



CONTROLE TECNOLÓGICO DE ARGAMASSA PRODUZIDA COM: UM, DOIS E TRÊS ANOS DE IDADE COM AGREGADO DE RESÍDUO DE LOUÇA SANITÁRIA E AGREGADO NATURAL

TECHNOLOGICAL CONTROL OF ARGAMASSA PRODUCED WITH: ONE, TWO AND THREE YEARS OLD WITH ADDED RESIDUE OF SANITARY POT AND NATURAL AGGREGATE RESIDUE

Juzelia Santos¹

Nathália Cristina Xavier de Figueiredo²

Resumo

A construção civil é um importante segmento da indústria brasileira, além do intenso consumo de recursos naturais, os grandes empreendimentos de construção acarretam a alteração da paisagem e, como todas as demais atividades da sociedade, geram resíduos. Uma das grandes dificuldades enfrentadas pela administração pública refere-se ao destino dos resíduos gerados pelas indústrias, por isso a necessidade de se aproveitar esses resíduos na confecção de produtos utilizados no mercado da construção civil. Nesse trabalho foi avaliado o comportamento de argamassa produzida com um, dois anos e três anos de idade, com diferentes misturas. A argamassa com três anos de idade denominada (A:2016) foi produzida com cimento, silicato de alumínio e areia natural. A argamassa (B:2017) com dois anos de idade composta de: cimento, gesso, agregado de resíduo de louça sanitária com 30% de areia natural. Argamassa (C:2018), com um ano de idade composta por cimento, cal e areia natural. O controle tecnológico foi através das propriedades no estado endurecido: resistência à compressão axial, resistência à tração por compressão diametral, resistência à tração na flexão, absorção de água por imersão e absorção por capilaridade, de acordo com as especificações das normas brasileiras da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Os resultados concluem que as diferentes misturas de argamassa utilizando resíduo e sem resíduo não interferiram nos resultados e podem ser utilizadas em revestimento de paredes e tetos. Contribuindo com o meio ambiente com sustentabilidade.

Palavra chaves: desempenho, resíduo, sustentabilidade.

¹ Doutora em Ciências dos Materiais, pela Universidade Federal de São Carlos - SP (UFSCar). Professora do Depto. de Construção Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - Campus Cuiabá. E-mail: juzelia.costa@cba.ifmt.edu.br

² Instituto Federal de Mato Grosso – IFMT, Campus Cuiabá Cel. Octayde Jorge da Silva, Cuiabá – MT – Brasil. Tecnólogo em Controle de Obras. E-mail: nathyfigueiredo@hotmail.com

Abstract

Civil construction is an important segment of Brazilian industry, in addition to, the intense consumption of natural resources, large construction projects lead to a change of landscape and, like all other activities in society, generate waste. One of the main difficulties faced by the public administration refers to the destination of the waste generated by the industries. Consequently, there is the need to take advantage of this waste in the manufacture of products used in the construction market. In this study, the behavior of mortar produced with one, two years and three years of age was evaluated. The mortar with three years of age denominated (A: 2016) was produced with cement, aluminum silicate and natural sand. The two-year mortar (B: 2017) consists of: cement, gypsum, household sanitary waste aggregate with 30% natural sand. Mortar (C: 2018), one-year-old consisting of cement, lime and natural sand. The technological control was through the properties in the hardened state: axial compressive strength, diametric compression tensile strength, flexural tensile strength, water absorption by immersion and absorption by capillarity, according to the specifications of the Brazilian Standards of the Brazilian Association of Technical Standards - ABNT. The results conclude that the mortar under study can be used to coat walls and ceilings, contributing this way, to the environment with sustainability.

Key words: performance, waste, sustainability.

1. INTRODUÇÃO

Argamassa é uma mistura homogênea feita com aglomerantes, agregados miúdos, e água, podendo ou não conter aditivos ou adições, possui propriedades de aderência e endurecimento.

A argamassa pode ser utilizada em um amplo campo de aplicação na construção civil, utilizada para revestimento interno/externo, regularização de pisos, para assentamento de alvenaria, cerâmica, pedras e também em rejuntamento dos mesmos, sendo assim, um material muito utilizado na área da construção civil. Com o aprimoramento a argamassa está sendo utilizada também como acabamento final.

Os aglomerantes utilizados nessa pesquisa foram cimento, gesso, cal e silicato de alumínio. Os agregados utilizados foi areia natural quartzosa proveniente do rio Cuiabá – MT e areia produzida através de britagem de louça sanitária. O uso de louça sanitária e RCD proporciona ganhos econômicos para aqueles que a produzem e ainda traz ganhos inquestionáveis ao meio ambiente e a sociedade.

As argamassas foram avaliadas através das propriedades no estado endurecido em 51 corpos de prova: resistência à compressão axial, resistência à compressão por tração diametral, ensaio de absorção por imersão, ensaio de absorção por capilaridade, resistência à tração na flexão e retração por secagem.

Este trabalho tem como objetivo principal fazer o controle tecnológico de diferentes argamassas com idades de 3 anos argamassa (A:2016), 2 anos argamassa (B: 2017) e 1 ano argamassa (C: 2018), analisando o desempenho das diferentes argamassas através das propriedades mecânicas e físicas, e classificar as argamassas conforme NBR 13281 ABNT 2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Argamassa

Segundo a NBR 13281 (2005) argamassa é uma mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos químicos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria.

