Argamassas de Assentamento de Alvenaria.....	18
Tabela 3 – Caracterização física do cimento.....	23
Tabela 4 - Composição Granulométrica do agregado miúdo (Areia)	24
Tabela 5 - Composição granulométrica do agregado miúdo (Vidro)	25
Tabela 6 - Dosagem das argamassas.....	26
Tabela 7 – Tipos de ensaios, quantidades de CP's e idades ensaiadas.....	29
Tabela 8 – Índice de Consistência	34
Tabela 9 – Densidade de massa das argamassas.....	35
Tabela 10 - Resultados da absorção por imersão e índice de vazios	36
Tabela 11 – Resistência à tração na flexão das argamassas	37
Tabela 12 – Resistência à compressão das argamassas	39

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Densidade de massa.....	30
Equação 2 – Absorção de água por imersão	31
Equação 3 – Índice de vazios.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	American Society for Testing and Materials
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
cm	Centímetros
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CP's	Corpo de Prova
Mc	Massa do Recipiente Cilíndrico, contendo a Argamassa de Ensaio
Mi	Massa do corpo de prova saturado por imersão
Mpa	Mega Pascal
Ms	Massa do corpo de prova seco em estufa
Mv	Massa do Recipiente Cilíndrico Vazio, em g
NBR	Norma Brasileiras
NM	Normas da Associação Mercosul de Normalização
RS	Resíduos Sólidos
RV	Resíduo de Vidro
s	Segundos
sat	Massa do corpo de prova saturado
µm	Micrometro
Vr	Volume do Recipiente Cilíndrico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO PRIMÁRIO	12
2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS	12
3 REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS.....	13
3.1.1 Classificação dos resíduos sólidos	13
3.2 RESÍDUOS VÍTREOS.....	13
3.3 RECICLAGEM DOS RESÍDUOS VÍTREOS	16
3.4 ARGAMASSA.....	17
3.5 APLICAÇÃO DE RESÍDUOS VÍTREOS EM MATRIZES CIMENTÍCIAS	20
4 METODOLOGIA	22
4.1 MATERIAIS	22
4.1.1 Cimento portland	23
4.1.2 Agregado Miúdo	23
4.1.3 Água	24
4.1.4 Resíduo vítreo	24
4.2 PROCEDIMENTO DE DOSAGEM, MISTURA, MOLDAGEM E CURA DAS ARGAMASSAS	26
4.2.1 Dosagem das argamassas	26
4.2.2. Processo de mistura das argamassas	26
4.2.3 Moldagem e cura dos corpos de prova	28
4.3 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS NO ESTADO FRESCO	30
4.3.1 Densidade de massa	31
4.4 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS NO ESTADO ENDURECIDO	31
4.4.1 Resistência à tração na flexão e à compressão – NBR 13279/2005	31
4.4.2 Absorção de água por imersão e índice de vazios	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS NO SEU ESTADO FRESCO	34
5.1.1 Índice de consistência	34
5.1.2 Densidade de massa	35
5.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS NO SEU ESTADO ENDURECIDO..	36
5.2.1 Absorção de água por imersão e índice de vazios	36
5.2.2 Resistência à tração na flexão – NBR 13279/2005	37
5.2.3 Resistência à compressão – NBR 13279/2005	39
CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

A elevação dos resíduos sólidos (RS) tem demonstrado um problema mundial, e buscar maneiras corretas para o descarte tem sido um desafio grande para os meios científicos e tecnológicos, pois a disposição inadequada desses materiais ocasiona problemas graves ambientais. E a indústria da construção civil é o celeiro grande para a absorção de RS originados da construção civil (LOPES, 2017).

No Brasil, entre os RS produzidos, o vidro se resalta pelo volume alto, em que o vidro retratou 3% do volume dos RS gerados em 2017, no Brasil. Além disso, nesse país, o consumo por ano de vidro foi de 1.577.776 de toneladas, simbolizando um faturamento de R\$ 4.121 milhões. Também são geradas em torno de 980 mil toneladas de embalagens por ano de vidro, sendo que dessa quantidade, 45% são usadas para reciclagem, em que o mercado principal são as empresas de coleta seletiva e as empresas próprias de vidro (ABRAVIDRO, 2017; LOPES, 2017).

No entanto, o vidro é um produto não biodegradável, que gasta de 2 mil a 1 milhão de anos para se desintegrar, sendo assim, a sua disposição deve ser evitada em aterros. Vale destacar que o vidro pode ser reciclado indeterminado, sem que aconteça modificações em suas características. A reciclagem deste produto possibilita diminuição de custo no procedimento de produção, em razão do menor gasto energético, e do gasto de matéria-prima. Entretanto, para que seja utilizado nos processos habituais de reciclagem, o resíduo de vidro necessita passar por um método de seleção, conforme a sua cor (verde, incolor e âmbar), então poderá ser usado na fabricação de recipientes novos de cor parecidas (ABIVIDRO, 2020).

Algumas pesquisas estão sendo desenvolvidas empregando resíduos de vidro na área da construção civil. Contudo, os resíduos de vidro em casos que não são apropriados para reciclagem com o objetivo de criar produtos novos de vidro, podem ser pulverizados ou moídos e introduzidos em misturas cimentícias. Dessa forma, pode-se colaborar para diminuir o consumo de produtos naturais e energia e reduzir a quantidade de RS a ser destinado aos aterros. O vidro, devido à sua composição química e às suas características físicas, pode ser considerado propício para substituição parcial do cimento e areia, nas misturas cimentícias e nas argamassas (LORDELO, 2018).

Dessa forma, com o crescimento exponencial do ramo da construção civil, há a necessidade de empregar materiais sustentáveis com o objetivo de reduzir os impactos ambientais. Sendo uma alternativa sustentável o uso de resíduos vítreos na composição de argamassa, diminuindo o consumo de agregado miúdo (areia) sem a perda de resistência mecânica, caso se tenha confirmação à hipótese, a proposta agregará ao setor viabilidade tanto econômica quanto sustentável.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO PRIMÁRIO

Avaliar o comportamento do uso de resíduos de materiais vítreos incorporado na argamassa convencional.

2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS

- Analisar o comportamento da argamassa no estado fresco: índice de consistência e densidade de massa;
- Analisar o comportamento da argamassa no estado endurecido: absorção de água por imersão e o índice de vazios;
- Avaliar a resistência mecânica quanto às resistências à tração na flexão e à compressão.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

3.1.1 Classificação dos resíduos sólidos

A Lei nº 12.305/2010, determinou a Política Nacional de Resíduos Sólidos que contém instrumentos para auxiliar os problemas principais sociais, econômicos e ambientais, sobre a gestão de RS. Apresenta-se de forma prática as condutas de consumo sustentável e diretrizes de reciclagem e reutilização dos resíduos sólidos, bem como, a orientação para destino de rejeitos inviáveis à reciclagem.

Impõe e institui responsabilidades para comerciantes e particulares para que elaborem planos de gerenciamento de resíduos sólidos e produzam metas para não destinar esses resíduos aos aterros sanitários em todas as esferas governamentais. Segundo a NBR 10004 (2004), os resíduos nos estados semissólido e sólido, que decorrem de tarefas de origem doméstica, industrial, comercial, de serviços, agrícola, varrição e hospitalar. Incluso também os iodos cujo suas particularidades não são viáveis o lançamento em rede de esgoto ou corpos de água.

Segundo a Resolução nº 307/2002, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), adequada pelas Resoluções CONAMA nº (348/2004), (431/2011) e (448/2012), foi estabelecido procedimentos, critérios e diretrizes para a gestão dos resíduos da construção civil. Os resíduos de vidro são considerados pertencentes à classe B, materiais recicláveis.

