

INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DE AREIA POR VIDRO NO CHAPISCO CONSIDERANDO A RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA EM BLOCOS CERÂMICOS

GALL, Tainara¹
PAIÃO, Jorge Antonio²
PAGANIN, Ricardo³

RESUMO:

No cenário atual, a engenharia civil encontra-se responsável por grande parte dos resíduos causadores de impactos ambientais e, defronte a isso, busca promover a reinserção de materiais alternativos como o vidro na construção, para reciclagem, agregando qualidade economia e sustentabilidade. Decorrente disso, o objetivo geral desse estudo refere-se a verificar a influência da substituição de areia por vidro no chapisco considerando a resistência de aderência à tração. Além disso, buscou-se determinar a curva granulométrica dos agregados miúdos e sua pulverulência, verificar a resistência à tração, compressão e absorção da argamassa de emboço e verificar as características do chapisco quanto ao arrancamento. O estudo foi embasado em ensaios laboratoriais de tração, compressão, absorção, granulométrico, pulverulento e arrancamento, juntamente com análises bibliográficas e quantitativas. Foram utilizados três traços diferentes com proporção de 1:3, o traço I com 100% de areia, traço II com 50% de areia e 50% de vidro e o traço III com 100% de vidro triturado. A partir dos ensaios, verificou-se que a resistência de aderência à tração do chapisco com a substituição total da areia pelo vidro foi superior as demais, resultando em um aumento de aproximadamente 114% em relação ao traço convencional. O estudo mostrou resultados satisfatórios de resistência de aderência à tração, quanto a substituição do agregado miúdo do chapisco por vidro, podendo este ser uma medida a ser aplicada, relacionada a sustentabilidade na construção civil.

Palavras-chave: Chapisco, Emboço, Ensaio de arrancamento, Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é uma área ampla da engenharia, porém, ainda permite inovações e práticas sustentáveis, sendo considerada um dos setores da economia que mais gera resíduos que podem causar grandes impactos ambientais. Segundo Careli (2008), o setor da construção civil consome cerca de 50% de todos os recursos naturais, tais como rochas britadas, cascalho, areia, argila, calcário, entre outros, além de gerar um grande volume de resíduos da construção e demolição (RCD), resultando em 60% dos resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados em diversos municípios brasileiros.

¹Discente, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR. E-mail: tainaragall@hotmail.com.

²Discente, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR. E-mail: jorgeantoniopaião@gmail.com.

³Doscente, Mestre em Engenharia de Energia da Agricultura, Engenheiro Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR. E-mail: engpaganin@gmail.com.

Contudo, novas técnicas estão sendo desenvolvidas para além de minimizar tais resíduos, realizar a reinserção de outros materiais descartados por demais setores, na forma de materiais alternativos na engenharia civil.

Ao longo da história, percebe-se que novas técnicas para construção com materiais diferenciados já foram utilizadas, incluindo o reaproveitamento de materiais para produção de produtos com praticidade e qualidade. Essas razões, hoje conhecidas como de ordem prática, econômica e benéfica, resultam na busca por um desenvolvimento sustentável, possuindo como principal ferramenta a reciclagem. Motta (2011) afirma que reciclar é economizar energia, poupar recursos naturais, trazendo de volta ao ciclo produtivo o que foi descartado.

Dentre todos os materiais lançados na natureza, pode-se constatar que o vidro assume um papel relevante, segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Vidro - ABIVIDRO (2019), o mercado produz mais de 8,6 bilhões de unidades por ano, o que equivale a cerca de 1,3 milhões de toneladas do material. Segundo Ticianelli (2018), mesmo com o alto índice de descarte, o vidro é um material que pode ser muito utilizado em prol da construção civil, pois é 100% reciclável, possui alta resistência, impermeabilidade, e é composto cerca de 72% por sílica (SiO_2), principal componente da areia e a principal matéria prima do vidro, podendo auxiliar na substituição da areia pelo vidro, devido a tais características.

Sendo assim, para a melhor reciclagem de um material descartado na natureza, o qual segundo a Associação Nacional de Vidraçarias - ANAVIDRO (2013), pode levar cerca de 4 mil anos até 1 milhão de anos para se decompor, o presente estudo buscará a substituição do agregado miúdo (areia) pelo vidro, na composição de um chapisco para revestimentos de argamassa. Utilizando de práticas sustentáveis, pretende-se que tais testes resultem em dados positivos na comparação com o chapisco convencional.

Com base em tais dados, percebe-se a importância da incorporação de produtos e materiais sustentáveis na construção civil, pois além de ajudar o meio ambiente diminuindo impactos ambientais, poderá trazer benefícios à engenharia tanto no quesito de resistência, aderência, substituição, adição, ou em demais funções que podem exercer e, que ainda, podem ser descobertas.

Partindo da situação econômica atual, que revela um aumento no nível do segmento de sustentabilidade na construção, desenvolvendo ações tanto de cunho social, como tecnológicas, econômicas e levando qualidade, justifica-se a oportunidade da inovação no ramo da construção civil, tendo como possibilidade a comparação entre o chapisco convencional e o chapisco com substituição do agregado miúdo pelo vidro.

Para tanto, o problema proposto a ser respondido no presente estudo resume-se em: qual a influência na resistência de aderência à tração entre o chapisco com substituição do agregado miúdo por vidro e entre o chapisco convencional?

Este estudo foi limitado ao levantamento de dados comparativos, entre os testes de resistência de aderência à tração de argamassas no chapisco com substituição da areia por vidro e no chapisco convencional. O levantamento foi realizado por meio de testes laboratoriais desenvolvidos no Centro Universitário Assis Gurgacz - FAG na cidade de Cascavel, Paraná. A pesquisa restringiu-se à execução de uma parede em alvenaria, com a realização do chapisco e emboço, juntamente com ensaios de granulometria, ensaio de arrancamento, ensaio de resistência à tração e à compressão, ensaio de absorção e ensaio pulverulento, para análise e obtenção dos resultados.

De acordo com o proposto, o presente estudo teve como objetivo geral verificar a influência da substituição de areia por vidro no chapisco considerando a resistência de aderência à tração de revestimentos de argamassa em blocos cerâmicos.

Como ações para a concretização do objetivo geral, foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- a. Definir a curva granulométrica dos agregados miúdos e sua pulverulência;
- b. Verificar a resistência à tração, compressão e absorção da argamassa de emboço;
- c. Verificar as características das argamassas quanto ao arrancamento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PROPRIEDADES DA ARGAMASSA DE CHAPISCO

O chapisco é um pré-tratamento da base, sendo composto basicamente por uma mistura cimentícia constituída por cimento, areia (média ou grossa) e água, com característica bastante fluída para facilitar a sua aplicação e deixar a fixação entre a interface do substrato e o revestimento mais eficiente, alcançando assim maior aderência e estabilidade do sistema como um todo (CRUZ, 2015).

Segundo Cruz (2015), a utilização dessa camada de chapisco propicia a formação de uma superfície rugosa, o que facilita a ancoragem na camada de emboço posterior ao chapisco, facilitando a penetração da pasta de cimento aos poros capilares do substrato, melhorando a aderência da interface revestimento/base.

A NBR 13281 (ABNT, 2005), define argamassa como uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, possuindo ou não aditivos tanto de aderência como de endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada).

A NBR 13281 (ABNT, 2005), define argamassa como uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, possuindo ou não aditivos tanto de aderência como de endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada).

Para Carasek (2007), o chapisco é uma camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com finalidade de deixar a superfície uniforme quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento.

