ANÁLISE DA REUTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DE ROCHAS, EM ARGAMASSA COLANTE

Ana Alice Manzoli Nunes[1], Angelica Tenes Machado[1], Matheus Felipe De Oliveira Turetta[1,] Glacieli da Cruz Costa[2]

1 - Acadêmico do curso de Engenharia Civil
2 - Engenheira Civil e de Segurança do Trabalho – Professor Multivix – Nova Venécia

RESUMO

O aumento da produção de resíduos sólidos está ligado diretamente ao forte crescimento do setor de rochas ornamentais. A reutilização do resíduo gerado no corte e beneficiamento é analisado como substituição parcial na fabricação de argamassa colante. Objetivando mitigar os impactos ambientais, o resíduo é aplicado como material alternativo na produção da argamassa, com grande potencial econômico, sendo capaz de diminuir tanto o preço do produto final, sem arremeter-se a qualidade, quanto os gastos com descarte assumidos pela empresa geradora, além da alta capacidade de unir os dois mercados. O produto se trata de uma argamassa colante ecológica, onde o traço desenvolvido substitui parte do agregado miúdo utilizado na argamassa convencional pelo resíduo seco em estufa, em proporção capaz de desenvolver uma argamassa colante do tipo AC-III, de menor custo, uma vez que o mesmo substitui um material de maior valor aquisitivo. O material desenvolvido foi encaminhado ao SENAI de Tatuapé-SP, para ensaio laboratorial, onde se provou satisfatório, atendendo aos requisitos da Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 14081-1 (ABNT, 2012). O desenvolvimento de tal material comprova a eficácia da adição no desenvolvimento da argamassa ecológica, sendo essa mais uma maneira de reutilizar o resíduo, minimizando os descartes em aterros e consequentemente diminuindo os impactos ambientais.

Palavra-chave: Argamassa colante, resíduo sólido, rocha ornamental, impacto ambiental.

1 INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial culminou com a aceleração do consumo dos recursos naturais e a geração desenfreada de resíduos. Deste modo, a sociedade atual vem adquirindo consciência quanto aos impactos ambientais, sociais e econômicos gerados, e gradualmente as mudanças e inovações estão sendo inseridas contribuindo para a diminuição destes impactos.

Para Santos (2005, *apud* FRANCISCO, 2017) a construção Civil é um grande gerador de resíduo na sociedade, e sua responsabilidade chega a gerar 40% do consumo de recursos naturais extraídos do planeta.

De acordo com o Ministério da Educação (2007), o Espírito Santo é o principal produtor, processador e exportador de rochas ornamentais do Brasil, sendo responsável por 47% da produção interna do país. Diante da informação

observa-se a necessidade de utilizar esse resíduo para outra finalidade, de forma a minimizar os impactos causados ao meio ambiente.

Segundo Nunes et al. (2004) por gerar grandes volumes de resíduos sólidos, as indústrias de corte e beneficiamento de rochas ornamentais vem sendo mencionadas pelos ambientalistas como fonte de poluição e contaminação do meio ambiente, uma vez que os resíduos gerados são descartados sem tratamento prévio. Um estudo realizado pelo Instituto Nacional de Tecnologia (*apud* CARVALHO, et al, 2002), para o projeto Rede de Tecnologia Mineral do Estado do Rio de Janeiro RETECMIN-RJ, avaliou novas alternativas tecnológicas para a utilização desses resíduos, tais como na formulação de argamassas, na fabricação de cerâmica vermelha e na formulação de borracha.

Para Moura et al. (2002) os resíduos gerados nos processos de beneficiamento das rochas podem apresentar riscos ao meio ambiente, e por isso, devem ser identificadas as possibilidades de utilização desses resíduos.

Os resíduos oriundos do corte de rochas em sua grande maioria são despejados em cursos d'água, principalmente em rios ou córregos próximos as serrarias, causando grande impacto ambiental, como o assoreamento, gerando mortalidade dos peixes, intoxicação do gado, e afetando indiretamente a população, que depende do consumo do gado e da pesca da região. (PINHEIRO, 1996, *apud* MORANI, 2008).

Ribeiro et al. (2008), também menciona que os rejeitos finos aparecem na forma de lama, sendo geralmente constituída de água, de granalha, de cal e de rocha moída (alumino silicatos, feldspato e quartzo), e são lançados de forma imprudente no meio ambiente, contaminando o ar e os recursos hídricos e em alguns casos provocando o seu assoreamento.