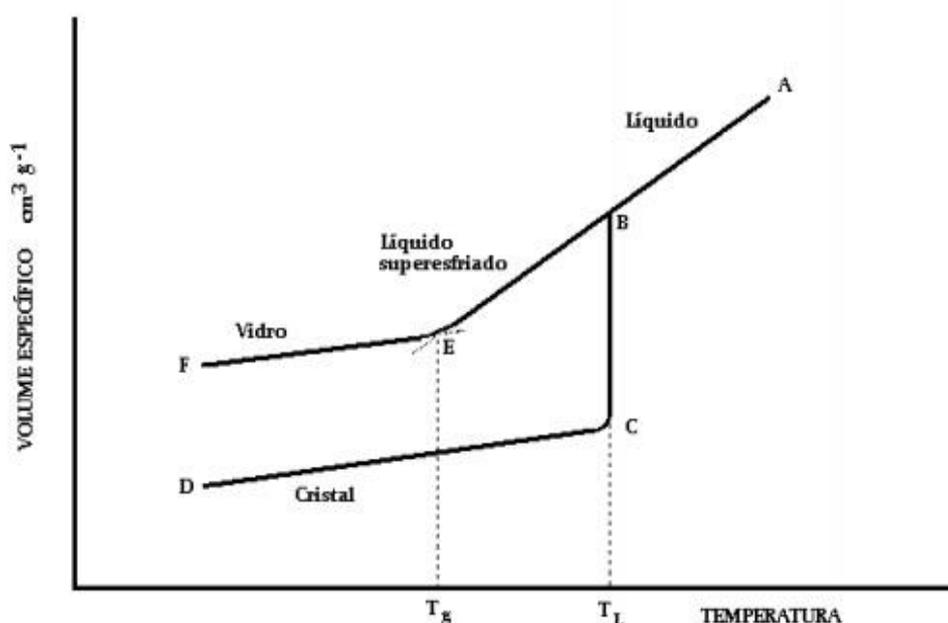
3.2 RESÍDUOS VÍTREOS

Os materiais vítreos têm ampla denominação, não sendo considerado por alguns pesquisadores como um material sólido devido à carência de estrutura cristalina que caracteriza os sólidos, embora havendo grande variedade de substâncias à temperatura ambiente, aparenta um corpo sólido proporcionado por sua rigidez mecânica. Entretanto, sendo considerado por outros, como Elliot (1990), um material sólido não cristalino, ou sólido amorfo. Amorfo é caracterizado quando a longas distâncias não apresentam ordem, ou seja, quando seus constituintes não

têm regularidade a umas distâncias, algumas vezes maior que o tamanho destes grupos.

Já segundo Mauro Akerman (2000), a melhor definição é que o vidro é um material sólido, não cristalino, que apresenta o fenômeno de transição vítrea. O fenômeno de transição vítrea pode ser observado através das propriedades termodinâmicas extensivas em função da temperatura, como expressa na figura 1.

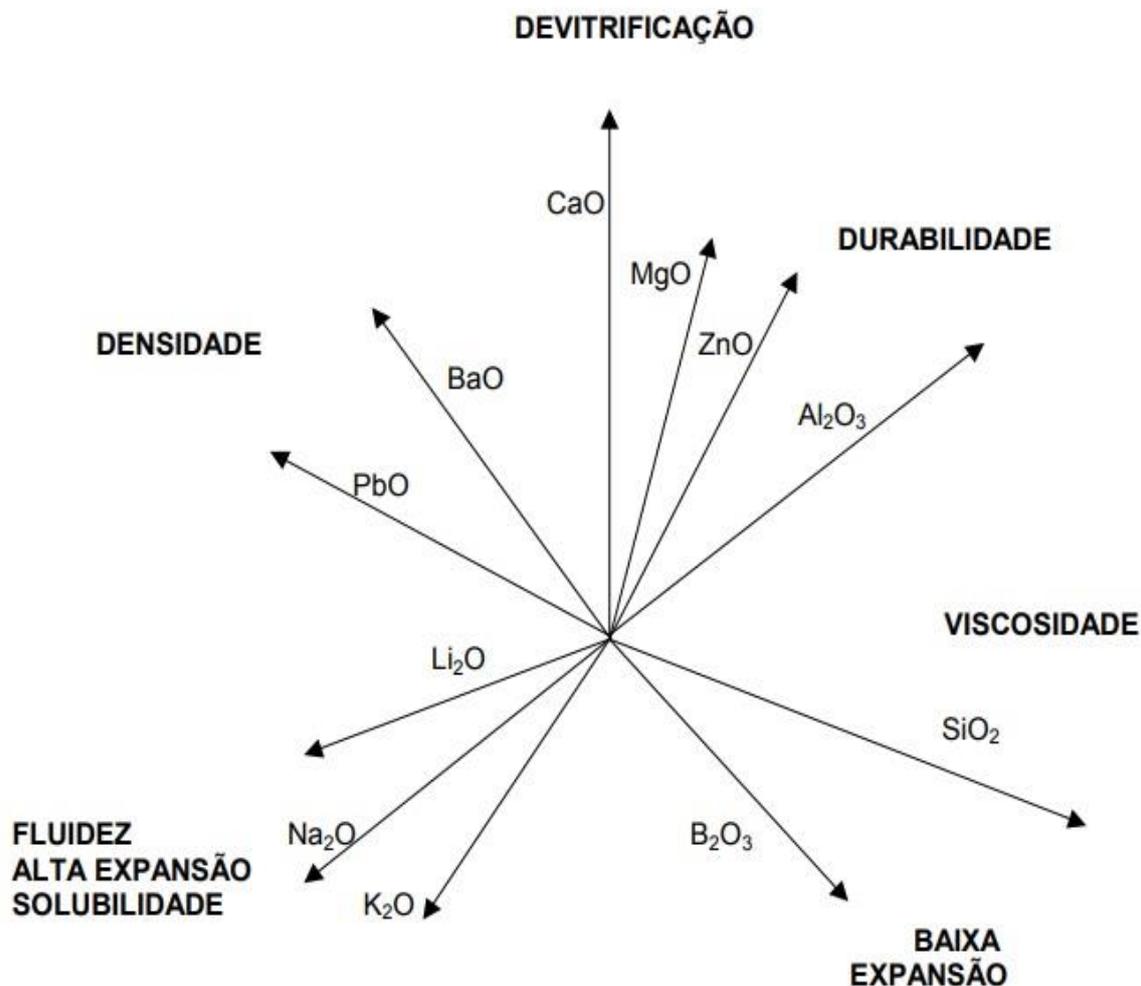
Figura 1 – Fenômeno de transição vítrea



Fonte: Akerman (2000).

Para Akerman (2000), as propriedades do vidro dependem das características estruturais, que por sua vez, é condicionada pela composição química. A variação de propriedade pode ser avaliada em função da concentração dos componentes, advertindo que, as mudanças das composições químicas podem provocar mudanças estruturais no vidro, pois essas modificações são um pouco restritas. Exemplificando, aumentando o “óxido de sódio” (Na_2O), o vidro aumenta a fluidez, expansão e solubilidade, porém diminuindo a sua durabilidade, e ao aumentar o “alumínio ou o óxido de alumínio” (Al_2O_3), ao contrário do “óxido de sódio”, aumenta sua durabilidade e também a viscosidade. Apresenta de forma gráfica as funções relativas de cada um dos óxidos constituintes em composições do vidro, Figura 2.

Figura 2 – Funções dos óxidos



Fonte: Akerman (2000).

O vidro possui grandes características físicas que o tornam um material bastante usado pela civilização hoje em dia, tem uma elevada durabilidade, limpidez; excelente resistência a solventes, à água, e ácidos (com exceção para o ácido fosfórico e o ácido fluorídrico). Geralmente, pode ser reciclável facilmente, apesar que isso não seja possível de realizar para determinados tipos de vidros, especialmente os vidros planos. Essas propriedades, relacionadas ao preço baixo se confrontado ao alumínio, asseguram a sua versatilidade e praticidade de usos, de acordo com a Tabela 1 (SILVA, 2015).

Tabela 1 - Principais Propriedade físico-químico-químicas e atrativos do vidro

PROPRIEDADES FÍSICAS	ATRATIVOS
Dilatação térmica muito baixa	Transparente
Alta durabilidade	Inerte
Baixa condutividade elétrica	Prático e Versátil
Ótima resistência a líquidos salgados e à água, bem como substâncias orgânicas, álcalis e ácidos, porém com exceção ao ácido fluorídrico e ofosfórico.	Reutilizável
	Higiênico
	Impermeável
	Retornável
	Reciclável

Fonte: Silva (2015).

Os resíduos vítreos muitos deles são derivados da construção civil, como também de outros setores industriais, e são classificados segundo a NBR 10004 (2004), como sendo resíduos de classe II B, onde são considerados inertes e quando colocados em contato estático ou dinâmico com água deionizada ou destilada, à temperatura ambiente, não tem nenhuma solubilização de seus constituintes acima do esperado para padrão de água potável.

3.3 RECICLAGEM DOS RESÍDUOS VÍTREOS

A reciclagem do vidro, colabora para preservar bastante parte dos recursos naturais; absorve também quantidade pequena de energia e remete menos produto particulado do que a produção do vidro sem a inserção de cacos. Outros elementos a levar em conta ao se reciclar o vidro é a geração e o descarte de RS urbanos menores, a redução nos gastos com a coleta urbana e a elevação da vida útil dos aterros. A atividade de reciclagem do vidro, apesar de ser considerada uma tarefa economicamente viável e com elevado potencial de lucratividade, mesmo assim, no Brasil ainda pouco realizada. A consciencialização da comunidade para a educação ambiental proporcionaria o total reaproveitamento das embalagens de vidro, propiciando ganhos maiores econômico, ambiental e social (SILVA, 2015).