Na construção civil, o chapisco possui grande relevância, sendo este imprescindível, porém, são inúmeros os problemas causados devido à falta do mesmo e, uma vez evidenciados tais problemas como falta de aderência, irregularidade na absorção de água pelo substrato, dentre outros, eles resultam em patologias como descolamento do emboço, fissuras e diversas outras existentes (SEGAT, 2005).

As propriedades do chapisco, tanto de aderência, como de retenção de água, é o que garante o melhor desempenho na execução e vida útil da obra. Para Antunes (2005), a formação da aderência é um mecanismo complexo que envolve o transporte de massa sendo eles (sólidos e líquidos) na argamassa e na sua interface com a base, que juntamente com a hidratação do cimento, influenciam a cinética do endurecimento.

Com relação à retenção de água, Moura (2007) afirma que os poros da argamassa são modelados como tubos cilíndricos independentes, possuindo raios variáveis por se originarem dos vazios formados pelos grãos de cimento e agregado, encontrando-se, inicialmente, saturados, sendo assim o transporte de água que ocorre no sistema, pode ser explicado pela teoria dos poros ativos, os quais possuem força capilar suficiente para desempenhar a ação de sucção da água.

Segundo Carasek (2007), a retenção de água é a capacidade que a argamassa fresca possui em se manter hidratada e com trabalhabilidade frente a situações que resultem na perda de água. Com uma retenção de água adequada, as propriedades de aderência, resistência mecânica e durabilidade são diretamente influenciadas, uma vez que para o endurecimento dos aglomerantes, os processos químicos existentes necessitam e dependem dessa água retida.

2.2. PROPRIEDADES DO AGREGADO

Um dos principais elementos integrantes na argamassa é o agregado, que assume um papel de grande importância econômica e técnica, influenciando nas propriedades da argamassa. A NBR 7211 (ABNT, 2009), define agregado como material granular, geralmente inerte, com dimensões e propriedades adequadas para a preparação de argamassa ou concreto.

Segundo Lara (2013), os agregados devem ser formados por grãos com resistência e durabilidade, sendo de diferentes tamanhos e inertes, para que assim não manifeste ou desenvolva uma reação química quando misturados com a água.

Os agregados podem ser divididos em dois grupos, sendo estes os miúdos e os graúdos, variando de acordo com a sua granulometria, podendo também ser naturais ou sintéticos (industrializados). Porém, o que se encontra presente nos chapiscos é o agregado miúdo, que segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009), é um agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75mm, ressalvados os limites estabelecidos em norma.

Os agregados, em especial os miúdos, podem proporcionar diversas qualidades à argamassa de chapisco, devido às grandes propriedades que eles possuem. Para Lara (2013), tais propriedades dos agregados refletem na trabalhabilidade, na massa específica, nas características térmicas e acústicas, no módulo de elasticidade e na durabilidade das argamassas.

2.2.1. Areia

Grande parte ou quase a maioria dos agregados encontram-se disponíveis na natureza, como é o caso da areia, que como material de construção pode ser destinada ao preparo de argamassas, concretos, pavimentos, filtros de tratamento de água e efluentes, dentre outras aplicações (HAGEMANN, 2011).

Ainda segundo Hagemann (2011), a areia é um agregado miúdo que pode ser originário de fontes oriundas de leitos de rios, depósitos eólicos, cavas ou oriundas de processos artificiais como a britagem. Quando provém de fontes naturais, o material é extraído por dragas, escavações e bombeamentos, passando posteriormente por um processo de lavagem e classificação, para comercialização do produto.

A areia para a construção civil pode ser definida como uma matéria-prima mineral granular, inconsolidada, com a predominância de grãos quartzosos (SiO_2), um mineral que compõe grande parte das propriedades da areia. Além do quartzo, outros minerais também

podem estar presentes na composição da areia, em quantidades variáveis, dependendo da natureza geológica do depósito, como feldspato, mica, minerais pesados, óxidos e hidróxidos de ferro (BUENO, 2010).

A areia, segundo Akermann (2013), encontrada em depósitos onde são acumuladas através do tempo por erosões das intempéries sobre as rochas, é a fornecedora da sílica (SiO_2), a qual é a base do vidro, sendo também a matéria prima presente em maior volume na composição no vidro e a mais difícil de fundir.

2.2.2. Vidro

De acordo com Akerman (2013), o vidro é um material utilizado há milhares de anos pelo homem, pois possui diversas características e muitas aplicações. Inicialmente, era empregado com finalidade estética em joias e decorações, também era moldado para a produção de peças para grandes faraós e, posteriormente, para ferramentas de corte. Depois de alguns tempos, com os novos métodos de produção e utilização do vidro, a produção ficou mais barata e contribuiu para a sua popularidade, chegando ao que é hoje, um grande e notável material que se encontra espalhado pelo mundo, sendo utilizado, em especial, na área da construção civil.

São inúmeras as matérias-primas na natureza, que fundidas resultam no vidro, sendo assim Lara (2013), define vidro da seguinte forma: “Por vidro entende-se uma substância inorgânica, amorfa e fisicamente homogênea, obtida pelo resfriamento de uma massa em fusão que enrijece através de um aumento contínuo da viscosidade” (LARA, 2013, p. 164).

Para Teixeira (2004), os vidros são sólidos amorfos, que apresentam, em sua constituição, óxido de silício em uma proporção entre 70% e 75%, sendo obtidos pela solidificação de um líquido, que não apresenta uma temperatura fixa, mas devido ser de alta viscosidade facilita a sua formação. Uma característica que diferencia os vidros dos sólidos cristalinos é a não ordenação de seus átomos, ou seja, eles se comportam de forma desordenada não apresentando periodicidade e simetria.

Shachelford (2008) descreve vidro como sendo um material frágil, porém não fraco, possuindo grande resistência à ruptura, sendo duro e rígido, porém, não tenaz, sendo necessário, para rompê-lo, uma força capaz de romper as suas ligações atômicas.

A principal matéria-prima para a fabricação de um vidro é a areia, constituída essencialmente pelo mineral quartzo (SiO_2). Inicialmente, os átomos dos grãos de areia formam cristais com disposições organizadas e, quando fundidos, esses átomos não

conseguem mais se reorganizarem, permanecendo amorfos (sem organização), formando o vidro juntamente com outros minerais, que garantem suas propriedades (AKERMAN, 2013).

2.3. SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO (AREIA) POR VIDRO

Atualmente, na engenharia civil, estão sendo realizados estudos e testes sobre a incorporação do vidro em substituição da areia. Alguns desses estudos estão sendo aplicados a argamassas de revestimento (emboço), concretos, dentre outros. O presente estudo abordará sobre a aplicação do vidro no chapisco, verificando se as propriedades de resistência de aderência à tração são influenciadas ou não por essa substituição.

Segundo Ticianelli (2018), comparando os traços estudados de 25%, 50% e 75% de incorporação do vidro na argamassa de revestimento, concluiu-se que, à medida que houve o acréscimo na quantidade de vidro, ocorreu o aumento da resistência de aderência a tração. Porém, apesar de garantir uma maior resistência o traço com 75% de vidro, o mesmo apresentou uma menor trabalhabilidade, não sendo homogêneo. Levando em consideração tais propriedades de trabalhabilidade, aderência, resistência e comprometimento de fissuras o traço que melhor se desempenhou foi o de 25%.

