

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

EDUARDO BARROSO ROCHA

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE APLICAÇÃO DE
ARGAMASSAS ESTABILIZADAS ADITIVADAS COM FIBRA
DE NYLON E MICROFIBRA DE POLIPROPILENO**

**Palmas
2022**

EDUARDO BARROSO ROCHA

**ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE APLICAÇÃO DE
ARGAMASSAS ESTABILIZADAS ADITIVADAS COM FIBRA
DE NYLON E MICROFIBRA DE POLIPROPILENO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito parcial
para obtenção do título de Bacharel
no Curso Superior de Engenheiro
Civil do Instituto Federal do
Tocantins, Campus Palmas.

Orientador: Moacyr Salles Neto

**Palmas
2022**

FOLHA DE APROVAÇÃO

EDUARDO BARROSO ROCHA

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO EM APLICAÇÃO DE MICROFIBRA DE NYLON E DE VIDRO EM ARGAMASSAS ESTABILIZADAS

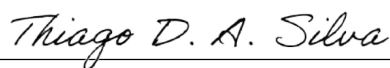
Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Coordenação do
curso de Engenharia Civil Instituto
Federal do Tocantins - Campus
Palmas, como exigência à obtenção
do grau em Engenheiro Civil.

Aprovado em: __/__/____

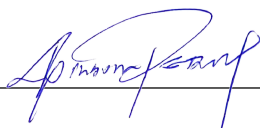
BANCA AVALIADORA



Dr. Moacyr Salles Neto
Orientador(a)



Dr. Thiago Dias de Araújo e Silva
Avaliador(a) 1



Dr. Gilson Marafiga Pedroso
Avaliador(a)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por estar em toda a minha caminhada. Agradeço à minha Mãe pelo apoio e por sempre estar ao meu lado me ajudando em tudo. Aos meus amigos que acreditaram em mim. A empresa doadora dos materiais para realização do TCC. À minha amiga Engenheira Giselly que também contribuiu com ensinamentos e materiais. Ao Engenheiro Zé Humberto, pela contribuição durante a minha formação, estágio e disponibilizar o laboratório para eu realizar os ensaios. Aos meus professores por serem guias em toda essa trajetória e em especial ao meu orientador Dr. Moacyr.

RESUMO

Os problemas mais frequentes na construção civil estão nos de revestimentos em fachadas. Fissuras de retração, sujidades, descolamentos da argamassa no substrato, empolamentos, são alguns desses problemas. Muitas dessas manifestações patológicas se dão por erros de execução, falta de técnica, materiais inadequados. O presente trabalho analisa a aplicação de microfibras de polipropileno e fibra de nylon nos revestimentos argamassados e analisa suas contribuições para resolver ou mitigar essas manifestações. Para a realização dessa pesquisa foi necessária a busca através de referências bibliográficas e um estudo de campo no qual foram construídos dois painéis com argamassa estabilizadas e adição dos dois materiais para análise. Utilizou-se a mesma quantidade em massa de cada material para fazer comparações. Foram realizadas observações visuais, ensaio de compressão da argamassa e de resistência de aderência à tração do revestimento, para obter-se parâmetros de eficiência. Com a análise dos resultados foi possível concluir que ambos materiais apresentaram desempenhos muito parecidos em todos os ensaios e que com o uso desses materiais nos painéis não apresentaram fissuras.

Palavras-chaves: Argamassa estabilizada. Manifestações Patológicas. Microfibra de Polipropileno. Fibra de Nylon. Ensaio.

ABSTRACT

The most frequent problems in civil construction are coatings on facades. Shrinkage cracks, dirtiness, non-substrate mortar detachment, blistering, are some of these problems. Many of these pathological manifestations are due to execution errors, lack of technique, poor materials. The present work analyzes the application of polypropylene microfibers and nylon fiber in mortar coatings and analyzes their contributions to resolve or mitigate these manifestations. For the conclusion of this research, it was necessary to search through bibliographical references and a field study in which two panels were built with stabilized mortar and the addition of the two materials for analysis. The same mass quantity of each material was used to make comparisons. Visual observations, testing of mortar panels and coating tensile strength were carried out in order to obtain efficiency standards. With the analysis of the results it was possible to conclude that both materials presented very similar performances in all the tests and that with the use of these materials in the panels they did not present cracks.

Keywords: Stabilized mortar. Pathological Manifestations. Polypropylene Microfiber. Nylon Fiber. Essay.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Caminhão despejando a argamassa nas caixas.....	17
Figura 2 - Bomba despejando a argamassa na caixa plástica.....	18
Figura 3 - Eflorescência identificada no painel de alvenaria.	19
Figura 4 - Eflorescência identificada no painel de alvenaria.	19
Figura 5 - Fissuras em alvenaria.....	21
Figura 6 - Fissura devido sobrecarga.....	22
Figura 7 - Fissuras devido à ausência de verga e contraverga.	23
Figura 8 - Descolamento com empolamento em revestimento argamassado com pintura	24
Figura 9 - Alvenaria apresenta argamassa com problemas de descolamento em placas	25
Figura 10 - Corda feita em fibra de Nylon.....	27
Figura 11 - Execução de reboco	29
Figura 12 - Painéis executados	30
Figura 13 - Traço concreteira.....	31
Figura 14 - Pesando a microfibras de polipropileno.....	33
Figura 15 - Filamentos da corda de nylon	33
Figura 16 - Corpos de prova etiquetados para ensaio de compressão	34
Figura 17 - Corpos de prova sendo rompidos.....	35
Figura 18 - Corte do corpo de prova 5	36
Figura 19 - Adesivo Epóxi 90 min	37
Figura 20 - Corpo de prova 7 com pastilha	37
Figura 21 - Corpo de prova 10 com pastilha	38
Figura 22 - Dinamômetro.....	39

Figura 23 – Amostras das pastilhas após ensaio de arrancamento.....	40
Figura 24 - Formas de ruptura da argamassa	41
Figura 25 - Formas de ruptura no ensaio de resistência a tração em substrato com chapisco.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Rompimentos ensaio de compressão	34
Tabela 2 - Rompimentos microfibra de polipropileno	43
Tabela 3 - Rompimentos fibra de nylon	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	PROBLEMA DE PESQUISA	12
3	JUSTIFICATIVA.....	12
4	OBJETIVOS.....	12
4.1	Objetivo Geral	12
4.1.1	Objetivos Específicos.....	12
5	ARGAMASSA	13
5.1.1	Argamassa de assentamento	13
5.1.2	Argamassa de revestimento	13
5.1.3	Argamassa colante.....	13
5.1.4	Argamassa de rejuntamento	14
5.2	Argamassas estabilizadas	15
5.2.1	Principais vantagens	16
5.2.2	Precauções de uso.....	16
5.3	Patologias nos revestimentos argamassados	18
5.3.1	Eflorescência	18
5.3.2	Trincas e fissuras	19
5.3.3	Retração	20
5.3.4	Movimentações	22
5.3.5	Sobrecargas não previstas	22
5.3.6	Deficiência de vergas e contravergas	23
5.3.7	Desagregação	23
5.4	Microfibras	26
5.4.1	Microfibra de Polipropileno	26
5.4.2	Fibra de Nylon	27
6	METODOLOGIA	28
7	PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	29
7.1	CARACTERIZAÇÃO DOs ENSAIOS e do LOCAL de aplicação	29
7.2	EXECUÇÃO dos revestimentos argamassados	30
7.3	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS.....	31
7.4	COMPARAÇÃO EMPÍRICA DAS FIBRAS	32
7.5	ENSAIO DE COMPRESSÃO DA ARGAMASSA	33
7.6	ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO.....	35
7.7	FORMAS DE ROMPIMENTO	39
8	RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
8.1	Resistência à compressão da argamassa.....	42
8.2	RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO.....	42
8.2.1	Painel com revestimento de microfibra de polipropileno	45
8.2.2	Painel com revestimento de fibra de nylon	46
9	CONCLUSÃO.....	47
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

1 INTRODUÇÃO

Ao observar as fachadas dos edifícios com revestimentos de argamassas constata-se que a fissuração é um dos problemas patológicos de maior incidência. A fissuração pode resultar de um ou mais fatores, como retração que gera tensões por vezes combinadas desfavoravelmente com as características como baixa resistência à tração e alto módulo de elasticidade, sobrecargas não previstas, ausência de elementos estruturais como vergas e contravergas, problemas de execução, etc.

