

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR - MG
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL
KAIQUE FERNANDES DE OLIVEIRA

**INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE VIDRO EM PÓ EM ARGAMASSAS DE
ASSENTAMENTO**

FORMIGA – MG
2018

KAIQUE FERNANDES DE OLIVEIRA

INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE VIDRO EM PÓ EM ARGAMASSAS DE
ASSENTAMENTO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil do UNIFOR- MG,
como requisito para a obtenção do título de
Engenheira Civil.

Orientadora: Prof^a. Esp. Mariana Del Hoyo
Sornas

FORMIGA – MG

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca UNIFOR-MG

O48 Oliveira, Kaique Fernandes de.

Incorporação de resíduos de vidro em pó em argamassas de
assentamento / Kaique Fernandes de Oliveira. – 2018.

53 f.

Orientadora: Mariana Del Hoyo Sornas.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia
Civil) –

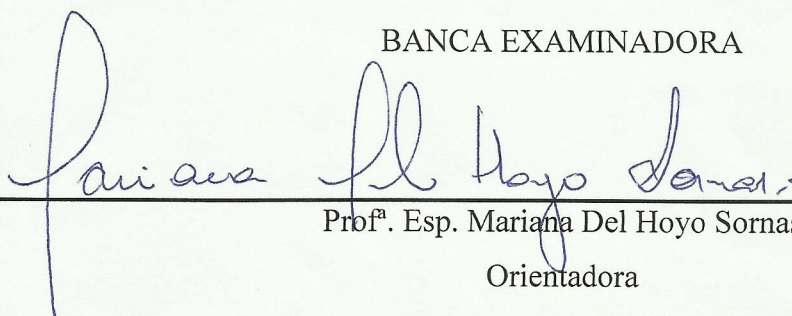
Catalogação elaborada na fonte pela bibliotecária
Regina Célia Reis Ribeiro – CRB 6-1362

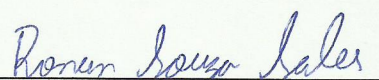
Kaique Fernandes de Oliveira

INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE VIDRO EM PÓ EM ARGAMASSAS DE
ASSENTAMENTO

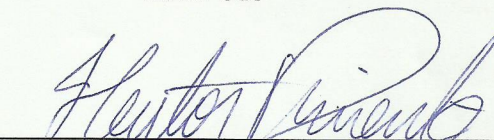
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil do UNIFOR- MG,
como requisito para a obtenção do título de
Engenheira Civil.

BANCA EXAMINADORA


Prof.ª Esp. Mariana Del Hoyo Sornas
Orientadora


Prof. D.r Ronan Souza Sales

UNIFOR


Heytor Marcos Silva Pimenta
Engenheiro Civil

Formiga, 8 de novembro de 2018.

RESUMO

O ciclo produtivo da construção civil, exhibe grandes impactos ambientais em todas as suas etapas, sendo considerada uma das maiores consumidoras de matérias-primas naturais a mesma também e rotulada como uma grande geradora de resíduos. Para minimizar estes impactos a incorporação de resíduos sólidos industriais em materiais de construção civil, vem se tornando uma alternativa interessante, os mesmos são incorporados na produção de argamassas, concretos, blocos cerâmicos, dentre outras. O objetivo desse trabalho foi analisar os efeitos da substituição em 15%, 20% e 25% de resíduo pó de vidro *float* por cimento *Portland*, em argamassas de assentamento. O presente estudo foi desenvolvido por meio de comparação dos resultados de uma argamassa com produção convencional ou seja livre de pó de vidro e as propriedades das argamassas produzidas a partir da substituição do cimento. Todos os corpos de prova foram moldados com o mesmo traço, tendo sua única fonte de variação a substituição em porcentagens de pó de vidro por cimento. As argamassas foram estudadas no estado endurecido, onde foram feitos testes para avaliar as propriedades da nova argamassa em vários aspectos, como resistência a compressão e se haverá alguma reação indesejada na relação vidro/cimento. O ensaio de resistência apresentou uma perda gradativa na resistência a compressão à medida que substituíam-se o pó de vidro por cimento. Entretanto, essa queda não afetou o limite de resistência da argamassa de assentamento, visto que todos os resultados do experimento foram superiores. Estes resultados indicam o potencial de utilização do resíduo de vidro como substituto parcial do cimento em argamassas de assentamento, apresentando qualidades adequadas de resistência a compressão, e viabilidade sustentável, contribuindo assim com o meio ambiente e conseqüentemente reduzindo os impactos ambientais.

Palavras-chave: construção civil, substituição, sustentável.

ABSTRACT

The productive cycle of the civil construction, shows great environmental impacts in all its stages, being considered one of the biggest consumers of natural raw materials the same also and labeled as a great generator of waste. In order to minimize these impacts, the incorporation of solid industrial waste into civil construction materials has become an interesting alternative. They are incorporated in the production of mortars, concretes, ceramic blocks, among others. The objective of this work was to analyze the effects of the substitution in 15%, 20% and 25% of residual float glass powder by Portland cement in laying mortars. The present study was carried out by means of a comparison of the results of a mortar with conventional production or free of glass powder and the properties of the mortars produced from the replacement of the cement. All specimens were molded with the same trace, their only source of variation being the substitution in percent of glass powder per cement. The mortars were studied in the fresh and hardened state, where tests were done to evaluate the properties of the new mortar in several aspects, such as compressive strength and if there is any undesired reaction in the glass / cement ratio. The strength test showed a gradual loss in compressive strength as the glass powder was replaced with cement. However, this fall did not affect the resistance limit of the mortar of settlement, since all the results of the experiment were superior. These results indicate the potential of using the glass residue as a partial replacement of the cement in laying mortars, presenting adequate qualities of compressive strength, and sustainable viability, thus contributing to the environment and consequently reducing environmental impacts.

Keywords: civil construction, replacement, sustainable,

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aplicação de argamassa de assentamento.....	17
Figura 2 - Classificação da argamassa segundo consistência.....	23
Figura 3 - Interação da perda de água da argamassa fresca em uma junta de assentamento....	25
Figura 4 - Resíduo de Vidro utilizado.....	32
Figura 5 - Resíduo de vídeo triturado.....	32
Figura 6 - Preparação da argamassa comum.....	37
Figura 7 - Argamassa sendo preparada com a adição do pó de vidro.....	38
Figura 8 - Moldagem dos corpos de prova.....	39
Figura 9 - Corpos de prova em processo de cura.....	39
Figura 10 - Teste compressão.....	43
Gráfico 1 - Resultados da prensa de compressão (MPa).....	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Usos, funções e propriedades das argamassas de assentamento.....	16
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Tipos de cimento brasileiros e normas especificam.....	19
Tabela 2 - Massa mínima por amostra de ensaio.....	33
Tabela 3 - Determinação da composição granulométrica do vidro em pó.....	41
Tabela 4 - Determinação do índice de finura do pó de vidro.....	42
Tabela 5 - Quantidade de material utilizado para o traço de cada argamassa.....	42
Tabela 6 - Resultados da prensa de compressão (MPa).....	44
Tabela 7 – Análise estatística das resistências das argamassas.....	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo Geral	13
2.2.	Objetivos Específicos.....	13
3	JUSTIFICATIVA	14
4	REFERENCIAL TEÓRICO	15
4.1	Argamassa	15
4.1.1	Tipos de argamassa	15
4.1.2	Funções das argamassas e suas aplicações	16
4.1.3	Argamassa de assentamento de alvenaria	18
4.2	Composição das argamassas de assentamento de alvenaria.....	19
4.2.1	Cimento	19
4.2.2	Cal	21
4.2.3	Agregados Miúdos	22
4.2.4	Água	22
4.3	Propriedades das argamassas de assentamento de alvenaria.....	22
4.3.1	Propriedades no estado fresco e métodos de ensaio associados	23
4.3.2	Propriedades no estado endurecido	27
4.4	Vidro <i>float</i>	27
4.4.1	Panorama do vidro <i>float</i> no Brasil	29
4.5	Geração Resíduos	29
4.6	Aplicação do resíduo de vidro plano em pó na construção civil	30
5	MATERIAL E MÉTODO	32
5.1	Materiais empregados	32
5.2	Métodos	34
5.2.1	Caracterização do Pó de Vidro	34
5.2.3	Moldagem dos corpos de prova	39
5.2.4	Desforma e cura dos corpos de prova	40
5.2.5	Resistência à compressão	41
5.2.6	Análise Estatística.....	41
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
6.1	Determinação da finura do Pó de vidro.....	42

6.2	Resistência à compressão	44
6.3	Análise Estatísticas	46
7	CONCLUSÃO	48
8	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	49
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

1 INTRODUÇÃO

Devido à grande competitividade no mercado de construção civil a fins de reduzir danos ao meio ambiente na extração de recursos naturais. Encontrar aplicações para os resíduos industriais ao invés de descartá-los vem ganhando importância no atual modelo de gerenciamento das empresas, as mesmas estão buscando por sustentabilidade e viabilidade ecológicas no seu processo construtivo.

A preocupação com resíduos, de maneira geral, é relativamente recente no Brasil. Assim, sabe-se que as práticas hoje adotadas estão muito aquém quando se observa o volume gerado. No entanto, vem se notando crescente incentivo para que se desenvolvam práticas sustentáveis visando equilibrar essa situação. Sendo a Construção Civil um dos setores com maior participação na geração de resíduos.

Segundo Rocha e Cherief (2003) a indústria da construção civil, atualmente reconhece a necessidade de se desenvolver novos materiais e técnicas construtivas que minimizem a geração de resíduos e os danos causados ao meio ambiente.

Um desses seguimentos da construção civil em que há possibilidades de viabilizar tais processos é no seguimento de argamassas, sabe-se que a mesma possui como principal aglomerante em sua composição o cimento, esse que para sua composição gera grandes impactos ao meio ambiente.

Pensando na grande geração de resíduos e na degradação do meio ambiente o presente trabalho analisou resíduos de vidro flat, com o intuito de realizar uma possível substituição do material cimentício composto na fabricação de argamassas de assentamento.

Estudos feitos por Ramos et al (2013), Matos e Sousa- Coutinho (2012), determinaram que a substituição do cimento pelo pó de vidro moído, até determinados limites de substituição, na composição de argamassas apresenta alternativas viáveis a suas propriedades. Para isso é necessário à utilização de tecnologias alternativa, que visem a redução ao até mesmo a eliminação dos resíduos gerados.

