



**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À
COMPRESSÃO DO CONCRETO DO SUBSTRATO NA RESISTÊNCIA À
ADERÊNCIA À TRAÇÃO DA ARGAMASSA DO CHAPISCO
INDUSTRIALIZADO**

CURITIBA

2017



FABIO CAON DE SOUZA
JISELE VERBANEK
JOBER LUIZ GONÇALVES RESENES

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À
COMPRESSÃO DO CONCRETO DO SUBSTRATO NA RESISTÊNCIA À
ADERÊNCIA À TRAÇÃO DA ARGAMASSA DO CHAPISCO
INDUSTRIALIZADO**

Trabalho de Conclusão do Curso de Pós-Graduação
em Patologia nas Obras Civas para obtenção do grau
de especialista.

Prof. Orientador: M.Sc. Luís César De Luca.

CURITIBA

2017

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por nos ter dado saúde e força para superar todas as dificuldades.

Ao engenheiro civil prof. De Luca por ter nos orientado na execução deste trabalho, com dedicação, incentivo, compreensão e confiança.

Aos membros da banca avaliadora, por aceitarem o convite para participar.

Ao Instituto Daher De Luca (IDD), por possibilitar a atribuição em nossas formações profissionais como especialistas em Patologia das Obras Cíveis.

Agradecimentos especiais ao engenheiro civil prof. Mauricio Bianchini, Patrycia e toda Equipe da SUPERMIX - Curitiba/PR, pelo apoio e auxílio durante o desenvolvimento de todo esse trabalho.

A todas as outras pessoas que direta ou indiretamente colaboraram com o sucesso deste trabalho.

A todos, os nossos mais sinceros agradecimentos.

FOLHA DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À
COMPRESSÃO DO CONCRETO DO SUBSTRATO NA RESISTÊNCIA À
ADERÊNCIA À TRAÇÃO DA ARGAMASSA DO CHAPISCO
INDUSTRIALIZADO

Por

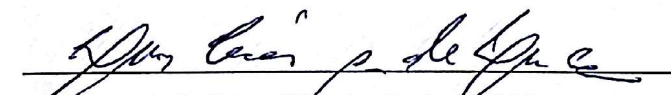
FABIO CAON DE SOUZA

JISELE VERBANEK

JOBER LUIZ GONÇALVES RESENES

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM PATOLOGIA NAS
OBRAS CIVIS, DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA PELOS
PROFESSORES A SEGUIR MENCIONADOS.

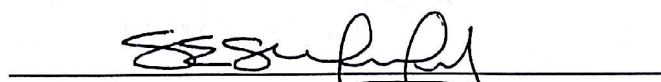
Curitiba (PR) 28 de Janeiro de 2017.



Luís César Siqueira De Luca, M.Sc
Orientador



Mateus de Azevedo Barão, M.Sc.



Sandro Eduardo da Silveira Mendes, M.Sc.

RESUMO

A revisão da NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto armado – realizada em 2014, possibilitou o uso de concretos de alta resistência com resistência característica à compressão de até 90 MPa. Isto possibilitou o emprego, cada vez mais comum, de estruturas esbeltas e de elevada resistência, em paralelo a esse cenário, a utilização de desmoldantes e fôrmas plastificadas. Tais fatores contribuem para que a superfície do concreto se torne lisa e de baixa porosidade, o que dificulta a penetração e a ancoragem dos produtos de hidratação da argamassa de revestimento no interior do substrato. O trabalho teve como objetivo avaliar a influência da resistência característica a compressão do concreto na resistência à aderência à tração da argamassa do emboço. Para atender o objetivo proposto, moldaram-se primas de concreto com 8 (oito) níveis de resistência (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 MPa) sobre os quais foram aplicados revestimentos de argamassa. Não foram realizados tratamentos superficiais e tanto o chapisco quanto a argamassa foram industrializados, com a finalidade de diminuir as interferências sobre os resultados do experimento. O programa experimental contemplou a caracterização dos materiais, o preparo e sua aplicação. Após isso foram realizados ensaios de arrancamento na argamassa, conforme NBR 13528 - Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração. A partir dos resultados dos ensaios tecnológicos, dadas as limitações impostas no trabalho, verificou-se que a utilização do chapisco colante para concreto, proporciona uma aderência adequada, entre o chapisco e substrato, independentemente do valor de resistência a compressão do concreto ser, já que o tipo de rompimento mais frequente, ocorreu entre a interface da camada de chapisco e a argamassa de reboco, com valores de resistência a aderência superior ao da referida norma. Portanto, considera-se que no estudo de caso, a utilização da argamassa adesiva para chapisco diminui as possíveis interferência da má aderência entre a interface chapisco e substrato (concreto).