O revestimento de argamassa, além de contribuir para a estética de uma edificação, tem função de servir de base regular e adequada para o acabamento final, proteger a estrutura da ação direta dos agentes agressivos, promover o isolamento termoacústico e a estanqueidade à água e aos gases. Portanto, para que os revestimentos possam cumprir adequadamente suas funções é fundamental que não apresentem patologias, como a ocorrências de fissuras.

Algumas patologias podem ser evitadas no gerenciamento do processo de cura de forma adequada, uso de aditivos corretos para reduzir os danos e com atenção à dosagem correta para o tipo de aplicação. Porém existem materiais que auxiliam as argamassas e o concreto a diminuir os efeitos desses problemas, é o caso das microfibras. As microfibras são filamentos, produzidos através de um processo de extrusão. Podem ser utilizados diversos tipos de materiais como microfibras de nylon, vidro, polipropileno, poliéster, carbono ou sintéticas. Devido a sua capacidade de retenção de água em seu interior, são indicadas para o uso em concretos e argamassas já que reduzem o índice de fissuras provocadas pela retração e assentamento. Auxiliam no controle dos processos de exsudação e segregação, além de melhorarem o desempenho do concreto endurecido, aumentando sua resistência mecânica. As fibras de nylon e de polipropileno serão os objetos deste trabalho. Nele serão feitas análises e comparações entre os dois materiais e o desempenho nas questões das fissuras.

2 PROBLEMA DE PESQUISA

Como diminuir ou anular as fissuras de retração em argamassas?

3 JUSTIFICATIVA

No concreto e em argamassas é muito comum que ocorram fissuras e trincas devido à alguns fatores. O uso excessivo de água na preparação de produtos à base de cimento é muito comum nos canteiros de obra afim de aumentar a trabalhabilidade dos elementos, o que pode resultar em problemas de retração. A retração é o processo de redução de volume em argamassa de concreto devido à perda de água excedente da mistura pelo processo de evaporação. Existem alguns tipos de retração: Retração plástica, retração química, retração autógena, retração térmica e retração por secagem.

Afim de evitar esses problemas, aplicam-se materiais afim de diminuir ou impedir esses efeitos. A utilização das microfibras de polipropileno nas argamassas já é uma aplicação bastante usual no mercado. Neste estudo esse material será comparado com a fibra de nylon, que não é um material normalmente utilizado nessas aplicações. Logo, um dos principais objetivos deste trabalho é comparar o uso de um material conhecido, com um material desconhecido e se ele apresentará o desempenho satisfatório.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Analisar e comparar a microfibra de polipropileno e fibra de nylon quanto ao desempenho contra fissuras em revestimentos argamassados.

4.1.1 Objetivos Específicos

- Analisar o desempenho do uso das fibras no combate às fissuras;
- Avaliar a influência da aplicação das fibras na resistência de aderência à tração da argamassa estabilizada aplicada como revestimento;

- Comparar as características semelhantes de ambos os materiais.

5 ARGAMASSA

Argamassa é uma mistura de cimento, agregado miúdo provenientes de areias naturais ou do resultado de britagem e água, podendo ser constituídas por polímeros. Podem ser aplicadas na união entre blocos de concreto ou cerâmicos, em alvenaria de vedação ou estrutural. É aplicada também como revestimentos de chapisco, emboço ou reboco. No rejuntamento de calçadas em pedras naturais impermeabilizando e conferindo detalhe arquitetônico. No rejuntamento de revestimento cerâmico (quando à base de cimento Portland).

5.1.1 Argamassa de assentamento

É uma argamassa utilizada para unir os blocos cerâmicos convencionais ou estruturais diversos. A argamassa forma “raízes” nos poros do bloco e ali se fixa. Em geral ela é rodada em uma central ou no pavimento usando betoneira, mas pode ser adquirida pronta (ESCOLA ENGENHARIA, 2018).

5.1.2 Argamassa de revestimento

A argamassa de revestimento possui a função de recobrir, dar rugosidade e corrigir defeitos. Dentro das argamassas de revestimento existe o chapisco, que é uma argamassa com consistência mole e aplicada energicamente sobre paredes de alvenaria ou rolado nas faces de pilares, para melhorar a aderência da alvenaria com a parede (ESCOLA ENGENHARIA, 2018).

5.1.3 Argamassa colante

Argamassa colante é uma argamassa produzida com uma mistura pronta com cimento Portland, agregado muito fino e polímeros que conferem adesividade. Deve-se produzir a argamassa com pouca água (no geral 20 kg de mistura para cerca de 4 L de água – é importante verificar o que o fabricante informa), aplicar uma camada

uniforme e proporcional em espessura ao tamanho das peças cerâmicas sobre o substrato. Não se deve umedecer a cerâmica ao aplicar, colocar água novamente, usar argamassa dormida, aplicar pelotas de argamassa para economizar. Seguindo as regras, a argamassa colante tem resultado garantido (ESCOLA ENGENHARIA, 2018).

Tipos de argamassas colantes:

1. AC1: indicada para assentamento de e pisos cerâmicos em ambientes internos. Podem ser utilizados tanto em áreas secas quanto em áreas molhadas.
2. AC2: Indicada para revestimento externo de paredes e fachadas, pisos em áreas externas, assentamento de revestimento de piscinas de água fria e pisos cerâmicos industriais.
3. AC3: Indicada para assentamento de revestimentos cerâmicos em fachadas, assentamento de revestimentos em piscinas de água quente e sauna e para assentamentos de placas grandes, maiores que 60x60 cm (ESCOLA ENGENHARIA, 2018).

5.1.4 Argamassa de rejuntamento

Quando são peças cerâmicas, a argamassa de rejuntamento preenche os vãos entre essas peças. Ela também pode ser feita com mistura pronta e deve receber pouca água, repetindo o mesmo problema da argamassa colante. Pode receber pigmentos diversos e dá acabamento (ESCOLA ENGENHARIA, 2018).

Para evitar que a edificação sofra com problemas patológicos futuramente é necessário que as argamassas atendam alguns requisitos. Um deles é o de poder absorver deformações por efeito térmico, higroscópico e diferencial entre componentes. Além disso deve possuir aderência ao substrato sendo ele rocha, alvenaria, estrutura de concreto armado. Isso vai depender não só da capacidade de absorver deformações acima citada, como da rugosidade do substrato e dos cuidados ao produzir a argamassa. Deve haver boa resistência ao impacto e desgaste superficial. Más execuções geram emboços facilmente raspáveis com a mão. É

necessário que haja pouca permeabilidade ou nenhuma à água, mas deve permitir a penetração de vapor de água (ESCOLA ENGENHARIA, 2018).

As normas e vigência sobre argamassas com cimento são:

- **NBR 7200:1998** – Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento.
- **NBR 14081-1:2012** – Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas. Parte 1: Requisitos.
- **NBR 13749:2013** – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação.

5.2 ARGAMASSAS ESTABILIZADAS

A argamassa que será utilizada no presente estudo é a argamassa estabilizada ou polimérica. A industrialização desse material ocorreu na década de 50 e a partir de 1970 que o seu uso começou a ser disseminado. De um modo geral, sua preparação acontece em laboratórios especializados, sendo preciso que todos os componentes passem por um alto controle de qualidade. Além disso, também são feitos ensaios com o objetivo de identificar se as suas propriedades estão aptas a serem aplicadas nas obras. É composta por cimento, areia e aditivos especiais que ajudam prolongar o estado fresco por mais tempo. Estes materiais são comercializados em estado pastoso e prontas para uso. Devido a maior tempo de conservação em estado fresco, normalmente são armazenadas em grandes volumes em como caixas d'água, conforme demonstrado nas Figuras 1 e 2. Uma outra característica é que esse material gera menos resíduos, reduzindo assim a contaminação do meio ambiente, além de ajudar a reduzir os custos da obra. Pode ser utilizada, praticamente, nos mesmos locais da tradicional. Porém, é importante ficar atento às aplicações em que a espessura da camada seja mais grossa e em ambientes onde a temperatura seja mais baixa. Para as argamassas de assentamento industrializadas, o cálculo de consumo por m² é mais simples do que a tradicional, basta verificar a indicação na embalagem do produto ou a ficha técnica do fornecedor.