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo geral analisar as propriedades da argamassa de assentamento, utilizando porcentagens de 15% 20% e 25% de pó de vidro em substituição do cimento, ponderando as viabilidades técnicas e sustentáveis dessa substituição.

2 OBJETIVOS

Esta seção destina-se a apresentar os objetivos do vigente trabalho, sendo eles divididos em objetivo geral e objetivos específicos conforme descritos a seguir.

2.1 Objetivo Geral

O trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de aplicação do resíduo de pó de vidro *float*, como substituição parcial do cimento em argamassas de assentamento de alvenaria de vedação de forma a confirmar tal aplicação como solução viável de destinação desse resíduo.

2.2. Objetivos Específicos

Para atingir os resultados esperados, propõem-se os seguintes objetivos específicos;

- Elaborar corpos de provas com intuito de analisar o efeito da substituição parcial de 15%, 20% e 25% de pó de vidro pelo material cimentício em argamassas de assentamento, avaliando e comparando resultados encontrados;
- Verificar a resistência a compressão axial após os 28 dias de cura, comparando as com as amostras em substituição;
- Analisar e discutir através de gráficos e tabelas os resultados obtidos a partir da realização do ensaio de compressão;
- Realizar análise estatística, para verificação do grau de variância de cada amostra.

3 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos a questão ambiental tornou-se iminente diante do grande avanço do setor industrial, em razão das várias consequências ambientais associadas ao processo de fabricação, observa-se a degradação do meio ambiente devido ao aumento da exploração dos recursos naturais, conseqüentemente as grandes quantidades de resíduos gerados durante a extração e fabricação dos produtos e o inadequado descarte no final da sua vida útil.

O Brasil é um grande gerador de resíduos, produzindo em média 62 milhões toneladas de lixo de 2011 para 2012, sendo que a quantidade de vidro descartado no lixo corresponde a 3% e desse total 45% são recicladas. Para isso é necessário a utilização de tecnologias alternativa, que visem a redução ao até mesmo a eliminação dos resíduos gerado.

Portanto visando uma alternativa viável a reciclagem de materiais, foi escolhido o vidro, material esse 100% reciclável e que se encontra facilmente no mundo. Segundo Pereira Filho e Toffoli (2002) o vidro na forma de pó é um rejeito industrial que não pode ser reaproveitado no próprio processo, pois o pó quando misturado as matérias-primas para a produção do vidro é suspenso ao ar devido à ação de queimadores, que sopram sobre os constituintes da mistura para que ocorra a fusão dos mesmos. O pó de vidro também pode gerar bolhas no material, devido ao grande volume de ar adsorvido nas superfícies das partículas.

Adicionalmente, sabe-se que a construção civil é uma grande aliada dos processos de reciclagem desse material, pesquisas científicas destinadas ao desenvolvimento de novos produtos tecnológicos compostos por estes, crescem, onde estas visam por meio da adição e substituição do mesmo em concretos e argamassas uma melhoria nas suas propriedades e uma diminuição no custo de preparação da mistura.

Assim, com o intuito de disponibilizar um novo material e também contribuir na diminuição de resíduos compostos por vidros, o presente trabalho se faz pela possibilidade de redução no consumo de cimento na produção de argamassas de assentamento, conseqüentemente a preservação das jazidas de matérias primas, ou ainda, devido aos benefícios que esse resíduo pode vim a oferecer quando incorporado ou substituído por outros componentes. Ressalta ainda como justificativa, a possibilidade de se agregar valor ao resíduo, criando assim uma alternativa economicamente vantajosa.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse capítulo, inicialmente, foi apresentado um embasamento teórico necessário para a compreensão do trabalho proposto, através de materiais obtidos por meio de pesquisas em literaturas existentes, trabalhos de conclusão de curso e experimentos já realizados.

4.1 Argamassa

Atualmente muito empregada na construção civil, tendo seu principal uso no assentamento de alvenarias, revestimento de paredes, muros e tetos, além de contra piso e rejuntas de revestimento de cerâmica e pedra (CARASEK. H., 2007).

A argamassa de acordo com a NBR 11172/89 tem por sua definição, ser uma mistura íntima e homogênea de aglomerante de origem mineral, agregado miúdo, água e eventualmente, aditivos, em proporções adequadas a uma determinada finalidade, capacidade de endurecimento e aderência.

De maneira sucinta Walid Yazigi, (2000), classifica argamassa quanto aos seus aglomerantes, onde argamassa de cal é classificada por seu aglomerante ser a cal, já a argamassa de cimento é aquela na qual o aglomerante é o cimento o mesmo ressalta que sua aplicação exige uma resistência mecânica maior, já a argamassa mista é a argamassa que em sua composição o aglomerante é o cimento e a cal, os mesmos em proporções adequadas à finalidade a que se destina.

4.1.1 Tipos de argamassa

A classificação quanto aos tipos das argamassas de assentamento e de revestimento é regida pela norma NBR 13281 (ABNT, 2005), que determina o uso e aplicação de cada uma delas, sendo:

Argamassa para assentamento

- De alvenaria de vedação: A mesma é indicada para ligação de componentes de vedação (como blocos e tijolos) no assentamento em alvenaria, com função de vedação.

- De alvenaria estrutural: A mesma e indicada para ligação de componentes de vedação (como blocos e tijolos) no assentamento em alvenaria, com função estrutural.
- De alvenaria (encunhamento): A mesma e indicada para fechamento da alvenaria de vedação, após a última fiada de componentes.

Argamassa para revestimento de paredes e tetos

- Interno: e indicada para revestimento de ambientes internos da edificação, caracterizando-se como camada de regularização (emboço ou camada única).
- Externo: Argamassa indicada para revestimento de fachadas, muros e outros elementos da edificação em contato com o meio externo, caracterizando-se como camada de regularização (emboço ou camada única)

Argamassa de uso geral

- Para assentamento de alvenaria sem função estrutural e revestimento de paredes e tetos internos e externos

Argamassa para reboco

- Para cobrimento de emboço, propiciando uma superfície fina que permita receber o acabamento; também denominada massa fina.

Argamassa decorativa em camada fina

- Para revestimentos com fins decorativos, a mesma apresenta uma camada fina.

Argamassa decorativa em monocamada

- Para revestimento de fachadas, muros e outros elementos de edificação em contato com o meio externo, aplicada em camada única e com fins decorativos.

4.1.2 Funções das argamassas e suas aplicações

As funções das argamassas estão diretamente ligadas as suas finalidades ou aplicações (CARASEK. 2007). Para as argamassas mais empregadas na construção civil, Martinelli (1991) estabelece de maneira sucinta as características desejáveis as argamassas de acordo com sua função e propriedade, visto no Quadro 1:

Quadro 1 - Usos, funções e propriedades das argamassas de assentamento.

Usos	Funções/Exigências	Propriedades
Assentamento estrutural	Resistir a esforços mecânicos Unir os elementos da alvenaria Vedar juntas	Trabalhabilidade Retenção de Água Aderência Resistência Mecânica Capacidade de Absorver deformações
Assentamento convencional	Unir os elementos da alvenaria Vedar juntas	Trabalhabilidade; retenção de água; resistência mecânica inicial; estabilidade volumétrica; capacidade de absorver deformações
Assentamento de acabamento	Unir elementos de acabamento ao substrato	Trabalhabilidade; retenção de água; aderência; estabilidade volumétrica; capacidade de absorver deformações
Chapisco	Unir camadas de revestimento ao substrato	Trabalhabilidade; aderência
Emboço	Vedar alvenaria Regularizar superfície Proteger o ambiente de intempéries	Trabalhabilidade; retenção de água; aderência; estanqueidade; estabilidade volumétrica

Fonte: Martinelli (1991).

Em análise ao quadro 1, observa-se que as propriedades desejáveis ao assentamento convencional e ao assentamento estrutural, ficam resumidas em trabalhabilidade, retenção de água, resistência mecânica, estabilidade volumétrica e capacidade de absorver deformações.

Visto isso Martinelli, (1991) faz considerações afirmando que se controlando a “resistência mecânica, capacidade de absorver deformações e aderência” é possível controlar também a maior parte das outras propriedades.

Sua aplicação varia de acordo com a quantidade de aglomerantes empregados na mistura, associadas também a granulometria da areia e a quantidade de água adicionada na mistura (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2011).

Para isso temos o traço que é o principal responsável por indicar as proporções de seus componentes oferece segurança condicional quanto à qualidade da argamassa e a quantidade no consumo e apropriação de custo (FIORITO, 2003).

4.1.3 Argamassa de assentamento de alvenaria

As argamassas de assentamento conforme figura 1 são utilizadas para elevação de paredes, muros e tijolos, na engenharia civil é também conhecida como unidade de alvenaria (CARASEK ,2007)

A mesma deve possibilitar uma instalação confortável dos tijolos e permitir a absorção das variações dimensionais, por isso é importante a moldabilidade/trabalhabilidade e a coesão da argamassa em estado fresco (BERTOLINE, 2010)

Figura 1 – Aplicação de argamassa de assentamento



(a) Bismaga

Fonte: Carasek (2007).



(b) meia desempenadeira ou palheta

Sua função segundo Ribeiro; Pinto; Starling (2011):

- Unir as unidades de alvenaria de forma a construir um elemento sólido, resistente a deformação;
- Absorver as deformações geradas pelos esforços naturais;
- Difundir de forma uniforme as cargas atuantes na parede;
- Selar as juntas contra a penetração da água da chuva

De modo esclarecedor uma parede submetida a um esforço, sendo o esforço atuante é tolerada pelos blocos, que transferem a mesma para outros blocos ou unidades de alvenaria através do elemento de união que é a junta de argamassa permite. Desta forma, pela ação desta junta, a carga é distribuída de maneira uniforme por toda a parede (AMTHAUER, 2003 apud PEDROSO 2001). Franco (1988) ressalta que a resistência à compressão da argamassa

de assentamento produzida pelo esforço dos blocos, deve adequar-se as características das mesmas, garantindo assim que as juntas de argamassa não sejam esmagadas.

Já argamassas com espessuras superiores a 2,5cm, podem apresentar fissuras prejudiciais que permitem a penetração de água da chuva ou que, pela sua amplitude, prejudicam os aspectos de origem os estéticos e os que induzem o usuário a temer pela segurança estrutural do edifício (MTHAUER, 2003 apud SABBATINI 1986).