Para Correia *et al.* (2018), a utilização do vidro para adição em concretos é uma excelente solução para acabar com os ruídos provenientes das máquinas de reciclagem. Também constatou que os concretos com 75% e 100% de substituição da areia pelo vidro se mostraram muito consistentes, porém, sendo necessária a utilização de aditivo superplastificante para utilização em concretos com elevada taxa de armaduras, já o concreto com 50% de vidro apresentou consistência semelhante ao concreto referência.

De acordo com o estudo, todas as argamassas com incorporação de vidro apresentaram comportamento favorável quanto à resistência à tração aos 28 dias, também aumentaram consideravelmente a resistência para os traços de 10%, 15% e 20% de agregados finos de vidro substituídos na argamassa (OLIVEIRA, BRITO e VEIGA, 2013).

2.4. ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO (ARRANCAMENTO)

Segundo Salvi (2017), uma das principais propriedades requeridas por uma argamassa de revestimento no estado endurecido é a aderência ao substrato e, diante disso, por meio de ensaios semi-destrutivos como o ensaio de arrancamento, pode-se verificar a resistência de aderência à tração de argamassas de revestimento. O mesmo autor ainda

conceitua essa resistência de aderência à tração como uma representação da máxima tensão que um revestimento suporta, quando submetido a um esforço normal de tração.

A resistência de aderência à tração é uma “Tensão máxima suportada por um corpo-de-prova de revestimento, na interface em avaliação, quando submetido a um esforço normal de tração” (NBR 13528-3, ABNT, 1995, p. 01).

Este ensaio de resistência é, segundo Campos (2014), caracterizado pela tensão máxima suportada por um corpo de prova, quando este está submetido a um esforço de tração por meio de um equipamento mecânico ou hidráulico que coletará os dados referentes às resistências conforme especificado na NBR 13528-2 (ABNT, 2019).

A principal norma que abrange e descreve sobre o ensaio de resistência à tração é a NBR 13528-2 (ABNT, 2019), que trata dos procedimentos e métodos a serem utilizados no ensaio de resistência de aderência à tração em revestimentos de argamassas.

3. METODOLOGIA

3.1. TIPO DE PESQUISA

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica e experimental prática, para a verificação da influência da substituição da areia por vidro no chapisco, considerando a resistência de aderência à tração de revestimentos de argamassa em blocos cerâmicos.

A pesquisa foi realizada pelo método quantitativo, por meio do qual foram coletados dados numéricos através de testes realizados em laboratório, a partir de verificações *in loco*. Com base nas referências bibliográficas, os resultados coletados *in loco* foram analisados, organizados para a comparação de dados e identificados se houve aumento na resistência da argamassa com a incorporação do vidro no chapisco, de quanto foi esse aumento, verificando se é viável ou não a sua aplicação.

O local de realização da pesquisa, foi o laboratório de construção civil do Centro Universitário Assis Gurgacz - FAG, na cidade de Cascavel, Paraná. O laboratório dispõe de um ambiente adequado para a elaboração dos ensaios, estando disponível para a realização dos mesmos.

3.2. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Os materiais coletados para a realização do agregado miúdo de vidro são de origem domiciliar, com diversos formatos, espessuras variadas e com colorações diferenciadas. Os

vidros coletados são provenientes de garrafas de bebidas, vidros de conservas e demais materiais de uso domiciliar, os quais foram triturados manualmente para a utilização. Não se utilizou critérios para a seleção dos vidros, pois deste modo, pode-se reciclar maior quantidade de materiais descartados.

O aglomerante utilizado em todas as etapas, desde a execução da alvenaria até os chapiscos, foi o cimento Portland Votoran composto CP II-Z-32.

A areia utilizada em todas as etapas, desde a execução da alvenaria até os chapiscos, foi a classificada como fina e a água utilizada foi a disponibilizada pelo laboratório de construção civil do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz.

3.2.1. Execução da alvenaria

Foram construídas duas paredes de alvenaria em blocos cerâmicos, sendo estes de padrão 6 furos, com dimensões de 9 cm x 14 cm x 24 cm. As paredes foram realizadas em formato (L) com tijolos transpassados, sendo uma lateral com dimensões de 1,70 metros x 0,75 metros e a outra lateral com 0,83 metros x 0,75 metros, sendo executadas no laboratório de construção civil do Centro Universitário Assis Gurgacz, conforme a Figura 1. A execução dos serviços teve como base os parâmetros estabelecidos na NBR 8545/1984, que trata do procedimento de execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos.

Figura 1: Execução da alvenaria.



Fonte: Autores, 2020.

Inicialmente, realizou-se a limpeza do local e a demarcação dos pontos para execução das paredes, posteriormente, fora preparada a argamassa de assentamento que segundo o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI (2019), possuiu um traço na proporção de 1:2:6 (cimento, cal, areia). Com o auxílio de uma

betoneira fornecida pelo laboratório foram misturados os materiais, para a homogeneização da argamassa.

Do mesmo modo, os tijolos também passaram por uma preparação, sendo umedecidos para evitar que a água presente na argamassa de assentamento fosse absorvida por eles. A parede foi realizada com as fiadas organizadas de modo que não houve a conciliação entre as juntas de assentamento, ou seja, utilizaram-se juntas de amarração.

3.2.2. Execução do chapisco

Para realização do chapisco nas duas paredes foram consideradas as recomendações da NBR 7200 (ABNT, 1998), que trata sobre o procedimento para execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Deste modo, foi aguardado o tempo de 14 dias de cura da alvenaria para aplicação do chapisco, conforme a Figura 2.

Figura 2: Execução do chapisco na alvenaria.



Fonte: Autores, 2020.

Para a aplicação do chapisco na alvenaria, a superfície foi limpa e umedecida e, em seguida, executou-se a camada de chapisco segundo o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI (2018), com o traço de 1:3 (cimento, agregado miúdo) com uma argamassa de consistência fluída, facilitando a penetração na base ao ser lançada com o aplicador manual de chapisco, possuindo espessura entre 3 mm e 5mm.

A argamassa de chapisco foi produzida com a utilização do cimento e dois tipos de agregados, sendo a areia e o vidro, juntamente, com a água. Sendo assim, foram realizadas três amostras distintas de chapisco, sendo elas em proporções diferentes. Tais relações dos traços que compõem as três amostras de chapisco podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1: Traços utilizados nas argamassas de chapisco.

ARGAMASSA	CONSTITUINTES	TRAÇO	CIMENTO (%)	AREIA (%)	VIDRO (%)
C/A	Cimento; Areia	1:3	100	100	-
C/A/V	Cimento; Areia; Vidro	1:1,5:1,5	100	50	50
C/V	Cimento; Vidro	1:3	100	-	100

Fonte: Autores, 2020.

Com as argamassas de chapisco preparadas, iniciou-se o procedimento para aplicá-las na parede de alvenaria, as aplicações do chapisco foram feitas separadamente de acordo com as suas composições, para que cada amostra fosse posteriormente testada e analisada.

3.2.3. Execução do emboço

Segundo as recomendações da NBR 7200 (ABNT, 1998), foram aguardados três dias após a aplicação da argamassa de chapisco para a aplicação do emboço, o qual possui uma espessura média de 20 mm, conforme a Figura 3.

Figura 3: Execução do emboço na alvenaria.



Fonte: Autores, 2020.

Passados os dias estipulados, foi executada a argamassa de revestimento do emboço conforme o recomendado pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI (2019), com traço de 1:2:6 (cimento, cal, areia), passando pelo processo de homogeneização, iniciando com a mistura dos materiais e, posteriormente, com o lançamento na parede. Depois de lançado, realizou-se o sarrafeamento e o desempeno para a posterior verificação de resistência à tração e compressão.