5.2.1 Principais vantagens

As principais vantagens do uso das argamassas estabilizadas são:

- Redução de custos, já que elimina o valor relacionado ao equipamento de mistura e ainda reduz os custos com energia elétrica e água para o funcionamento desses equipamentos;
- Otimização do espaço no canteiro de obra;
- Maior precisão no cálculo de consumo e também de custos com a argamassa;
- Ausência de sacarias para descarte, o que contribui para o meio ambiente e também para a limpeza da obra;
- Facilidade de manuseio e eliminação da etapa de preparo;
- Maior controle tecnológico devido ao traço pronto e uniforme;
- Economia com mão de obra;
- Mais agilidade na etapa de alvenaria;
- Redução das perdas de materiais;
- Facilidade de carga e descarga;
- Melhor homogeneidade e permeabilidade;
- Menor esforço do pedreiro e retira do mesmo a necessidade de fabricação da argamassa;
- Maior conservação do estado fresco.

5.2.2 Precauções de uso

As argamassas estabilizadas apresentam grandes vantagens na aplicação em obras. Entretanto existem alguns cuidados que são necessários para que as funções da argamassa sejam cumpridas:

1. É importante evitar executar muitas fiadas em um só dia, para não correr o risco de fazer que excesso de peso pressione excessivamente as camadas de argamassa das fiadas iniciais;
2. A alvenaria deve ser úmida o suficiente para a aplicação de argamassa;

3. Nos dias de ventos fortes ou de temperaturas mais altas, a argamassa precisa ser curada, já nos dias de chuva é preciso suspender a operação, principalmente caso a parede não esteja protegida, evitando assim, possíveis erosões nas juntas;
4. Não usar argamassa estabilizadas para reboco ou emboço ou reboco em paredes externas que já estejam com revestimento cerâmico;
5. Deixar a argamassa protegida do sol, vento e chuva, sob uma película fina de água;
6. Não utilizar a argamassa após o período de 24h, mesmo que ela pareça estar em estado fresco.

Figura 1 - Caminhão despejando a argamassa nas caixas.



Fonte: ArgaCity (2022)

Figura 2 - Bomba despejando a argamassa na caixa plástica



Fonte: Portal Itambé (2016)

5.3 PATOLOGIAS NOS REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS

5.3.1 Eflorescência

Eflorescência são depósitos salinos, principalmente alcalinos e alcalinos terrosos, que são visíveis na superfície de alvenarias ou revestimentos, provenientes da migração de sais solúveis presentes nos materiais ou componentes da alvenaria. As eflorescências são caracterizadas pela presença de manchas de umidade e pelo acúmulo de pó branco sobre a superfície, conforme demonstrado na Figura 3 e 4. As eflorescências podem ter várias causas, as mais prováveis são as infiltrações ou umidade constantes, a presença de sais solúveis na peça de alvenaria ou na água de amassamento da argamassa. Para reparar esses problemas pode-se adotar as medidas: eliminação da infiltração de umidade, secagem do revestimento, escovamento da superfície, reparo do revestimento se estiver pulverulento.

Existem muitas formas de encontrar esses sais solúveis como em componentes de alvenaria, em argamassa da camada de regularização e de amassamento, em pasta ou argamassa empregadas no rejuntamento, em água e os produtos de limpeza

em geral. Deve-se ressaltar que a ação dos sais solúveis do cimento Portland é importante fonte de eflorescência nos revestimentos.

Figura 3 - Eflorescência identificada no painel de alvenaria.



Fonte: Antônio Alves (2019)

Figura 4 - Eflorescência identificada no painel de alvenaria.



Fonte: Pointer (2018)

5.3.2 Trincas e fissuras

Trincas e fissuras são pequenas aberturas nas paredes resultantes de problemas na construção em si. A principal diferença entre elas está no tamanho/ abertura. Em resumo: as fissuras são classificadas como tal quando possuem até 0,5 mm, já as trincas variam entre 0,5 mm e 1,0 mm. Acima disso, as aberturas passam a ser

chamadas de rachaduras. As principais causas podem surgir a partir de problemas estruturais como recalques, sobrecargas e movimentações. Elas também podem se manifestarem por problemas em amarrações (falta de amarração nos cantos de paredes ou no encontro da laje com as paredes), retração, expansões, deficiência em vergas e contravergas, excesso de esforços, dilatação térmica.

Além disso, essas patologias também podem ser causadas por motivos externos ao projeto, como por exemplo, obras que ocorrem ao lado do seu projeto, pavimentação da rua ou grande circulação de veículos nas redondezas.

5.3.3 Retração

As mudanças volumétricas nas argamassas e concretos de cimento Portland devido à retração constituem um dos maiores causadores de deterioração prematura das estruturas de concreto. Devido às restrições existentes e inevitáveis, estas mudanças provocam tensões de tração que podem ocasionar a fissuração do material. Esta predisposição à fissuração tem sido apontada como um dos maiores inconvenientes das argamassas e do concreto, por formar uma rede de microfissuras interconectadas que se constitui num caminho de fácil acesso dos agentes agressivos.

Os principais tipos de retração são:

- Retração térmica: Ocorre quando o concreto ou argamassa está em fase de endurecimento, ele aumenta de volume antes de reduzir na etapa de resfriamento. Sendo assim, durante esse processo, ocorre uma reação química em que o calor da peça é transmitido para o ambiente. Isso pode provocar retração térmica ou exotérmica.
- Retração química: A diferença de volume entre cimento, água e outras substâncias resultantes do endurecimento como hidróxido de cálcio, a etringita e o silicato de cálcio hidratado reduz o volume do concreto, gerando retração.

- Retração hidráulica: Nesse caso, o material perde água já em estado sólido. Isso ocorre em decorrência de uma cura não controlada ou erros na dosagem do concreto.
- Retração plástica: A retração plástica ocorre quando a água é eliminada em forma de “suor”. Afinal, antes de o concreto endurecer. Dessa forma, isso acontece por diferentes motivos, especialmente quando a estrutura fica exposta a calor excessivo, ventos fortes e baixa umidade relativa do ar.

Os problemas de retração podem ser evitados no gerenciamento do processo de cura de forma adequada, uso de aditivos corretos para reduzir os danos e com atenção à dosagem correta para o tipo de aplicação. Um exemplo de fissuras provenientes da retração pode ser conferida na Figura 5.

Figura 5 - Fissuras em alvenaria.



Fonte: Tecnosil (2022)

5.3.4 Movimentações

Quando o revestimento é executado de maneira contínua sobre juntas de dilatação da estrutura, ocorre fissuração e desprendimento da argamassa. Em edifícios altos, os últimos pavimentos ficam sujeitos a uma maior movimentação por dilatação dos elementos de concreto devido estarem mais expostos aos raios solares. Assim ocorrem fissuras no encontro alvenaria-estrutura. Para evitar esse problema adota-se o uso de telas em toda a extensão da junção alvenaria-estrutura ou desvincula-se o último pavimento.

5.3.5 Sobrecargas não previstas

Cargas concentradas em um ponto podem causar trincas e fissuras devido à estrutura não estar preparada para aquela solicitação. É comum que ocorra em coberturas: as telhas são apoiadas diretamente nas terças e as terças na alvenaria, conforme a ilustrado na Figura 6 abaixo:

Figura 6 - Fissura devido sobrecarga.

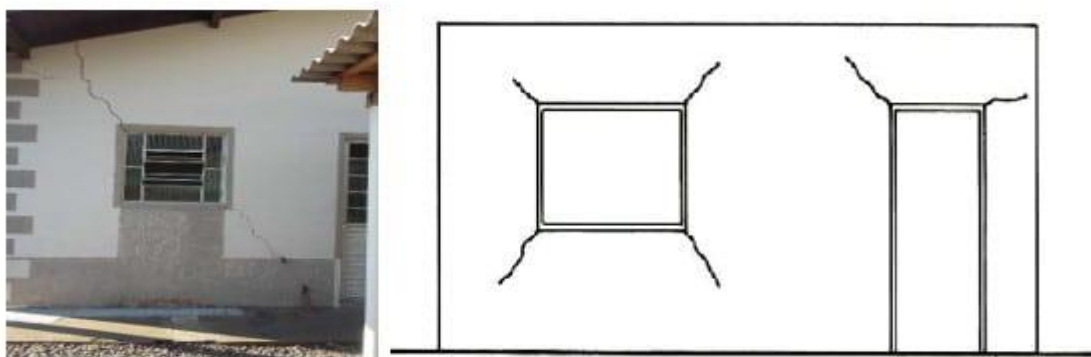


Fonte: Elastobor (2019)

5.3.6 Deficiência de vergas e contravergas

A fissura na parede com traço na diagonal normalmente surge acima ou abaixo de janelas e portas e, muitas vezes, está associada a uma falha nas vergas e contravergas ou a carga aplicada na alvenaria é maior do que a estrutura poderia suportar. Os elementos estruturais são responsáveis por suportar as movimentações das esquadrias, porém, quando mal dimensionados e instalados é natural que a fissura na parede apareça próximo a essas esquadrias. A identificação do problema se dá pela posição em que a fissura normalmente se apresenta, à 45° da extremidade da esquadria, conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7 - Fissuras devido à ausência de verga e contraverga.