Entende-se como reciclagem de resíduo vítreo, o processo industrial de derretimento dos resíduos. Na grande maioria das vezes em que se reciclam esses

materiais, são destinados às embalagens. Geralmente 60% desses resíduos se unem a matéria-prima nova para a produção de um material novo, dependendo da cor desse resíduo, pode chegar até a 90% do composto do produto novo, porém as indústrias de embalagens utilizam apenas cerca de 45% dos materiais de reciclagens e na construção civil praticamente não é utilizado (MACHADO, 2013).

A reciclagem de materiais vítreos tem inúmeros benefícios, dentre eles, que se pode reciclar várias vezes o vidro dependendo de que tipo de produto foi confeccionado anteriormente, diminuindo consideravelmente o consumo de matéria-prima do meio ambiente como: areia, barrilha e calcário, evitando o lançamento deste resíduo no meio ambiente. Resíduo este que pode levar cerca de dez mil anos para se decompor por completo (ABIVIDRO, 2020).

3.4 ARGAMASSA

A argamassa é uma combinação homogênea de aglomerante(s) inorgânico(s), agregado(s) miúdo(s) e água, apresentando ou não adições ou aditivos, com propriedades de endurecimento e aderência, produzidas em indústrias próprias ou canteiro de obra. As argamassas empregadas em obra são frequentemente constituídas de areia lavada natural, e os aglomerantes são normalmente a cal hidratada e o cimento portland (OLIVEIRA, 2013).

Segundo Recena (2011), a argamassa quando aplicada como um elemento de um sistema, possui funções definidas para a edificação, podendo ser destinadas para impermeabilizar o local da aplicação, corrigir as deformações naturais que a estrutura se sujeita, trazendo um bom acabamento à superfície aplicada e protegendo e regularizando-a.

Existem vários tipos de argamassas para os mais diversificados usos: colante, revestimento, rejunte, assentamento de alvenaria, entre outras. Sendo os seus usos principais no assentamento de alvenarias e nas fases de revestimento, como emboço, reboco ou também reboco de camada única de tetos e paredes, além de contrapisos para normalização de pisos (CARASEK, 2016).

A argamassa de assentamento, é empregada para elevação de muros, paredes de blocos ou tijolos, possuindo as características seguintes em relação as suas propriedades e funções (Tabela 2) (COUTINHO; PRETTI; TRISTÃO, 2013):

Tabela 2 - Propriedades das Argamassas de Assentamento de Alvenaria

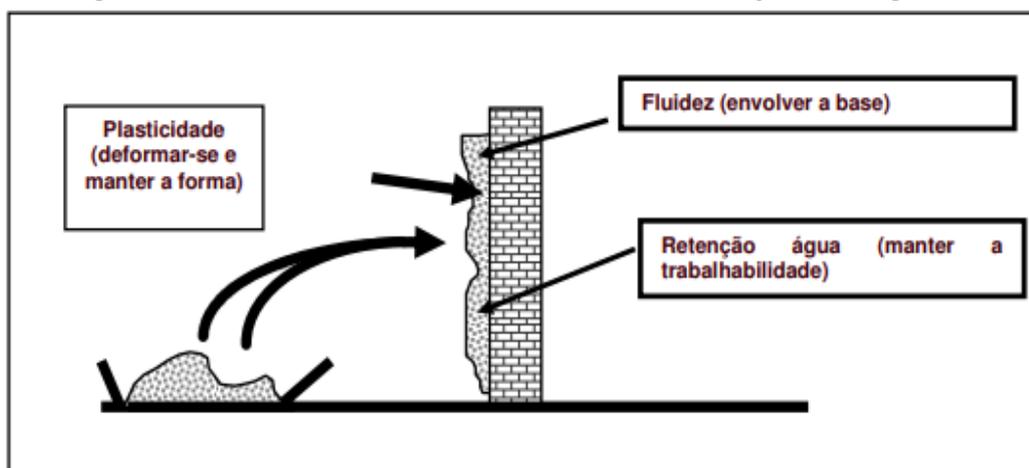
Funções	Principais requisitos / Propriedades
Juntar as unidades de alvenaria e auxiliá-las a resistir aos esforços laterais	Trabalhabilidade (consistência, plasticidade e retenção de água)
Distribuir semelhante as cargas atuantes na parede por toda o local resistente dos blocos	Aderência
Absorver deformações naturais em que a alvenaria tiver	Capacidade de absorver deformações
Selar as juntas	Resistência mecânica

Fonte: Coutinho; Pretti; Tristão (2013).

Argamassa de revestimento é empregada para revestir muros, tetos e paredes, e normalmente utilizam-se acabamentos como revestimentos cerâmicos, laminados, pintura etc. As argamassas aplicadas em revestimentos devem possuir materiais e suas proporções respectivas de dosagem condizente com o acabamento e condições de exposição previsíveis; apresentar resistência mecânica compatível com o acabamento decorativo escolhido; e em caso de ser coloridas, o pigmento deve aguentar à alcalinidade das argamassas e a ação da radiação ultravioleta. Normalmente, o traço para argamassa de revestimento é formado por areia média e fina, cal, cimento e aditivos (CARASEK, 2016; SILVA; PEREIRA; PÓVOAS, 2015).

O processo de realização dos revestimentos requer condições específicas das argamassas. Além do mais, as argamassas devem apresentar plasticidade para se deformar em relação a superfície do substrato no momento do lançamento e aplicação, retenção de água para permanecer a trabalhabilidade no decorrer da aplicação e fluidez para englobar a rugosidade do substrato. A Figura 3 retrata a complexa situação da realização do revestimento. Então, a argamassa na massa deve possibilitar facilidade de manuseio (não grudar na ferramenta, não segregar, estar fluída e plástica o suficiente). Ao lançar a argamassa, ela deve se fixar no exterior do substrato, recebendo ainda o manuseio que objetiva espalhar e acomodar a camada para logo após ocorrer o sarrafeamento (retenção de água e plasticidade) (BAUER, 2013).

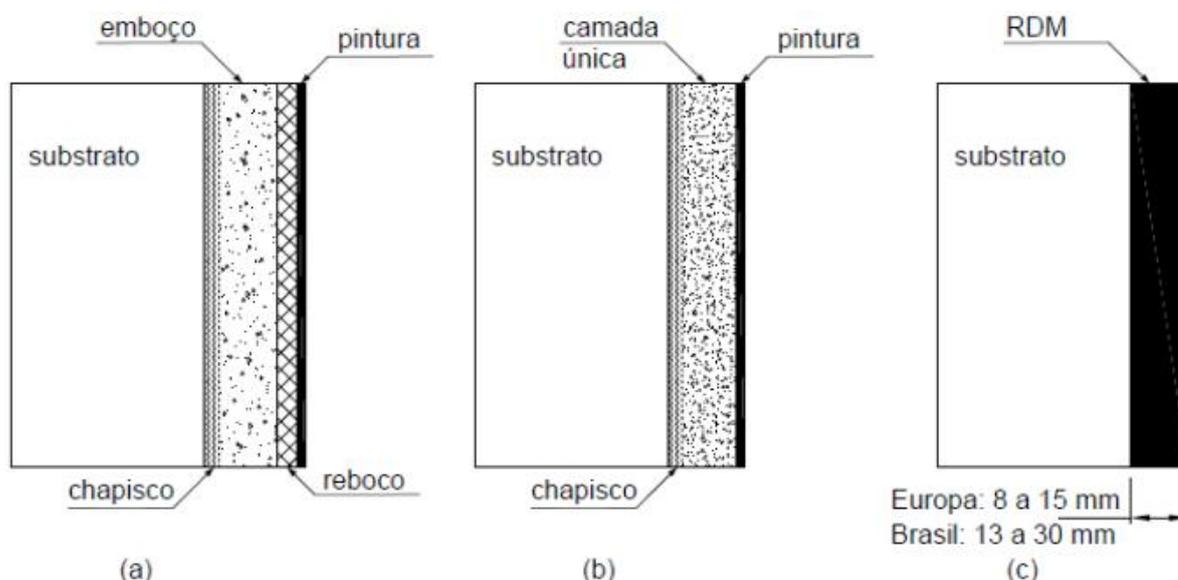
Figura 3 - Trabalhabilidade e maneiras de utilização da argamassa



Fonte: Bauer (2013).

Os revestimentos de parede podem ser executados de diversos modos (Figura 4), mudando conforme o propósito e a região na qual serão realizados: (a) emboço + reboco + pintura (maneira mais antiga, sendo pouco u); (b) camada única + pintura; (c) revestimento decorativo monocamada (RDM) (OLIVEIRA, 2013).

Figura 4 - Distintas técnicas de revestimento de parede



Fonte: Oliveira (2013).