3.3. Ensaaios

3.3.1. Ensaio de granulometria

O ensaio de granulometria foi executado conforme os preceitos da NBR NM 248 (ABNT, 2003), para determinação da composição granulométrica.

O vidro coletado para o ensaio passou por um processo de trituração manual e, posteriormente, por um processo de lavagem e secagem para que fossem retiradas as impurezas presentes, deixando-o pronto para o ensaio granulométrico, conforme Figura 4 e 5.

Figura 4: Trituração do vidro.



Fonte: Autores, 2020.

Figura 5: Peneiramento.



Fonte: Autores, 2020.

Para determinação da distribuição granulométrica do vidro, o material foi agitado mecanicamente em peneiras, sendo dispostas em ordem decrescente de cima para baixo. O vidro foi colocado na peneira com maior abertura, de modo que, ao ser agitado, os grãos menores cairão para as peneiras de aberturas menores, obtendo-se o vidro com as suas devidas granulometrias.

Os materiais retidos em cada peneira foram pesados com uma balança digital de precisão 0,01g e tabelados para desenvolvimento dos cálculos, em que serão encontradas as porcentagens do peso do agregado presente em cada peneira. Com as devidas porcentagens, obteve-se a curva granulométrica do vidro.

3.3.2. Ensaio pulverulento

O ensaio pulverulento foi executado de acordo com a NBR NM 46 (ABNT, 2003), que descreve sobre os agregados e a determinação do material fino que passa através da peneira 75 μm , por lavagem.

Para determinar o material mais fino que passa pela peneira 75 µm, foram separadas e pesadas algumas gramas dos agregados secos em estufa para o peneiramento, sendo eles colocados sob as peneiras empilhadas de ordem decrescente de cima para baixo, considerando que peneira superior tem abertura de 1,18 mm e a inferior corresponde à peneira de 75 µm.

Terminado o peneiramento, realizou-se a lavagem dos agregados em água corrente, até que a água ficasse limpa e as amostras pudessem ser levadas à estufa novamente para a posterior pesagem do material.

Segundo a NBR NM 46 (ABNT, 2003), a perda em massa resultante do tratamento com água é calculada em porcentagem da massa da amostra original e caracterizada como a porcentagem de material mais fino que a peneira de 75 µm por lavagem.

Os resultados foram obtidos por meio da Equação 1 e, posteriormente, tabelados para análise.

$$M = \frac{M_i - M_f}{M_i} * 100 \quad (1)$$

Onde:

M = Porcentagem de material mais fino que a peneira 75 µm por lavagem (%);

M_i = Massa original da amostra seca (g);

M_f = Massa da amostra seca após a lavagem (g).

3.3.3. Ensaio de resistência à tração

O ensaio de resistência à tração executou-se conforme a prescrição da NBR 13279 (ABNT, 2005), que trata sobre argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos na determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.

A realização do ensaio começou com a montagem de três moldes, a aplicação de uma camada fina de óleo mineral na parte interna. Logo após, os moldes foram preenchidos pela mesma argamassa utilizada no revestimento da parede para o teste de arrancamento, com o auxílio de um nivelador. Essa argamassa fora colocada no molde em duas camadas, sendo necessários 30 golpes a cada camada inserida, sendo o corpo de prova rasado com a régua metálica.

Os corpos de prova permaneceram a uma temperatura de (23+/-2)°C e umidade relativa do ar de (60+/-5)%, durante (48+/-24)h, sendo, em seguida, desmoldados e armazenados nas mesmas condições até a ruptura após 28 dias segundo a NBR 13279 (ABNT, 2005). A mesma norma ainda propõe o posicionamento do corpo de prova nos dispositivos de

apoio do equipamento, não deixando a face rasada em contato com o mesmo, e nem com o dispositivo de carga, para a aplicação da carga de (50+/-10) N/s até sua ruptura.

Os resultados foram obtidos por meio da Equação 2 e, posteriormente, tabelados para análise.

$$T_t = \frac{F}{A} * 0,098 \quad (2)$$

Onde:

T_t = Tensão de resistência à tração (MPa);

F = Carga máxima aplicada (Kgf);

A = Área (cm²).

3.3.4. Ensaio de resistência à compressão

O ensaio de resistência à compressão foi executado de acordo com o prescrito na NBR 13279 (ABNT, 2005), que trata sobre argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos na determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.

Para esse ensaio, a NBR 13279 (ABNT, 2005) propõe a utilização das metades dos corpos de prova do ensaio de resistência à tração, posicionando-os no dispositivo de apoio do equipamento a ser utilizado no ensaio, não deixando a face rasada em contato com o equipamento e nem com o dispositivo de carga, para a aplicação da carga de (500+/-50) N/s até a ruptura.

Os resultados foram obtidos por meio da Equação 3 e, posteriormente, tabelados para análise.

$$T_c = \frac{F}{A} * 0,098 \quad (3)$$

Onde:

T_c = Tensão de resistência à tração (MPa);

F = Carga máxima aplicada (Kgf);

A = Área (cm²).

3.3.5. Ensaio de absorção

O ensaio de absorção foi executado de acordo com o prescrito na NBR 9778 (ABNT, 2005), que aborda sobre a argamassa e concreto endurecidos na determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.

Para a execução do ensaio, foram moldados três corpos de prova, sendo esperados 28 dias de cura para a realização do ensaio de absorção, conforme a NBR 9778 (ABNT, 2005).

Inicialmente, determinou-se a massa das amostras em seu estado natural, sendo pesadas com o auxílio de uma balança. Posteriormente, as amostras foram colocadas em uma estufa durante 72 horas para determinação das massas secas (M_s), por meio da pesagem realizada na balança digital de precisão 0,01g.

Com as massas secas definidas, as amostras foram imersas em água por um período de 72 horas, com temperaturas de $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$. Após a retirada das amostras da água, as mesmas passaram por outra pesagem na balança digital de precisão 0,01g, para obtenção das massas úmidas (M_u).

Os resultados foram obtidos por meio da Equação 4 e, posteriormente, tabelados para análise.

$$A_a = \frac{M_u - M_s}{M_s} * 100 \quad (4)$$

Onde:

A_a = Absorção de água (%);

M_u = Massa úmida (g);

M_s = Massa seca (g).

3.3.6. Ensaio de arrancamento

O ensaio de resistência de aderência à tração ou ensaio de arrancamento, foi executado conforme a prescrição da NBR 13528-2 (ABNT, 2019), que trata dos revestimentos de paredes com argamassa e estabelece os parâmetros de aderência à tração.

Segundo a NBR 13528-2 (ABNT, 2019), devem ser esperados 28 dias após a realização da aplicação da camada de revestimento, para execução do ensaio de arrancamento, período necessário para a cura da argamassa. A mesma norma ainda determina que sejam ensaiados no mínimo 12 corpos de prova para cada traço de argamassa, de modo que estes estejam dispostos na superfície da parede a uma distância de 50 mm das bordas e, também, a 50 mm de distância dos demais corpos de prova, sendo estes organizados da forma que não fiquem alinhados.

O ensaio compreendeu três etapas: marcação e corte dos corpos de prova, colagem das pastilhas e verificação da tensão de ruptura, conforme segue:

- Etapa 01: Demarcação e delimitação da área cortada, seguido do corte da argamassa de revestimento com o auxílio de uma serra copo diamantada de diâmetro 50 mm acoplada a uma furadeira Stanley, de forma a garantir que esse corte fosse em toda camada de revestimento, atingindo o substrato.