Fonte: Hugo e Lucas (2020)

5.3.7 Desagregação

Desagregação é quando há o desprendimento da argamassa com a base ou substrato, devido às tensões surgidas ultrapassarem a capacidade de aderência das ligações. Esse deslocamento pode se dar de três maneiras: Pulverulência, empolamento e por placas.

5.3.7.1 DESAGREGAÇÃO POR PULVERULÊNCIA

Entre as principais causas do descolamento por pulverulência estão: o excesso de materiais pulverulentos e/ou torrões de argila no agregado, o traço pobre em aglomerantes ou com excessos de cal, e a ausência da completa carbonatação da cal pela execução de reboco em camada muito espessa ou pela aplicação de pinturas

antes da hora. Outras prováveis causas das argamassas desagregadas é o emprego de substitutos da cal sem propriedades de aglomerante; hidratação inadequada do cimento da argamassa; argamassa utilizada após o tempo de pega do cimento; tempo de estocagem ou estocagem inadequada, comprometendo a qualidade da argamassa.

A desagregação pode ocorrer também por expansão do revestimento, o emprego de areia suja, filito argiloso moído, silte ou gesso na mistura da massa, materiais que se expandem em contato com a umidade. Em consequência há um aumento volumétrico da argamassa, podendo provocar a queda do revestimento.

5.3.7.2 DESAGREGAÇÃO POR EMPOLAMENTO

A desagregação por empolamento é quando a superfície do reboco descola do emboço, formando bolhas que aumentam progressivamente, a exemplo da Figura 8. Normalmente as possíveis causas compreendem a infiltração de umidade e a existência de cal parcialmente hidratada na argamassa que, ao se extinguir depois de aplicada, aumenta de volume e se expande. Especialmente o óxido de magnésio da cal tem hidratação muito lenta e caso não tenham sido tomados os devidos cuidados, a expansão e o empolamento podem surgir após meses da execução do revestimento.

Figura 8 - Descolamento com empolamento em revestimento argamassado com pintura



Fonte: Vivian Michelle (2016)

5.3.7.3 DESCOLAMENTO EM PLACAS

Deslocamento em placas é caracterizado como uma deficiência de aderência entre as camadas de argamassa ou destas com a base. Entre as causas para o descolamento em placas estão: argamassa muito rica e/ou aplicada em camada muito espessa; superfície da base muito lisa e/ou impregnada com substância hidrófuga; molhagem deficiente da base comprometendo a hidratação do cimento; base de aplicação impregnada de pó e/ou resíduos, ausência de chapisco; superfície de contato com a camada inferior com a presença de placas de mica.

As espessuras excessivas da argamassa, superiores a 2 cm, propiciam em função da retração natural, a ocorrência de tensões elevadas de tração entre a base e o chapisco, podendo provocar o seu descolamento. Outro fator gerador de tensões corresponde às grandes variações de temperatura, que podem gerar tensões de cisalhamento na interface entre argamassa e base, capazes de provocar o descolamento do revestimento, conforme demonstrado na Figura 9.

Figura 9 - Alvenaria apresenta argamassa com problemas de descolamento em placas



Fonte: Igor Pinheiro (2019)

5.4 MICROFIBRAS

Afim de mitigar parte dos problemas relacionados às argamassas, abordados ao longo deste trabalho, utiliza-se as microfibras. As microfibras são filamentos extremamente finos, produzidos através de um processo de extrusão. Seu uso é indicado em concretos e argamassas já que reduzem o índice de fissuras provocadas pela retração e assentamento. Isto se deve a sua capacidade de retenção de água em seu interior. Ainda, propiciam um controle sobre os fenômenos de exsudação e segregação. As microfibras também melhoram o desempenho do concreto endurecido, aumentando sua resistência no que se refere ao: desgaste, impacto e fogo. Hoje no mercado são encontrados diversos tipos de fibras, por exemplo: polipropileno, aço, vidro, nylon, poliéster, carbono, sintética, celulose, amianto, sisal e fibras vegetais (ENGENHEIRO JORGE AOKI, 2010)

5.4.1 Microfibra de Polipropileno

A microfibra de polipropileno para concreto/ argamassa é um produto que conta com uma composição especial para a otimização dos projetos e construções. Utilizadas em concreto e argamassas, são compostas por filamentos muito finos e são resultado de um processo conhecido como extrusão. Devido à sua ótima composição, a microfibra de polipropileno tem propriedades importantes e que atribuem ao produto uma grande versatilidade, permitindo o seu uso em um bom número de aplicações e projetos diferentes.

A microfibra de polipropileno resiste muito bem às composições químicas encontradas no cimento e pode ser integrada com facilidade, sendo que sua composição permite que ela possa se misturar de maneira prática e eficiente, sem que altere os processos construtivos originais do concreto. Sendo muito utilizada em concreto para túnel, pisos industriais, paredes e elementos pré-moldados, a microfibra de polipropileno também pode ser utilizada em argamassa, atribuindo a esses materiais muita resistência que reduzirá consideravelmente o surgimento de fissuras ou outros problemas que podem acontecer devido a iMPactos, por exemplo.

5.4.2 Fibra de Nylon

O nylon é uma fibra sintética forte e superleve, propriedades que lhe conferem uma ampla variedade de usos, incluindo lona, corda e bagagem. A fibra de nylon é altamente sensível e resistente, bem como parcialmente resistente ao calor, raios UV e produtos químicos. Essa fibra foi introduzida pela primeira vez na década de 1930 como um dos primeiros substitutos da seda. O nylon tem muitas propriedades que o tornam uma fibra útil em muitas aplicações. É muito forte e elástico. Também é fácil de lavar e geralmente pode ser lavado com itens semelhantes e geralmente não requer procedimentos especiais de lavagem. O nylon seca rapidamente e mantém sua forma muito bem após a lavagem, garantindo a longevidade da peça.

Como o nylon é resistente ao calor e ao frio, forte e leve, é frequentemente usado para fazer cordas como as usadas para atracar e rebocar navios. As cordas feitas pelo homem são tipicamente mais fortes do que as cordas de fibra natural, tornando o nylon uma das cordas mais fortes disponíveis. A elasticidade do nylon absorve cargas de choque que provavelmente quebrariam cordas feitas de outros tipos. Os usos menos comuns da fibra incluem coletes à prova de balas, paraquedas, uniformes de combate e coletes salva-vidas. A fibra também é frequentemente usada na fabricação de guarda-chuvas, malas e redes para véus de noiva. A Figura 10 apresenta a fibra de nylon utilizada neste estudo. O material foi cortado em filamentos de aproximadamente 1 cm, até que atingisse o peso de 700g o total.

Figura 10 - Corda feita em fibra de Nylon



Fonte: Autor (2022)

6 METODOLOGIA

O trabalho proposto é de caráter experimental, cujos ensaios foram realizados em uma residência familiar onde já existia uma alvenaria que contemplava as camadas base do revestimento da alvenaria, o chapisco e o emboço. Em relação à abordagem, o estudo é considerado comparativo, uma vez que busca comparar uso de um material já reconhecido no mercado da construção civil, que são as microfibras de polipropileno, com um material com características semelhantes, a fibra de nylon, mas que não são utilizados em aplicações no ramo da construção. Para obtenção dos parâmetros para fazer a comparação, foi adotada alguns procedimentos metodológicos e ensaios. Para o ensaio de resistência à compressão, as amostras coletadas foram levadas ao laboratório o qual dispõem dos equipamentos necessários para sua realização, e no caso do ensaio de resistência à tração, os resultados foram obtidos in loco. Seguem abaixo as etapas metodológicas realizadas no estudo:

1. Aquisição de 100 L de argamassa estabilizada, com a concreteira;
2. Divisão da argamassa em dois recipientes com 50 L cada um;
3. Moldagem de dois corpos de provas sem adição das fibras conforme as diretrizes da NBR 7215/1996;
4. Adição e mistura de 700g de microfibra de polipropileno em um recipiente e adição de 700g de fibra de nylon no outro;
5. Moldagem de dois corpos de prova de cada material conforme as diretrizes da NBR 7215/1996;
6. Execução dos painéis argamassados de acordo com as diretrizes da NBR 7200/1997;
7. Aguardar tempo de cura dos painéis durante 28 dias;
8. Realização do ensaio de resistência de aderência à tração de acordo com as diretrizes da NBR 13528 (2019);
9. Realização do ensaio de resistência à compressão dos corpos de prova conforme as diretrizes da NBR 7215/1996;
10. Rompimento das amostras coletadas nos corpos de prova;
11. Comparação e Análise de resultados;
12. Conclusão.