Visando contribuir para o desenvolvimento sustentável e reaproveitamento dos resíduos de corte e beneficiamento de rochas na construção civil, estudiosos tem desenvolvido pesquisas objetivando meios de inserção do resíduo em materiais já existentes no mercado, sem interferir em sua qualidade, como por exemplo, o emprego na produção de tijolos, peças cerâmicas e argamassas como feito por Calmon et al. (1997, *apud* MOURA, GONÇALVES, LEITE, 2002).

Desta maneira, este trabalho tem como objetivo substituir parcialmente o agregado miúdo pelo resíduo de rocha, visando a produção de argamassa ecológica tipo ACIII. No intuito de minimizar os danos, o resíduo é inserido na composição da argamassa substituindo em parte um material de maior valor aquisitivo, acarretando a diminuição no custo do produto final, e beneficiando as empresas geradoras, uma vez que não precisaram dispor de áreas de descarte e manutenção das mesmas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ARGAMASSAS

A argamassa é conhecida por sua composição de cimento, agregado miúdo, cal hidratada e água, podendo ter adição de outros materiais, que dependerá do fim construtivo proposto. De acordo com a NBR 14081-1 (ABNT, 2012, p.1), argamassa colante industrializada é definida como:

> Produto industrial, no estado seco, composto de cimento Portland, agregados minerais e aditivos químicos, que, quando misturados com água, forma uma massa viscosa, plástica e aderente, empregada no assentamento de placas cerâmicas para revestimento.

Ainda de acordo com a referida norma as argamassas podem ser classificadas em cinco tipos. A pesquisa e ensaio desenvolvido neste trabalho objetiva atender os requisitos expressos pela norma, obtendo uma argamassa do tipo III – AC III.

Silva (2013) descreve que as argamassas podem possuir adições e aditivos, com o intuito de melhorar suas propriedades, devem ainda possuir propriedades, como aderência e endurecimento, proveniente da mistura de material ligante, agregado miúdo e água.

Leite (2021) expressa que a escolha correta do tipo de argamassa a ser utilizado evita inúmeros problemas que possam surgir posteriormente a sua aplicação. Para Santos (2012, *apud* LEITE, 2021, p. 31) a argamassa serve para dois propósitos práticos, além de unir e ser esteticamente agradável ela impede a infiltração de umidade dentro da estrutura ou debaixo do chão e impede que o ar entre na estrutura.

Silva (2013) expressa que as argamassas podem ser utilizadas de diversas forma, sendo aplicadas nas construções de pedras para composição da base, assentamento das alvenarias e revestimento de paredes e tetos, chapiscos, e até mesmo em situações que haja necessidade de impedir a passagem de líquidos.

A NBR 13529 (ABNT, 2013, p.11) informa que quanto as condições de fornecimento ou preparo, as argamassas industrializadas são “provenientes de processo controlado e dosagem precisa, em instalação industrial, fornecida embalada ou a granel. ”

2.1.1 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS

A NBR 14081-1 (ABNT, 2012, p.2) classifica as argamassas quanto ao tipo, como argamassa colante industrializada tipo I – AC I, argamassa colante industrializada tipo II – AC II, argamassa colante industrializada tipo III – AC III, argamassa colante industrializada com tempo em aberto estendido (E), ou argamassa colante industrializada com deslizamento reduzido (D). Em concordância com a norma citada a argamassa colante industrializada tipo III – AC III é definido como “argamassa colante industrializada que apresenta aderência superior em relação às argamassas dos tipos I e II”.

Existem algumas propriedades que devem ser atendidas com o intuído de obter uma argamassa do tipo III – AC III sendo, o tempo em aberto conforme NBR 14081-3 (ABNT, 2012), e resistência de aderência a tração aos 28 dias em cura normal, cura submersa e cura em estufa conforme NBR 14081-4 (ABNT, 2012).

Póvoas (1999) informa que o tempo em aberto é uma das propriedades relevantes, que se refere ao tempo após a argamassa ser espalhada sobre a superfície, e assentada na placa, a fim de obter resistência e aderência necessária. Será apresentado de forma mais detalhada sobre essa propriedade no próximo tópico.

Da Silva et al. (2017) declararam que uma das características fundamentais das argamassas colantes são a resistência de aderência à tração que “é um parâmetro que informa o quanto a fixação da argamassa no substrato

e no tardoz das placas é eficiente". Ainda de acordo com Da Silva et al. (2017) a cura pode ser normal, quando submetidas a condições ambientais em laboratório, imersa em água ou com aquecimento em estufa.

Seguindo a definição da NBR 14081-1 (ABNT, 2012, p.2) o deslizamento é considerado como "deslocamento vertical sofrido por uma placa cerâmica aplicada sobre a argamassa colante ainda fresca, sob ação de seu próprio peso". A figura 1 apresenta as propriedades fundamentais a serem atendidas para obtenção de argamassa colante.