- Etapa 02: Limpeza do local e colagem das pastilhas com as colas de base epóxi média fluidez Vedacit, juntamente com o material para a sustentação. Para isso, é importante que elas sejam coladas bem ao centro do corpo de prova para evitar a aplicação de esforços de tração excêntricos, ou seja, fora do centro.

- Etapa 03: Acoplamento do equipamento de arrancamento da Solotest aos dispositivos da pastilha. Para o início do ensaio, o equipamento estava calibrado, com a velocidade correta e perpendicular à superfície, para o então início do procedimento para a execução dos esforços de tração sobre os 36 corpos de prova, até que ambos se rompessem devido à força de tensão aplicada.

Calculadas as resistências individuais de cada amostra, realizou-se a média entre as amostras de cada tipo de chapisco. Segundo a NBR 13528-2 (ABNT, 2019), para que esses valores possam ser calculados é necessário que a amostra seja rompida entre a camada de revestimento e o substrato (base), contrário a isso, as amostras deverão ser descartadas. Os resultados foram obtidos por meio da Equação 5 e, posteriormente, tabelados para análise.

$$R_a = \frac{F}{A} * 0,098 \quad (5)$$

Onde:

Ra = Resistência de aderência à tração (MPa);

F = Força de ruptura (Kgf);

A = Área do corpo de prova (cm²).

3.4. Análise e coleta de dados

Após a realização dos ensaios, organizaram-se todos os resultados coletados para uma posterior análise e comparação dos dados, sendo verificados os valores recomendados para cada ensaio de acordo com as normas, para que fosse realizada a conferência com os valores obtidos. Sendo assim, os resultados são apresentados em forma de tabelas e gráficos, identificando as diferenças entre os traços estipulados e as influências das devidas substituições de areia pelo vidro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. PERFIL GRANULOMÉTRICO DOS MATERIAIS UTILIZADOS

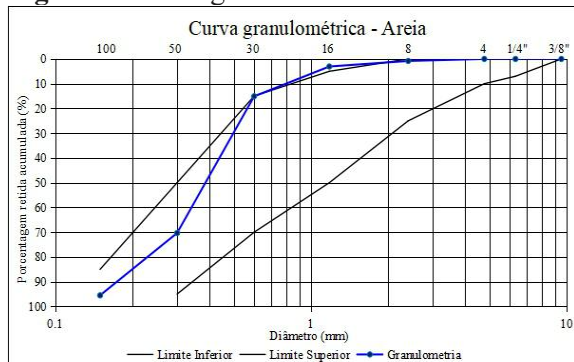
A partir do ensaio de granulometria realizado conforme a NBR NM 248 (ABNT, 2003), os resultados granulométricos dos agregados miúdos (areia e vidro) foram determinados conforme a apêndice 1 e 2, em que cada um dos agregados retidos em cada peneira foram pesados, para a obtenção das porcentagens retidas, acumuladas e passantes em cada malha.

A areia apresentou um peso inicial antes de ser realizado o ensaio de 2009,10g, após a realização do ensaio esse peso foi alterado para 2007,30g, ou seja, teve uma perda de 1,80g durante o procedimento do ensaio. O agregado também apresentou maior quantidade de material retido na peneira 50 e menor quantidade na peneira 16, resultando em um módulo de finura (MF) de 1,85 sendo este considerado um material fino, promovendo menor aderência.

O vidro apresentou um peso inicial antes de ser realizado o ensaio de 2008,40g, após a realização do ensaio esse peso foi alterado para 2007,50g, ou seja, teve uma perda de 0,90g durante o procedimento do ensaio. Este agregado, ao contrário da areia, apresentou maior quantidade de material retido na peneira 16 e menor quantidade na peneira 100, resultando em um módulo de finura de 3,05 sendo considerado um material médio, com maior aderência.

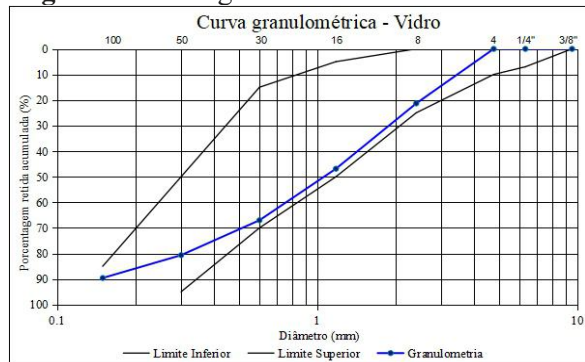
A partir dos dados encontrados, obtiveram-se as curvas granulométricas dos dois agregados (areia e vidro), conforme identificadas nas Figuras 6 e 7.

Figura 6: Curva granulométrica da areia.



Fonte: Autores, 2020.

Figura 7: Curva granulométrica do vidro.



Fonte: Autores, 2020.

De acordo com as curvas granulométricas, pode-se observar que, tanto a areia como o vidro, encontram-se dentro das faixas limites, porém, a areia em relação ao vidro apresenta uma porcentagem menor de agregado retido entre as peneiras 4 e 30. Em relação à peneira 30

até a peneira 100 ocorre o inverso, o vidro encontra-se em relação a areia com uma menor porcentagem de agregado retido nas peneiras.

Segundo Ticianelli (2018), a granulometria das amostras apresenta equivalência, de modo que as dimensões dos grãos de ambos os materiais são próximos, estando dentro do limite estipulado, uma vez que as porcentagens retidas e cumuladas nas peneiras encontram-se dentro da norma.

Sendo assim, mesmo com a diferença entre os agregados, os gráficos mostram que há uma semelhança existente entre essas curvas e que os grãos, tanto da areia como do vidro, também possuem uma semelhança, encontrando-se dentro dos limites estipulados em norma, com zonas utilizáveis.

4.2. RESULTADOS DO ENSAIO PULVERULENTO

No ensaio pulverulento conforme a NBR NM 46 (ABNT, 2003), foram peneirados os dois agregados, sendo eles a areia e o vidro para então ser determinado o material mais fino passante pela peneira 75 μm , através da lavagem em água corrente. Os materiais utilizados no ensaio foram os mesmos do peneiramento realizado para encontrar a curva granulométrica.

Sendo assim, a perda em massa resultante do tratamento com água é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2: Resultado pulverulento dos agregados miúdos.

AGREGADO	MASSA INICIAL (g)	MASSA FINAL (g)	PASSANTE (g)	PASSANTE (%)
Areia	2007,30	2001,20	6,10	0,30
Vidro	2007,50	1906,00	101,50	5,06

Fonte: Autores, 2020.

De acordo com os dados coletados, a areia apresentou 6,10g de agregado miúdo passante na peneira 75 μm , correspondente a 0,30% da massa inicial. O vidro resultou em valores elevados em relação a areia, apresentando como passante na peneira 75 μm 101,50g de agregado miúdo, correspondente a 5,06% da massa inicial. Deste modo, pode-se notar que o vidro possui maior quantidade de agregado passante na peneira 75 μm em relação a areia, podendo ser justificado devido o processo de trituração do vidro, que resulta em uma maior quantidade de pó devido o atrito sofrido entre as partículas.

De acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2009), o módulo de finura da areia encontra-se dentro da faixa de zona utilizável inferior, enquanto o vidro encontra-se dentro da zona utilizável superior.

4.3. RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

Conforme a prescrição da NBR 13279 (ABNT, 2005), no ensaio de resistência à tração, foram moldados três corpos de prova (CP's) que foram executados com a argamassa utilizada para o assentamento e para o emboço no revestimento da parede. Após moldados e esperados os 28 dias de cura, os CP's foram rompidos na prensa, a fim de se ter uma base numérica para o estudo.