7 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

7.1 CARACTERIZAÇÃO DOS ENSAIOS E DO LOCAL DE APLICAÇÃO

Para realização dos ensaios o presente trabalho contou com a doação de 100L de argamassa estabilizada de uma empresa e 700g de microfibras de polipropileno de outra. Os ensaios foram realizados numa residência onde já havia uma alvenaria com as camadas de chapisco e emboço curadas. Foram realizados também o ensaio de compressão de argamassa e o ensaio de resistência de aderência à tração de argamassas. A alvenaria é exposta diretamente ao sol a maior parte do dia. Seguindo os procedimentos da NBR 7200, reboco foi executado no dia 09/11/2022 às 10h da manhã. Desde então houve acompanhamento semanal para verificação da presença de fissuras de retração ou movimentações térmicas. Conforme a Figura 11, é possível observar que metade do painel direito, o qual o material utilizado foi a fibra de nylon, possui sombra durante boa parte do dia enquanto o da esquerda, que o material é a microfibras de polipropileno, fica exposto diretamente ao sol por mais horas.

Figura 11 - Execução de reboco



Fonte: Autor (2022)

Figura 12 - Painéis executados



Fonte: Autor (2022)

7.2 EXECUÇÃO DOS REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS

Na execução foram construídos dois painéis de revestimento argamassado, com dimensões 1,80m x1,50m e espessura de 2.5cm, sendo um com a microfibras de polipropileno e o outro com as fibras de nylon. O substrato disponível para execução da camada de reboco já contemplava as camadas de chapisco e emboço devidamente curadas. Para definir a quantidade de cada fibra que seria usada, fez-se necessário a conversão da massa em quilogramas de um volume expresso em litros. Isso porque, o recipiente utilizado para armazenamento da argamassa foi um tambor de 100 L.

$$m = d \times v \times (fcv/fcm)$$

onde:

m = massa

d = densidade

v = volume

fcv é o fator de conversão para converter de litro para metros cúbicos e fcm é igual 1, pois a massa já está em quilogramas.

Assim, substituindo os valores na fórmula acima temos:

$$\text{massa} = 2100 \times 100 \times 0,001 \times 1$$

$$\text{massa} = 2,1 \times 10^5 \times 0,001, \text{ ou}$$

$$\text{massa} = 210 \text{ kg}$$

Assim foram utilizados 700g de cada fibra em 105 kg de argamassa. As fibras, quando adicionadas à argamassa e com a ausência de uma betoneira, foram misturadas manualmente por 3 min com o uso de uma pá. A empresa doadora da argamassa utilizou o traço apresentado na Figura 13, para cada m³ (metro cúbico). Segundo o responsável pela dosagem, a quantidade de água utilizada depende da umidade, mas geralmente são colocados 100 litros p/ cada m³.

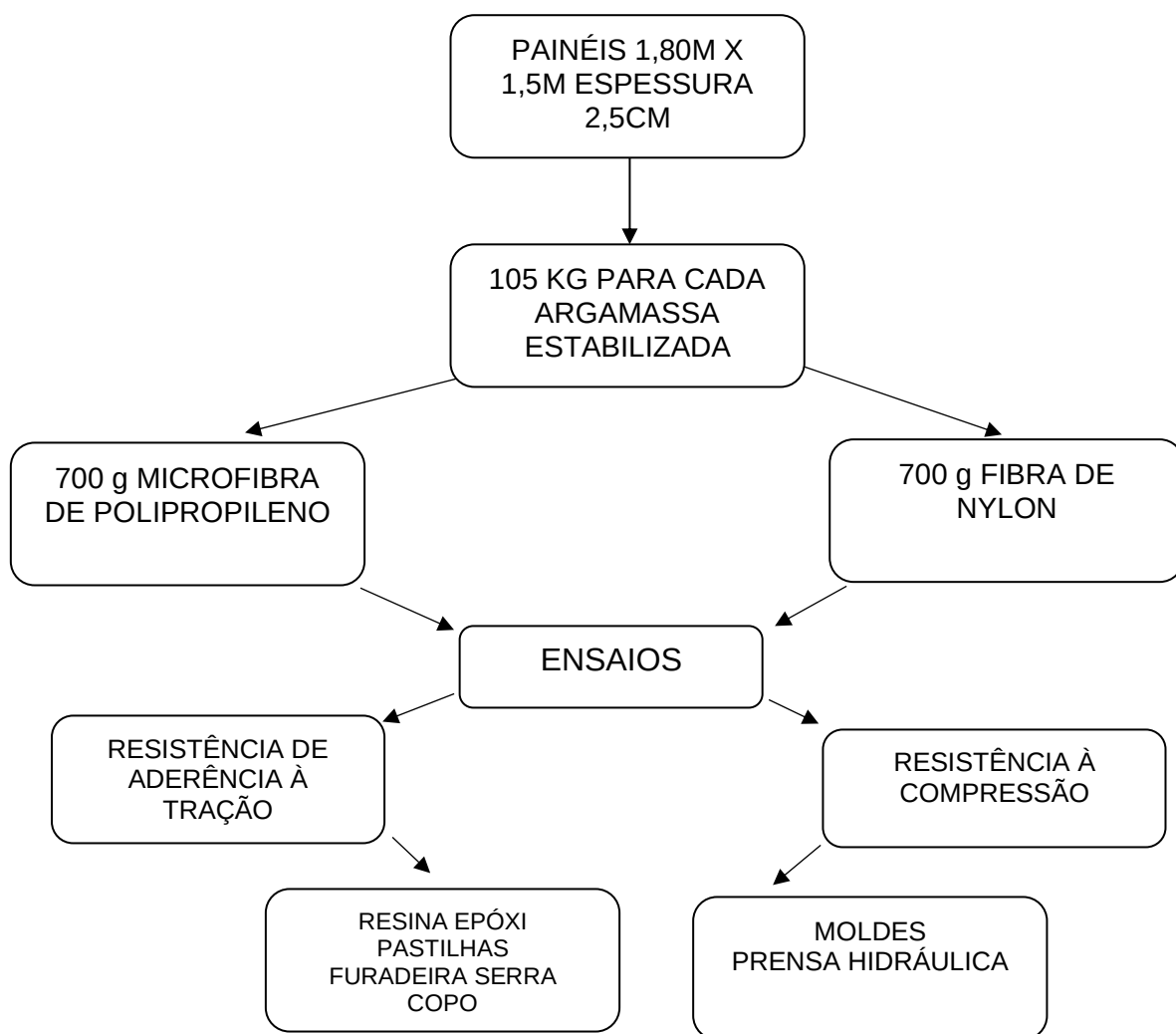
Figura 13 - Traço concreteira

ARGAMASSA - TRAÇO UTILIZADO		
Descrição	Unidade	Quantidade
ADITIVO INCORPORADOR	Kg	0.6
ADITIVO ESTABILIZADOR	Kg	2.71
ÁGUA	L	250
CIMENTO I	Kg	301
AREIA LAVADA NATURAL	Kg	1143

Fonte: adaptado através de dados fornecidos pela concreteira (2022)

7.3 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Observa-se abaixo um fluxograma que mostra a relação de materiais e equipamentos utilizados nos ensaios:



7.4 COMPARAÇÃO EMPÍRICA DAS FIBRAS

Para realizar os ensaios, as fibras de nylon (Figura 16) foram cortadas em filamentos com tamanhos aproximados aos da microfibras de polipropileno (Figura 15). Nesse processo manual de corte, foi possível constatar que conforme esse processo era feito, suas pontuas eram desfiadas e sua consistência era similar à da fibra de polipropileno. Além disso, ambas ocuparam uns volumes parecidos no recipiente utilizado para pesagem.