Palavras chave: Argamassa de emboço, Resistência à aderência, Concreto.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	3
FOLHA DE APROVAÇÃO.....	4
RESUMO.....	5
1. INTRODUÇÃO	10
1.1. PROBLEMA	11
1.2. OBJETIVOS.....	11
1.2.1. Objetivo geral.....	11
1.2.2. Objetivo específico	11
1.3. JUSTIFICATIVAS.....	12
1.3.1. Tecnológicas	13
1.3.2. Econômicas	13
1.3.3. Sociais	13
1.3.4. Ecológicas	14
1.4. HIPÓTESE	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. CONCRETO DE ALTO RESISTÊNCIA - CAR	15
2.1.1. Definição de concreto de alta resistência.....	16
2.1.2. Aplicação e características básicas do CAR	17
2.1.3. Seleção de materiais.....	17
2.1.3.1. Cimento.....	18
2.1.3.2. Agregados	19
2.1.3.3. Adições minerais	19
2.1.3.4. Aditivos Químicos	20
2.1.3.5. Água.....	20
2.2. SISTEMA DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA	20

2.2.1.	Base	21
2.2.2.	Chapisco	22
2.2.3.	Emboço	22
2.2.4.	Reboco.....	22
2.2.5.	Desempenho do sistema.....	22
2.2.6.	Influência do substrato e chapisco	24
2.2.7.	Agentes degradantes	26
2.3.	ADESÃO E ADERÊNCIA DOS REVESTIMENTOS	27
2.4.	TÉCNICAS DE APLICAÇÃO DA CAMADA DE PREPARO DA BASE: CHAPISCO	30
2.4.1.1.	Chapisco convencional	31
2.4.1.2.	Chapisco Rolado	32
2.4.1.3.	Chapisco Industrializado ou desempenado.....	33
2.5.	ENSAIO DE RESISTÊNCIA A ADERÊNCIA À TRAÇÃO	35
2.6.	FATORES QUE EXERCEM INFLUÊNCIA NA ADERÊNCIA DE ARGAMASSA - ENSAIO DE RESISTÊNCIA	39
2.7.	INFLUÊNCIA DO USO DE DESMOLDANTES.....	40
3.	PROGRAMA EXPERIMENTAL	42
3.1.	SISTEMATIZAÇÃO	42
3.2.	SUBSTRATO DE CONCRETO.....	43
3.2.1.	Materiais utilizados	44
3.2.1.1.	Cimento.....	44
3.2.1.2.	Agregado miúdo	44
3.2.1.3.	Agregado graúdo	44
3.2.1.4.	Aditivos e adições.....	44
3.2.2.	Dosagem.....	44

3.2.3.	Moldagem dos Prismas	45
3.3.	CAMADA DE PREPARO – CHAPISCO	48
3.3.1.	Materiais utilizados	48
3.3.2.	Preparo e aplicação da argamassa de chapisco	48
3.4.	ARGAMASSA DE REVESTIMENTO	51
3.4.1.	Materiais utilizados	51
3.4.2.	Preparo e aplicação da argamassa de revestimento	51
3.5.	ENSAIOS	54
3.5.1.	Ensaio de Resistência de aderência a tração	54
4.	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	57
4.1.	ENSAIOS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO	57
4.1.1.	Placa de concreto - Fck - 20 MPa	57
4.1.2.	Placa de concreto - Fck - 30 MPa	59
4.1.3.	Placa de concreto - Fck - 40 MPa	62
4.1.4.	Placa de concreto - Fck - 50 MPa	64
4.1.5.	Placa de concreto - Fck - 60 MPa	66
4.1.6.	Placa de concreto - Fck - 70 MPa	68
4.1.7.	Placa de concreto - Fck - 80 MPa	70
4.1.8.	Placa de concreto - Fck - 90 MPa	72
4.2.	ANÁLISE DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO	74
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES	77
5.1.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
5.2.	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	79
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
	ANEXO I - Ficha Técnica - Chapisco Industrializado para concreto	88