Os corpos de prova apresentaram a máxima carga que suportaram até a ruptura, sendo assim as tensões de resistência à tração, por eles suportadas, foram calculadas, verificadas e analisadas de modo que os resultados finais resultantes da verificação apresentam-se na Tabela 3.

Tabela 3: Resistência à tração da argamassa de revestimento.

CP	CARGA (Kgf)	TENSÃO (MPa)
1	530	0,20
2	480	0,10
3	620	0,20
MÉDIA	575	0,20

Fonte: Autores, 2020.

Sendo assim, a média dos corpos de prova rompidos na prensa foi realizada em função do CP 1 e 3, sendo descartado o CP 2 por possuir um valor diferenciado dos demais, deste modo a média resultou na carga de 575 Kgf e na tensão de 0,20 MPa, utilizado o traço de 1:2:6 (cimento, cal, areia), conforme Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI (2019) permite.

Salvi (2017) apresenta, como média de tensão para a resistência à tração, o valor de 1,52 MPa, considerando uma resistência mecânica baixa, assim como a encontrada, que pode ocorrer devido a argamassa ser pobre ou devido aos materiais não proporcionarem a resistência devida. Segundo a NBR 13281 (ABNT, 2005), a média resultante dos cálculos dos CP's encontra-se na classificação R1 com resistência inferior a 1,5 MPa.

4.4. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Conforme a prescrição da NBR 13279 (ABNT, 2005), no ensaio de resistência à compressão os três corpos de prova foram executados com a argamassa utilizada para o assentamento e o revestimento da parede. Após moldados e esperados os 28 dias de cura, os CP's foram rompidos na prensa, a fim de se ter uma base numérica para o estudo.

Os corpos de prova ao serem rompidos apresentaram a máxima carga que suportaram até a ruptura sendo assim as tensões de resistência à compressão suportadas por eles foram calculadas de modo que os valores finais resultantes das verificações são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Resistência à compressão da argamassa de revestimento.

CP	CARGA (Kgf)	TENSÃO (MPa)
1	910	1,10
2	760	0,90
3	1170	1,50
MÉDIA	835	1,0

Fonte: Autores, 2020.

Deste modo, o CP 3 foi excluído da média final, onde os principais valores das verificações referentes ao CP 1 e 2 apontam que a carga resultante é de 835 Kgf e a tensão de 1,0 MPa, resultante da utilização do traço de 1:2:6 (cimento, cal, areia), conforme o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI (2019).

Para Cruz (2015), o ensaio de compressão decorrente de corpos de prova com o traço de 1:2:6 (cimento, cal, areia), apresentou valores de tensões maiores que os encontrados no presente estudo, onde a média de tensões por ele encontradas foi de 5,08 MPa.

Ribeiro (2014) encontrou, como média obtida no ensaio de resistência, a compressão a tensão de 4,24 MPa, também inferior a encontrada por Cruz (2015). Tais valores podem divergir devido à diferença nos materiais utilizados e ao tempo que eles ficaram sem ser utilizados. A diferença no tempo de cura também é um fator que influencia na resistência dos CP's.

A tensão encontrada de 1,17 MPa na classificação da argamassa para o quesito de resistência a compressão aos 28 dias segundo a NBR 13281 (ABNT, 2005), é classificada como P1 com resistência inferior a 2,0 MPa.

4.5. RESULTADOS DO ENSAIO DE ABSORÇÃO

O ensaio de absorção foi executado na argamassa de emboço de acordo com o prescrito na NBR 9778 (ABNT, 2005), em que o chapisco serviu como base. Inicialmente, colocou-se 1/3 dos corpos de prova dentro da água, depois foram colocados 2/3 dos CP's dentro da água e, posteriormente, foram totalmente submersos na água, após os 28 dias de cura. A cada etapa de submersão na água, os CP's foram pesados para obtenção do valor da

massa para uma verificação da total quantidade de água que a argamassa de revestimento absorveu, tais dados são apresentados conforme apêndice 3.

A porcentagem de água absorvida pelos corpos de prova foi obtida através da média das massas úmida e seca, em que os corpos de prova do emboço obtiveram uma média de 15,06% de absorção de água, o que garante uma argamassa com pouca capacidade de infiltração.

Zanelato (2015), apresenta um índice de absorção das amostras de 73%, ou seja, é o percentual de água retido nos CP's. Tais dados não coincidem com o estudo, o qual indica que a absorção é de 15,06%, ou seja, a retenção de água é menor, favorecendo a resistência do material.

4.6. RESULTADOS DO ENSAIO DE ARRANCAMENTO

Segundo a prescrição da NBR 13528-2 (ABNT, 2019), para o ensaio de arrancamento foram ensaiadas 12 amostras cada traço, conforme a Figura 8, em que cada uma apresentou um valor referente ao seu arrancamento conforme apêndices 4, 5 e 6.

Figura 8: Ensaio de arrancamento.



Fonte: Autores, 2020.

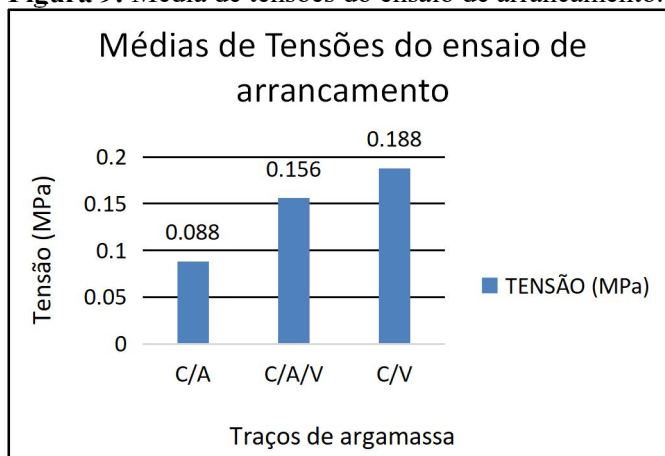
Segundo a NBR 13528-2 (ABNT, 2019), o mínimo de tensão permitida é 0,20 MPa nas paredes internas, sendo assim algumas amostras não atenderam o mínimo definido pela norma, enquanto outras excederam esse valor exigido, resultando em uma média abaixo do estipulado em norma, podendo ser decorrente dos materiais envelhecidos, ou demais fatores.

O maior valor de tensão aplicada foi de 0,34 MPa no traço "C/V", enquanto o menor valor de tensão aplicada foi 0,10 MPa no mesmo traço. Tais valores podem diferir no mesmo traço, devido a alguma falha em alguns dos materiais utilizados, clima, ou devido às amostras

estarem posicionadas em locais diferenciados na alvenaria, sofrendo influência do bloco cerâmico e das juntas de assentamento.

Mesmo com todas as amostras abaixo do mínimo estipulado em norma, pode-se verificar que a média de tensões entre os três traços de chapisco variaram, de modo que o traço “C/A” apresentou uma média de 0,088 MPa, enquanto o traço “C/A/V” 0,156 MPa e o traço “C/V” uma tensão média de 0,188 MPa, conforme Figura 9.

Figura 9: Média de tensões do ensaio de arrancamento.



Fonte: Autores, 2020.

O desvio padrão encontrado para o traço de “C/A” foi de 0,10 e o coeficiente de variação 107,18%, para o traço de “C/A/V” o desvio padrão encontrado foi 0,10 e o coeficiente de variação 63,10%, por fim o traço “C/V” foi o que apresentou menor desvio padrão e coeficiente de variação, sendo estes respectivamente 0,09 e 49,71%, conforme apêndices 4, 5 e 6.