Figura 14 - Pesando a microfibra de polipropileno



Fonte: Autor (2022)

Figura 15 - Filamentos da corda de nylon



Fonte: Autor (2022)

7.5 ENSAIO DE COMPRESSÃO DA ARGAMASSA

Conforme a NBR 7215/1996, foram moldados 6 (Figura 17) corpos de prova cilíndricos de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura, para resistência à compressão na idade de 28 dias. A argamassa utilizada na moldagem dos corpos de prova foi a mesma empregada no assentamento do reboco.

Figura 16 - Corpos de prova etiquetados para ensaio de compressão



Fonte: Autor (2022)

A inserção da argamassa na fôrma foi feita com o auxílio da espátula, em quatro camadas de alturas aproximadamente iguais, recebendo cada camada 30 golpes uniformes com o soquete normal, homogeneamente distribuídos. O acabamento foi feito no topo dos corpos de prova, com o uso da própria espátula.

Os corpos de prova foram encaminhados para laboratório e foram rompidos, após cura de 28 dias, em prensa hidráulica para medir suas resistências à compressão. Para obtenção dos resultados do ensaio de compressão foram calculadas a resistência à compressão, em megapascals (MPa), de cada corpo-de-prova, dividindo a carga de ruptura (N) pela área efetiva do corpo de prova de 5 cm (19,63 cm²) da seção do corpo-de-prova. Em seguida foi calculada a média das resistências individuais, em megapascals, dos seis corpos de prova ensaiados na mesma idade. Foram obtidos os seguintes resultados:

Tabela 1 - Rompimentos ensaio de compressão

MATERIAL UTILIZADO	TEMPO DE CURA (dias)	CARGA DE RUPTURA CP1 (N)	CARGA DE RUPTURA CP2	RESISTÊNCIA CP 1 - CARGA / ÁREA EFETIVA (MPa)	RESISTÊNCIA CP2 - CARGA / ÁREA EFETIVA (MPa)	MÉDIA (MPa)
Argamassa sem fibras	28 dias	1360	1250	0,69	0,63	0,66
Microfibra Polipropileno	28 dias	1340	1160	0,68	0,59	0,63
Fibra de Nylon	28 dias	1370	1120	0,70	0,57	0,63

Figura 17 - Corpos de prova sendo rompidos



Fonte: Autor (2022)

7.6 ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA A TRAÇÃO

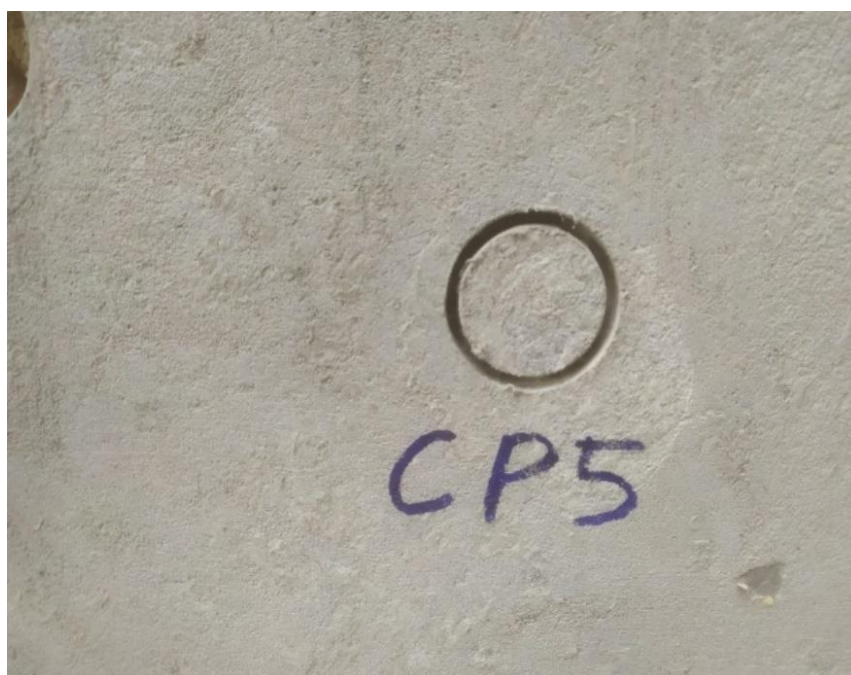
Ensaio de resistência à tração, o teste de arrancamento verifica a interação entre as camadas constituintes do revestimento (base, ligação e acabamento), determinando o valor máximo da tensão de aderência suportada. Além disso mostra qual das suas interfaces tem menor resistência às tensões atuantes. Deve ser executado em painel teste, ao iniciar o assentamento das alvenarias, em locais de fácil acesso e expostos às reais condições do canteiro – nível de umidade, temperatura, chuvas.

A realização dos procedimentos do ensaio de resistência a aderência a tração foi feita de acordo com as diretrizes da ABNT NBR 13528/2019 – Revestimentos de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação do ensaio de resistência de aderência a tração.

Após os 28 dias de cura da argamassa aplicada, com uma furadeira acoplada a uma broca serra-copo de 50 mm de diâmetro, foram feitos os furos na alvenaria para realização dos cortes para posterior retirada dos corpos de prova. Ao total foram feitos 12 furos aleatórios, de forma a abranger diferentes áreas do painel, em cada um dos painéis. Os furos foram identificados como CP1 (Corpo de Prova 1), CP2, CP3 e assim sucessivamente.

Após a limpeza da superfície de recorte com uma escova de aço, sobre cada furo foi colada uma pastilha circular, com resina adesiva epóxi 90 min de secagem. A pastilha tem ponto de acoplamento para equipamento de tração. Para evitar o deslocamento da pastilha durante o período de secagem da resina, foram acoplados pedaços de papelão entre os furos feitos com a serra copo, conforme as Figuras 19, 20, 21 e 22.

Figura 18 - Corte do corpo de prova 5



Fonte: Autor (2022)

Figura 19 - Adesivo Epóxi 90 min



Fonte: Autor (2022)

Figura 20 - Corpo de prova 7 com pastilha



Fonte: Autor (2022)

Figura 21 - Corpo de prova 10 com pastilha



Fonte: Autor (2022)

Após realizar esses procedimentos, houve uma espera de 24h para dar prosseguimento ao ensaio. Com o uso do aparelho de arrancamento, o dinamômetro de tração (Figura 23), dotado de dispositivo para leitura de carga com um erro máximo de 2%. Este equipamento é utilizado tanto para ensaios destrutivos, como também para ensaios de prova de carga de tração. O dinamômetro foi acoplado e as pastilhas então arrancadas em ordem crescente CP1, CP2, CP3 e assim por diante. Os resultados de cada arrancamento foram anotados levando em consideração os seguintes dados:

Forma de rompimento – Isto é, se a ruptura se deu no substrato, no chapisco, na interface cola/ argamassa, ou cola pastilha. Mais detalhes podem ser conferidos no item 12.2;

Anotação de porcentagens – indicando a predominância da forma de ruptura, empiricamente;

Espessura do revestimento rompido – fazer medição com auxílio de parquímetro.

As amostras foram analisadas in loco e os dados coletados foram mostrados nas Tabelas 2 e 3.

Figura 22 - Dinamômetro



Fonte: Autor (2022)