De acordo com Costa (2006) “argamassa é a mistura de agregado miúdo com um ou mais aglomerantes e água, podendo conter ou não aditivos ou adições”.

Segundo Santos, H.B. (2008) para que a argamassa de revestimento possua uma boa qualidade e longa durabilidade, é necessário que a mesma possua as propriedades exigidas para o estado fresco e endurecido.

2.1.1. Componentes da Argamassa

As argamassas podem ser constituídas dos mais diversos tipos de materiais, os principais são:

- Agregados: naturais e artificiais;
- Aglomerantes: cimento, cal e gesso;
- Adições: resíduos reciclados, filito cerâmico, material pozolânico, pó calcário, saibro, solo fino, vermiculita, fibras etc.;
- Aditivos: incorporador de ar, retardador de pega, hidrofugante, redutor de permeabilidade, retentor de água, etc.

A porcentagem utilizada de cada material vai depender da finalidade da argamassa, tipo de aplicação e desempenho desejado. As argamassas podem ser mistas, utilizando mais de um aglomerante e também diversos tipos de agregados.

2.1.1.1. Agregados

“Os agregados são materiais totalmente inertes, e suas propriedades, físicas e químicas, tem muita influência sobre suas largas aplicações” (NEVILLE 1997).

Agregado é o material granuloso e inerte usado na composição de argamassas e concretos. É chamado miúdo quando sua dimensão máxima é menor ou igual a 4,8mm. Quando a dimensão mínima é maior ou igual a 4,8mm é chamado agregado graúdo. O agregado além de reduzir o custo, reduz o efeito da retração do aglomerante. (Nota de aula Argamassa, LIMA; SANTOS, 2017-1).

Bauer (2000), classifica agregado como um material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos.

Segundo Almeida e Marques (2011) os agregados podem ser classificados em quatro grupos: Agregado natural, artificial, miúdo e graúdo.

a) Agregado natural: São formas já particuladas, que se encontram na natureza.

b) Agregado Artificial: Suas partículas são produzidas por algum processo industrial, nele se enquadram os agregados reciclados, que de acordo com a NBR 15116 (2004) é um material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção ou demolição de obras civil, que apresentam características técnicas para a aplicação em obras de edificações e infraestrutura.

O Agregado miúdo natural utilizado foi areia quartzosa oriundo do rio Cuiabá-MT, cujo os grãos passam pela peneira com abertura de malha quadra quadrada da peneira 4,75mm e ficam quase totalmente na peneira de 75 μ m. (NBR NM 248:2003). (Nota de aula Argamassa, LIMA; SANTOS, 2017-1).

O agregado reciclado foi originado de louça sanitária (LV) de resíduo da construção civil (RCC). As peças de (LV) foram inicialmente fragmentadas com o uso de um britador de mandíbulas, e posteriormente passado em peneiras. O material obtido foi separado em frações granulométricas de interesse, para a preparação da argamassa. O agregado miúdo reciclado consistiu material passante pela peneira ABNT nº 4 (4,8mm) e retido na peneira ABNT nº 200 (0,075mm). (NBR NM 248:2003). (Nota de aula Argamassa, LIMA, SANTOS, 2017-1); COSTA,2006.

2.1.1.2. Aglomerantes

São materiais que são utilizados como ligantes, em sua maioria são pulverulentos. Eles promovem a união entre os grãos de um agregado, e são utilizados para a obtenção de pastas, argamassas e concretos. Os principais aglomerantes são o cimento, cal aérea, cal hidráulica e gesso.

É um material pulverulento inorgânico, que misturado com água é capaz de ligar entre si partículas inertes, por secagem e/ou reação química conferindo ao conjunto coesão, resistência a esforços e capacidade de aderência (BAVARESCO, C.R. 2001).

O cimento pode ser definido como um pó fino, com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob a ação de água. Com a adição de água, se torna uma pasta homogênea, capaz de endurecer e conservar sua estrutura, mesmo em contato novamente

com a água. Na forma de concreto, torna-se uma pedra artificial, que pode ganhar formas e volumes, de acordo com as necessidades de cada obra. Graças a essas características, o concreto é o segundo material mais consumido pela humanidade, superado apenas pela água. Nessa pesquisa utilizou-se o cimento Portland CP II F 32. (Nota de aula Argamassa, LIMA; SANTOS, 2017-1).

Cimento CP-II (NBR 11.578:1997) ou Cimento Portland Composto tem a adição de outros materiais na sua mistura, que conferem a este cimento um menor calor de hidratação, ou seja, ele libera menos calor quando entra em contato com a água. Sendo o mais versátil a todas as fases de obra. Classe de resistência: 25, 32 e 40 MPa. (Nota de aula Argamassa, LIMA, SANTOS, 2017-1).