Sendo assim, o traço de “C/V” apresentou uma tensão média maior em relação ao traço “C/A/V” e este uma tensão maior comparado ao traço de “C/A”. Logo, percebe-se que os chapiscos com a substituição do agregado miúdo areia por vidro, tanto no traço de “C/V” como no traço “C/A/V” apresentaram porcentagens de resistências maiores em relação ao convencional “C/A”, sendo elas respectivamente 114% e 77% . Ou seja, o traço com 100% de substituição do agregado miúdo areia por vidro foi o que apresentou melhor resistência de aderência à tração, alcançando 0,1MPa de diferença do convencional, demandando de mais tensão para seu arrancamento, o que garante melhor aderência entre o chapisco e o emboço.

Esse aumento da resistência com a incorporação do vidro no chapisco, vai além das propriedades semelhantes a da areia como a sílica, podendo ser explicado, devido o formato irregular e o maior diâmetro dos grãos, o que garante uma melhor aderência de resistência à tração da argamassa ao substrato, de modo a elevar a rugosidade do substrato ao ser aplicado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no presente estudo, pode-se verificar que a utilização do vidro como agregado miúdo na substituição da areia na argamassa de chapisco proporcionou resultados que apresentaram um comportamento favorável.

Os resultados apontaram que a inserção do vidro triturado na argamassa de chapisco resultou em um aumento na resistência de aderência à tração em relação ao traço convencional onde a média de tensões encontras no traço de “C/A” foi de 0,088 MPa, no traço “C/A/V” 0,156 MPa com aumento de 77% e no traço de melhor desempenho, com a substituição total da areia pelo vidro “C/V” 0,188 MPa com aumento de 114%. O ensaio de arrancamento não apresentou o valor mínimo estipulado por norma de 0,20 MPa, porém esses valores podem derivar de alguns fatores como a possibilidade de falha nos materiais, podendo estar envelhecidos, utilização de uma areia classificada como fina resultando em uma menor aderência e devido o processo de cura ineficiente em ambiente fechado, dentre outros fatores que podem ter impactado em tais resultados. Mesmo com a fragilidade da argamassa de emboço, pode-se verificar que o chapisco com o traço “C/V” e “C/A/V” garantiram um aumento de resistência de tração em relação ao traço convencional.

Os estudos apontaram que o vidro é um material semelhante a areia, possuindo uma curva granulométrica localizada dentro do limite estipulado. O ensaio pulverulento mostra que 5,06 % do vidro passa pela peneira 75 μ m, enquanto a areia 0,30 % é passante na peneira.

Sendo assim, conclui-se que a substituição da areia pelo vidro no chapisco pode ser realizada, desde que os traços sejam ajustados para que a resistência mínima definida pela NBR 13281 (ABNT, 2005), seja atingida. Além disso observou-se que a substituição viabiliza um conjunto de fatores, como a trabalhabilidade na argamassa, além de ser um material alternativo novo na construção civil, buscando a inovação e a incorporação de materiais sustentáveis, auxiliando na diminuição dos resíduos descartados na natureza.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, R. P. N. **Influência da Reologia e da Energia de Impacto na Aderência de Revestimento de Argamassa**. 162p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE VIDRO - ABIVIDRO. **Vidro: O resíduo infinitamente reciclável**. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://abividro.org.br/2019/02/07/vidro-o-residuo-infinitamente-reciclavel/>. Acesso: 18 mar. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento.** Rio de Janeiro - RJ, 1998.

_____. **NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação.** Rio de Janeiro - RJ, 2009.

_____. **NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos.** Rio de Janeiro - RJ, 2005.

_____. **NBR 13528: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração.** Rio de Janeiro - RJ, 1995.

_____. **NBR 13528-2: Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração.** Rio de Janeiro - RJ, 2019.

_____. **NBR 8545: Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos.** Rio de Janeiro - RJ, 1984.

_____. **NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.** Rio de Janeiro - RJ, 2005.

_____. **NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.** Rio de Janeiro - RJ, 2005.

_____. **NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro - RJ, 2003.

_____. **NBR NM 46: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem.** Rio de Janeiro - RJ, 2003.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE VIDRAÇARIAS - ANAVIDRO. **Quanto tempo o vidro leva para se decompor?** São Paulo - SP, 2013. Disponível em: <https://www.anavidro.com.br/?s=tempo+de+decomposi%C3%A7%C3%A3o+do+vidro>. Acesso: 21 abr. 2020.

BUENO, R. I. S. **Aproveitamento da areia gerada em obra de desassoreamento - caso: Rio Paraibuna/SP.** ed. rev. São Paulo - SP, 2010.

CAMPOS, M. O. **Estudo da resistência de aderência à tração e ao cisalhamento de revestimentos de argamassa em substratos de concreto.** Goiânia/GO: Editora, 2014.

CARASEK, H. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais.** v. 2. São Paulo, SP: IBRACON, 2007.

CARELI, E. D. **A Resolução CONAMA 307/2002 e as novas condições para gestão dos resíduos de construção e demolição.** Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia, Departamento de Resíduos Sólidos Urbanos, Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 155 f. São Paulo - SP, 2008.

CORREIA, J. V. F. B.; FRAGA, Y. S. B.; RIBEIRO, R. C. S. C.; LIMA, M. M. **Influência da substituição da areia natural pelo vidro no desempenho mecânico do concreto.** *Engineering Sciences*, v.6, n.1, p.1-9, 2018.

CRUZ, R. J. P. **Estudo da aderência do revestimento de argamassa executado com chapisco lançado e rolado sobre substrato de bloco cerâmico e de concreto.** UTFPR: Campo Mourão/PR, 2015.

HAGEMANN, S.E. **Materiais de construção básicos.** Instituto Federal Sul-Rio-Grandense-UAB, 2011/2.

LARA, L. A. M. **Materiais de construção.** Ouro Preto: IFMG, 2013.

MAURO, A. **Introdução ao vidro e sua produção.** São Paulo/SP: Escola do vidro, 2013.

MOURA, C. B. **Aderência de Revestimentos Externos de Argamassa em Substrato de Concreto: Influência das Condições de Temperatura e Ventilação na Cura do Chapisco.** 234 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre - RS, 2007.

MOTTA, W. H. **Logística reversa e a reciclagem de embalagens no Brasil.** VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão – ISSN 1984-9354, 12 e 13 de agosto de 2011.

OLIVEIRA, R.; BRITO, J.; VEIGA, R. **Incorporação de agregados finos de vidro em argamassas.** Teoria e Prática na Engenharia Civil, n.21, p.25-39, Maio, 2013.

RIBEIRO, G. T. F. **Avaliação do uso de pó de pedra e resíduo do processo de britagem como agregado miúdo na composição da argamassa de emboço.** Faculdade Assis Gurgacz - FAG. Cascavel/PR, 2014.

SALVI, C. R. **Avaliação da resistência de aderência à tração de argamassas de revestimento sobre diferentes substratos na cidade Guaporé/RS.** Lajeado: UNIVATES, 2017.

SEGAT, G. T. **Manifestações patológicas observadas em revestimentos de argamassa: Estudo de caso em conjunto habitacional popular na cidade de Caxias do Sul (RS).** Porto Alegre: EE/UFRGS, 2005.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL - SINAPI. **Cadernos técnicos de composições para revestimentos: Chapisco, emboço/massa única interna, emboço/massa única externa, monocapa, gesso, revestimento cerâmico interno, revestimento cerâmico externo.** Paraná, 2018.