ANEXO II - Ficha Técnica - Argamassa de emboço industrializada - Ceramfix	91
APÊNDICE A - Resultados dos ensaios de resistência a compressão aos 3, 7 e 28 dias dos corpos-de-prova utilizados neste estudo.....	95
APÊNDICE B - Resultados dos ensaios de resistência de aderência à tração - NBR 13528/2010	98

1. INTRODUÇÃO

O sistema de revestimento de argamassa requer um elevado consumo de materiais e mão-de-obra para a execução. Muitas vezes, a preocupação durante a obra é maior na etapa da execução da estrutura de concreto e cuidados com o revestimento são negligenciados, parte disso pela infrequência de projetos de revestimento, isso traz como consequência decisões incorretas tomadas em obra, tais como dosagem inadequada, aplicação incorreta e controle insuficiente dos materiais. Alguns erros que poderiam ser evitados, têm acontecido e ocasionado problemas a curto e médio prazo, de modo que se tornou comum a ocorrência de fissuras, infiltrações, manchas e deslocamentos nos revestimentos das fachadas dos edifícios. A alta e constante incidência de problemas no revestimento tem ocasionado prejuízos significativos que afetam diretamente as construtoras, as quais acabam por realizar correções não programadas, além de comprometer sua imagem. Com relação a durabilidade da edificação, as falhas no revestimento de fachada podem ocasionar na perda de proteções dos sistemas que compõe a edificação. Um agravante maior que torna essa manifestação patológica perigosa é a possibilidade de acarretar acidentes aos transeuntes, além de criar uma situação estética desagradável que interfere na qualidade de vida dos moradores e no valor do imóvel.

Com a evolução das técnicas de construção começou-se a projetar elementos estruturais cada vez mais esbeltos que exigem da estrutura de concreto uma alta resistência. Esses concretos são consequentemente de baixa porosidade e absorção, os quais resultam em superfícies lisas e as quais podem prejudicar a aderência entre este e argamassa de chapisco. Outro fator é que ao longo da vida útil do edifício, há um aumento da deformabilidade da estrutura, o que também interfere no desempenho da aderência (MOURA, 2007, p.18).

Portanto, a incidência de manifestações patológicas relacionadas com a perda ou a falta de aderência de argamassas, em especial na interface chapisco/concreto tem se acentuado, paralelamente ao uso cada vez mais frequente de concretos de alta resistência ocasionando uma grande preocupação para as

construtoras, além de aumentar o passivo ambiental da construção civil em função da redução da vida útil dos revestimentos.

As condições de exposição a que os revestimentos de argamassa estão submetidos, decorrentes da pequena rigidez das edificações, da ação do vento em edifícios e da diminuição excessiva nos prazos de construção, agravam os riscos de ocorrência de problemas e as consequências mostram que o sistema e as técnicas executivas atuais, por muitas vezes, não estão atendendo aos requisitos normativos e as exigências dos usuários, o que justifica a realização de estudos científicos relacionados ao tema.

1.1. PROBLEMA

A resistência característica à compressão do concreto influencia na resistência à aderência à tração da argamassa do chapisco industrializado?

1.2. OBJETIVOS

Neste capítulo serão mencionados o objetivo geral e específico do presente trabalho.

1.2.1. Objetivo geral

Avaliar a influência da resistência característica à compressão do concreto na resistência à aderência à tração da argamassa do chapisco industrializado.