A cal é um material aglomerante, que apresenta por sua finura, importantes propriedades plastificantes e de retenção de água. As argamassas contendo cal preenchem mais fácil e completamente toda a superfície do substrato, propiciando maior extensão de aderência. A durabilidade da aderência é proporcionada pela habilidade da cal em evitar minúsculas fissuras e preencher vazios através da sua carbonatação que se processa ao longo do tempo. Este aspecto particular da cal, conhecido como restabelecimento ou reconstituição autógena, representa uma das vantagens do uso desse aglomerante nas argamassas de revestimento e assentamento (GUIMARÃES, 1990). A cal hidratada utilizada foi do tipo calcítica CH III, embalagem de 20kg.

Silicato de Alumínio, Produto de origem mineral, classificado de acordo com seu grau de pureza e beneficiado em diversas faixas granulométricas. O silicato de alumínio é largamente utilizado no setor industrial, possui várias aplicações, carga lamelar de baixo custo, garante boa redução de custos na fabricação de diversos produtos industriais. Tem a função de proporcionar características de coesão e trabalhabilidade. Melhorar a retenção de água e a incorporação de ar na argamassa. (Nota de aula. Argamassa. LIMA; SANTOS, 2017-1).

O gesso é um mineral aglomerante produzido a partir do aquecimento da gipsita, um mineral abundante na natureza, e posterior redução a pó da mesma. É composto principalmente por sulfato de cálcio di-hidratado e pelo hemidrato obtido pela calcinação desse.

O agregado reciclado de louça sanitária (LV) oriunda de resíduo da construção civil (RCD). As peças de (LV) foram inicialmente fragmentadas com o uso de um britador de mandíbulas, e posteriormente moídas por moinho de martelos. O material obtido foi separado em frações granulométricas de interesse, para a preparação da argamassa. O agregado miúdo reciclado consistiu material passante pela peneira ABNT nº 4 (4,8mm) e retido na peneira ABNT nº 200 (0,075mm).

A água utilizada foi potável, sem impurezas e isenta de teores prejudiciais de substâncias estranhas, pois pode ocorrer expansão da argamassa, interferir na pega e no endurecimento.

Neste estudo para a avaliação da consistência da argamassa foi utilizada, a mesa de consistência conhecida também como “flow table” descrita pela NBR 7215 (ABNT, 1996) e são realizados procedimentos de ensaio para determinação do índice de consistência prescrito pela NBR 13276 (ABNT, 1995).

2.1.1.3. Propriedades da argamassa no estado endurecido

2.1.1.3.1. Absorção de água por imersão

O ensaio é regulamentado pela NBR 9778 (2005), este é o processo pelo qual uma determinada quantidade de água inserida, tende a se deslocar, ocupando os poros permeáveis de um sólido poroso. Ele estabelece uma relação com sua massa saturada e a massa seca.

Segundo Jochem (2012), devido à alta absorção de água dos agregados reciclados em argamassas, alguns autores orientam usar os agregados de forma saturada, para evitar que o agregado absorva a água de amassamento, que é necessária para a hidratação e ganho de resistência, prejudicando a mistura.

2.1.1.3.2. Absorção de água por capilaridade

A norma regulamentadora do ensaio de absorção de água por capilaridade é a NBR 15259 (2005), neste ensaio são utilizados corpos de provas com 28 dias, que deverão ficar submersos a uma altura de água constante, para que seja analisada a quantidade de água absorvida pelo corpo de prova, em uma determinada quantidade de tempo.

2.1.1.3.3. Resistência a compressão axial

Essa é a propriedade mais importante avaliada no estudo endurecido, tanto da argamassa de referência, como da argamassa contendo agregado reciclado, sendo avaliado nas diversas idades, 7, 14, 21 e 28 de idade, um ano, dois anos e três anos. NBR 13279 (ABNT, 2005).

2.1.1.3.4. Resistência à tração por compressão diametral

A NBR 7222 (2011) tem como objetivo, determinar a resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos de argamassa. Os corpos de prova utilizados de 50 mm de diâmetro por 100 mm de altura, são colocados de maneira horizontal na prensa, que irá realizar um esforço de tração no corpo-de-prova.

2.1.1.3.5. Determinação da resistência à tração na flexão

A norma brasileira NBR 13279 (ABNT, 2005) indica o procedimento experimental para determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Devem ser preparados três corpos-de-prova para cada uma das idades de argamassa para verificação da resistência à tração na flexão.

2.1.1.3.6. Absorção de água pelo método do cachimbo

Este ensaio tem por objetivo avaliar em laboratório ou “in loco” a permeabilidade de um revestimento de parede, através da sua propriedade de absorção de água sob pressão inicial de 92 mm de coluna d’água. A pressão de água inicial de 92 mm corresponde à ação estática de um vento com velocidade de aproximadamente 140 km/h, sendo calculada por meio da equação abaixo e considerando-se que 10 Pa é, aproximadamente, igual a 1 mm de coluna d’água. (COSTA, 2006).

$$\sigma_v = 0.625 V^2$$

Onde: σ_v - pressão estática do vento, em Pa;

v - velocidade do vento, em m/s.

2.1.1.3.7. Resistência de aderência à tração

A norma regulamentadora do ensaio é a NBR 13528 (2010). Esse ensaio é para determinar a propriedade de adesão das argamassas influenciada pela condição superficial do substrato, pelos materiais componentes da argamassa, pela capacidade de retenção de água e pela espessura do revestimento.