Figura 1- Propriedades fundamentais para argamassa colante

Requisito		Método de ensaio	Unidade	Critério		
				AC I	*AC* II	*AC* III
Tempo em aberto		ABNT NBR 14081-3	min	≥ 15	≥ 20	≥ 20
Resistência de aderência à tração aos 28 dias, em função do tipo de cura	Cura normal	ABNT NBR 14081-4	MPa	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 1,0
	Cura submersa			≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 1,0
	Cura em estufa				≥ 0,5	≥ 1,0

Fonte: ABNT NBR 14081-1

2.2 TEMPO EM ABERTO

A argamassa colante é desenvolvida a partir da mistura de cimento, água, agregados, e aditivos, sendo um material comumente utilizado para o assentamento de revestimentos cerâmicos, em parede ou piso, tanto em ambientes externos, quanto internos. A portaria n.º 555 do Inmetro (2013), informa que para argamassas colantes, tempo em aberto é definido como o maior intervalo de tempo no qual uma placa cerâmica pode ser assentada sobre a pasta de argamassa.

Para Póvoas (1999), tempo em aberto é um dos principais requisitos para o desempenho da argamassa colante no canteiro de obras. É uma propriedade definida como o resultado da perda da água de uma argamassa colante, sendo por sucção de sua base ou por meio da evaporação. Ocorre principalmente quando a mesma é espalhada, deste modo causando a progressiva redução de sua resistência, e assim futuramente ocasionando o descolamento do revestimento cerâmico.

Já para Soares (2017), tempo aberto de uma argamassa colante é definido como o intervalo entre a aplicação da argamassa até a formação de uma película superficial que impede a aderência da mesma. Baseando-se na ABNT NBR 14081:2012, o autor também ressalta que um tempo aberto mais longo, consequentemente permite ao pedreiro trabalhar com maior segurança, até nas condições mais difíceis da obra, com altas temperaturas e baixa umidade. O intervalo de tempo em aberto deve ser sempre respeitado, pois se for ultrapassado, deve-se retirar e descartar a argamassa.

Para Póvoas (1999), em caso de valores abaixo do indicado, pode-se resultar em descolamento das placas cerâmicas, sendo os ambientes externos mais propícios para este problema, devido aos diferentes ciclos de secagem, de molhagem, ventos, e temperaturas variadas. Podendo colocar em risco a vida da população que transita o local caso haja desplacamento em área externa.

Mas (1995) afirma que existem dois tempos em abertos que devem ser monitorados, a argamassa colante considerando as exigências definidas em laboratório, e as condições intrínsecas do meio na obra, que podem mudar ao longo do dia. Mas (1995) aponta ainda, que quando se trata de fachada, a depender das condições do ambiente e ventilação, poderá ocorrer uma redução real do tempo em aberto, provocando o descolamento das placas.

Ainda de acordo com Mas (1995), para evitar o deslocamento de placas, deverá haver controle da argamassa em laboratório, e realização do teste de arrancamento fresco, a fim de avaliar a aderência da argamassa ao substrato. Atualmente este teste é regido pela NBR 13528-3 (ABNT, 2019).

De maneira criativa, Pereira (2017) diz que quando o pedreiro da obra por imprudência aplica a argamassa em uma área extensa, e não consegue finalizar o assentamento dentro do seu período de tempo em aberto, poderá ocasionar o desplacamento das placas de cerâmica. Sendo de suma importância as condições de exposição da argamassa, como temperatura, ventos, umidade, e a qualidade dos agregados. Estes fatores são cruciais no tempo em aberto, podendo acarretar perda de água nas argamassas, causando perda de sua aderência e resistência.

De acordo com Zeferino (2019), o tempo mínimo em aberto para argamassa colante tipo AC III é de 20 minutos, e com base na NBR 14081-3

(ABNT, 2012), a resistência mínima para argamassa tipo AC III é de 1,0 MPa aos primeiros 20 minutos de tempo em aberto. Vieira et al. (2003) citam que os aditivos são de extrema relevância na utilização das argamassas colantes, pois melhoram a capacidade de absorção de água, permitindo maior controle do tempo em aberto.

2.3 RESÍDUO GERADO NO CORTE E BENEFICIAMENTO DE ROCHAS

A NBR 10004 (ABNT,2004, p. 07) define resíduo sólido como “resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição”. Também são considerados resíduos sólidos ou semissólidos, líquidos cujas características torne impraticável o lançamento em rede pública de esgoto, ou córregos d’água.