Para cumprir adequadamente tais funções e evitar possíveis problemas na preparação e aplicação, algumas propriedades tornam-se essenciais, sendo as principais (CARASEK ,2007)

- Trabalhabilidade
- Retenção de Água
- Aderência
- Resistência Mecânica
- Capacidade de absorver deformações

4.2 Composição das argamassas de assentamento de alvenaria

A seguir são apresentados os materiais constituintes e o seu proporcionamento, assim como também as principais propriedades das argamassas de assentamento, tanto no estado fresco (trabalhabilidade, capacidade de retenção de água e aderência) como no estado endurecido (resistência à compressão e módulo de deformação). Além disso, serão discutidos os ensaios associados às essas propriedades.

4.2.1 Cimento

Sendo o principal aglomerante da construção civil, o cimento é um po fino constituído de sílica e alumínio de cálcio, que quando misturado com água apresenta elevada resistência mecânica (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2011).

Sua fabricação baseia se na moagem da matéria prima, que em seguida é misturada em proporções adequadas e calcinados em fornos rotativo que chagam a 1450 °C, após atingir essa temperatura o material sofre uma fusão elementar formando nódulos endurecidos, conhecidos como clínquer, em seguida o mesmo é resfriado e moído até ficar bem fino, posteriormente é adicionado um pouco de gesso em sua mistura, resultando o cimento *Portland* (NEVILLE, 1997).

Como em muitos países, no Brasil são fabricados diversos tipos de cimento, que correspondem à maior ou menor exaltação das propriedades dos seus principais componentes e resultam no desenvolvimento de variadas características mecânicas, físicas e químicas, devido a vasta quantidade de material existente no mercado, uma análise profunda na obra determinará a escolha correta do cimento (SOUZA e RIPPER, 1998).

Na TAB. 1 encontra-se o resumo dos diversos tipos de cimento brasileiros e as normas que os especificam.

Tabela 1- Tipos de cimento brasileiros e normas especificam

Designações	Classes	Norma ABNT
Cimento Portland comum	CP I – 25	NBR – 5732
	CP I – 32	
	CP I – 40	
Cimento Portland comum (com adições)	CPI – S - 25	NBR – 5732
	CP I – S - 32	
	CP I – S - 40	
Cimento Portland composto (com escória)	CP II – E - 25	NBR – 11578
	CP II – E - 32	
	CP II – E - 40	
Cimento Portland composto (com pozolana)	CP II – Z - 25	NBR – 11578
	CP II – Z - 32	
	CP II – Z - 40	
Cimento portland composto (com filler)	CP II – F - 25	NBR – 11578
	CP II – F - 32	
	CP II – F - 40	
Cimento Portland de alto-forno	CP III – 25	NBR – 5735
	CP III – 32	
	CP III – 40	
Cimento Portland pozolânico	CP IV – 25	NBR – 5736
	CP IV – 25	
Cimento Portland de alta resistência inicial	CP V - ARI	NBR – 5733

Fonte: SOUZA e RIPPER, 1998

O conhecimento e a utilização adequada do cimento em argamassa favorecem a melhoria nos seus estados, no estado fresco, acarreta uma baixa no tempo de endurecimento e

um aumento em sua expansão e retração, já no estado endurecido ocorre um aumento na aderência superficial e na resistência a compressão, por outro lado a capacidade de acomodar deformações diminui, para isso temos o CP V ARI que apresenta uma elevada finura em sua composição, utilizado em proporções adequadas proporciona uma melhoria na resistência e aderência de uma argamassa (CARASEK, 2007).

Os cimentos compostos por pozolanas e escórias, apresentam um endurecimento mais lento, produzindo assim argamassas mais resilientes. Aliado a isso, por possuírem maior área específica, auxiliam na trabalhabilidade e retenção de água (PRUDÊNCIO Jr. et al., 2003)

4.2.2 Cal

Seu nome genérico, cal, se dá por vim de uma rocha calcária composta basicamente por carbonatos de cálcio CaCO_3 . O calcário submetido a temperaturas que chegam a 1200°C , sofrendo um processo conhecido como calcinação, que consiste no despreendimento do gás carbono obtendo assim o óxido de cálcio, conhecido como a cal viva (RIBEIRO; PINTO; STARLING, 2011).

Segundo Guimarães (2002), existem três tipos de cal, sendo elas:

- Cal viva ou cal virgem: é um produto inorgânico de cor branca, “com odor terroso”. Sua estrutura cristalina apresenta cristais avulsos ou acoplados com dimensões e espaços intercristalinos variáveis, notáveis somente por microscópio o mesmo apresenta dificuldade na sua observação quando maciça com microcristalinas compactadas
- Cal hidratada: consiste no seguimento do processo industrial que dá origem à cal viva que quando misturada com água produz uma reação de fase sólido-liquida e o produto final pode ser com aspecto lama ou uma solução mais saturada.
- Cal hidráulica: pode ser considerada como um produto medianeiro entre a cal virgem e o cimento Portland. Resulta da calcinação de calcários argilosos, procedimento que produz a combinação do hidróxido de cálcio com a sílica-quartzo e os minerais argilosos, formando relativa alta na porcentagem de compostos com propriedades hidráulicas.

4.2.3 Agregados Miúdos

Em geral agregado é um material particulado, de atividade química praticamente nula, constituído por uma mistura de partículas de rocha, que apresentam uma extrema gama de tamanho, de maneira sucinta, agregados são fragmentos de rochas, popularmente denominadas como “pedras” e “areia” de granulometria pequena (CARASEK, 2007).

Segundo a NBR NM 248 (ABNT, 2003), agregado miúdo com módulo de finura inferior a 2,40 é classificado como agregado fino e, para agregados com módulo de finura entre 2,40 e 3,30 são considerados como agregado médio.

Por sua origem, os agregados são classificados como naturais ou artificiais. Sendo os naturais encontrados facilmente na natureza (areia, cascalho ou pedregulho) e os artificiais são aqueles que apresentam sua composição particulada obtida por processo de industrialização, tendo como matéria prima pedras britadas, areias artificiais, escórias de alto-forno e argilas expandidas, entre outros (LA SERNA e REZENDE, 2009).

4.2.4 Água

Segundo Guimarães (1997), é de grande importância a utilização da água em argamassas, a mesma quando incorporada junto à cal, aos agregados e o cimento, formará uma massa contínua que deverá ser bem homogeneizada livre de vazios, esses que poderão dificultar as reações de consolidação do conjunto.

A água além de permitir o endurecimento da argamassa pela hidratação do cimento, é o responsável pela trabalhabilidade da mesma, a quantidade de água deve permitir uma boa aplicação, mas não pode causar a segregação dos constituintes (ROMAN et al, 1999).

Desta forma, a água a utilizar na mistura deve apresentar parâmetros de potabilidade, suspensão de impurezas químicas (cloretos e sulfatos) e resíduos industriais, especialmente os hidratos de carbono (açúcares) que, mesmo em pequenas quantidades, podem retardar em muito e até mesmo impedir a pega do concreto (SOUZA, RIPPER, 1998).

4.3 Propriedades das argamassas de assentamento de alvenaria

As propriedades das argamassas estão diretamente ligadas ao seu estado, de modo sucinto no estado fresco estão ligados à sua aplicação e no estado endurecido ligado ao seu comportamento ao longo do tempo (BERTOLINI, 2010).

Vale ressaltar que as propriedades das argamassas só podem ser avaliadas de forma completa, considerando a sua integração com o material com as quais ela está em contato, visto que as mesmas se comportam de maneira diferente quando assentadas sobre materiais distintos, ou seja, blocos cerâmicos ou de concreto (CARASEK 2007).

4.3.1 Propriedades no estado fresco e métodos de ensaio associados

Neste item serão abordadas as principais propriedades das argamassas de assentamento no estado fresco: trabalhabilidade, retenção de água, aderência e capacidade de absorver, deformações da junta fresca.

4.3.1.1 Trabalhabilidade

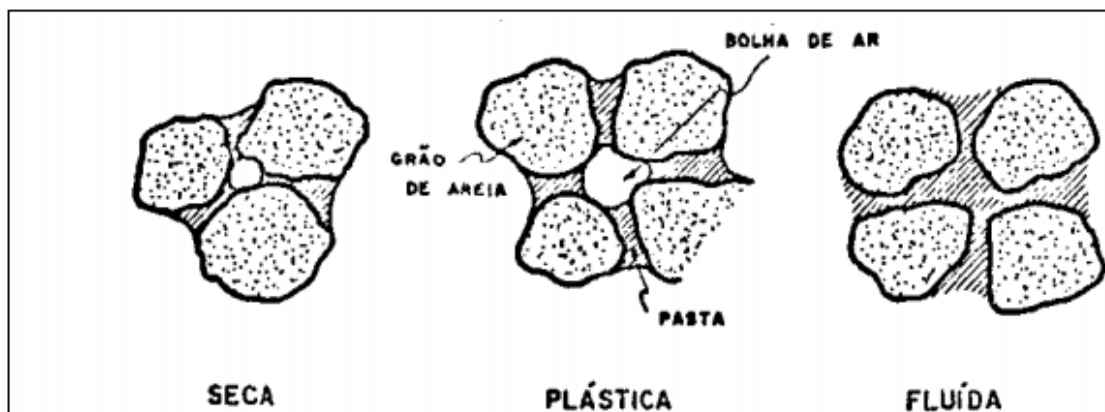
Segundo Gastaldini (2000) essa propriedade é complexa de se definir quanto medida, pois a mesma envolve outros fatores subjetivos, independentes ou inter-relacionáveis como a consistência, retenção de água, tempo de pega, massa específica, adesão e coesão.

Rocha, (2012) apud Sabbatini, (1986) conceitua trabalhabilidade, sendo a facilidade dos grãos dos agregados rolaem ente si, correlacionando-os com o atrito interno a coesão e a sua viscosidade, os mesmos são medidos indiretamente através da consistência, característica essa responsável pela resistência à deformação.