2.1.2. Funções do revestimento de argamassa

Segundo Carasek (2010) as principais funções de um revestimento de argamassa de parede são:

- Proteger a alvenaria e a estrutura contra a ação do intemperismo, no caso dos revestimentos externos;
- Integrar o sistema de vedação dos edifícios, contribuindo com diversas funções, tais como: isolamento térmico (~30%), isolamento acústico (~50%), estanqueidade à água (~70 a 100%), segurança ao fogo e resistência ao desgaste e abalos superficiais;
- Regularizar a superfície dos elementos de vedação contribuindo para a estética da edificação, servindo como base para acabamentos decorativos ou sendo o próprio acabamento final.

De acordo com Carasek (2010), o revestimento de argamassa pode ser constituído por várias camadas com características e funções específicas, as quais sejam:

- Chapisco: camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção de água e melhorar a aderência do revestimento, além de contribuir com a estanqueidade da vedação.
- Emboço: camada de revestimento utilizada para cobrimento da base, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco ou de revestimento decorativo (por exemplo, cerâmica);
- Reboco: camada de revestimento utilizada para cobrimento do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo (por exemplo, pintura) ou que se constitua no acabamento final.
- Camada única: revestimento de um único tipo de argamassa aplicado à base, sobre o qual é aplicada uma camada decorativa, como, por exemplo, a pintura; também chamada popularmente de “massa única” ou “reboco paulista” é atualmente a alternativa mais empregada no Brasil.
- Revestimento decorativo monocamada (ou monocapa) – RDM: trata-se de um revestimento aplicado em uma única camada que faz, simultaneamente, a função de regularização decorativa, muito utilizado na Europa. A argamassa de RDM é um produto industrializado, ainda não normalizado no Brasil, com composição variável de acordo com o fabricante, contendo geralmente: cimento branco, cal hidratada,

agregados de várias naturezas, pigmentos inorgânicos, fungicidas, além de vários aditivos (plastificantes, retentor de água, incorporador de ar, hidro-fugantes ou hidro-repelentes, etc.).

3. METODOLOGIA

3.1. Propriedades mecânicas e propriedades físicas da argamassa

Propriedades como resistência à compressão axial, resistência à tração por compressão diametral, resistência à tração na flexão, absorção de água por imersão e absorção de água por capilaridade são essenciais para a qualidade do produto. De tal modo, visando obter tal qualidade e melhor conhecimento das diversas propriedades das diferentes argamassas, foram realizados ensaios de laboratório para verificação dessas propriedades mecânicas e físicas, sendo os resultados apresentados nas tabelas e Figuras.

As argamassas foram denominadas de argamassa A, B e C, com traço 1:2:9. Cura feita ao ar.

Sendo argamassa A, com três anos de idade 2016: cimento, silicato de alumínio e areia. Foram produzidas 17 argamassas para o traço A.

Argamassa B, com dois anos de idade 2017: cimento: gesso: louça sanitária com 30% de areia. Foram produzidas 17 argamassas para o traço B.

Argamassa C, com um ano de idade 2018: cimento: cal: areia. Foram produzidas 17 argamassas para o traço C.

3.2. Resistência à compressão axial

O método de ensaio de resistência à compressão axial foi realizado conforme procedimentos descritos na norma NBR 13279 (2005) – Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à compressão.

Primeiramente foram determinadas as medidas do corpo-de-prova, diâmetro e altura. Em seguida foi posicionado o corpo-de-prova na prensa elétrica e aplicado o carregamento.

Foram ensaiados 4 corpos-de-prova cilíndricos para cada idade, com dimensões aproximadas de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura, aplicados nas argamassas A, B e C.

3.3. Resistência à tração por compressão diametral

O método de ensaio de resistência à tração por compressão diametral foi realizado conforme procedimentos descritos na norma NBR 7222 (2011) - Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.

Primeiramente foram determinadas as medidas do corpo-de-prova, diâmetro e altura. Em seguida foi posicionado o corpo-de-prova na prensa elétrica e aplicado o carregamento.

Foram ensaiados 4 corpos-de-prova cilíndricos para cada idade, com dimensões aproximadas de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura, aplicados nas argamassas A, B e C.

3.4. Resistência a tração na Flexão

O método de ensaio de resistência à tração na flexão foi realizado conforme procedimentos descritos na norma NBR 13279 (2005) - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.

Foram determinadas as medidas do corpo-de-prova, profundidade, largura e comprimento. Em seguida foi posicionado o corpo-de-prova na prensa elétrica e aplicado o carregamento.

Foram ensaiados 3 corpos-de-prova prismáticos para cada idade, com dimensões aproximadas de 4 cm de largura, 4 cm de profundidade e 16 cm de comprimento, aplicados nas argamassas A, B e C.

3.5. Absorção de água por imersão

O método de ensaio de absorção de água por imersão foi realizado conforme procedimentos descritos na norma NBR 9778 (2005) – Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.

Foram ensaiados 3 corpos-de-prova cilíndricos para cada idade, com 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura, para cada idade, aplicados nas argamassas A, B e C.