Afonso (2005) discorre que os resíduos do corte de rochas podem ser gerados em quatro fases distintas, sendo que o tipo de resíduo está relacionado a forma de extração e/ou manuseio. A primeira se dá na extração dos blocos, podendo gerar fragmentos de tamanhos diversos quando extraídos com auxílio de explosivos ou uma pequena parcela de finos quando utilizados cortes e Santos procedimentos mais modernos.

Santos et. al (2013), acrescenta que cerca de 20% a 25% da massa dos blocos é transformada em resíduo, quando os mesmos são desdobrados para a produção de chapas.

Afonso (2005) segue as afirmações dizendo que quando as rochas possuem planos de fragmentação bem definidos, elas são desplacadas facilmente, gerando uma pequena quantidade de resíduos em forma de lascas, compondo a segunda fase. A terceira fase contempla o fracionamento dos blocos para a formação de chapas gerando os chamados “casqueiros” ou “retalhos” e pó residual que é levado pela água utilizada no processo.

Seguindo as diretrizes de Alyamaç; Tuğrul (*apud* SOARES, 2016) a figura 2 apresentam o corte do bloco de rocha utilizando teares com fio diamantados. Durante este processo, é gerado o resíduo em forma de lama, que é captado por canaletas e levado por uma tubulação até os silos de decantação, representado

pela figura 3. O mesmo acontece com a lama residual gerada em outros processos de beneficiamento da rocha.

Figura 2: Teares de fio diamantado

Fonte: Acervo dos autores

Figura 3: Silos de decantação

Fonte: Acervo dos autores

Como fase final, de acordo com Afonso (2005), o polimento contempla o acabamento das chapas, podendo ser por exemplo, liso ou escovado, onde o resíduo é gerado em forma de lama, uma vez que o pó se mistura à água e abrasivos acrescidos ao processo.

Alyamaç; Tuğrul (*apud* SOARES, 2016) aponta que o resíduo em forma de lama é encaminhando dos silos para o filtro prensa, que é destinado a separar

o material líquido (água) do sólido, conforme figura 4, enquanto a figura 5 mostra o material após esse processo.

Figura 4: Sistema filtro prensa

Fonte: Acervo dos autores

Figura 5: Resíduo após a prensagem

Fonte: Acervo dos autores

Souza et al. (2011) relata que o resíduo em forma de lama quando submetido ao processo de secagem, se torna um pó fino, rico em óxidos como SiO2, Al2 O3, K2 O, Na2 O, Fe2 O3 e CaO.

O resíduo é inserido no meio em seu estado natural ou desidratado, agregando custo para a empresa geradora, incidindo no valor sobre o produto final. (ALYAMAÇ; TUĞRUL, 2014, *apud* SOARES, 2016).

A Análise de Competitividade do Setor da Indústria de Rochas Ornamentais do Estado do Espírito Santo (2020) cita dentro de sua publicação a extração de 313 milhões de toneladas de rochas no mundo em 2018, das quais 153 milhões de toneladas foram de rochas e 160 milhões de resíduos. No mesmo ano, a produção bruta de rochas no Brasil totalizou 8,3 milhões de toneladas, concedendo ao país o título de 5º maior produtor de rochas do mundo.

Russo (2003) relaciona o crescimento urbano e industrial das sociedades atuais à produção de resíduos sólidos em larga escala. Seguindo com as afirmações ele declara que desde a extração da matéria prima bruta até a entrega do produto final, são gerados resíduos em todos as etapas de transformação, mencionando a necessidade de melhores soluções técnicas para minimizar o problema.

3 MÉTODOS E MATERAIS

O material trata-se de agregado miúdo, resíduo proveniente do corte e beneficiamento de rochas ornamentais. O traço foi desenvolvido de forma empírica, baseado em relatos e experiências adquiridas por profissionais da área, que foram consultados no desenvolvimento deste trabalho. Para tanto a amostra coletada foi seca em estufa, e inserida no traço composto por agregado miúdo, cimento Portland branco, plastificante, polímero e acelerador de pega, de forma que substituísse parcialmente o agregado miúdo da mistura, atendendo os critérios mínimos exigidos pela norma NBR 14081-1 (ABNT, 2012). Com o intuito de melhorar as propriedades do produto final foram adicionados aditivos conforme tabela 1, a seguir:

Tabela 1 - Aditivos utilizados no traço

	Polímero	Acelerador de pega	Plastificante
Base química	Copolímero de acetato de vinila e etileno	Formiato de cálcio	HPMC (Hidroxipropil metilcelulose)
Produto	GT POL 147	Formiato de cálcio acelerador de pega	GT CELL 60000
Marca	Global Trend	Global Trend	Global Trend

Fonte: Produzido pelos autores

Após a determinação do traço, os materiais foram separados e pesados em laboratório, e com o auxílio de uma batedeira industrial foram misturados obtendo duas amostras de 5 kg cada. As figuras 6 e 7, apresentam respectivamente os materiais após a pesagem, e o produto final embalado e etiquetado para envio ao SENAI de Tatuapé, São Paulo, onde foram realizados os ensaios exigidos pela norma regulamentadora NBR 14081-5 (ABNT, 2012).