7.7 FORMAS DE ROMPIMENTO

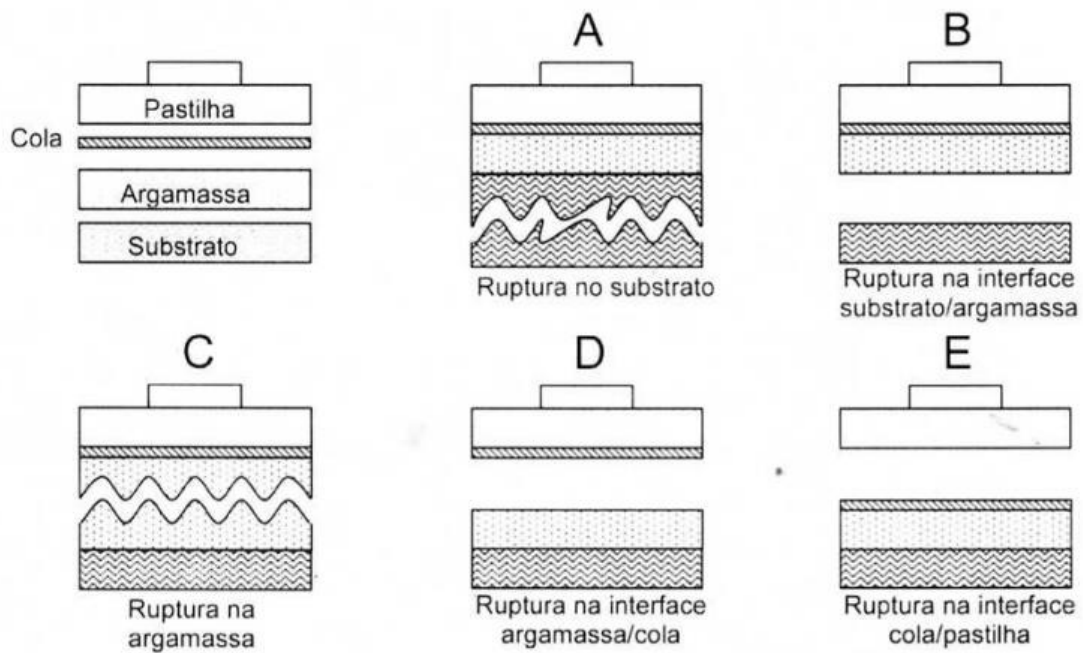
Segundo a ABNT 13528-2019, as formas de ruptura dos corpos de prova devem ser expressas com indicação de porcentagem de ocorrência e apresentadas junto com o respectivo valor da resistência de aderência. A ruptura nem sempre ocorre na interface entre o revestimento e o substrato. A Figura 24 apresenta alguns dos rompimentos realizados no ensaio deste trabalho. Já as Figuras 25 e 26 mostra as formas possíveis de ruptura, com suas denominações, para um revestimento sem chapisco e com chapisco respectivamente, segundo a NBR:

Figura 23 – Amostras das pastilhas após ensaio de arrancamento



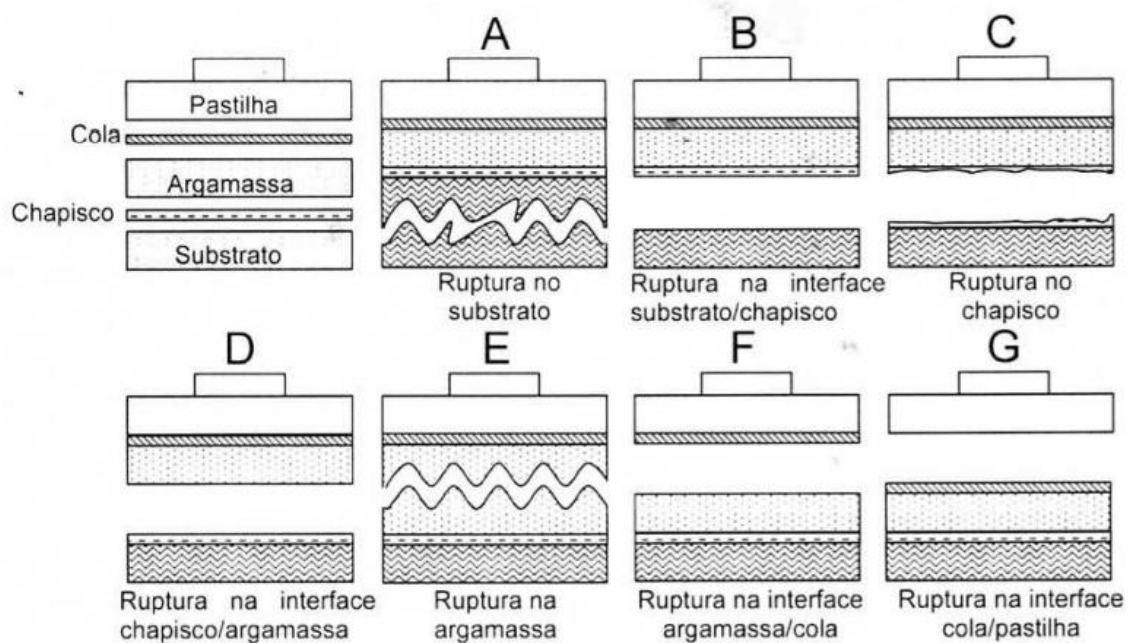
Fonte: Autor (2022)

Figura 24 - Formas de ruptura da argamassa



Fonte: Adaptado de ABNT NBR 13528/2010

Figura 25 - Formas de ruptura no ensaio de resistência a tração em substrato com chapisco



Fonte: Adaptado de ABNT NBR 13528/2010

1. De acordo com a NBR 13528-2019 no caso da ruptura na interface argamassa/substrato, conforme exemplo B da figura 25, e ruptura na interface substrato e chapisco (exemplo B e D da figura 26, o valor da resistência de aderência à tração é igual ao valor obtido no ensaio.
2. No caso das demais rupturas mostradas nas figuras 25 e 26, a resistência de aderência não foi determinada e é maior do que o valor obtido no ensaio, o valor obtido no ensaio deve ser apresentado precedido pelo sinal maior que (>).
3. A ruptura na interface cola/pastilha, conforme exemplos E das figuras 25 e 26, indica imperfeição na colagem da pastilha e o resultado deve ser desprezado.
4. Quando ocorrem diferentes formas de ruptura no mesmo corpo-de-prova, anotar a porcentagem aproximada da área de cada um dos tipos de ruptura.

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

8.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DA ARGAMASSA

O resultado da média de resistência à compressão dos corpos de prova aditivados com as fibras foi coincidentemente 0,63 MPa, enquanto os dois corpos de provas sem as fibras apresentaram a resistência à tração de 0,66 MPa. O resultado era esperado, tendo em vista que a adição das fibras não confere resistência à compressão nas argamassas e sim à tração. É importante pontuar que o número de amostras foi pequeno para uma análise mais ampla, devido à quantidade de material disponível.

8.2 RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

As tabelas a seguir apresentam as cargas de ruptura dos corpos de prova, assim como suas espessuras, formas de ruptura, espessura das camadas rompidas e resultados de aderência à tração. Para leitura da tabela, segue a legenda explicativa:

LEGENDA

Identifica-se a coluna “forma de ruptura” da seguinte maneira:

A – Ruptura no substrato;

B – Ruptura na interface do substrato/ chapisco;

C – Ruptura no chapisco;

D – Ruptura na interface chapisco/ argamassa;

F – Ruptura na interface argamassa/ cola;

G – Ruptura na interface cola/ pastilha.

ROMPIMENTOS PAINEL COM MICROFIBRA POLIPROPILENO

Tabela 2 - Rompimentos microfibra de polipropileno

CORPO DE PROVA	ÁREA EFETIVA	CARGA DE RUPTURA	ADERÊNCIA A TRAÇÃO	FORMA DE RUPTURA (%)							ESPESURA
				A	B	C	D	E	F	G	
Nº	cm²	(N)	(MPa)								(mm)
1	19,63	520	0,26	100							37
2	19,63	980	0,5		30		70				33
3	19,63	420	0,21		60		40				34
4	19,63	710	0,36		20		80				30
5	19,63	Nulo	Nulo						100		27
6	19,63	510	0,26		60		40				30
7	19,63	620	0,31		30		70				34
8	19,63	480	0,24		60		40				32
9	19,63	540	0,27		40		60				36
10	19,63	380	0,22		70		30				33
11	19,63	600	0,30		30		70				30
12	19,63	740	0,38		10		90				31
			MÉDIA (MPa)								
			0,30								
			DESVIO PAD. (σ)								
			0,085								

ROMPIMENTOS PAINEL COM FIBRA DE NYLON

Tabela 3 - Rompimentos fibra de nylon

CORPO DE PROVA	ÁREA EFETIVA	CARGA DE RUPTURA	ADERÊNCIA A TRAÇÃO	FORMA DE RUPTURA (%)							ESPESSURA
Nº	cm²	(N)	(MPa)	A	B	C	D	E	F	G	(mm)
1	19,63	480	0,24		60		40				30
2	19,63	530	0,27		40		60				32
3	19,63	720	0,37		20		80				33
4	19,63	480	0,24		60		40				32
5	19,63	400	0,20		70		30				28
6	19,63	1004	0,51		10		90				36
7	19,63	700	0,36		20		80				32
8	19,63	620	0,31		20		80				33
9	19,63	510	0,26		40		60				32
10	19,63	540	0,27		60		40				30
11	19,63	780	0,40		20		80				34
12	19,63	450	0,23		60		40				29
			MÉDIA (MPa)	0,31							
			DESVIO PAD. (σ)	0,089							