1.2.2. Objetivo específico

De modo a complementar o objetivo geral, o objetivo específico é:

- i. Comparar os resultados obtidos com as exigências normativas brasileiras.

1.3. JUSTIFICATIVAS

A indústria da construção civil é um setor que recebe com frequência inovações e contribuições de novos materiais, práticas construtivas e sistemas estruturais. O concreto estrutural é um material que está em contínuo estudo e a busca pela otimização e menores emissões de poluentes faz com que ocorram mudanças nas características do material. Tais mudanças, por vezes, trazem consequências à outros sistemas das edificações que devem se adaptar para que não surjam problemas, como é o caso da aderência do revestimento de argamassa em estruturas de concreto.

A pesquisa de Ruduit (2009) mostra que o substrato de concreto estrutural tem apresentado rupturas na interface chapisco/substrato e valores de aderência em revestimentos de argamassa menores que os valores obtidos em substratos de alvenaria.

De acordo com Silva (2004) dentre todas as manifestações patológicas no subsistema revestimento de argamassa em estruturas de concreto, a patologia associada à perda de aderência é a pior manifestação observada, visto que em edifícios, cria sérios transtornos, e pode provocar desastres com desdobramentos incalculáveis.

Carasek *et al.* (2005) comentam que diversos autores têm relatado que o descolamento do revestimento aplicado sobre as estruturas de concreto armado e protendido, substratos com baixa porosidade, têm sido uma manifestação patológica com uma frequência cada vez maior.

O emprego de fôrmas plastificadas também tem contribuído para tornar a superfície lisa e de baixa porosidade. A razão disso é que existe um prejuízo na absorção capilar na camada superficial da base, responsável pela entrada e a ancoragem dos produtos de hidratação da argamassa de revestimento no interior do substrato (CARASEK *et al.*, 2005).

Percebe-se, portanto, que uma base menos porosa dificulta a aderência da argamassa de emboço e a consequência disso tem sido uma ocorrência maior

de manifestações patológicas nos revestimentos de fachada executados em estruturas de concreto armado. Com base na ocorrência de tais manifestações acrescido ao fato da tendência de uso de estruturas menos porosas, torna-se importante o conhecimento do quanto a elevação da resistência característica do concreto tem interferido na resistência de aderência a tração da argamassa de revestimento.

1.3.1. Tecnológicas

Os sistemas de revestimento à base de argamassa têm sofrido modificações significativas nos últimos anos. Essas modificações advêm de novos materiais básicos (novos cimentos, agregados artificiais, por exemplo), novos materiais finais, como o caso das argamassas industrializadas, e novos processos executivos, como por exemplo, as argamassas de revestimento projetadas mecanicamente (BAUER, 2005).

Nos últimos anos a construção civil tem apresentado uma tendência no uso de concretos de alta resistência, nas mais variadas tipologias de obras, a fim de se obter uma maior durabilidade da estrutura e permitir a obtenção de estruturas mais esbeltas. Uma prova disso é a revisão da NBR 6118 (ABNT, 2014) que apresenta a possibilidade de uso de concreto com classes de resistência até 90 MPa.

1.3.2. Econômicas

Os revestimentos e acabamentos representam um custo considerável da obra, por consequência, sua recuperação e alternativas são constante fonte de preocupação entre os construtores.

1.3.3. Sociais

As manifestações patológicas que envolvem deslocamento de argamassa de revestimento necessitam de uma atenção especial, já que além de

comprometerem esteticamente uma fachada, colocam em risco a segurança de usuários e transeuntes.

Essa manifestação acarreta prejuízos à habitabilidade e ao conforto, requisitos indispensáveis ao perfeito desempenho das edificações (CARASEK *et. al*, 2001). Não são raras as notícias que relatam a ocorrência de acidentes com os transeuntes. Em 18 de Março de 2016, por exemplo, foi noticiado pelo site da Globo a seguinte manchete: “*Reboco cai do teto das Laranjeiras e atinge motoboy na Rua Álvaro Chaves*”. Outro exemplo foi em 03 de julho de 2013, noticiado pelo Portal R7: “*Reboco se desprende de viaduto e atinge jovem na zona norte; estado da vítima é grave*”. Essas situações evidenciam a gravidade do problema e a forma que afeta o entorno da edificação.