Existem os substratos de tijolo, concreto, bloco cerâmico e de concreto e bloco-sílico-calcário. Já o chapisco é uma camada de preparação da base, aplicada de modo descontínuo ou contínuo, com o objetivo de uniformizar a superfície em relação à absorção e aperfeiçoar a aderência do revestimento (SILVA; PEREIRA; PÓVOAS, 2015).

O emboço baseia-se em cobrir e normalizar a superfície do chapisco ou substrato, proporcionando uma superfície que possibilite receber outra camada de revestimento cerâmico, de reboco ou outro método ou tratamento decorativo. Em relação ao reboco, é uma camada de revestimento usada para cobrir o emboço, permitindo uma superfície que proporcione receber o revestimento decorativo ou se institua no acabamento final. E o revestimento de camada única é realizado diretamente sobre os substratos, sem ter a precisão da utilização anterior do emboço. Nesta situação, a camada única possui papel duplo, isto é, deve obedecer às necessidades do emboço e da camada de acabamento (reboco) (BAUER, 2013).

O Revestimento decorativo monocamada é conhecido como um revestimento usado em uma única camada, que executa, concomitantemente, a atribuição de regularização e decorativa, muito empregado na Europa (CARASEK, 2016).

3.5 APLICAÇÃO DE RESÍDUOS VÍTREOS EM MATRIZES CIMENTÍCIAS

Os substitutos parciais ou as adições do cimento tornaram-se uma parte fundamental das misturas cimentícias. A utilização de adições como os resíduos vítreos é vantajoso, porque melhora a durabilidade das argamassas e as propriedades mecânicas pelo seu impacto benéfico na microestrutura do produto. Algumas vantagens da introdução de resíduos em mistura cimentícia são: efeito pozolânico tendo em alguns constituintes; efeito fíler inserido pelos finos, que ocasiona maior compacidade e elevação na resistência à compressão das argamassas; diminuição do gasto de cimento em razão ao aumento de resistência decorrente dos dois primeiros efeitos mencionados (SANTOS, 2016).

A busca pela incorporação de resíduos de vidro na composição de matrizes cimentícias também tem como objetivo diminuir os impactos ambientais causados com o lançamento destes em aterros sanitários, bem como, uma forma viável economicamente de substituir o custo com o cimento portland na composição de matrizes cimentícias.

Alguns estudos referentes a inserção de RV em matrizes cimentícias definem a utilização deste resíduo como adjunto de agregados ou aglomerantes, sendo o mais recomendado a granulometria fina, abaixo de 75 μ m, porque para aumentar as

características mecânicas das matrizes cimentícias, o alto índice de atividade pozolânica, existe nos resíduos vítreos (SAUER, 2013).

Entretanto segundo Sauer (2013), a permeabilidade das argamassas possui uma tendência de diminuir com a elevação do teor de substituição dos materiais vítreos, sendo que a argamassa com 26% de troca teve os valores menores de absorção por capilaridade.

Na pesquisa de Oliveira et al. (2015), averiguaram a troca de 20% do cimento de argamassas de revestimento pelo vidro contendo partículas menores a 149 μm , sendo fabricadas argamassas com traços de 1:4, 1:5 e 1:6, com o propósito de observar as substituições comparando com os traços de referência. Os resultados relataram que o traço 1:5 com a troca de 20% teve um ganho de resistência sobre todas as argamassas. Desse modo, a introdução do vidro é mencionada como possível.

Matos e Coutinho (2012), executaram pesquisas referente a durabilidade e as propriedades mecânicas de argamassas, tendo RV em substituição ao cimento, obteve resultados favoráveis sobre a trabalhabilidade, porque argamassas com 10 e 20% de troca do cimento, alcançaram significativa melhora na trabalhabilidade. Já em relação as propriedades químicas, o vidro pode ser visto como um material bom, se o conteúdo alcalino não for considerado.

Desse modo, pode-se verificar que o emprego do resíduo de vidro, tem se revelado bastante vantajoso quanto a sua inserção em compósitos cimentícios, por ser um produto rico em sílica amorfa, e se usado em uma granulometria fina, isto é, inferior de 100 μm como recomendam os autores, é um material importante pozolânico, que pode colaborar nas propriedades mecânicas de argamassas e concretos pelo efeito pozolânico, assim como melhorar também o empacotamento da matriz, visto que suas partículas finas demonstram ser boas para ocupar os vazios da matriz (LOPES, 2017).

4 METODOLOGIA

As etapas desta pesquisa compreendem: uma revisão bibliográfica acerca do assunto e um programa experimental.

A revisão bibliográfica teve como objetivo aprofundar o conhecimento através de outros estudos, buscando entender os impactos de materiais não reciclados lançados diretamente no meio ambiente, bem como em aterros sanitários, os resultados obtidos com a incorporação de resíduos na composição de matrizes cimentícias. Sendo pesquisados nas bases de dados Google Acadêmico, *Scientific Eletronic Library Online (SCIELO)* e outros.

No programa experimental foram desenvolvidos alguns métodos e procedimentos, tendo como objetivo geral desta pesquisa a utilização de resíduos vítreos como um componente da matriz cimentícia, substituindo parcialmente o agregado miúdo, garantindo ou melhorando as propriedades básicas.

Sendo assim, nessa etapa foi desenvolvido o planejamento dos ensaios experimentais: Densidade de Massa, Índice de consistência, Absorção d'água e índice de vazios; Resistência à tração por compressão diametral; Resistência a compressão. Esses ensaios foram executados no laboratório da Faculdade de Educação e Meio Ambiente (FAEMA), Ariquemes-RO, tiveram início no dia 14 de setembro de 2020, seguindo as normas de cada ensaio.

Portanto, determinou os fatores controláveis a seguir: Substituição parcial do agregado miúdo para resíduo de vidro nos percentuais de 10%, 20% e 25% no traço da argamassa, conforme prescrições a ABNT NBR 7215 (2019);

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, foi dividido em três etapas, onde na primeira foi a caracterização física dos materiais, na segunda foram feitos ensaios no estado fresco e por fim foi feito os ensaios no estado endurecido.

4.1 MATERIAIS

Para a execução das argamassas do programa experimental, foram confeccionados a moldagem de 36 corpos de prova, sendo mantidas as

características das dosagens, possibilitando a comparação entre os percentuais dos traços avaliados.

Os materiais utilizados na composição das peças cimentícias são de fácil acesso no comércio local, sendo:

- Cimento Portland;
- Agregado Miúdo (Areia);
- Água;
- Resíduo de vidro (Garrafas)

4.1.1 Cimento portland

O cimento utilizado para a confecção das argamassas foi do tipo CP – II Z 32, produzido pela empresa CIPLAN, esse cimento foi escolhido devido ser o mais comercializado nesta região, tendo como objetivo trazer a realidade do comércio local para o programa experimental. Cimento este que preenche os requisitos estabelecidos pela norma em vigor, ABNT NBR 16697/2018.

Na tabela 3, está apresentada a caracterização do cimento portland, conforme as informações expostas pelo fabricante.

Tabela 3 – Caracterização física do cimento

Resistênc ia 1º dia	Resistênci a 3º dia	Resistênc ia 7º dia	Resistênc ia 28º dia	Blaine	Início da pega	Fim da pega
15,0 Mpa	23,0 Mpa	28,0 Mpa	33,0 Mpa	5000	195 min	270 min

Fonte: Fabricante (2020).

4.1.2 Agregado Miúdo

O agregado miúdo que foi utilizado no programa experimental foi a areia média lavada, de origem natural, extraída no município de Ariquemes – RO. O motivo pelo qual foi escolhido foi por ser o material mais comumente utilizado na região e de fácil acesso no comércio local.

A caracterização física da areia foi feita conforme os requisitos normativos NBR NM 248/2003, na qual apresentou os resultados segundo a tabela 4.

Tabela 4 – Composição granulométrica do agregado miúdo (Areia)

PENEIRA	% RETIDA MÉDIA	% RETIDA ACUMULADA	% PASSANTE
4,75 mm	01,19	01,19	98,81
2,36 mm	06,21	07,40	92,60
1,18 mm	25,18	32,58	67,42
0,600 mm	30,69	63,27	36,73
0,300 mm	29,27	92,54	07,46
0,150 mm	06,78	99,32	00,69
Fundo	00,69	100,00	00,00
Dimensão máxima característica	4,75 mm	Módulo de finura	2,96

Fonte: Próprio Autor (2020).

4.1.3 Água

A água utilizada para produção na mistura das argamassas é uma água limpa, potável, proveniente da rede de distribuição pública, distribuída pela concessionária AEGEA.

4.1.4 Resíduo vítreo

O resíduo de vidro utilizado para confecção das argamassas com percentuais de substituições do agregado miúdo é proveniente do comércio local, onde foi coletado das garrafas descartáveis do consumo de bebidas alcoólicas, conforme demonstrado na figura a seguir.