Como os CPs tem as idades elevadas, não foi seguido todos os procedimentos determinados na norma.

Inicialmente os CPs foram pesados e após colocados em imersão na Câmara úmida por um período de 24 horas. Decorrido esse tempo foram pesados na condição saturada na balança e posteriormente, foram pesados na balança hidrostática. Feitas as leituras os CPs foram colocados na estufa por 48 horas, obtendo assim o peso seco após saturação.

3.6. Absorção de água por capilaridade

O ensaio foi realizado conforme NBR 15259 (2005) - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos- Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade.

Para este ensaio foram utilizados 3 corpos-de-prova cilíndricos para cada idade, com dimensões de 50mm de diâmetro e 100 mm de altura, aplicados nas argamassas A, B e C.

Os CPs foram dispostos em um recipiente preenchido com água de forma que sua base estivesse, constantemente, em contato com a água com altura de 5 mm. Dessa maneira foram determinadas as massas da amostra com 3h, 6h, 24h, 48h e 72 h, retornando imediatamente ao recipiente com água após a pesagem.

Os corpos-de-prova não foram rompidos como determina a norma, pois feita análise visual os mesmos estavam totalmente saturados.

3.7. Absorção de água pelo método do cachimbo

Neste ensaio foram utilizados 5 cachimbos de vidro, que foram fixados com silicone em locais onde não apresentam fissuras, e de forma bem distribuída no revestimento. A água foi colocada com o auxílio de uma pisseta plástica até se atingir uma altura de água de 4 mm³. A leitura foi feita com o tempo de 15 minutos, caso o cachimbo se esvazie totalmente antes dos 15 minutos, o ensaio automaticamente é encerrado.

3.8. Resistência de aderência à tração

A Norma regulamentadora do ensaio de resistência de aderência a tração é a NBR 13528 (2010) – Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração.

Para este ensaio foram utilizados 4 corpos-de-prova para idade A (2016-3anos), 12 corpos-de-prova para idade B (2017-2anos) e 9 corpos-de-prova para idade C (2018-1ano).

Os corpos-de-prova utilizados são cilíndricos metálicos com 50mm de diâmetro. Foi feito os cortes com 5mm de profundidade no revestimento para em seguida colar as pastilhas. Foi usado massa plástica para colar as pastilhas. Depois de seco foi realizado o ensaio conforme a norma.

4. RESULTADOS

Serão apresentados os valores médios encontrados após os ensaios descritos no capítulo anterior. Os dados exibidos estão de acordo com as normas apresentadas e são mostrados em tabelas e gráficos.

Todos os ensaios foram realizados com idade de 1, 2 e 3 anos.

4.1. Resistência à compressão axial

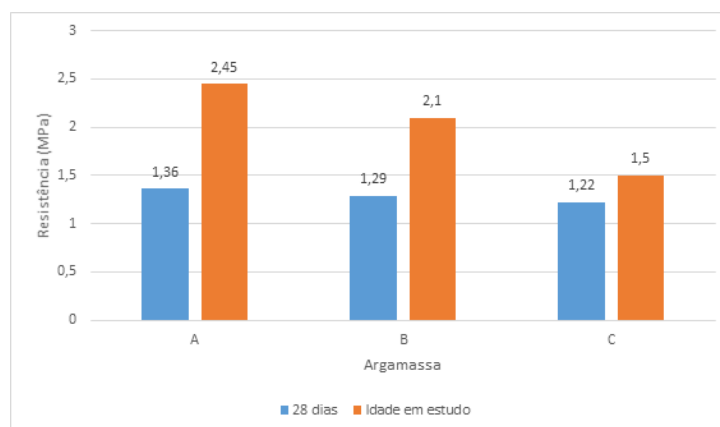
Os resultados obtidos nesse ensaio de resistência à compressão axial estão apresentados na Tabela 1 e na Figura 1.

Tabela 1 – Resistência à compressão axial – NBR-13279 (2005)

Ano	Argamassa	Resistência à compressão axial em MPa aos 28 dias	Resistência à compressão axial em MPa na idade em estudo	Desvio padrão (%)	Valores de norma	Classificação (tipo) Norma
2016	A	1,36	2,45	0,55	$\geq 0,1 < 4$	I
2017	B	1,29	2,1	1,19	$\geq 4 \leq 8$	II
2018	C	1,22	1,5	0,2	> 8	III

Fonte: Acervo próprio do tipo I

De acordo com a Tabela 1 e a NBR 13279 (ABNT, 2005), as argamassas em estudo embora com composição diferente obtiveram a mesma classificação: como Tipo I, podemos inferir que o tipo de agregado não interferiu na reologia da argamassa com mesma composição.