As argamassas possuem classificações quanto a sua consistência, seca, plástica ou fluida (FIG 2), de acordo com SABATINI (1986 apud ROCHA, 2012):

- Em argamassas secas, com presença de grãos de areia, sua massa é áspera pouco trabalhável, pois a pasta só preenche os vazios entre os grãos;
- Quanto plástica a pasta umedece a superfície dos grãos, lubrificando os, permitindo assim uma trabalhabilidade adequada;
- Na argamassa fluida, os grãos de areia estão imersos na pasta, totalmente molhados, assim apresentam facilidade de exsudação, ou seja, uma pasta líquida que se espalha facilmente.

Figura 2 - Classificação da argamassa segundo consistência



Fonte: Sabatini (1986, apud ROCHA, 2012, p. 24).

Gastaldini (2000), ressalta, caso não haja retenção de água adequada, a argamassa não se manterá plástica por tempo suficiente, ou seja, até o seu manuseio, com isso a mesma apresentará menor resistência quando endurecida, visto que é de extrema importância garantir-se a umidade da argamassa para que a mesma não interfira nas reações de hidratação do cimento, caso ocorra uma retenção inadequada de água a capacidade de absorver deformações, aderência e durabilidade também ficam prejudicadas.

Segundo Carasek (2007) não é uma tarefa fácil prescrever, avaliar e quantificar os valores da trabalhabilidade das argamassas, visto que estas propriedades dependem não somente das características intrínsecas da mistura, mais também das várias propriedades das matérias compostos na massa, da habilidade do operante que executa o serviço e da técnica de aplicação.

Comumente, a trabalhabilidade é avaliada indiretamente por métodos consagrados empregados para medir a consistência (CASALI, 2008). Podendo ser determinada pela NBR 13276 (ABNT, 2016), - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência que prescreve o método de determinação do índice de consistência da argamassa de assentamento a ser utilizada na realização de ensaios necessários à caracterização do material.

Segundo HOLSBACH (2004) experimentos demonstram que as argamassas compostas de cimento e areia possuem pouca trabalhabilidade; o acréscimo de água até certo limite melhora esta propriedade, porém piora as outras como sua resistência, e deve ser sempre evitada; já argamassas com adição de cal, é possível observar um aumento na trabalhabilidade porque a cal diminui a tensão superficial da massa e contribuindo para uma melhora na mistura com os agregados. Além disso, o autor supracitado salienta do seu alto

grau de finura da cal, que atua como lubrificante sólido entre outros grãos, porém o aumento depende muito do tipo de cal utilizada da maneira como ela foi preparada e é empregada. Pode-se também, aumentar a trabalhabilidade da argamassa aumentando a superfície da areia, ou seja, aumentando o teor de finos.

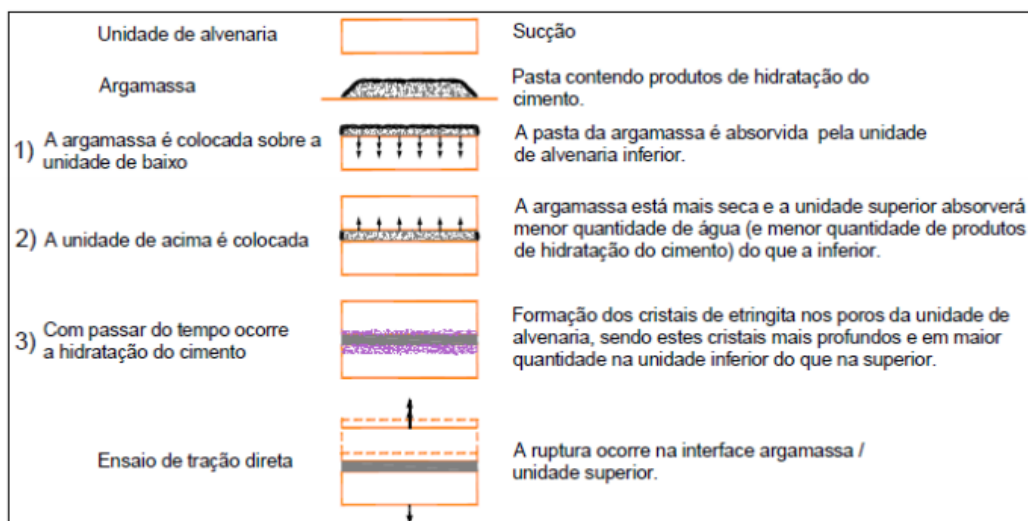
De maneira sucinta, uma argamassa trabalhável é aquela que permite um bom manuseio da massa na colher de pedreiro, deve se manter coesa, e quando aplicada sobre a unidade de alvenaria, deve fluir naturalmente sem aderir na colher de pedreiro, sendo de fácil espalhamento sobre a unidade (CARASEK. 2007).

4.3.1.2 Retenção de água

E a capacidade da argamassa absorver e reter água, uma vez que aplicada sobre o material de assentamento, começa a perdê-la rapidamente por sucção da base ou por evaporação, fazendo com que as reações de endurecimento da argamassa e hidratação do cimento aconteçam de forma gradativa e adequada e promovendo ganho de resistência (NAKAKURA e CINCOTTO, 2004).

A rápida perda de água prejudica a aderência, capacidade de absorver deformações e resistência mecânica comprometendo durabilidade e estanqueidade, isto pode ser evitado usando aditivos específicos ou com o aumento da superfície específica dos constituintes (BARROS et al,1998). A FIG 3 ilustra a perda de água da argamassa no estado fresco para a alvenaria.

Figura 3 - Interação da perda de água da argamassa fresca em uma junta de assentamento



Fonte: Carasek (2007)

Observa-se que além da argamassa entrar em contato primeiro com o bloco inferior, sofrendo o efeito de sucção pelos seus poros, o efeito da força da gravidade também atua como contribuinte na ligação mais efetiva entre a junta de assentamento e o bloco inferior (CARASEK, 2007).

Pereira (2005) salienta, para tijolos cerâmicos muito absorventes, os mesmos devem ser umedecidos antes de seu assentamento, assim influenciando na aderência entre o bloco e argamassa, ou seja, diminuindo a perda de água da argamassa sobre o bloco; nessas condições a aderência cresce com o aumento da resistência a compressão.

4.3.1.3 Aderência

Gastaldini (2000) conceitua aderência como sendo a capacidade que a interface base-argamassa possui de absorver tensões de cisalhamento e de tração a ela, sem se romper, esta resistência, nas alvenarias, depende da monolicidade da parede e a resistência da alvenaria frente a solicitações provocadas por deformações volumétricas como retração hidráulica ou a dilatação térmica, também deve resistir a cargas sofridas pelo fator vento; como carregamentos perpendiculares excêntricos e esforços ortogonais à parede.

Portanto não pode falar em aderência de uma argamassa sem especificar em que material que ela está aplicada, se é em tijolo ou blocos cerâmico, blocos de concreto, entre outros, visto que a aderência é uma propriedade que depende da influência mútua dos materiais (CARASEK, 2007).

4.3.1.4 Capacidade de absorver deformações

Define-se como sendo a capacidade de tolerar tensões sem romper, sem o aparecimento de fissuras e sem prejudicar a aderência (TIGGEMANN, 2016). Para Baía e Sabbatini (2008) as fissuras aparecem quando ocorre o alívio de tensões oriundas das deformações do substrato, sendo prejudiciais quando permitem a infiltração de água no revestimento, afetando assim o acabamento final, coisa que não pode acontecer.

A capacidade da argamassa de absorver deformação pode ser avaliada através do módulo de elasticidade que possui uma relação direta com a resistência à compressão e pode ser obtido através do procedimento estático ou dinâmico (SILVA, 2006).

Recena, (2008) ressalta que o módulo de elasticidade refere-se, à tensão necessária para que ocorra uma deformação em uma unidade de comprimento do substrato, portanto, o

módulo de elasticidade de um material possui uma relação entre tensão e deformação, de modo que, materiais que apresentem uma grande capacidade de se deformar, são materiais de que possuem baixo módulo de elasticidade e apresentam uma baixa resistência à compressão, já que são diretamente proporcionais.

4.3.2 Propriedades no estado endurecido

Neste item será abordada a principal propriedade da argamassa de assentamento no estado endurecido: resistência à compressão.

4.3.2.1 Resistência mecânica

A resistência mecânica das argamassas é determinada como a capacidade de resistir a esforços de compressão, tração ou cisalhamento, causados por cargas atuantes nas edificações, ou decorrentes às intempéries da natureza, mesmo após o seu endurecimento (NAKAKURA; CINCOTTO, 2004).

Segundo Carasek (2007) estão mais presentes em argamassas de assentamento os esforços de compressão, pela forma a qual a mesma é aplicada e o sentido em que os blocos são assentados; apesar disso não é necessário uma alta resistência da argamassa para garantir um bom desempenho das paredes, pelo contrário, a resistência da argamassa deve ser menor que a resistência dos blocos. Isso ocorre porque a argamassa exerce pouca influência a resistência a compressão da alvenaria.

ASTM C 270 (ASTM, 2007), para as argamassas de cimento, na qual apresentam em sua composição agregado miúdo e cimento, livre de cal ou aditivos, sua resistência média à compressão deve ser superior a 2,40 MPa

Carasek (2007) destaca que “as argamassas de alta resistência, as quais geralmente possuem um teor elevado de cimento, além de caras, possui baixa capacidade de absorver deformação, outro requisito fundamental da junta de assentamento”.

4.4 Vidro float

Segundo Akerman (2000) não se pode dizer com exatidão quando se foi descoberto o vidro, alguns historiadores acreditam que sua descoberta foi realizada acidentalmente a 3000 a.C. na Síria, por um grupo de fenícios.

Até se chegar no atual método de fabricação de vidro, foram utilizados outras técnicas como; graníticos, passando pela técnica do sopro, até chegar ao século XX, onde no ano de 1952, o Sir Allastair Pilkington chegou ao procedimento mais utilizado nos dias de hoje, o float (SANCHES, 2013).

O vidro float ou mais conhecido como vidro comum, é composto por sílica (maior parte provinda da areia), potássio, alumina, carbonato de sódio, magnésio e cálcio. Essas substâncias são combinadas com uma perfeita precisão e fundidas em alto forno com aproximadamente 1000 °C é continuamente derramado num tanque de estanho liquefeito, quimicamente controlado, posteriormente o mesmo flutua no estanho, espalhando-se lentamente de forma uniforme. A espessura é controlada pela velocidade da chapa de vidro que se solidifica à medida que continua avançando. Depois do recozimento (resfriamento controlado), o processo termina com o vidro apresentando superfícies polidas e paralelas, e então as chapas de vidro são cortada e destinada ao transporte, até o consumidor. O vidro *float* é a matéria-prima para o processamento de todos os demais vidros planos, tendo como exemplos os vidros temperados, o laminado e o refletivo ou espelhado, seu beneficiamento funciona de acordo com a exigência do consumidor final (ABRAVIDRO, 2011).