Figura 5 – Garrafas de vidro



Fonte: Próprio Autor (2020).

Possibilitando um retorno como matéria prima, a estes produtos que tinham destino aos aterros sanitários.

A caracterização física deste produto foi executada segundo os requisitos normativos NBR NM 248/2003, apresentando os resultados similares aos resultados granulométricos da areia, conforme a tabela a seguir:

Tabela 5 – Composição granulométrica do agregado miúdo (Vidro)

PENEIRA	% RETIDA MÉDIA	% RETIDA ACUMULADA	% PASSANTE
4,75 mm	01,88	01,88	98,12
2,36 mm	06,92	08,80	91,20
1,18 mm	25,47	34,27	65,73
0,600 mm	30,52	64,79	35,21
0,300 mm	22,54	87,32	12,68
0,150 mm	09,86	97,18	02,82
Fundo	02,82	100,00	00,00
Dimensão máxima característica	4,75 mm	Módulo de finura	2,94

Fonte: Próprio autor (2020).

4.2 PROCEDIMENTO DE DOSAGEM, MISTURA, MOLDAGEM E CURA DAS ARGAMASSAS

4.2.1 Dosagem das argamassas

Para este programa experimental foi feito um traço com uma argamassa de referência, no qual não foi adicionado em sua composição cimentícia quantidade de resíduo de vidro, para ser possível fazer a comparação das argamassas com a incorporação de RV. Para as dosagens foi desenvolvido o traço conforme é especificada na norma de determinação de resistência a compressão, NBR 7215 (2019), estabelecendo para o traço as quantidades de 1:3 (Cimento: areia), medidas essas contabilizadas em peso, e com o fator de relação água/cimento de 0,48.

Para as argamassas com a incorporação de RV na composição, foi utilizado à substituição percentual do agregado miúdo em peso, sendo realizados os traços nos percentuais de 10%, 20% e 25% de RV na composição. O fator de relação água/cimento 0,48 esteve fixado para todos os traços de igual valor, para demonstrar a real resistência mecânica das peças, comparadas a peça de referência, segundo mostrado na tabela a seguir.

Tabela 6 – Dosagem das argamassas

NOMECLATURA	CIMENTO	AREIA	RV (%)	A/c
RF	1	3	-	0,48
RV10	1	3	10	0,48
RV20	1	3	20	0,48
RV25	1	3	25	0,48

Fonte: Próprio Autor (2020).

4.2.2. Processo de mistura das argamassas

Para a realização da mistura dos componentes das argamassas, foi usado um misturador mecânico do tipo planetário (figura 6), este procedimento de mistura, foi realizado conforme prescrito na NBR 7215 (2019).

Foram realizados os seguintes passos para a mistura da argamassa de referência:

- I. Foi colocada na cuba de alumínio toda a água determinada no traço;
- II. Foi colocado na cuba de alumínio o cimento e misturado por 30s em velocidade baixa;
- III. Após os 30s de mistura, foi adicionado o agregado miúdo no decorrer de 30s.
- IV. Posteriormente com todas as partes de insumos da composição foi aumentada a velocidade para alta e misturado por mais 60s, totalizando 2 minutos de mistura dos insumos.
- V. Por fim, foi retirada toda a argamassa existente na cuba e na pá do misturador planetário.

Foram realizados os seguintes passos para a mistura da argamassa com a adição de resíduos de vidro:

- I. Foi colocada na cuba de alumínio toda a água determinada no traço;
- II. Foi colocado na cuba de alumínio o cimento e misturado por 30s em velocidade baixa;
- III. Após os 30s de mistura, foi adicionado o percentual de resíduo de vidro no decorrer de 30s
- IV. Após os 30s de mistura, foi adicionado o restante percentual do agregado miúdo no decorrer de 30s.
- V. Posteriormente com todas as partes de insumos da composição foi aumentada a velocidade para alta e misturado por mais 60s, totalizando 2 minutos e meio de mistura dos insumos.
- VI. Por fim, foi retirada toda a argamassa existente na cuba e na pá do misturador planetário (Figura 6).

Figura 6 – Misturador Planetário



Fonte: Próprio Autor (2020).

4.2.3 Moldagem e cura dos corpos de prova

Para a efetuação da modelagem dos corpos de prova foi utilizado moldes metálicos com formato prismáticos e dimensões de 4x4x16 cm, onde são constituídos com três compartimentos de igual tamanho, servindo de molde para três peças de corpo de prova (CP's). Para cada traço dos compostos foram moldados 09 (nove) CP's, para a execução dos ensaios de resistência à tração na flexão e compressão com as idades de 7, 14 e 28 dias. As modelagens destes CP's foram realizadas respeitando as normas prescritas na NBR 13279 (2005).

Figura 7 - (a) Forma prismática (b) Forma cilíndrica



Fonte: Próprio Autor (2020).

Já para o teste de absorção de água, foram modelados 03 (três) CP's para cada traço de composto, sendo estes, modelados no formato cilíndrico com dimensões de 10 cm de altura e 5 cm de circunferência. Os moldes cilíndricos são metálicos, sendo preenchidos de forma unitária, ou seja, cada forma produz um corpo de prova, respeitando os procedimentos prescritos na NBR 7215 (2019). Para a desforma dos CP's, foram feitas após 24 horas de sua modelagem, sendo colocados para a cura com água saturada, onde em um tanque de cura foram postos submerso em água com cal até a idade prevista para os ensaios, moldagem e cura dos CP's respeitaram os procedimentos regidos na NBR 9479 (2006).

Tabela 7 – Tipos de Ensaios, quantidades de CP's e idades ensaiadas

Idades	Ensaios	Quantidades de CP's por traço
Fresco	Consistência	3
	Densidade de massa	3
7 dias	Res. À tração na flexão	3
	Res. à compressão	3
14 dias	Res. À tração na flexão	3
	Res. à compressão	3
28 dias	Res. À tração na flexão	3
	Res. à compressão	3
	Absorção de água por imersão	3

Fonte: Próprio autor (2020).

4.3 DETERMINAÇÃO DAS ARGAMASSAS NO ESTADO FRESCO

Segundo as prescrições determinadas na NBR 13276 (2016): Argamassa para Assentamento e Revestimento de Paredes e Tetos – Preparo da Mistura e Determinação do Índice de Consistência. Foi feito o índice de consistência utilizando a mesa de consistência (*flow table*), conforme exposto na figura 8.

Seguindo os seguintes passos para a utilização da mesa de consistência:

- Foi colocado a argamassa no molde tronco-cônico metálico em 03 (três) camadas sucessivas de alturas aproximadamente iguais, após o preenchimento de cada camada é realizado 15, 10 e 5 golpes usando o soquete metálico, desse modo, a argamassa vai se distribuir uniformemente.
- Posteriormente, foi feito o rasamento da argamassa utilizando uma régua metálica rente a borda do tronco-cônico, em seguida, foi limpo em volta do molde, eliminando todas as partículas.
- Em seguida foi feito o acionamento da manivela durante 30s, efetuando o movimento 30 (trinta) vezes de maneira uniforme.
- Imediatamente após as repetidas movimentações, foi executado a medição do espalhamento do molde, em 03 (três) diâmetro de pontos diferentes e registrados todos os resultados.

Figura 8 – Mesa de consistência (*flow table*)



Fonte: Próprio Autor (2020).

4.3.1 Densidade de massa

Seguindo as determinações de procedimentos prescritos na NBR 13278 (2005): Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado, foi feito o ensaio de densidade de massa.

Para o teste de densidade de massa, foi utilizada a equação exposta abaixo:

$$A = \frac{M_c - M_v}{V_r}$$

Onde:

M_c = massa do recipiente cilíndrico, possuindo a argamassa de ensaio, em g;

M_v = massa do recipiente cilíndrico vazio, em g

V_r = volume do recipiente cilíndrico, em cm³.

4.4 DETERMINAÇÃO DAS ARGAMASSAS NO ESTADO ENDURECIDO

4.4.1 Resistência à tração na flexão e à compressão – NBR 13279/2005

Para a realização do ensaio da resistência à tração na flexão, os corpos de prova são realizados os rompimentos através da prensa exposta na figura 9. Onde são submetidos à tensão de ruptura e registrados os resultados.

Após os registros das resistências à tração na flexão dos CP's, os mesmos corpos de prova são submetidos ao ensaio de compressão, são utilizadas as duas metades dos CP's, onde cada uma das partes é ensaiada individualmente, posteriormente é realizado a média das partes para obtenção dos resultados.

Figura 9 – Instrumentação dos ensaios: (a) Resistência à tração na flexão; (b) Resistência à compressão.



Fonte: Próprio Autor (2020).