Figura 6: Materiais que foram pesados

Fonte: Acervo dos autores

Figura 7: Amostras para ensaio

Fonte: Acervo dos autores

As amostras encaminhadas para análise foram identificadas sob n° 252/1042/17, com cor branca, fator água/argamassa igual a 250ml/kg, tempo de maturação de 12 minutos e unidade fabril no Espírito Santo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resíduo foi obtido após o processo de prensagem, sendo coletado seguindo as orientações da NBR 10007 (ABNT, 2004), dando origem a duas amostras, nomeadas A e B com peso úmido de 3000g e 4000g respectivamente. A fim de obter o material em seu estado seco, as amostras foram encaminhadas ao laboratório da indústria geradora, e submetidas a secagem em estufa por 24 horas. Ao atingir o tempo determinado, a estufa foi desligada, as amostras foram retiradas e, passaram novamente pelo processo de pesagem. A amostra A apresentou peso seco de 2130g e a amostra B, 2850g.

O traço foi composto por cimento Portland branco, agregado miúdo (areia fina 0-500 µm), resíduo seco, e água. O resíduo seco substituiu 15% do agregado miúdo utilizado nas argamassas convencionais, resultando no traço unitário em massa conforme demostrado na tabela 2:

Tabela 2 – Traço unitário ensaiado

Cimento (kg)	Areia fina (kg) (0-500 µm)	Resíduo seco (kg)	Água (kg)
1,00	1,20	0,22	0,25

Fonte: Produzido pelos autores

A tabela 3, quantifica os aditivos adicionados a mistura afim de alterar positivamente as propriedades da argamassa, agregando maior viscosidade e plasticidade do substrato, acelerando o processo de endurecimento, evitando a formação de fissuras, dentre outras vantagens.

Tabela 3 – Aditivos

	Polímero (g)	Acelerador de pega (g)	Plastificante (g)
Quantidade	50,00	12,50	7,05

Fonte: Produzido pelos autores

Os resultados obtidos são provenientes dos ensaios realizado pelo SENAI, seguindo as diretrizes da NBR 14081-3 (ABNT, 2012) e NBR 14081-4 (ABNT, 2012). As amostras foram identificadas como 085 e 009, e ensaiadas sob condições ambientais com temperatura de 22,9°C, umidade relativa de

60,1%, temperatura da água de amassamento 22,3°C e velocidade do vento de 0,0 m/s.

Comparado a NBR 14081-3 (ABNT, 2012) o tempo em aberto obteve resultado superior ao exigido em norma, uma vez que aos 28 dias, as placas estendidas sobre o substrato padrão foram submetidas ao ensaio de arrancamento por tração, apresentando ruptura na interface argamassa e placa cerâmica (AP) e tensão média de 0,84 MPa, sendo desconsiderados valores discrepantes a ordem de 20% conforme figura 8. O tempo em aberto estendido possibilita um intervalo maior para assentamento da placa cerâmica sobre a pasta de argamassa já aplicada ao substrato, sem comprometer seu desempenho.

Figura 8 - Determinação do tempo em aberto

Determinação do Tempo em Aberto (ABNT NBR 14081-3)																				
Tempo em Aberto obtido: 20 minutos																				
Peças	CP 1		CP 2		CP 3		CP 4		CP 5		CP 6		CP 7		CP 8		CP 9		CP 10		Tensão média (Mpa)
Formato de Ruptura	A	AP	A	AP	A	AP	A	AP	A	AP	A	AP	A	AP	A	AP	A	AP	A	AP	0,84
Porcentagem	30	70	40	60	40	60	40	60	40	60	50	50	15	85	20	80	15	85	30	70	
Tempo de aderência (Mpa)	0,82		0,78		0,90		0,89		0,86		0,90		0,68		0,86		0,81		0,85		

Fonte: Acervo próprio - Relatório de ensaio 252/972/17 (SENAI Tatuapé – SP)

Da Silva et. al (2017) defende que a resistência de aderência a tração nos mostra o quanto a fixação da argamassa ao substrato, e ao verso da placa cerâmica é eficiente. Para a obtenção de tais resultados, foram realizados três tipos de cura, sendo elas, normal, submersa e em estufa. Em regime de cura normal, foram obtidos valores superiores ao que a norma preconiza. No entanto, para as curas submersa e em estufa os resultados foram inferiores aos estabelecidos pela ABNT NBR 14081-4 (2012), uma vez que esta norma informa que para argamassas do tipo AC III os valores de resistência à tração aos 28 dias devem ser iguais ou superiores a 1 MPa, não apresentando valores minimamente suficientes para a classificação, embora sejam bem próximos, conforme figuras 9, 10 e 11:

Figura 9 - Determinação da resistência de aderência à tração – Cura Normal

Determinação da Resistência de Aderência à Tração (ABNT NBR 14081-4)											
Condição de Cura: Normal											
Peças	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7	CP 8	CP 9	CP 10	Tensão média (Mpa)
Formato de Ruptura	A -	A -	A -	A -	A -	A -	A -	A -	A -	A -	1,4
Porcentagem	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Tempo de aderência (Mpa)	1,56	1,32	1,50	1,46	1,36	1,33	1,4	1,32	1,26	1,39	

Fonte: Acervo próprio - Relatório de ensaio 252/972/17 (SENAI Tatuapé – SP)

Figura 10 - Determinação da resistência de aderência à tração – Cura Submersa

Determinação da Resistência de Aderência à Tração (ABNT NBR 14081-4)											
Condição de Cura: Submersa											
Peças	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7	CP 8	CP 9	CP 10	Tensão média (Mpa)
Formato de Ruptura	A -	A -	A -	A -	A -	A -	A -	A -	A -	A -	0,5
Porcentagem	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Tempo de aderência (Mpa)	0,56	0,54	0,48	0,52	0,56	0,56	0,5	0,52	0,56	0,53	

Fonte: Acervo próprio - Relatório de ensaio 252/972/17 (SENAI Tatuapé – SP)

Figura 11 - Determinação da resistência de aderência à tração – Estufa

Determinação da Resistência de Aderência à Tração (ABNT NBR 14081-4)											
Condição de Cura: Estufa											
Peças	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7	CP 8	CP 9	CP 10	Tensão média (Mpa)
Formato de Ruptura	A -	A -	A -	A -	A -	A -	A -	A -	A -	A -	0,9
Porcentagem	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Tempo de aderência (Mpa)	1,12	0,93	0,97	0,92	0,93	1,01	0,93	0,84	0,9	0,82	

Fonte: Acervo próprio - Relatório de ensaio 252/972/17 (SENAI Tatuapé – SP)

Como observado nas figuras acima cada amostra ensaiada apresenta um formato de ruptura como apresentado na figura 12, logo, os resultados obtidos com ruptura do tipo S, P ou F foram desconsiderados.

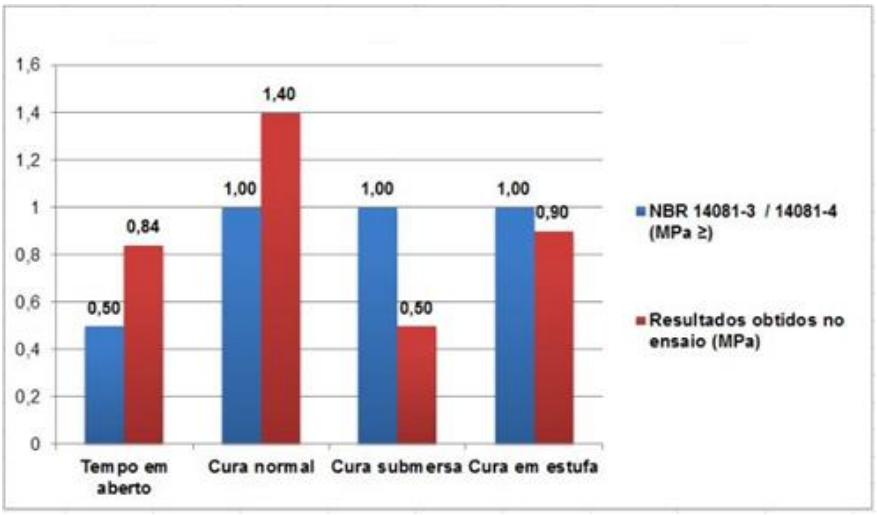
Figura 12 – Classificação dos tipos de ruptura

Tipos de Ruptura:				
	AS	ruptura na interface argamassa e substrato	**P**	ruptura da placa cerâmica
	AP	ruptura na interface argamassa e placa cerâmica	**A**	ruptura na camada da argamassa colante
	S	ruptura no substrato	**F**	falha na colagem

Fonte: Acervo próprio - Relatório de ensaio 252/972/17 (SENAI Tatuapé – SP)

O gráfico 1 mostra o comparativo realizado entre os resultados alcançados, e os requisitos mínimos exigidos pela norma NBR 14081-3 (ABNT, 2012) e NBR 14081-4 (ABNT, 2012) para a obtenção de argamassa colante do tipo ACIII.