Marques (2012) sujeita uma atenção nas fases de fabricação e pós-fabricação, exigindo um controle perfeito na temperatura, o que favorece o uso do gás-natural, sendo este aplicado nos principais equipamentos do setor, nos fornos de fusão.

Por se tratar de um produto industrializado, o vidro segue uma cadeia produtiva que vai da extração de sua matéria prima (minerais), beneficiamento, até chegar ao processo de instalação. Seu beneficiamento funciona de acordo com a exigência do consumidor final (ABRAVIDRO, 2017)

Após produzido o vidro pode ser comercializado diretamente ao consumidor final, como no caso de revendedoras, como lojas e vidraçarias para o público em geral, além de ser utilizado em sua forma tradicional de fabricação, o vidro pode ser tratado, adquirindo novos formatos, funções e propriedades específicas (MONTANO; BASTOS, 2013).

Na engenharia civil, tornou-se peça fundamental para projetos e decorações, devido ao seu aperfeiçoamento tecnológico, hoje apresenta um papel importante na arte moderna. O mesmo é peça fundamental em janela, para-brisa de automóveis, telas de computadores entre outras. (CALDAS, 2012).

4.4.1 Panorama do vidro *float* no Brasil

O mercado de vidros no Brasil está em constante mudança, o que interfere diretamente nos negócios das vidraçarias e empresas de esquadrias, que utilizam o vidro em seus serviços, o mercado pode ser assim dividido em três pilares de consumo, sendo:

- 60 % na construção civil;
- 39 % na indústria automotiva;
- 1 % na indústria do mobiliário (doméstico).

Sendo que metade da produção do mobiliário é consumida pela indústria de bebidas; 38,5 % pela indústria farmacêutica; 5 % pela indústria cosmética e 6,5 % por vidraçarias em geral (PROJESUL, 2011).

Segundo Pestana (2017), o mercado brasileiro não traz boas notícias, depois de uma redução importante no ano de 2015, o mercado registrou uma nova queda em 2016.

A Abravidro (2017) ressalta que no ano de 2014 o consumo nacional aparente chegou ao seu pico máximo, totalizando 1.985.555 toneladas, com a redução em 2016 o mesmo caiu para 1.577.776 totalizando uma perda de 20% na produção. Com isso todo o mercado foi prejudicado, a mão de obra na indústria de transformação caiu 9,4%, isso significa 7 mil empregos perdidos.

Segundo dados publicados pelo Ministério da Indústria, Comércio, Exteriores e Serviços (MDIC) o mercado de exportação manteve em alta, chegando ao maior saldo na balança comercial dos últimos dez anos, totalizando um saldo de 114 mil toneladas de vidros planos comercializados, isso é resultado da valorização do real (MDIC, 2017).

Considerando que o consumo de vidro ocorre em média dezoito meses após o início da obra, a expectativa para a recuperação nacional no segundo semestre de 2017 é alta, são previstos melhorias nos pilares macroeconômicos, retomadas de emprego e avanço em reformas civis, com isso um novo crescimento na produção (PESTANA, 2017).

4.5 Geração Resíduos

Considera-se resíduo tudo aquilo que sobra de qualquer atividade, sendo ela animal, humana, industriais e natural, o mesmo é conhecido popularmente por “lixo”; como resíduos tais materiais possuem valores sociais, econômicos e ambientais que podem ser conservados, a partir do descarte e coleta seletivos e consequente envio para reciclagem, ou até mesmo para

a geração de energia, mas se descartado de forma incorreta pode gerar grandes impactos ambientais (LOGAREZZI, 2006).

MARQUES (2005) salienta que os impactos causados nos ambientes urbanos e rurais, como a poluição do solo, das águas, o acúmulo em bocas coletoras, são decorrentes, sobretudo, pelo descarte inadequado e conseqüentemente o acúmulo e gerado. O autor supracitado, ressalta também a ameaça a população que entra em contato com esse material, o mesmo sem tratamento e o ambiente perfeito para doenças e a proliferação de insetos, roedores e aves que se alimentam de matéria orgânica.

De acordo com estudo realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE 2017), a geração de resíduos cresceu mais do que a população, produzindo 1,3%, mais resíduos de 2011 para 2012 e a população cresceu cerca de 0,9%. Em 2012, o Brasil gerou 62 milhões toneladas de lixo e coletou 56 milhões de toneladas, assim aproximadamente 6 milhões de resíduos foram para em áreas impróprias (ABIVIDRO 2007).

Ao se tratar em particular do elemento vidro, sabe-se que o Brasil recicla cerca de 45% do total consumido anualmente, já outros países utilizam de outros meios para a reciclar os mesmos, os EUA por exemplo, consomem 11 milhões de toneladas/ano e reciclam 37% já a Suíça é o país que mais recicla com 83,9% de seu consumo (JUNIOR, 2001).

O autor supracitado aponta que cresce o número de estudos sobre a utilização de resíduos de vidro, sabe-se que o material é 100% reciclável, isso é um grande estímulo a pesquisas.

Santos (2009) alerta que, não se emprega o vidro plano no processo de reciclagem convencional, o mesmo possui composições químicas diferentes, que quando reaproveitado para produção de novos vidros pode causar trincas e defeito em vidros de embalagens, portanto a necessidade do desenvolvimento de novas técnicas que viabilizem estes processos.

4.6 Aplicações do resíduo de vidro plano em pó na construção civil

Existem diversas formas de incorporar os resíduos de uma determinada atividade em um processo produtivo, sabe-se que uma boa parte dos resíduos gerados possui um valor comercial, se sofrerem o aprimoramento adequado assim pode-se considerar o resíduo como uma matéria-prima potencial (NEHDI et al., 2005).

Considerando a importância de um modelo com novas práticas de adequação a construções mais sustentáveis, o vidro vem dando grandes resultados, quando incorporado

corretamente em forma de material reciclável, são elaborados procedimentos induzindo o mesmo a uma nova realidade, elaborando um conjunto de projetos mais sustentáveis e ecológicos (GARÉ, 2011).

Visando o mesmo, Cordeiro, (2006), enfatiza a incorporação do vidro em pó na produção de argamassas e concretos; o mesmo pode diminuir consideravelmente os impactos ambientais por conta do aproveitamento do resíduo, minimizando os danos causados na extração de jazidas de argila e calcário e contribuindo com a redução nas emissões de gás carbônico e outros gases intensificadores do efeito estufa, gerados durante a fabricação do cimento Portland, além das vantagens técnicas e, em alguns casos, econômicas, como na redução da conta de luz.

Santos (2016) sobreleva dizendo que o mesmo quando integrado em forma de porcentagens a mistura cimentícia, é vantajoso, melhorando as propriedades mecânicas do produto final e a durabilidade, além de, beneficiar o impacto na microestrutura do material.

Contudo, a utilização do vidro vem ganhando espaço em várias outras vertentes, tais como: agregado na mistura para construção de estradas, pavimentação asfáltica, agregados na mistura de concreto e argamassas na construção e aplicações (azulejos, tijolos de vidro, painéis de parede etc.), entre outras aplicações (REID 1998).

5 MATERIAL E MÉTODO

Como o pó de vidro *float* não pode ser reciclado por meios tradicionais, o presente estudo trata-se de uma revisão bibliográfica, realizada através de consulta a livros, artigos científicos e acadêmicos, periódicos e também plataformas online, visando servir como base para trabalhos futuros em reaproveitamento destes entulhos.

Também trata-se da realização de ensaios técnicos para a verificação da possibilidade em se substituir porcentagens do pó de vidro, resíduo proveniente de vidraçarias, por partes do material cimentício, sendo este o objetivo principal do trabalho.

Para alcance do objetivo proposto, foram realizados os seguintes ensaios técnicos o de classificação granulométrica e de compressão com argamassa convencional com substituição de pó de vidro. Para os experimentos foram usados os seguintes materiais e métodos, conforme especificados a seguir.

5.1 Materiais empregados

Para a realização dos ensaios foram empregados os materiais, como pó de vidro, cimento, areia fina, no qual são apresentados detalhadamente, a seguir.

- Pó de Vidro

As amostras do resíduo, utilizadas neste trabalho, são resultantes da reciclagem de vidro *float* comum, os mesmos foram coletados em uma vidraçaria, situados no município de Arcos/MG como mostra na FIG. 4. O resíduo encontrava-se inutilizado na vidraçaria, fruto do processo de industrialização. Nessas condições o material teria seu fim nos lixões ou em entulhos, trazendo inúmeros problemas para a sociedade.

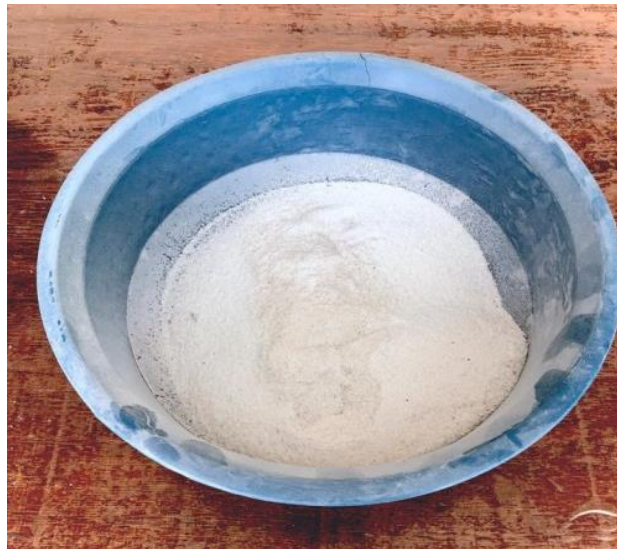
Figura 4 - Resídua de vidro utilizado



Fonte: O autor (2018).

Após a obtenção do material, a mesma foi lavada e levada a uma mesa para secagem, onde ficou 48h para a secagem por completo. Posteriormente foi triturada (FIG.5) manualmente e armazenada em um recipiente até o ensaio granulométrico.