4.4.2 Absorção de água por imersão e índice de vazios

Conforme ABNT 9778 (2009): Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por imersão – Índice de vazios e massa específica. Foi realizado aos 28 (vinte e oito) dias o ensaio, onde através da saturação do CP's submersos na água foi possível quantificar a absorção de água por imersão e o índice de vazios através das equações a seguir:

Absorção de água por imersão

$$\frac{M_{sat} - M_s}{M_s} \times 100$$

Índice de vazios

$$\frac{M_{sat} - M_s}{M_s - M_i} \times 100$$

Onde:

M_{sat} – Massa do corpo de prova saturado

M_s – Massa do corpo de prova seco em estufa

M_i - Massa do corpo de prova saturado por imersão

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta etapa é apresentada os resultados do programa experimental, onde são demonstrados os ensaios realizados, análise e discussão sobre o assunto.

5.1 DETERMINAÇÃO DAS ARGAMASSAS NO SEU ESTADO FRESCO

5.1.1 Índice de consistência

Conforme a NBR 13276/2016, os valores apresentados nos ensaios, demonstraram que o índice de consistência tem menor trabalhabilidade quando possui maior quantidade de grãos finos em sua composição.

Na tabela a seguir são demonstrados os resultados obtidos nos ensaios.

Tabela 8 – Índice de consistência

Traço	Resíduo de vidro %	Relação A/C	Índice de consistência (mm)
RF	-	0,48	155
RV10	10	0,48	152
RV20	20	0,48	151
RV25	25	0,48	149

Fonte: Próprio Autor (2020).

Desse modo, foi observado que à medida que vai aumentando a quantidade de resíduos de vítreos, vai diminuindo o índice de consistência, ou seja, menor a trabalhabilidade da argamassa.

Na pesquisa de Wang (2011) e Tan e Du (2013), condiz com os resultados obtidos nesse estudo, pois com a introdução de resíduo de vidro, ocorre a redução da consistência. Essa queda pode ser em razão da granulometria fina (abaixo de 75 μm) do resíduo usado, porque um material de superfície maior específica tende a requerer consumo maior de água.

5.1.2 Densidade de massa

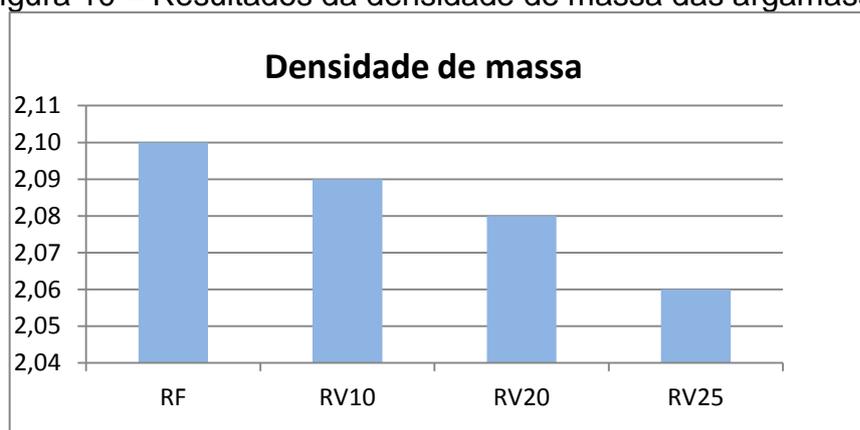
Os resultados dos testes de densidade de massa executados no estado fresco estão apresentados na tabela 9 e figura 10.

Tabela 10 – Densidade de massa das argamassas

Traço	Densidade
RF	2,10
RV10	2,09
RV20	2,08
RV25	2,06

Fonte: Próprio autor (2020).

Figura 10 – Resultados da densidade de massa das argamassas



Fonte: Próprio autor (2020).

Observa-se que a densidade foi inferior a amostra de referência, porém os resultados ficaram bem parecidos e perto do valor de referência. E ao incorporar o resíduo de vidro ao composto demonstrou perda de densidade respectivamente.

Na pesquisa de Sauer (2013), os resultados foram compatíveis com esse estudo, porque aconteceu uma tendência de queda na quantidade da massa específica com a elevação do teor de resíduo incorporado. Esses resultados colaboram com o achado de Du e Tan (2013) em suas pesquisas.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS NO SEU ESTADO ENDURECIDO

Neste tópico são demonstrados os resultados dos testes efetuados no estado endurecido, no qual foi feitos ensaios em relação à absorção de água por imersão, índice de vazios e resistência mecânica: resistência à tração na flexão e à compressão.

5.2.1 Absorção de água por imersão e índice de vazios

Neste tópico estão apresentados os resultados obtidos do ensaio realizado, conforme demonstrado na tabela 10 e figura 11.

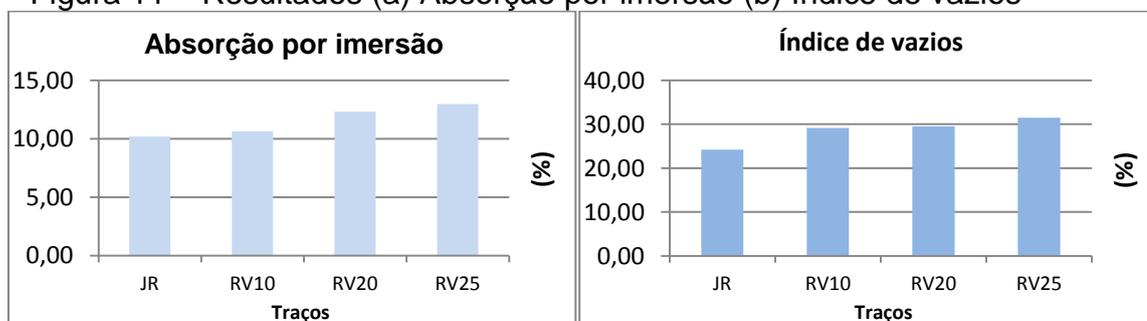
Tabela 10 – Resultados da absorção por imersão e índice de vazios

Traço	Absorção por imersão (g/cm ³)	Índice de vazios (%)
RF	10,20	24,23
RV10	11,62	29,19
RV20	11,96	29,55
RV25	12,97	31,46

Fonte: Próprio autor (2020).

Na figura a seguir, podem-se observar de forma gráfica os resultados do ensaio obtido neste estudo.

Figura 11 – Resultados (a) Absorção por imersão (b) Índice de vazios



Fonte: Próprio autor (2020).

O teste de absorção por imersão e índice de vazios obtiveram resultados superiores ao de referência, principalmente na porcentagem de 25% de resíduo de vidro, foi bem elevado. Na absorção por imersão as outras porcentagens ficaram próximas ao valor de referência. Já no índice de vazios nenhuma porcentagem ficou próxima ao valor de referência. Então, pode-se averiguar que o RV influenciou na absorção de água dos corpos de prova. Dessa forma, essa amostra vai apresentar pouco tempo de durabilidade e maior ataque químico devido aos elementos químicos.

No estudo Ribeiro (2015), os resultados obtidos foram diferentes dos encontrados nesse, porque o dele teve redução nos valores de absorção total e no índice de vazios, com exceção entre 28 e 63 dias, que tiveram uma elevação da absorção e do índice de vazios.

5.2.2 Resistência à tração na flexão – NBR 13279/2005

Os resultados da resistência à tração na flexão das argamassas estão apresentados neste tópico e demonstrados através da tabela 11 e figura 12. Na tabela 11 são apresentados os valores obtidos dos ensaios, demonstrando a média da resistência à tração na flexão para cada traço de argamassa e comparados a argamassa de referência nas idades de rupturas de 07, 14 e 28 dias.