Figura 1 – Resistência à compressão axial

Fonte: Acervo próprio

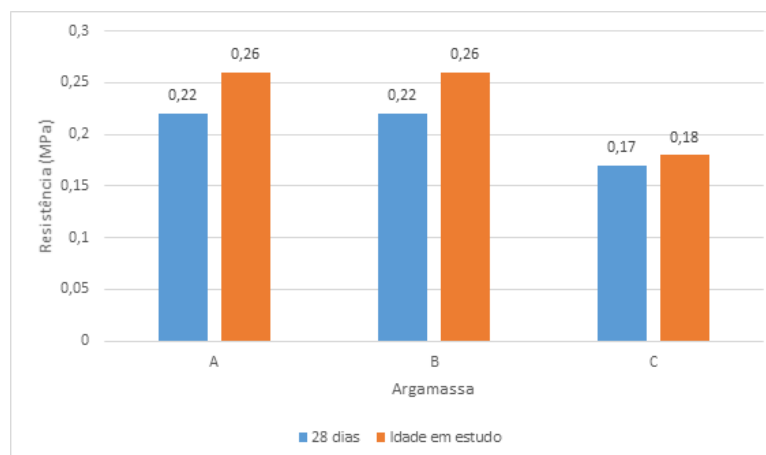
4.2. Resistência à tração por compressão diametral

Os resultados obtidos nesse ensaio de resistência à tração por compressão diametral estão apresentados na Tabela 2 e na Figura 2.

Tabela 2 – Resistência à tração por compressão diametral NBR 7222 (2011)

Ano	Argamassa	Resistência à tração por compressão diametral aos 28 dias de idade em MPa	Resistência à tração por compressão diametral nas idade em estudo em MPa
2016	A	0,22	0,26
2017	B	0,22	0,26
2018	C	0,17	0,18

Fonte: Acervo próprio

Figura 2 – Resistência à tração por compressão diametral

Fonte: Acervo próprio

4.3. Resistência à tração na Flexão

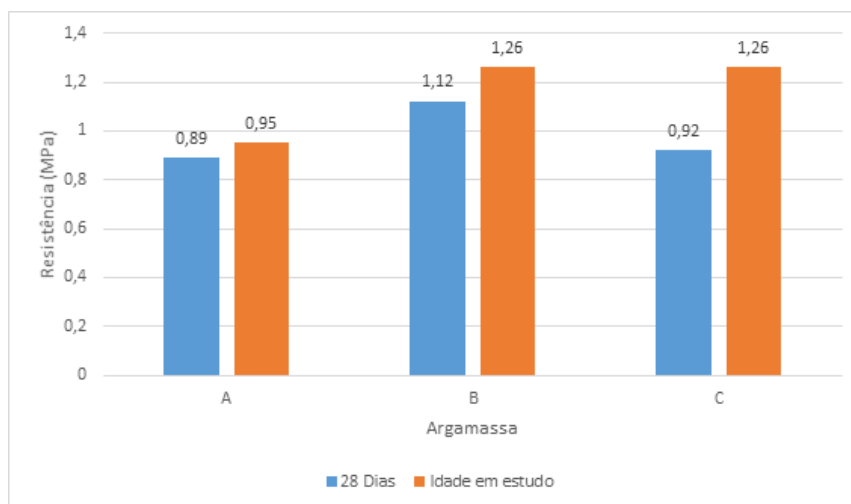
Os resultados obtidos nesse ensaio de resistência à tração na Flexão estão apresentados na Tabela 3 e na Figura 3.

Tabela 3 – Resistência à tração na flexão NBR 13279 (2005)

Ano	Argamassa	Resistência à tração na Flexão aos aos 28 dias de idade em Mpa	Resistência à tração na Flexão nas idades em estudo em MPa
2016	A	0,89	0,95
2017	B	1,12	1,26
2018	C	0,92	1,26

Fonte: Acervo próprio

Figura 3 – Resistência à tração na flexão



Fonte: Acervo próprio

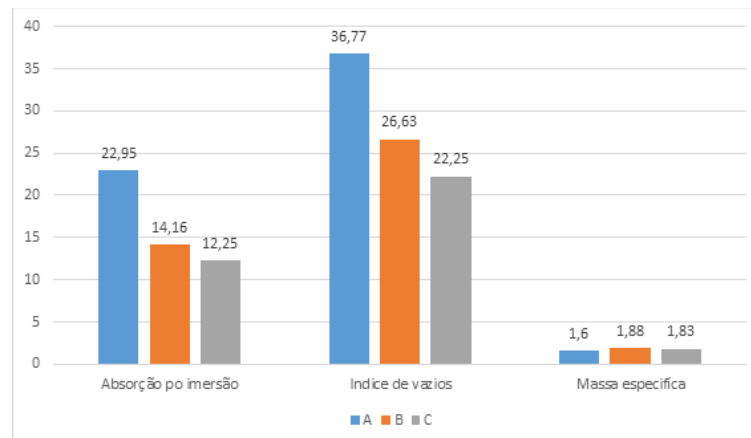
4.4. Absorção por imersão NBR 9778 (2005)

Os resultados obtidos nesse ensaio de absorção de água por imersão estão apresentados na Tabela 4, bem como seus índices de vazios e suas massas específicas. Já a Figura 04 apresenta os resultados para a absorção de água por imersão.