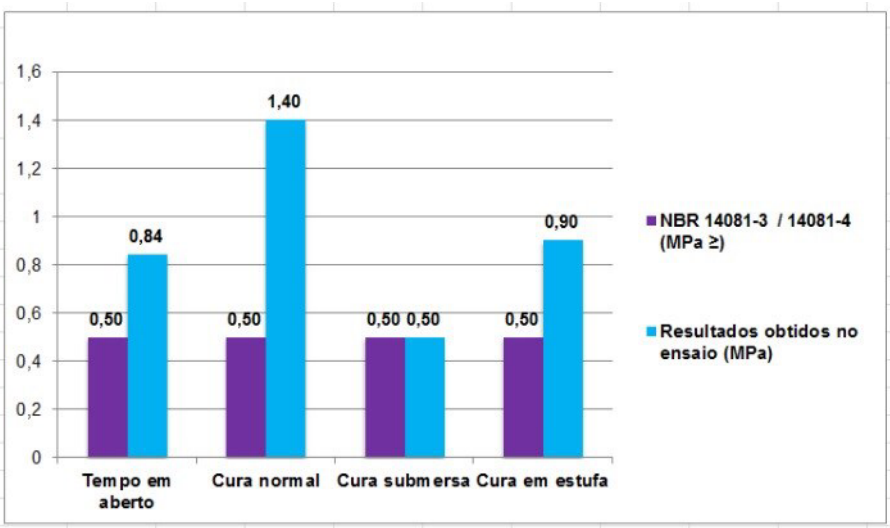
Gráfico 1 - Comparativo entre argamassa colante ACIII (NBR) e os resultados obtidos no ensaio.



Fonte: Produzido pelos autores

Constata-se acima que o traço desenvolvido para argamassa colante não atingiu valores suficiente para a classificação do tipo ACIII, uma vez que não atendeu todos os fatores. No entanto, se observadas as características da argamassa ACII os resultados obtidos mostram-se satisfatórios, conforme pode-se observar no gráfico 2:

Gráfico 2 – Comparativo entre argamassa colante ACII (NBR) e os resultados obtidos no ensaio.



Fonte: Produzido pelos autores

De acordo com a tabela 1 citada em 2.1.1 o ensaio de deslizamento não é necessário para argamassa utilizada em aplicações com revestimento horizontal, portanto o mesmo não foi realizado, uma vez que o objetivo da pesquisa não está voltado para o tipo de aplicação.

5 CONCLUSÃO

Os resultados encontrados mostram o potencial do resíduo do corte e beneficiamento de rochas ornamentais como componente da argamassa colante. Embora o traço desenvolvido não tenha atingido todas as características da argamassa ACIII, ficou evidente que a utilização do resíduo no desenvolvimento de argamassas é satisfatória, sendo uma possível forma de emprego e destinação do material, e com os devidos ajustes, podendo atender as diferentes classes apresentada pela NBR 14081. Aos trabalhos futuros sugere-se a correção do traço apresentado, e desenvolvimento de outros, com diferentes proporções do resíduo de forma a obter o produto final com outras classificações.

REFERÊNCIAS

AFONSO, WIlisses Menezes. **Caracterização de resíduo de corte de rochas na produção de argamassas**. Dissertação para Mestre em Engenharia Civil. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes. Rio de Janeiro, 2005, 154p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. Amostragem de resíduos sólidos**. NBR 10007/2004, Rio de Janeiro, 2004, 21p.

_____. **Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração Parte 3: Aderência superficial**. NBR 13528-3/2019, Rio de Janeiro, 2019, 5p.

_____. **Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 1: Requisitos**. NBR 14081-1/2012, Rio de Janeiro, 2012, 5p.

_____. **Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 3: Determinação do tempo em aberto**. NBR 14081-3/2012, Rio de Janeiro, 2012, 7p.

_____. **Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 4: Determinação da resistência de aderência à tração**. NBR 14081-4/2012, Rio de Janeiro, 2012, 8p.

_____. **Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 5: Determinação do deslizamento**. NBR 14081-5/2012, Rio de Janeiro, 2012, 6p.

_____. **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia**. NBR 13529/2013, Rio de Janeiro, 2013, 13p.

_____. **Resíduos sólidos - Classificação**. NBR 10004:2004, Rio de Janeiro, 2004, 71p.

BRASIL. Ministério da Educação/Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. **Rochas Ornamentais**. Brasília, 2007, 29p.

BRASIL. **Análise de competitividade do setor das indústrias de rochas ornamentais do estado do Espírito Santo.** IDEIES. Sistema FINDES. Espírito Santo, 2020.