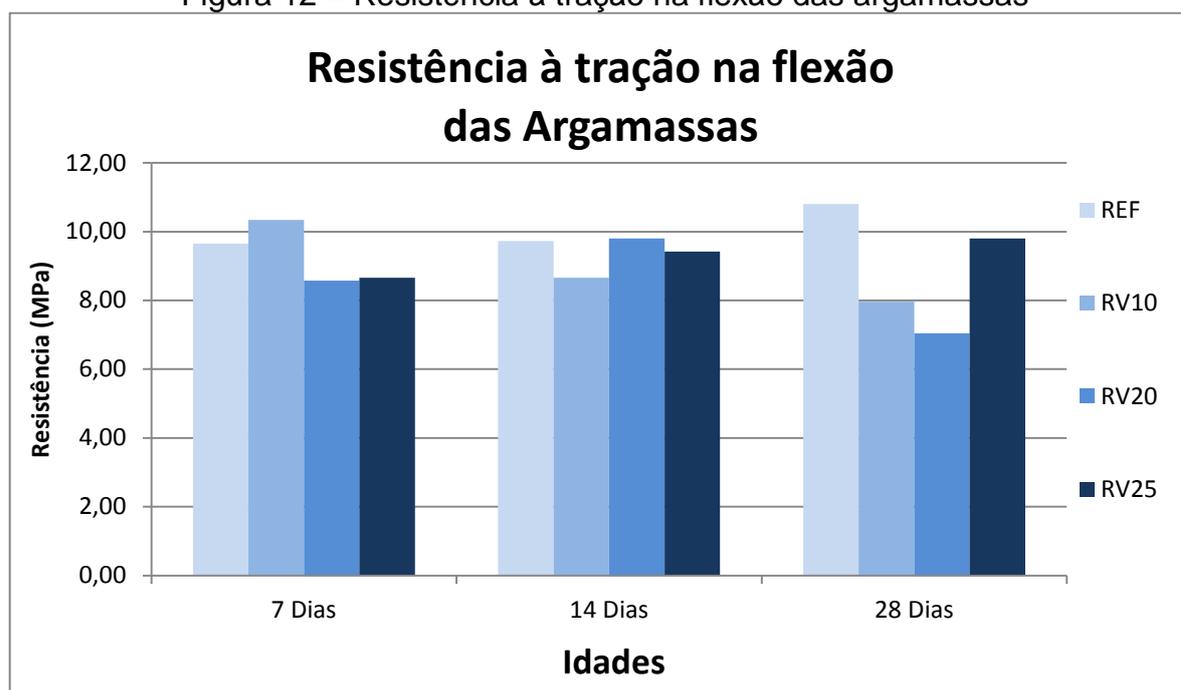
Tabela 11 – Resistência à tração na flexão das argamassas

IDENTIFICAÇÃO DO TRAÇO	TENSÃO (MPa) 07 DIAS	TENSÃO (MPa) 14 DIAS	TENSÃO (MPa) 28 DIAS
RF	09,65	09,73	10,80
RV10	10,34	08,66	07,97
RV20	08,58	09,81	07,05
RV25	08,66	09,42	09,81

Fonte: Próprio autor (2020).

Na figura abaixo, pode-se averiguar de maneira gráfica os resultados do ensaio obtidos neste estudo.

Figura 12 – Resistência à tração na flexão das argamassas



Fonte: Próprio autor (2020).

Analisando a resistência à tração na flexão das argamassas, percebe-se que os resultados obtidos pela argamassa de referência apresentaram um ganho contínuo no decorrer das idades de cura. Porém nota-se que na idade de 7 dias, a argamassa com inserção de RV com percentual de 10% de substituição do agregado miúdo, apresentou resistência superior à argamassa de referência, enquanto as demais apresentaram valores inferiores de resistência.

Entretanto, percebe-se que com o passar das idades, as amostras com teor de incorporação de 10% apresentaram resultados insatisfatórios, pois apresentou uma perda na resistência de aproximadamente 23% entre a primeira idade até a última idade de ensaio realizada.

Com tudo, a amostra com maior teor de incorporação, RV25, demonstrou ganho crescente na resistência à tração na flexão com o passar do tempo de cura. Apresentando resultados similares ao da argamassa de referência, demonstrando uma resistência de em torno de 9,17% inferior.

Desse modo, no estudo de Ruppenthal (2018), os traços com substituição do resíduo de vidro obtiveram também resultados inferiores ao concreto de referência. Contudo, o traço com porcentagem de substituição de 10% foi o que chegou mais perto do traço referência, mas ele teve um considerável ganho de resistência apenas

a partir de 7 dias de idade, distinto dos demais traços que continuaram com diminuída resistência em todas as idades.

5.2.3 Resistência à compressão – NBR 13279/2005

Os resultados da resistência à compressão das argamassas estão apresentados neste tópico e demonstrados através da tabela 12 e figura 13 a seguir. Na tabela 12 são apresentados os valores obtidos dos ensaios, demonstrando a média da resistência à compressão para cada traço de argamassa e comparados a argamassa de referência nas idades de rupturas de 07, 14 e 28 dias.

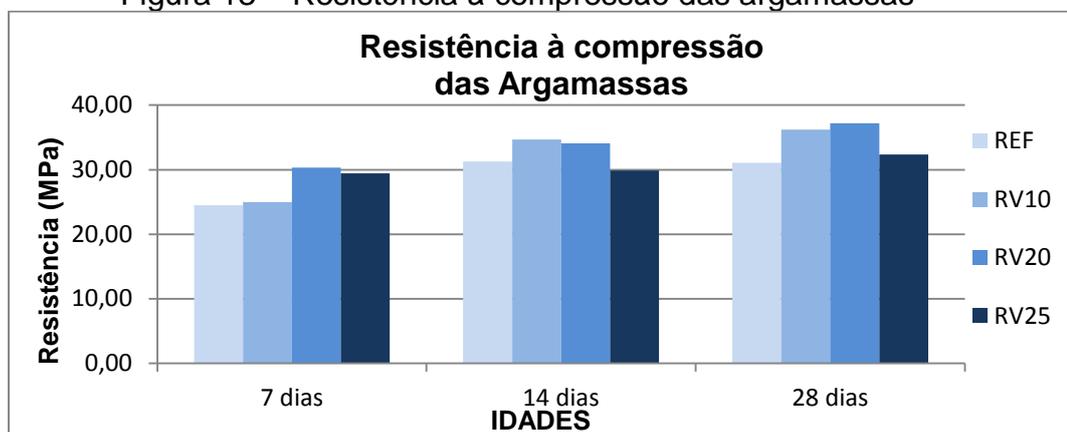
Tabela 12 – Resistência à compressão das argamassas

IDENTIFICAÇÃO DO TRAÇO	TENSÃO (MPa) 07 DIAS	TENSÃO (MPa) 14 DIAS	TENSÃO (MPa) 28 DIAS
RF	24,51	31,26	31,04
RV10	24,98	34,69	36,19
RV20	30,30	34,10	37,21
RV25	29,42	29,88	32,37

Fonte: Próprio autor (2020).

Na figura a seguir, podem-se observar de forma gráfica os resultados do ensaio obtidos neste estudo.

Figura 13 – Resistência à compressão das argamassas



Fonte: Próprio autor (2020).

Analisando a resistência à compressão das argamassas, percebe-se que os resultados alcançados pela argamassa de referência teve um ganho contínuo entre o primeiro e o segundo ensaio de ruptura, porém nota-se que na idade de 28 dias, a argamassa de referência diminuiu sua resistência, entretanto as argamassas com incorporação de RV substituindo parcialmente o agregado miúdo apresentaram resistência superior à argamassa de referência, com um aumento contínuo durante o processo de cura das idades ensaiadas.

Percebe-se que os traços com substituição demonstraram resultados satisfatórios com resistência superior de 16,6%, 19,9% e 4,3% respectivamente, a amostra RV20, demonstrou a maior diferença percentual de resistência.

No entanto, no estudo de Sauer (2013), aconteceu ao contrário, as argamassas com substituição de resíduo de vidro, alcançaram resultados de resistência menores que à argamassa de referência. Estes resultados são parecidos aos encontrados por Antônio (2012), em suas pesquisas em relação a incorporação de resíduo de vidro.

CONCLUSÃO

Com base nos objetivos traçados, o programa experimental resultou através dos ensaios estabelecidos, a viabilidade esperada para a substituição dos agregados miúdos por resíduos de vidro. Pode-se considerar que as propriedades mecânicas das matrizes cimentícias confirmam parcialmente as hipóteses previamente levantadas.

Em relação à densidade de massa, as argamassas com RV tiveram resultados inferiores aos de referência.

Já a absorção de água por imersão e índice de vazios, obtiveram resultados superiores ao valor de referência.

A resistência à compressão atingiu o objetivo desta pesquisa, confirmando a viabilidade de substituição parcial do agregado, aumentando satisfatoriamente a resistência. Atingindo o valor aproximado de 20% a mais de resistência após o tempo de cura.

A resistência à tração na flexão com desempenho melhor foi a da argamassa com maior substituição de resíduo de vidro pela areia. Porém, com um resultado significativo comparando-a com a de referência, com aproximadamente 10% a menos de resistência.