Tabela 4 – Absorção de água por Imersão NBR 9778 (2005)

Ano	Argamassa	Absorção de água por imersão em %	Índice de vazios %	Massa específica da amostra seca (g/cm ³)
2016	A	22,95	36,77	1,60
2017	B	14,16	26,63	1,88
2018	C	12,25	22,25	1,83

Fonte: Acervo próprio

Figura 4 – Absorção de água por Imersão

Fonte: Acervo próprio

4.5. Absorção por capilaridade NBR 15259 (2005)

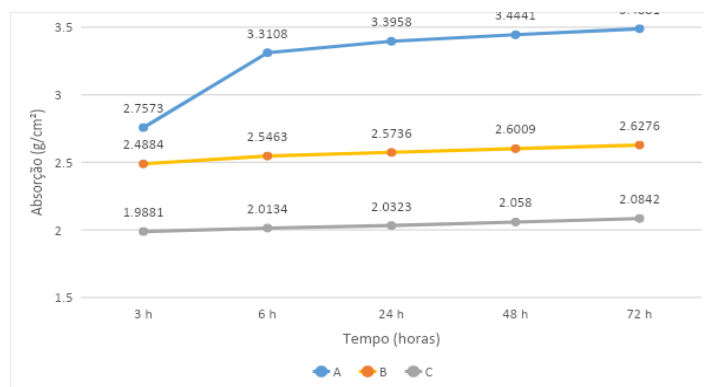
Para determinação da absorção por capilaridade foi realizado o ensaio previsto na norma - NBR 15259 (ABNT, 2005). Os resultados estão apresentados pelos valores médios encontrados no ensaio conforme Tabela 05 e gráfico 05.

O coeficiente de capilaridade (A_t), nas 72 horas, estão na Tabela 05.

Tabela 5 – Absorção por capilaridade NBR 15259 (2005)

	Ano	Argamassa	At g/cm ²	Valor de norma de At	Tempo (horas)				
					3	6	24	48	72
Absorção (g/cm ²)	2016	A	0,44	C0 não requerida	2,76	3,32	3,3958	3,45	3,49
	2017	B	0,56	C 1 ≤ 2,0 Revestimento externo	2,49	2,55	2,5736	2,61	2,63
	2018	C	0,26	C 2 ≤ 1,0 Revestimento interno	1,99	2,02	2,0323	2,06	2,08

Fonte: Acervo próprio

Figura 5 - Resultado ensaio de absorção de água por capilaridade

Fonte: Acervo próprio

De acordo com a Tabela 5, o coeficiente de sucção de água, das argamassas A, B e C são adequadas para revestimentos internos.

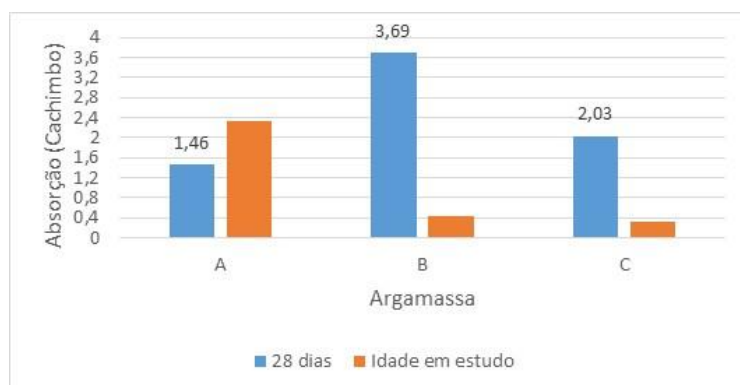
4.6. Absorção de água pelo método do cachimbo

Os resultados obtidos nesse ensaio de absorção de água por método do cachimbo estão apresentados na Tabela 6 e na Figura 6, sendo o resultado encontrado a média das leituras dos cachimbos ensaiados em cada idade.

Tabela 6 – Absorção de água pelo Método do Cachimbo

Ano	Argamassa	Absorção de água pelo método do cachimbo aos 28 dias de idade (ml)	Absorção de água pelo método do cachimbo nas idades em estudo (ml)
2016	A	1.46	2.33
2017	B	3.69	0.433
2018	C	2.03	0.32

Fonte: Acervo próprio

Figura 6 – Absorção de água pelo método do Cachimbo

Fonte: Acervo próprio

4.7. Resistência de aderência à tração

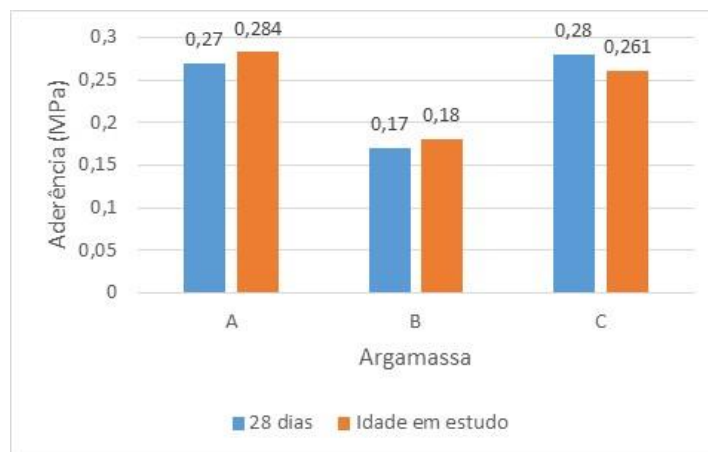
De acordo com a norma regulamentadora NBR 13528:2010 foi possível estabelecer o resultado da resistência a aderência da argamassa A, B e C. Sendo os resultados apresentados na Tabela e Figura abaixo.