Figura 5 - Resídua de vidro triturado



Fonte: O autor (2018).

- Cimento

Para a moldagem dos corpos de prova foi utilizado como aglomerante o cimento CP II F-32 , especificado como Cimento *Portland* com adição de Filler.

- Areia

O agregado miúdo utilizado na produção dos moldes de corpos de provas foi a areia fina.

- Água

Foi utilizado para o experimento água potável, fornecida pelo sistema de abastecimento público SAAE, onde a mesma apresentava parâmetros de pureza, atendendo os parâmetros para ser usada na preparação da massa

- Equipamentos

Os equipamentos utilizados para a realização dos ensaios laboratoriais foram: peneiras de aço e agitador de peneiras; formas prismáticas de madeira nas dimensões de 4 cm de altura, 4 cm de largura e 16 cm de comprimento; balança de precisão para pesagem dos materiais; recipiente para amassamento manual da argamassa; soquete; espátula; máquina de compressão universal; balança de precisão para pesagem dos materiais.

5.2 Métodos

Visando atender os objetivos propostos, foram utilizados os seguintes métodos para a realização do presente trabalho: caracterização do agregado empregado e determinação da resistência à compressão.

5.2.1 Caracterização do Pó de Vidro

A caracterização granulométrica do pó de vidro a ser utilizado no trabalho, foi determinada realizando dois ensaios, sendo o primeiro para a granulometria, seguindo a norma NBR NM 248 (2003) - Agregados- Determinação da composição granulométrica e o segundo utilizando a norma NBR 11579 - Cimento Portland - Determinação da Finura Por Meio da Peneira 75 μm (nº 200) – (MB 3432, 2012), assim determinando a finura real do material a ser substituído por cimento.

Se deu início, realizando a caracterização granulométrica do pó de vidro seguindo a NBR NM 248 (2003) - Agregados- Determinação da composição granulométrica, por meio do processo de peneiramento.

Para a realização do ensaio foi obtido 300g da amostra, seguindo os parâmetros da TAB.3, onde a dimensão máxima característica dos agregados foram menores que 4,8 mm.

Tabela 2 - Massa mínima por amostra de ensaio

Dimensão máxima característica do agregado (mm)	Massa mínima da amostra de ensaio (kg)
< 4,8	0,3
9,5	1
12,5	2
19,0	5
25,0	10
37,5	15
50	20
63	35
75	60
90	100
100	150
125	300

Fonte: NM 248 (2003).

Posteriormente foi adicionada a amostragem na parte superior do conjunto de peneiras de aço. As peneiras utilizadas foram as com abertura de malha de: 2,00mm, 0,297mm, 0,149mm e 0,075mm, sobrepostas de acordo com a menor dimensão da malha na base inferior para a maior. Foi iniciado o agitação mecânica, com a vibração em 0,6 por aproximadamente 15 minutos, assim obtendo a separação e classificação granulométrica do vidro em diferentes malhas.

Após a agitação mecânica, as peneiras foram destacadas e o material nelas retido pesados e colocados em vasilhames identificados.

Com os resultado do peso do material retido em cada peneira, seguindo a NBR (ABNT, 2005), calcula-se a porcentagem de retenção utilizando a Equação 1.

$$\% \text{ do material retido} = \frac{(MR \times 100)}{MT} \quad (1)$$

Onde:

MR = material retido em gramas na peneira

MT = massa total utilizada em gramas.

Para o cálculo da amostra retida acumulada em cada peneira, soma-se os percentuais retidos nas peneiras superiores juntamente com o percentual retido na peneira em estudo, que é calculado utilizando a equação 2:

$$\% \text{ de material retido acumulado} = RA + RT \quad (2)$$

Onde:

RA = porcentagem de material retido acumulado nas peneiras superiores;

R.T = porcentagem de material retido na peneira em estudo.

O modulo de finura decresce na medida em que o agregado vai se tornando mais fino, e é calculado utilizando a Equação 3:

$$MF = \frac{MRA}{100} \quad (3)$$

Onde:

MRA = é a soma da porcentagem de material retido acumulado nas peneiras de serie normal em estudo, exceto a do fundo;

Após a realização do ensaio a cima, obteve se o resultado da peneira 200°. Esta que foi analisada separadamente, obtendo-se 20g do material retido na mesma para realização do ensaio de finura.

Que após essa separação, utilizando a norma NBR 11579 - Cimento Portland - Determinação da Finura Por Meio da Peneira 75 µm (nº 200) – (MB 3432, 2012), para determinar a finura do pó de vidro.

Portanto foi realizado outro ensaio para caracterização real da amostra, onde se pesou 20g da amostra, retida na peneira 200° do experimento anterior.

Após tal procedimento, a amostra foi adicionada sobre a tela da peneira, distribuída de maneira circular para que a tampa, quando colocada, não a toque. A peneira utilizada, foi a de número 200° com abertura de malha 0,075mm. Foi iniciado o agitação mecânica, com a vibração em 0,6 com o tempo de 3 minutos, durante os primeiros segundos do ensaio uma

grande quantidade de amostra adere à tampa da peneira, para desprendê-los, foi utilizado um martelo acrílico, golpeando a alça da tampa com golpes fracos, porém com alta frequência até que a amostra parou de aderir.

Após o término do peneiramento, foi removido todo o resíduo para um recipiente, evitando-se qualquer perda de material. Com auxílio de um pincel, foi removido o restante do material, efetuando movimentos circulares da borda para o centro, recuperando, assim, todos os grãos a ela aderidos.

A amostra foi transferida a um recipiente e posteriormente pesada, com uma balança ajustada na precisão de 0,01g.

Tendo conhecimento da quantidade de material retido e passante na peneira, seguindo a MB-3432 (ABNT, 2012), calculou-se o índice de finura da amostra pela equação 4:

$$F = \frac{R \times C}{M} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

F = índice de finura do cimento, em porcentagem.

R = resíduo do cimento na peneira 75 µm, em g

M = massa inicial do cimento, em g

C = fator de correção da peneira utilizada no ensaio, determinado de acordo com o disposto na EB-22, devendo estar compreendido no intervalo de $1,00 \pm 0,20$

O resultado do ensaio, foi o valor obtido na última determinação

5.2.2 Dosagem da argamassa de assentamento

A argamassa foi produzida com o traço 1:3, composto por cimento e areia, respectivamente, contendo um fator de água cimento de 0,60 substituindo parte do cimento pelo resíduo de vidro, nas porcentagens de 15%, 20% e 25%.

A quantidade de cada componente do traço foi definida inicialmente por meio do cálculo do volume de argamassa, na qual foi informada a quantidade para encher cada corpo de prova, sendo utilizada a Equação 5:

$$V = c \times l \times h \quad (5)$$

Onde:

V = volume do corpo de prova, dm³ ;

c = comprimento do corpo de prova, dm;

l = largura do corpo de prova, dm; e

h = altura do corpo de prova, dm.

Para determinação da quantidade total da argamassa utilizada, o resultado da equação 6 foi multiplicado pelo número total de corpos de prova, que foram doze, sendo usados três corpos de prova para cada tipo de argamassa citado anteriormente. Através do volume total de argamassa, foi dosada a quantidade de cada material utilizado no traço, de acordo com a equação 6:

$$C = \frac{V}{\frac{1}{\rho_c} + \frac{2}{\rho_a} + 0,60} \quad (6)$$

Onde:

C = consumo de cimento, kg;

V = volume de concreto, dm^3

ρ_c e ρ_a = massas específicas reais do cimento e areia respectivamente, em kg/dm^3

Após determinada a quantidade de cada material, os mesmo foram pesados e adicionados à massa, em suas proporções conforme o traço, em seguida iniciou se o processo de mistura, feita de forma manual. A FIG. 6 apresenta a preparação da argamassa comum:

Figura 6 – Preparação da argamassa comum



(a) Agregados e Aglomerantes secos
Fonte: O autor (2018).



(b) Amassamento da Argamassa

Observa-se que a massa foi preparada manualmente, acrescentando gradativamente os componentes à mistura, de forma a ficar uma mistura homogênea, o mesmo aconteceu nas (FIG. 6 e FIG. 7);

Figura 7 - Argamassa sendo preparada com a adição do pó de vidro



(a) Agregados e Aglomerantes secos
Fonte: O autor (2018)

(b) Amassamento da Argamassa

5.2.3 Moldagem dos corpos de prova

Preparados conforme NBR 13279 (ABNT, 2005), os corpos de prova foram de formato prismáticos, as formas foram confeccionadas de madeira, com dimensões de 4 cm x 4 cm x 16 cm. A FIG.7 apresenta o preenchimento das formas com a mistura, onde a mesma foi disposta por 3 camadas adensadas manualmente, a cada camada a mistura sofreu 30 golpes, executadas com o auxílio de um haste metálica.

O número de corpos de prova confeccionados foram 12 no total, 3 para cada tipo de argamassa utilizada para fazer este experimento, todos com identificação sobre sua superfície.

Figura 8 - Moldagem dos corpos de prova



(a) Preenchimento das Formas
Fonte: O autor (2018)

(b) Formas Preenchidas com Argamassa

5.2.4 Desforma e cura dos corpos de prova

Os corpos de provas foram desmoldados após 24 horas da moldagem, os mesmos foram retirados dos moldes e em seguida identificados com uma tinta branca. Posteriormente foram armazenados sobre uma base firme/nivelada livre de choques, durante 28 dias, até completar seu processo de cura, conforme FIG. 9

Figura 9 - Corpos de prova em processo de cura.



Fonte: O autor (2018)

5.2.5 Resistência à compressão

Após os 28 dias de cura, foi realizado o ensaio de resistência a compressão dos corpos de prova, seguindo a NBR 13279 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência a tração na flexão e a compressão (ABNT, 2005).

Para sua realização foi utilizada a máquina universal de ensaio modelo WAW-1000, localizada na cidade de Formiga MG, no Laboratório de Ciências da Terra do Centro Universitário de Formiga – UNIFOR-MG.

Os corpos de prova foram um a um colocados na parte central da máquina, e submetidos ao carregamento de maneira contínua e sem choques.

Após a ruptura de todos os corpos de prova, com os resultados atingidos, foi utilizada a Equação 7 para realização do cálculo da resistência à compressão.

$$R = \frac{F_c}{6400} \quad (7)$$

Onde:

R_c = resistência a compressão, MPa;

F_c = força máxima alcançada, N; e

6400 = area da seção, mm.