REFERÊNCIAS

- AKERMAN, Mauro. **Natureza, Estruturas e Propriedades do Vidro**. Centro Técnico de Elaboração do Vidro, São Paulo, 2000. Disponível em: http://www.dimensaodigital.com.br/ufpr/cf361/vidro_SaintGobain.pdf/. Acesso em: 12 nov. 2020.
- ANTÔNIO, Aline Pignaton. **Potencialidades do aproveitamento do resíduo de estação de tratamento de efluentes do processo de lapidação do vidro sodo-cálcico na produção de concretos**. 2012. 163p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2012. Disponível em: https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/3949/1/tese_5557_ALINE%20PIGNATON%20ANT%c3%94NIO.pdf. Acesso em: 01 set. 2020.
- ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE VIDRO (ABIVIDRO). **Benefícios reciclagem do vidro**. 2020. Disponível em: <https://abividro.org.br/beneficios-da-reciclagem-do-vidro/>. Acesso em: 12 nov. 2020.
- ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS AUTOMÁTICAS DE VIDRO (ABRAVIDRO). **Panorama Abravidro 2017**: consumo de vidros cai 11,8% no Brasil. 2017. Disponível em: <https://abravidro.org.br/punoticias/panorama-abravidro-2017-consumo-de-vidros-cai-118-no-brasil/>. Acesso em: 12 nov. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13278 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado**. 2005. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=3682>. Acesso em: 11 ago. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13276 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência**. 2016. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=361653>. Acesso em: 08 maio 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9479 - Argamassa e concreto - Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova**. 2006. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=1693>. Acesso em: 07 jun. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13279 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão**. 2005. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=3685>. Acesso em: 07 jun. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 9778 - Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica**. 2005. Disponível em: <https://www.target.com.br/produtos/normas- tecnicas/36398/nbr9778-argamassa-e-concreto->

endurecidos-determinacao-da-absorcao-de-agua-indice-de-vazios-e-massa-especifica. Acesso em: 07 jun. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 248 - Agregados - Determinação da composição granulométrica.** 2003a. Disponível em: http://professor.pucgoias.edu.br/sitedocente/admin/arquivo_supload/17827/material/nbr_nm248_2003.pdf. Acesso em: 07 jun. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão.** 1995. Disponível em: http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivos_Upload/17827/material/NBR%207215%20-.pdf. Acesso em: 05 jun. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16697 - Cimento Portland — Requisitos.** 2018. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5011098/mod_resource/content/0/NBR16697%20-%20Arquivo%20para%20impress%C3%A3o.pdf. Acesso em: 05 jun. 2020.

BAUER, Elton. **Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades.** 2013. Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/123/anexo/revesar.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2020.

BRASIL. **LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 2010. Disponível em: planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 23 out. 2020.

COUTINHO, Sandra Moscon; PRETTI, Soraya Mattos; TRISTÃO, Fernando Avancini. Argamassa preparada em obra x argamassa industrializada para assentamento de blocos de vedação: Análise do uso em Vitória-ES. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n.21, p.41-48, 2013. Disponível em: http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art4_N21.pdf. Acesso em: 23 nov. 2020.

ELLIOT, S. R. **“Physics of Amorphous Materials”.** Harlow, Essex, England: New York: 1990. 481p.

LOPES, Raduan Krause. **Utilização de resíduo moído de vidro industrial na confecção de argamassa de cimento portland em Porto Velho/RO.** 2017. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2017. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/6214/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Raduan%20K.%20Lopes.pdf. Acesso em: 12 nov. 2020.

LORDELO, Rodrigo Seixas Dourado. **Avaliação da utilização de resíduo de vidro de garrafas na produção de argamassa.** 2018. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana, 2018. Disponível em: http://www.ppgecea.uefs.br/arquivos/File/dissertacoes/2018/Rodrigo_Seixas_Dourado_Lordelo.pdf. Acesso em: 23 nov. 2020.

MATOS, Ana Mafalda; COUTINHO, Joana Sousa. Durability of mortar using waste glass powder as cement replacement. **Construction and Building Materials**, v. 36, p. 205–215, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061812002292>. Acesso em: 12 nov. 2020.

MACHADO, About Gleysson B. **Reciclagem de Vidro**. 2013. Disponível em: <https://portalresiduossolidos.com/reciclagem-de-vidro/>. Acesso em: 11 set.. 2020.

OLIVEIRA, Gabriel José Augusto. **Influência do método de aplicação sobre o desempenho de aderência de revestimentos de argamassa**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2013. Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/INFLU%C3%80NCIA_DO_M%C3%89TODO_DE_APLICA%C3%87%C3%83O_SOBRE_O_DESEMPENHO_DE_ADER%C3%80NCIA_DE_REVESTIMENTOS_DE_ARGAMASSA_\(2013\).pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/INFLU%C3%80NCIA_DO_M%C3%89TODO_DE_APLICA%C3%87%C3%83O_SOBRE_O_DESEMPENHO_DE_ADER%C3%80NCIA_DE_REVESTIMENTOS_DE_ARGAMASSA_(2013).pdf). Acesso em: 12 nov. 2020.

OLIVEIRA, Renata; BRITO, Jorge, VEIGA, Rosário. Reduction of the cement content in rendering mortars with fine glass aggregates. **Journal of Cleaner Production**, v. 95, p. 75–88, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652615001626>. Acesso em: 12 nov. 2020.

RECENA, Fernando Antônio Piazza. **Conhecendo argamassa**. EDIPUCRS: Porto Alegre, 2011. 188p.

RIBEIRO, Anderson Osvaldo. **Estudo de resíduo da lapidação de vidro para incorporação em argamassas de cimento Portland**. 2015. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14232/1/EstudoResiduoLapidacao.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2020.

RUPPENTHAL, Lucas. **Análise do desempenho mecânico do concreto convencional com adição de resíduo de vidro como substituição parcial do cimento**. 2018. 83f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Universidade do Vale do Taquari. Lajeado, 2018. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/2423/1/2018LucasRuppenthal.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2020.

SANTOS, Diogo Pereira. **Influência do resíduo de vidro nas propriedades de uma argamassa colante**. 2016. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Goytacazes, 2016. Disponível em: <http://uenf.br/posgraduacao/engenharia-civil/wp-content/uploads/sites/3/2016/12/Disserta%C3%A7%C3%B5es-de-Mestrado-2016-DIOGO-PEREIRA-DOS-SANTOS.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2020.

SAUER, Aline Silva. **Estudo do potencial de aplicação do resíduo de vidro laminado em argamassas de recuperação estrutural**. 2013. 180f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico. Vitória, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/3959>. Acesso em: 23 out. 2020.

SILVA, Lindemberg Lima. **Resíduos vítreos: um estudo nas vidraçarias do município de Sousa-PB**. 2015. Disponível em: <http://revistaea.org/pf.php?idartigo=2588>. Acesso em: 12 nov. 2020.

SILVA, Rafael Araújo Dias; PEREIRA, Rodolfo Bringel; PÓVOAS, Yêda Vieira. **Viabilidade da Utilização de Argamassa Estabilizada Através do Ensaio de Arrancamento**. 2015. Disponível em: <http://revistas.poli.br/index.php/rep/article/view/1161/522>. Acesso em: 12 nov. 2020.

TAN, Kiang Hwee; DU, Hongjian. Use of waste glass as sand in mortar: Part I – Fresh, mechanical and durability properties. **Cement and Concrete Composites**, v.35, p. 109-117, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095894651200203X#:~:text=Test%20results%20indicated%20that%20use,bond%20with%20the%20cement%20paste>. Acesso em: 23 nov. 2020.

WANG, Her Yung. The effect of the proportion of thin film transistor-liquid crystal display (TFT-LCD) optical waste glass as a partial substitute for cement in cement mortar. **Construction and Building Materials**, v.25, p. 791-797, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061810003715>. Acesso em: 05 nov. 2020.



RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO DE PLÁGIO

DISCENTE: Jônatas Gambarti Moreira da Silva

CURSO: Engenharia Civil

DATA DE ANÁLISE: 07.11.2020

RESULTADO DA ANÁLISE

Estatísticas

Suspeitas na Internet: **8,04%**

Percentual do texto com expressões localizadas na internet 🚩

Suspeitas confirmadas: **6,4%**

Confirmada existência dos trechos suspeitos nos endereços encontrados 🚩

Texto analisado: **86,55%**

Percentual do texto efetivamente analisado (frases curtas, caracteres especiais, texto quebrado não são analisados).

Sucesso da análise: **100%**

Percentual das pesquisas com sucesso, indica a qualidade da análise, quanto maior, melhor.

Analisado por Plagius - Detector de Plágio 2.4.11
segunda-feira, 7 de dezembro de 2020 17:59

PARECER FINAL

Declaro para devidos fins, que o trabalho do discente **JÔNATAS GAMBARTI MOREIRA DA SILVA**, n. de matrícula **23135**, do curso de Engenharia Civil, foi **APROVADO** na verificação de plágio, com porcentagem conferida em 8,04%. Devendo o aluno fazer as correções que se fizerem necessárias.

(assinado eletronicamente)
HERTA MARIA DE AÇUCENA DO N. SOEIRO
Bibliotecária CRB 1114/11
Biblioteca Júlio Bordignon
Faculdade de Educação e Meio Ambiente

Assinado digitalmente por: Herta Maria de A?ucena
do Nascimento Soeiro
Razão: Faculdade de Educação e Meio Ambiente
Localização: Ariquemes RO
O tempo: 07-12-2020 18:32:07