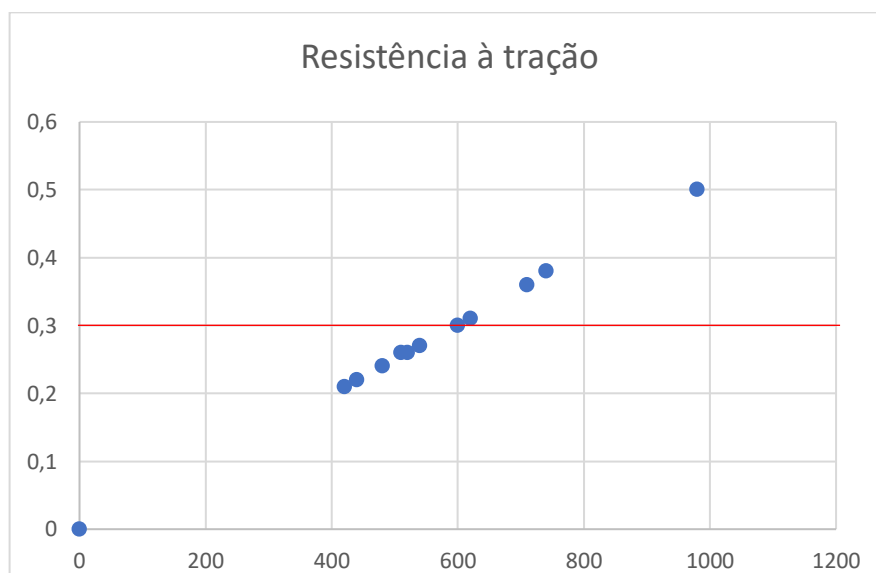
A norma 13528/2019 estabelece que para o ensaio de resistência a aderência a tração deve-se fazer média aritmética dos resultados. A média aritmética foi obtida pela soma de todos os distintos valores de aderência a tração divididos pelo número de amostras.

O desvio padrão é um parâmetro usado em estatística que indica o grau de variação de um conjunto de elementos. Para diferenciar uma média da outra existe a noção de desvio padrão, que serve para dizer o quanto os valores dos quais se extraiu

a média são próximos ou distantes da própria média. Nas Tabelas 2 e 3 utilizou-se o desvio padrão amostral.

8.2.1 Pannel com revestimento de microfibra de polipropileno

O gráfico abaixo apresenta a relação entre a carga de ruptura em (N) e sua resistência de aderência a tração em (MPa):



A ABNT NBR 13749/2013 afirma que os corpos de prova ensaiados devem apresentar resistência de aderência a tração igual ou superior a 0,3 MPa. Observa-se que neste painel apenas quatro valores estão acima do valor mínimo, ou seja, 33% dos corpos de prova ensaiados. Segundo a norma, devem constar pelo menos 8 corpos de provas acima do valor mínimo para aprovação do revestimento. Assim as exigências da norma NBR 13528/2019 não foram atendidas. A média aritmética do ensaio foi de 0,3 MPa, estando dentro do padrão exigido pela norma. A região de ruptura predominante do ensaio é do tipo B (ruptura na interface do substrato/ chapisco) e D (Ruptura na interface do substrato/ argamassa). Apenas o corpo de prova 5, ou seja, 12% do total, apresentou espessura inferior à 30 mm. A variância do conjunto de elementos, ou seja, o desvio padrão, foi de 0,085.

8.2.2 Painel com revestimento de fibra de nylon

O gráfico abaixo apresenta a relação entre a carga de ruptura e sua resistência de aderência a tração:



Observa-se que neste painel apenas cinco valores estão acima do valor mínimo, ou seja, 41,7% dos corpos de prova ensaiados. Assim as exigências da norma NBR 13528/2010 também não foram atendidas. A média aritmética do ensaio foi de 0,31 MPa, estando dentro do padrão exigido pela norma. A região de ruptura predominante do ensaio é do tipo B (ruptura na interface do substrato/ chapisco) e D (Ruptura na interface do substrato/ argamassa). Apenas os corpos de prova 5 e 12, ou seja, 16,7% apresentaram espessura inferior à 30 mm. A variância do conjunto de elementos, ou seja, o desvio padrão, foi de 0,089.

9 CONCLUSÃO

Após observações, análises e ensaios é possível concluir que os dois materiais apresentaram resultados semelhantes. Aproximadamente 50% do painel direito, no qual o material utilizado foi a fibra de nylon, possui sombra durante boa parte do dia enquanto o da esquerda, que o material utilizado foi microfibra de polipropileno, fica exposto diretamente ao sol por mais horas. Ao longo dos 28 dias nenhum dos painéis apresentou fissuras seja por retração, movimentações térmicas ou outro fator. Portanto nesse parâmetro, ambos os materiais apresentaram bom desempenho.

Nos ensaios de compressão e ensaio de resistência de aderência a tração, ambos os materiais também apresentaram resultados parecidos. No primeiro, os valores médios dos corpos de provas aditivados foram exatamente iguais sendo 0,63 MPa, superando o limite mínimo sugerido pela norma que é de 0,3 MPa. Enquanto a média dos corpos de prova sem as fibras foi de 0,66 MPa. Já no segundo ensaio, os valores médios foram muito próximos sendo 0,3 MPa para o painel argamassado aditivado com microfibra de polipropileno e 0,31 MPa para o painel argamassado com adição de fibra de nylon. Em relação aos valores de resistência a tração, através do ensaio constatou-se que apenas 33% dos corpos de prova do painel com adição de polipropileno superaram o valor mínimo exigido pela norma, e 41,7% do painel com adição de nylon, sendo 4 e 5 corpos de prova aprovados, respectivamente.

Os resultados individuais de resistência de aderência a tração em sua maioria não atenderam a norma, apenas 2 das 24 amostras, ou seja 8,33%, não romperam nas regiões mais adequadas de ruptura, no caso na interface do substrato/ chapisco e ruptura na interface do substrato/ argamassa. Essas duas amostras foram no painel argamassado de polipropileno, e uma delas romperam na interface da argamassa/cola, isto é provavelmente foi por erro de execução no momento do corte utilizando a furadeira serra copo. Além disso apenas 3 das 24 amostras (12,5%), apresentaram espessuras inferiores à 30 mm. A norma ABNT NBR 13528/2019 exige que ensaio deve conter pelo menos 8 corpos de prova que apresentem a resistência mínima de resistência de aderência a tração.

Assim conclui-se que pode existir uma dificuldade das construtoras, concreteiras ou mão de obra, em atingirem os valores mínimos de resistência de aderência estabelecidos nessa norma, principalmente quando se trata dos ambientes

externos. O número de ensaios reprovados superiores a 50%, enfatiza que possivelmente houve erro de execução das bases do substrato, onde os revestimentos argamassados tenham sido aplicados. Entretanto os painéis se mostraram eficientes no desempenho de suas funções de proteção e estanqueidade, embora foram reprovados no ensaio de aderência a tração.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215 – Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996

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

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279 – Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro: ABNT, 1995

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13759 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas especificação** – Rio de Janeiro: ABNT, 2013

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15258 – Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência potencial de aderência à tração**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13528 – Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13528 – Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019

MEHTA, Kumar P., MONTEIRO, PAULO J.M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. Editora Pini Ltda, 1ª Edição. São Paulo, 1994.

PEDROSO, F. L. **Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. Concreto: material construtivo mais consumido no mundo**, São Paulo, n. 53, p. 14-19, jan.-fev. Mar, 2009

SILVA, Narciso. **Avaliação da retração e da fissuração em revestimento de argamassa na fase plástica**, Florianópolis SC, p. 35-37, 2011

SEGAT, Gustavo. **Manifestações patológicas observadas em revestimentos de argamassa: Estudo de caso em conjunto habitacional popular na cidade de Caxias do sul**, Caxias do Sul, p. 48-65

PINHEIRO, Igor. Os tipos e as Patologias Vistas nas Argamassas. **Inova Civil**, 2019. Disponível em:< <https://www.inovacivil.com.br/os-tipos-de-argamassas-e-suas-principais-patologias/>>. Acesso em: 03 de out. de 2022.

CARVALHO, Matheus. Argamassa de Assentamento – Traço, Tipos e Consumo. **Casa e Obra**, 2022. Disponível em: < <https://casaeobra.com/argamassa-de-assentamento/>>. Acesso em: 03 de out. de 2022.

Tipos de argamassa colante – AC-I, AC-II, AC-III, AC-III E. **Escola Engenharia**, 2018. Disponível em:<<https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-argamassa-colante/>>. Acesso em 03 de out. de 2022.