5.2.6 Análise Estatística

O delineamento estatístico escolhido foi o Delineamento em Blocos Casualizados (DBC) sendo realizados quatro tratamentos, que consiste na substituição de porcentagem do aglomerante cimentício por pó de vidro nos níveis de 0, 15%, 20%, 25% em três repetições.

As análises foram realizadas com o uso do software SISVAR 5.6 - 2018

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a finalidade de melhorar a compreensão dos resultados e para obtenção de conclusões confiáveis, foram realizados os ensaios granulométricos e o teste de compressão. Após a obtenção dos resultados, foram elaborados tabelas, quadros e gráficos que fundamentam tal pesquisa.

6.1 Determinação da finura do Pó de vidro

A determinação da granulometria do agregado, pó de vidro, foi determinada de acordo com a NBR NM 248 (2003) - Agregados- Determinação da composição granulométrica, por meio do processo de peneiramento. Na TAB. 3 apresentam-se os resultados do ensaio granulométrico da amostra, com as quantidades retidas em cada malha.

Tabela 3 - Determinação da composição granulométrica do vidro em pó

Peneira	Malha (mm)	Massa retida (g)	% Retida (%)	% Retida acumulada (%)
10°	2	0	0	0
50°	0,297	186	62,00	62
100°	0,149	53,94	17,98	79,98
200°	0,075	39,34	13,11	93,09
Fundo	Passante	20,72	6,91	100,00

Fonte: O autor (2018).

Em relação a distribuição granulométrica do vidro moído, observa-se que as porcentagens retidas acumuladas nas diferentes peneiras estão dentro dos limites de distribuição granulométrica, previstos na ABNT NM 248 (2003). Vale ressaltar que toda a amostra utilizada no ensaio granulométrico foi seca em estufa, conforme solicitado na norma.

Caracterizando o agregado pela composição granulométrica, foi utilizado do material retido na peneira 200° com malha 0,075 para determinar o índice de finura do pó de vidro, este resultado que foi utilizado no experimento.

Posteriormente e essa cancerização, onde obteve-se o resultado de 39,34g de massa retido, desse material foi pesado 20g em seguida foi realizado o ensaio conforme a norma NBR 11579 - Cimento Portland - Determinação da Finura Por Meio da Peneira 75 µm (n° 200) – (MB 3432, 2012). Para fins de determinação da porcentagem de massa retida, foi

utilizado o fator de correção de 1,00, obtendo assim os resultados apresentado na TAB. 5 abaixo:

Tabela 4 - Determinação do índice de finura do pó de vidro

Peneira	Malha (mm)	Massa retida (g)	% Retida (%)
200	0,075	19,9	99,5
	Passa	0,1	0,5
	Total	20	100,00

Fonte: O autor (2018).

Portanto o pó de vidro foi caracterizado pelo índice de finura, que é o material retido na peneira 200° (75 µm), expresso em porcentagem de massa retida. Por fim, pode se observar na tabela que o resultado do ensaio, foi equiparado com a granulometria do cimento, conforme especificação da norma AMBT - MB 3432 (2012).

Observou-se no decorrer do experimento, que o mesmo foi executado com o intuito de atingir uma perfeita precisão quanto a granulometria do agregado pó de vidro em substituição Shi et al. (2005) em seu experimento quando avaliava o efeito da finura do pó de vidro sobre as propriedades das argamassas em substituições de cimento por resíduo de vidro em variadas granulometrias, os mesmos notaram que quanto mais fino este resíduo se apresenta, melhor o resultado de resistência à compressão das argamassas, portanto esse presente trabalho utilizou-se métodos para atingir uma perfeita e exata granulometria obtendo assim resultados mais precisos na resistência a compressão.

Com a amostragem finalizada, utilizando o traço 1:3 e o agregado pó de vidro já na granulometria aparente com a do cimento se deu início aos cálculos para determinação do consumo de materiais utilizados na mistura, onde obteve-se os resultados apresentado na TAB. 6:

Tabela 5 - Quantidade de material utilizado para o traço 1:3 em cada argamassa

Material Utilizado (Kg)	Argamassa Comum	Argamassa com 15% pó de vidro	Argamassa com 20% pó de vidro	Argamassa com 25% pó de vidro
Cimento	0,373	0,317	0,298	0,279
Areia	1,116	1,116	1,116	1,116
Pó de Vidro	0	0,55	0,74	0,93
Agua	0,223	0,223	0,223	0,223

Fonte: O autor (2018).

Foi observado que a única fonte de variação de um corpo de prova para outro foi à substituição parcial em porcentagens do pó de vidro pelo aglomerante cimento.

Ao executar o experimento, observou-se que, ao se manter a granulometria do pó de vidro coerente com a do cimento, o mesmo não afetou a trabalhabilidade e nem a consistência da mistura, mantendo suas propriedades no estado fresco.

6.2 Resistência à compressão

Após os 28 dias de cura foi realizado o ensaio de resistência a compressão dos corpos de prova, seguindo a NBR 13279 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência a tração na flexão e a compressão (ABNT, 2005) os corpos de provas foram submetidos ao teste de rompimento a compressão, através de uma prensa com carregamento contínuo, como ilustra a FIG. 10:

Figura 10 - Teste compressão



Fonte: O autor (2018)

Buscando resultados significativos com a substituição do cimento por porcentagem de pó de vidro, a TAB.6 apresenta os resultados do ensaio de resistência a compressão dos corpos de prova.

Tabela 6 - Resultados da prensa de compressão (MPa)

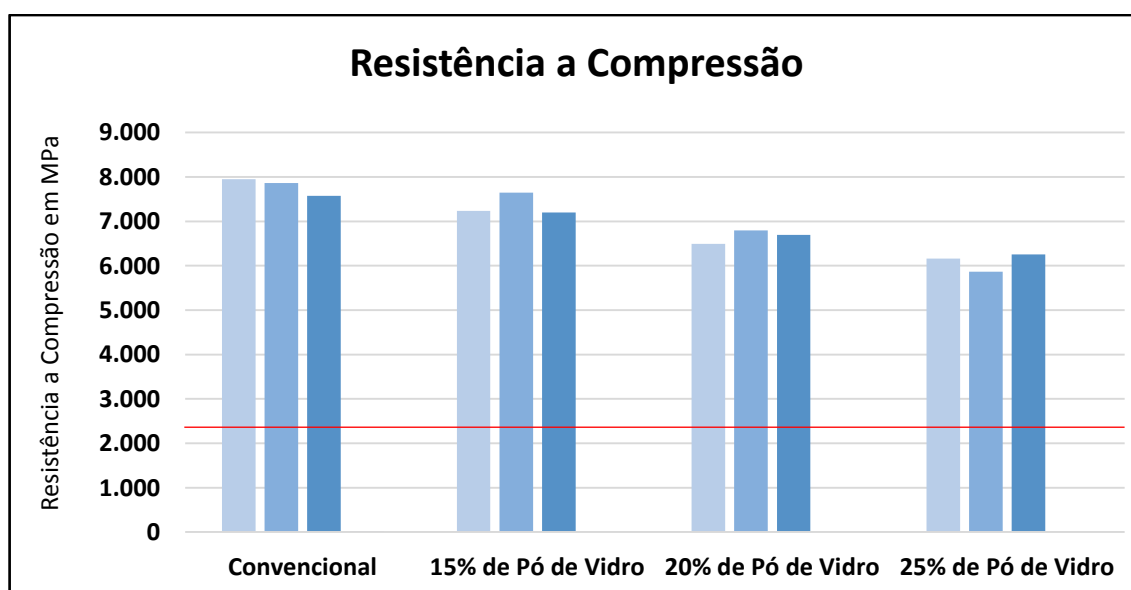
Corpo de Prova	Resistencia Argamassa em 28 dias (Mpa)			
	Argamassa Comum	Argamassa com 15% pó de vidro	Argamassa com 20% pó de vidro	Argamassa com 25% pó de vidro
I	7,945	7,232	6,493	6,162
II	7,861	7,642	6,794	5,864
III	7,570	7,198	6,692	6,251
Media	7,792	7,357	6,660	6,092
Desvio Absoluto Máximo	0,161	0,200	0,125	0,161

Fonte: O autor (2018)

A tabela apresenta em sua composição os resultados médios de resistência à compressão das argamassas estudadas para melhor visualização. As argamassas com substituição parcial de cimento por pó de vidro, em geral, obtiveram resultados de resistência inferiores à argamassa de referência convencional. Entretanto, todos os valores são satisfatórios para uma argamassa de assentamento, pois atingem resultados superiores a 2,4 MPa, mostrando-se compatíveis à norma a ASTM C 270 (ASTM, 2007), como pode ser visualizado por uma linha de interseção no GRAF 1, abaixo.

No GRAF.1 apresenta-se a resistência dos corpos de prova que foram rompidos em 28 dias, com diferentes porcentagens de pó de vidro,

Gráfico 1 - Resultados da prensa de compressão (MPa)



Fonte: O autor (2018)

Conforme a NBR 13279 (ABNT, 2005) foram apresentados os resultados individuais, a média e o desvio absoluto máximo em cada porcentagem substituída. Conforme Tabela 1, o desvio absoluto da compressão é a diferença da média e dos resultados individuais obedeceram a regra de no máximo 0,5 MPa, caso ultrapasse esse valor, deve ser moldados novos corpos de prova. Portanto em análise aos resultados obtidos, os desvios de todos os ensaios estão respeitando os padrões normativos.

Observa-se no GRAF. 1 que as resistências foram abaixando gradativamente, à medida que se acrescentava porcentagens de pó de vidro na mistura o que não aconteceu com o experimento de Oliveira et al (2013) e Calmon et al (2014) onde os mesmos tiveram um resultado satisfatório a medida que substituíam porcentagens de pó de vidro por cimento, onde seu pico de resistência a compressão se deu com a substituição de 20% de pó de vidro, em comparado com a argamassa de referência convencional.

Segundo Paiva (2009) um fator que deve se levar em consideração quanto a queda na resistência são; os golpes com força irregular no adensamento da argamassa nos corpos de prova ou na própria desmoldarem, onde pode ter ocorrido uma pequena quebra no corpo de prova fazendo com que o mesmo perdesse resistência, este pode ter sido um dos fatores não perca de resistência.