Tabela 7 – Resistência de aderência à tração

Ano	Argamassa	Resistência de aderência à tração aos 28 dias de idade (MPa)	Resistência de aderência à tração nas idades em estudo (MPa)	Limites de resistência de aderência à tração (RA) de acordo com a NBR 13749 (ABNT, 2013)
2016	A	0,27	0,284	Interna Pintura ou base para reboco $\geq 0,20$
2017	B	0,17	0,180	
2018	C	0,28	0,261	Externa Pintura ou base para reboco $\geq 0,30$

Fonte: Acervo próprio

Figura 7 – Resistência de aderência à tração



Fonte: Acervo próprio

De acordo com a Tabela 7 e figura 7, e a NBR 13749 (ABNT, 2013), a argamassa A, se classifica para uso interno com valor bem próximo para uso externo, já a argamassa B está desclassificada, porém com resultado muito próximo para revestimento interno e a argamassa C se classifica para revestimento interno.

5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos na avaliação tecnológica pode-se concluir que as argamassas produzidas com agregado miúdo natural e agregado miúdo reciclado com diferentes

composições e material, porém com igual metodologia de produção, tiveram a mesma evolução ao longo do tempo, não ocorrendo nenhuma deterioração.

A NBR 13281 ABNT 2005 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Classifica a argamassa avaliada como sendo:

- Quanto a resistência à compressão axial como P2 com limite de norma entre 1,5 a 3,0 MPa.
- Quanto a resistência à tração na flexão como R1 com limite de norma menor ou igual 1,5 MPa.
- Quanto a capilaridade como C2, valor de norma menor ou igual a 1,0 g/dm².min.
- Quanto a densidade de massa aparente classificada como M6 maior que 1800 kg/m³.

Os resultados obtidos neste estudo, pode-se concluir que a reciclagem e uso de resíduo de louça sanitária como agregados para construção civil das diferentes argamassas é totalmente viável. Os resultados dos ensaios realizados, revelaram que a argamassa de agregado de louça sanitária, de traço 1:2:9 pode ser empregado na construção civil como revestimento, como uma prática sustentável. A argamassa deve cumprir os requisitos contidos nas tabelas da ABNT NBR 13281 (2005), sendo seu produto designado como P2, M6, R1, C1, que deverá ser registrado na embalagem do produto.

6. BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, L.S.H; MARQUES, R.M. **Agregados para Construção Civil**. 2011 Disponível em Acesso em 10 maio. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 11560/1990** - Água destinada ao amassamento do concreto para estruturas classe I, em centrais nucleoeletricas - Qualidade e controle – Especificação.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 52/2009**: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 53/2009**: Agregado graúdo - Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 13279** – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 13281** - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 13528** – Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 15259** - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116** - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222**. Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9778** - Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. 2005.

BAVARESCO, C. R. **Utilização de entulho reciclado para produção de argamassas**. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

CARASEK, H. Capítulo 26 – **Argamassas**. In: **Materiais de construção civil: princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010. Editor Chefe: Geraldo C. Isaia. 1.699 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA)- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Resolução n.307** - Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.,2002.

COSTA, J. S. **Agregados alternativos para argamassa e concreto produzidos a partir da reciclagem de rejeitos virgens da indústria de cerâmica tradicional**. TESE (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos. São Paulo, 2006.

HAMASSAK, L T., e outros et al. **Uso de entulho como agregado para argamassas de alvenaria**. In: **Reciclagem e Reutilização de Resíduos como Materiais de Construção Civil**. Anais. São Paulo, EPUSP/ANTAC,1997.

Jochem, L.F. **Estudo das argamassas de revestimento como agregados reciclados de RCD: características físicas e propriedades da microestrutura**. Dissertação de mestrado submetida ao programa de pós graduação em engenharia civil na universidade federal de Santa Catarina para obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil. Florianópolis, 2012.

L.A.Falcão Bauer. **Materiais de Construção**. Volume 2. 5 Edição.

Lima, Bianca; Santos, Juzélia; Costa, Juzélia. **Disciplina Argamassa**. Curso Superior de Tecnologia em Controle de Obras, IFMT, 2006/2018.

MIRANDA, L. F. R. **Estudos de fatores que influem na fissuração de revestimentos de argamassa com entulho reciclado**. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. Editora Pini, 738 p. São Paulo, 1997.

PINTO, T.P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Universidade de São Paulo, 1999, 189p.

SANTOS, C.C.N.; BAUER, E.. **A influência do tempo de mistura e do teor de água na projetabilidade das argamassas industrializadas**. Universidade Federal de Brasília, São Paulo, 2003. Disponível em < <http://www.gtargamassas.org.br/eventos/file/200-a-influencia-do-tempo-de-mistura-edo-teor-de-agua-na-projetabilidade-das-argamassas-industrializadas>>. Acesso em 13 maio. 2019.

SANTOS, H.B. **Ensaio de aderência das argamassas de revestimento**. Monografia apresentada ao curso de especialização em construção civil. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2008. Escola de Engenharia da UFMG.