_____. **Cadernos técnicos de composições para: Argamassas.** Paraná, 2019.

SHACKELFORD, J. F. **Introdução à Ciência dos Materiais Para Engenheiros.** Trad. Daniel Vieira. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2008.

TEIXEIRA, M. I. **Propriedades dosimétricas de vidros comerciais e de areia para doses altas.** Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo - SP, 2004.

TICIANELLI, T. R. **Incorporação de vidro em substituição ao agregado miúdo (areia) em argamassas.** Porto Velho - RO, 2018.

ZANELATO, E.B. **Influência do chapisco na resistência de aderência à tração de revestimentos de argamassa em blocos cerâmicos.** Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF. Campos dos Goytacazes - RJ, 2015.

APÊNDICE

Apêndice 1: Tabela da curva granulométrica da areia.

AGREGADO MIÚDO - AREIA					
PENEIRA (n°)	ABERTURA (mm)	PESO RETIDO (g)	PORCENTAGEM RETIDA (%)	PORCENTAGEM ACUMULADA (%)	PORCENTAGEM PASSANTE (%)
4	4,76	0,00	0,00	0	100
8	2,40	16,30	0,81	0,81	99,19
16	1,18	45,10	2,25	3,06	96,94
30	0,60	241,50	12,03	15,09	84,91
50	0,30	1108,60	55,23	70,32	29,68
100	0,15	505,60	25,19	95,51	4,49
Fundo	-	90,20	4,49	100	-
TOTAL	-	2007,30	100	100	-
PESO INICIAL DA AREIA (g)					2009,10
PESO FINAL DA AREIA (g)					2007,30
PERDA (g)					1,80
MÓDULO DE FINURA					1,85

Fonte: Autores, 2020.

Apêndice 2: Tabela da curva granulométrica do vidro.

AGREGADO MIÚDO - VIDRO					
PENEIRA (n°)	ABERTURA (mm)	PESO RETIDO (g)	PORCENTAGEM RETIDA (%)	PORCENTAGEM ACUMULADA (%)	PORCENTAGEM PASSANTE (%)
4	4,76	0,00	0,00	0	100
8	2,40	428,10	21,33	21,33	78,67
16	1,18	512,70	25,54	46,86	53,14
30	0,60	404,50	20,15	67,01	32,99
50	0,30	274,20	13,66	80,67	19,33
100	0,15	179,20	8,93	89,60	10,40
Fundo	-	208,80	10,40	100	-
TOTAL	-	2007,5	100	100	-
PESO INICIAL DO VIDRO (g)					2008,40
PESO FINAL DO VIDRO (g)					2007,50
PERDA (g)					0,90
MÓDULO DE FINURA					3,05

Fonte: Autores, 2020.

Apêndice 3: Média das massas dos corpos de prova.

CP	MASSA NATURAL (Mn)	MASSA SECA (Ms)	MASSA ÚMIDA (Mu) - 1/3	MASSA ÚMIDA (Mu) - 2/3	MASSA ÚMIDA (Mu) - 3/3
1	3040,60	2625,50	2997,5	2999,1	3052,7
2	2950,60	2541,80	2912,0	2914,7	2939,2
3	2968,90	2559,00	2928,7	2930,8	2995,6
MÉDIA	2986,70	2575,43	2946,07	2948,20	2995,83
MÉDIA FINAL	2986,70	2575,43		2963,37	
ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)				15,06	

Fonte: Autores, 2020.

Apêndice 4: Tabela do ensaio de arrancamento - Traço C/V.

TRAÇO - C/V													
CORPO DE PROVA					CARGA DE RUPTURA (Kgf)	TENSÃO - Ra (MPa)	FORMA DE RUPTURA						
Nº	d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	ÁREA (cm)			Sub.	Sub./ Cha.	Cha.	Cha./ Arg.	Arg.	Arg./ col.	Col./ Past.
1	46,76	46,82	46,79	17,19	39	0,22		30		70			
2	46,10	46,65	46,38	16,89	30	0,17				100			
3	47,08	46,82	46,95	17,31	27	0,15				100			
4	45,95	45,57	45,76	16,45	21	0,13				100			
5	45,39	45,25	45,32	16,13	20	0,12				100			
6	45,54	46,40	45,97	16,60	17	0,10				100			
7	45,92	46,71	46,32	16,85	43	0,25				100			
8	46,56	47,12	46,84	17,23	45	0,26				90	10		
9	46,48	45,11	45,80	16,47	44	0,26				100			
10	46,57	46,20	46,39	16,90	45	0,26				100			
11	46,88	46,65	46,77	17,18	60	0,34				90	10		
12	46,15	46,44	46,30	16,83	0	0,00				100			
MÉDIA TOTAL						0,19							
DESVIO PADRÃO						0,09							
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO						49,71%							

Fonte: Autores, 2020.

Apêndice 5: Tabela do ensaio de arrancamento - Traço C/A/V.

TRAÇO - C/A/V													
CORPO DE PROVA				CARGA DE RUPTURA (Kgf)	TENSÃO - Ra (MPa)	FORMA DE RUPTURA							
Nº	d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)			Sub.	Sub./ Cha.	Cha.	Cha./ Arg.	Arg.	Arg./ col.	Col./ Past.	
1	45,75	45,92	45,84	16,50	34	0,20		30		100			
2	44,72	45,99	45,36	16,16	39	0,24				100			
3	45,64	46,56	46,10	16,69	39	0,23				100			
4	47,24	46,91	47,08	17,40	19	0,11			90	10			
5	47,21	46,62	46,92	17,29	25	0,14			10	90			
6	46,59	46,18	46,39	16,90	0	0,00			90	10			
7	45,87	46,62	46,25	16,80	28	0,16					10	90	
8	45,80	46,58	46,19	16,76	57	0,33			100				
9	46,38	46,82	46,60	17,06	21	0,12			80	20			
10	46,25	47,44	46,85	17,24	0	0,00			80	20			
11	46,59	46,67	46,63	17,08	20	0,11			100				
12	46,48	46,70	46,59	17,05	46	0,26			20	80			
MÉDIA TOTAL					0,16								
DESVIO PADRÃO					0,10								
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO					63,10%								

Fonte: Autores, 2020.

Apêndice 6: Tabela do ensaio de arrancamento - Traço C/A.

TRAÇO - C/A													
CORPO DE PROVA				CARGA DE RUPTURA (Kgf)	TENSÃO - Ra (MPa)	FORMA DE RUPTURA							
Nº	d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)			Sub.	Sub./ Cha.	Cha.	Cha./ Arg.	Arg.	Arg./ col.	Col./ Past.	
1	46,78	46,75	46,77	17,18	31	0,18		30	70				
2	46,53	46,01	46,27	16,81	0	0,00		70	30				
3	46,06	46,40	46,23	16,79	0	0,00		50	50				
4	46,30	46,68	46,49	16,97	30	0,17			100				
5	46,21	46,47	46,34	16,87	41	0,24		50	50				
6	46,85	46,18	46,52	16,99	0	0,00		80	20				
7	46,51	45,39	45,95	16,58	26	0,15			100				
8	46,65	46,16	46,41	16,91	0	0,00		50		50			
9	46,10	46,56	46,33	16,86	0	0,00			100				
10	46,57	46,70	46,64	17,08	0	0,00			100				
11	46,51	46,30	46,41	16,91	26	0,15		90	10				
12	46,85	46,19	46,52	17,00	30	0,17		30	70				
MÉDIA TOTAL					0,09								
DESVIO PADRÃO					0,10								
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO					107,18%								

Fonte: Autores, 2020.