BRASIL. Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Inmetro. Gabinete do Ministro. Portaria n.º 555, de 18 de novembro de 2013. Requisitos de Avaliação da Conformidade para Argamassas Colantes. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 nov. 2013. 12p.

CARVALHO, Eduardo Augusto de, et al. **APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS FINOS DAS SERRARIAS DE SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA/RJ**. 2002, 8p.

DA SILVA, Anne Caroline Melo; PONTES, Ronaldo Bezerra; DA SILVA, Ronaldo Faustino. **Aspectos normativos (ABNT–NBR 14081–2012) na avaliação da aderência de duas argamassas colantes industrializadas**. CIENTEC-Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE, v. 9, n. 1, 2017.

FRANCISCO, Marco de Oliveira Vargas. **ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS EM CONCRETOS PARA APLICAÇÕES NÃO ESTRUTURAIS**. Trabalho de Conclusão de Curso de Mestre em Materiais. Fundação Oswaldo Aranha. Centro Universitário de Volta Redonda. Volta Redonda, 2017, 63p.

LEITE, Ana Paula Mendes. **Utilização do pó de granito como substituição parcial do agregado miúdo, na fabricação de argamassas**. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil. Centro Universitário Unidade de Ensino Superior Dom Bosco. São Luis, 2021, 90p.

MAS, Edgard. **O tempo em aberto das argamassas colantes.** Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, v. 1, p. 203-216, 1995.

MORANI, Beatriz Martins. **Utilização do resíduo oriundo do corte de mármores como carga e recobrimento de papel**. 2008, 7p.

MOURA, Washington A.; GONÇALVES, Jardel P.; LEITE, Roneison da Silva. **Utilização do resíduo de corte de mármore e granito em argamassas de revestimento e confecção de lajotas para piso**. Sitientibus, Feira de Santana, v. 26, n. 1, p. 49-61, 2002.

PEREIRA, Beatriz Anselmo. **Proposta de um método de dosagem racional para argamassa colante**. Engenharia Civil-Tubarão, 2017.

PÓVOAS, Yêda Vieira. **Tempo em aberto da argamassa colante: método de medida e influência dos aditivos HEC e resina PVAc**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, v. 260, 1999. 156p.

RIBEIRO, Roberto Carlos da Conceição; et. al. **Utilização do rejeito oriundo do corte de rochas ornamentais como agregado mineral em pavimentação asfáltica meio ambiente, energia, impactos e sustentabilidade**. Rio de Janeiro, 2008, 10p.

RL. S. NUNES; H. S. FERREIRA; G. A. NEVES. **Utilização de resíduos de granito na indústria de revestimento cerâmico**. 48º Congresso Brasileiro de Cerâmica. Curitiba-PR, 2004, 10p.

RUSSO, Mário Augusto Tavares. **Tratamento de resíduos sólidos**. Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2003.

SANTOS, Max M. Aguiar; DESTEFANI, A. Z.; HOLANDA, J. N. F. **Caracterização de resíduos de rochas ornamentais provenientes de diferentes processos de corte e beneficiamento**. Matéria (Rio de Janeiro), v. 18, p. 1442-1450, 2013.

SILVA, Walney Gomes da. **Estudo da introdução de resíduo de britagem de rocha calcária e cinza de biomassa de cana-de-açúcar em formulações de argamassa colantes**. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de tecnologia. Programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica. Natal, 2013, 87p.

SOARES, Elaine Manenti. **Avaliação da resistência de aderência a tração de argamassas colantes industrializadas com adição de inibidor de hidratação.** Curso de Engenharia Civil da UNESC. 2017.

SOARES, Ercilia do Socorro Souza. A**nálise ambiental dos processos de beneficiamento das marmorarias da cidade de Manaus**. Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Amazonas. Faculdade de Tecnologia. Manaus, 2016, 49p.

SOUZA, A. J.; PINHEIRO, B. C. A.; HOLANDA, J. N. F. **Efeito da adição de resíduo de rocha ornamental nas propriedades tecnológicas e microestrutura de piso cerâmico vitrificado**. Cerâmica, v. 57, p. 212-218, 2011.

VIEIRA, Jucélia Kuchla et al. **Argamassas colantes–características, propriedades e cuidados na aplicação**. IV Encontro Tecnológico da Eng. Civil e Arquitetura, Brasil, 2003.

ZEFERINO, Tiago da Silveira; ANTUNES, Elaine Guglielmi P. **Tempo em aberto das argamassas colantes: uma análise da interferência do emboço e dos tipos de exposição**. Revista Técnico-Científica de Engenharia Civil. UNESC, 2019, 20p.