Os menores valores de resistência a compressão de argamassa obtidos no gráfico, foram os com 25% de pó de vidro, o mesmo aconteceu com Ribeiro (2015) que expõe em seu trabalho que esse valor pode estar relacionado a baixa quantidade de cimento na mistura, uma vez que o resíduo usado em substituição do cimento, provoca um ganho de resistência mais lento nos compostos, tal comportamento foi evidenciando em seu experimento.

6.3 Análise Estatísticas

Realizado o ensaio de compressão e obtido os dados, foi realizada a média aritmética dos diferentes tipos de corpos de provas, apresentados na TAB. 8. A análise estatística dos resultados apresentados, foi realizada utilizando o Programa “Sisvar”, que permitiu obter precisamente a distribuição de resistências à compressão e o coeficiente de variação das mesmas:

Tabela 7 – Análise estatística das resistências das argamassas

Tratamento	Resistencia Media (Mpa)
Argamassa Comum	7,53 a
Argamassa com 15% pó de vidro	7,35 a
Argamassa com 20% pó de vidro	6,65 ab
Argamassa com 25% pó de vidro	6,09 b
CV (%)	6,69

Fonte: A Autor (2018).

Foi analisado estatisticamente que a argamassa com 15% de pó de vidro (a) tem parâmetros comparativos com a argamassa convencional (a), não sendo verificada diferença expressiva na resistência a compressão entre as mesmas. Ainda nestes elementos, é possível verificar que a argamassa com 20% de pó de vidro, apresentou duas variáveis estatísticas (ab), segundo SAUER 2013 apud WANG 2011, em seu experimento com argamassas com substituição de aglomerante cimentício por resíduo de pó de vidro, foi possível observar que argamassas com até 20% de substituição apresentaram valores de resistência próximos aos valores encontrados para argamassa convencional, já para argamassas com teores acima de 20%, houve um decréscimo significativo nos valores de resistência à compressão. Os resultados nesse estudo equipararam com o apresentado pelo mesmo.

Estudos feitos por Salomão et al. (2010), observaram que a incorporação do resíduo de vidro, tanto em substituição de 5% da massa de cimento quanto como 10 e 20%, não provocou variações significativas nos resultados de resistência à compressão, os resultados nesse estudo equipararam com o apresentado pelo mesmo.

Portanto é possível afirmar que as argamassas com até 20% de pó de vidro em sua mistura, estatisticamente obedecem aos parâmetros de resistências à compressão quando comparada com a convencional, caso esse valor ultrapasse a mesma altera estatisticamente tal parâmetro, sendo comparada com a argamassa de 25% de pó de vidro.

A argamassa com 25% de pó de vidro apresentou em seus resultados a menor resistência, possuindo em sua análise estatística uma variável diferente da argamassa convencional, assim não proporcionando parâmetros de resistência equiparados.

7 CONCLUSÃO

O presente estudo mostrou se possível a utilização do resíduo de pó de vidro, como substituto parcial do cimento em argamassa.

As argamassas com substituição parcial de cimento por pó de vidro, em geral, obtiveram resultados de resistência inferiores à argamassa de referência convencional. Entretanto, todos os valores são satisfatórios para uma argamassa de assentamento, atingindo resultados superiores a 2,4 MPa, mostrando-se compatíveis à norma a ASTM C 270 (ASTM, 2007).

O vidro é um material 100% reciclável, mais o pó de vidro não pode ser reaproveitado no processo de fabricação de novos vidros, portanto a reutilização do mesmo na fabricação de argamassas é uma forma viável no que se diz na diminuição de resíduos e impactos ao meio ambiente

Financeiramente, o cimento é o produto mais caro na composição da argamassa de assentamento, até pelo fato da mesma exigir uma quantidade superior em sua composição quando comparado com as demais argamassas, portanto ao substituir parte do material cimentício por resíduo de pó de vidro é possível conceber uma redução no custo aparente da argamassa.

8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, são apresentadas as seguintes sugestões para trabalhos futuros.

- Avaliar a viabilidade econômica e financeira da incorporação do pó de vidro plano em argamassas de assentamento;
- Realizar ensaios de consistência para identificar parâmetros de trabalhabilidade e assim obter um melhor desempenho da argamassa de assentamento;
- Investigação das propriedades tecnológicas dos corpos de prova a partir da adição de pó de vidro plano em outras concentrações;
- Aumentar a quantidade de corpos de prova para uma estatística mais apurada.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAVIDRO – Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidros Planos. Disponível em: . Acesso em: 22 de Abril de 2018.

ABIVIDROS – Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro. Disponível em: . Acesso em: 28 de Março de 2018

ABRAVIDRO – Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidros Planos (2011). Disponível em: . Acesso em: 06 de Abril de 2018.

ABRAVIDRO – Panorama Abavidro 2017 - Disponível em: <<https://pdf.magtab.com/leitor/136/edicao/17526>>. Acessado em: 15 de Maio de 2018

AMTHAUER, P. R. **Argamassa de Assentamento**: Uma Verificação do Estágio Atual na Cidade de Ijuí. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Civil Unijuí. Ijuí: 2001. 54 p.

BAÍÁ, Luciana Leone Maciel; SABBATINI, Fernando Henrique. **Projeto e execução de revestimento de argamassa**. 4. ed. São Paulo, SP:O Nome da Rosa 2008.

BAUER, L. A . F. **Materiais de Construção**: Novos Materiais para Construção Civil. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC 1994. 435 p.

CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIAS, G. C. (Ed.) **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciências e Engenharia de Materiais**. Ispis Gráfica e Editora, São Paulo, 2007. Cap. 26. p. 863 - 904.

CINCOTTO, M. A.; QUARCIONI A. V.; JOHN M. V. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**: Cal na Construção Civil. V. 1. São Paulo. IBRACON, p. 695-725, 200.

CORDEIRO, G. C. **Utilização de cinzas ultrafinas do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de arroz como aditivos minerais em concreto**. 2006.pg.326-370.

FERREIRA, Daniel Furtado. **Sisvar**: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciênc. agrotec.* [online]. 2014, vol.38, n.2 [citado 2015-10-17], pp. 109-112 . Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>>. Acesso em 08 ago. 2018.

FIOROTO, A. J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos**: Estudos e procedimentos de execução, 2ªEd, Editora Pini Ltda, São Paulo, 2009.

GASTALDINI, A. L. G. **Coletânea de Artigos**: Resumo. UFSM, 2000

GUIMARÃES, J. E. P. **A Cal**: Fundamentos e Aplicações na Engenharia Civil. 2. ed. São Paulo: PINI, 2002. 341 p.

GUIMARÃES, J. E. P. **A Cal**: Fundamentos e Aplicações na Engenharia Civil. São Paulo: Pini, 1997. 285 p.

JUNIOR L. S. **O Lixo e a necessidade de Reduzir, Reutilizar, Reciclar e Repensar**. Rio de Janeiro – Brasil – 2001.

LA SERNA, H. A.; REZENDE, M. M. **Agregados para a construção civil**. DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral: Disponível em: <https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=4008>. Acessado em: 25 de Agosto de 2018.

LOGAREZZI, A. **Contribuições conceituais para o gerenciamento de resíduos sólidos e ações de educação ambiental**. In: Resíduos Sólidos no Pontal do Paranapanema. Presidente Prudente: Antonio Thomaz Junior, 2004. 276 p.

MARQUES, Fernando Rodrigues. **Gás natural, inovação e economia de baixo carbono**. Revista Business School São Paulo, São Paulo, v. 7, n. 3, mar. 2012. Disponível em: . Acesso em: 18 ago. 2018.

MARQUES, J. R. **Meio ambiente urbano**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2005

MARTINELLI, Frederico A.; HELENE, Paulo Roberto L. **Usos, Funções e Propriedades das Argamassas Mistas Destinadas ao Assentamento e Revestimento de Alvenarias**. São Paulo, 1991.

NAKAKURA, Elza Hissae; CINCOTTO, Maria Alba. **Análise dos requisitos de classificação de argamassas de assentamento e revestimento**. São Paulo, 2004.

NEHDI, M. REHAN, R. **Carbon dioxide emissions and climate change: policy implications for the cement industry**. Environmental Science & Policy 8, 2005. pg. 105-114.

Ortiz, S.A. **O Vidro e as Embalagens de Vidro**. CETEA/ITAL, Campinas, Brasil, 1996.

PEDROSO, G. M. **Estudo de resistência de aderência ao cisalhamento na alvenaria estrutural**. Santa Maria: 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Santa Maria, 2001.

PEREIRA FILHO, L. I.; COSIN, S.; VALERA, T. S.; TOFFOLI, S. M. (2002). **Utilização de vidro em pó em cerâmica vermelha**. Anais do 46º Congresso Brasileiro de Cerâmica, São Paulo, SP.

PILKINGTON (2010). **Pilkington and the flat glass industry**. Disponível em: <<http://www.pilkington.com/resources/pfgi2009final.pdf>>. Acessado em: 15 de Maio de 2018.

PESTANA. **O raio-X desse momento difícil**. Revista Panorama Abravidro 2017 - Disponível em: <<https://pdf.magtab.com/leitor/136/edicao/17526>>. Acessado em: 15 de Maio de 2018.

RECENA, F., A., P. **Conhecendo Argamassa**. EDIPUCRS. Porto Alegre, 2008.

SABBATINI, F. H. **Patologia das argamassas de revestimentos**: aspectos físicos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO, 3, 1986, São Paulo. Anais... São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1986, p. 69-76.

SANTOS, D. P. **Influência Do Resíduo De Vidro Nas Propriedades De Uma Argamassa Colante**. Campos Dos Goytacazes – Rio de Janeiro - Brasil – 2016.

WESTPHAL, E.; WESTPHAL, H. **Argamassas**. Universidade Federal de Santa Catarina, SC. Disponível em: < <http://www.arq.ufsc.br> > Acesso em: 12 Abr. 2018.

WESTPHAL, E.; WESTPHAL, H. **Argamassas**. Universidade Federal de Santa Catarina, SC. Disponível em: < <http://www.arq.ufsc.br> > Acesso em: 12 Abr. 2018.

YAZIGI, Walid. **A Técnica de Edificar**. 3ª ed. São Paulo: Pini: Sinduscon-SP: 2000