1.3.4. Ecológicas

O aumento da vida útil do sistema de revestimento das edificações, reflete o melhor aproveitamento e o menor desperdício dos recursos naturais.

De acordo com Carasek *et. al* (2001) a falta ou perda da aderência dos revestimentos de argamassa acarreta prejuízos econômicos importantes e com frequência afeta a integridade de verdadeiros tesouros do patrimônio histórico.

1.4. HIPÓTESE

A hipótese dessa pesquisa considera que as estruturas de concreto com f_{ck} elevado tendem a ser menos porosas, portanto a resistência à aderência à tração da argamassa de emboço deverá ser menor.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O capítulo anterior expôs a temática sobre a qual versará o trabalho, apresentou-se os objetivos, contextualizando o assunto abordado para o desenvolvimento do trabalho.

Neste capítulo serão abordados de maneira preliminar e com a finalidade de delinear os contornos do trabalho, os principais conceitos envolvidos acerca de concretos de alta resistência, sistema de revestimento de argamassa, estudo de adesão e aderência do revestimento, técnicas de aplicação da camada de argamassa de chapisco, além de descrições sobre os ensaios normativos que servirão de embasamento para a elaboração do programa experimental.

2.1. CONCRETO DE ALTO RESISTÊNCIA - CAR

O concreto é o material de construção mais utilizado pelo homem, principalmente em conjunto com o aço, formando o concreto armado. Amplamente dominado e utilizado, tanto por projetistas, construtores, operários da construção civil, entre outros, este material é uma ótima opção para construções das mais variadas tipologias.

As notáveis evoluções do cálculo estrutural, principalmente em razão da disponibilização de programas computacionais cada vez mais avançados, aliados ao maior conhecimento do comportamento mecânico do concreto e do aço permitem que projetistas especifiquem estruturas cada vez mais desafiadoras, arrojadas, nas quais, muitas vezes, o concreto convencional (CC) não atende aos requisitos, ou há alternativas técnicas e econômicas mais favoráveis (TUTIKIAN B. F. *et al.*, 2011).

A NBR 15575-1 (ABNT, 2013) descreve que o período de tempo em que a construção deve atender ao desempenho mínimo para o usuário, ou seja, a vida útil de projeto (VUP), com manutenção preventiva e corretiva, é de no mínimo de 40 anos para o sistema de vedação vertical externa, e de no mínimo 50 anos para o sistema estrutural. Nessa conjuntura apresentam-se misturas especiais com

propriedades superiores ao concreto convencional, como por exemplo concretos de alta resistência (CAR) e concretos de alto desempenho (CAD) (TUTIKIAN B. F. *et al.*, 2011).

2.1.1. Definição de concreto de alta resistência

De acordo com o Comitê 363 do *American Concrete Institute* - ACI (1991, 1998) o Concreto de Alta Resistência é aquele cuja resistência à compressão aos 28 dias é superior a 41 MPa (6000 psi). Não obstante, o comitê reconhece que a definição para esta classe varia de acordo com as diferentes regiões. Em alguns locais, concretos com resistência à compressão igual a 62 MPa (9000 psi) são produzidos comercialmente, logo, é considerado de alta resistência o concreto que apresente resistência à compressão na faixa entre 83 e 103 MPa (12000 a 15000 psi). Já em locais onde o limite máximo de resistência à compressão de concreto comercializado se situa por volta de 34 MPa (5000 psi), concretos de 62 MPa podem ser considerados de alta resistência.

Aitcin (2000) define concreto de alta resistência ou concreto de alto desempenho, essencialmente o concreto com relação água/aglomerante abaixo de 0,4. Segundo Aitcin, este valor é o limite entre concretos convencionais e concretos de alta resistência devido ao fato de ser muito difícil produzir concreto com boa trabalhabilidade e lançamento adequado utilizando tal relação e materiais convencionais sem a utilização de aditivos superplastificantes. No entanto, de acordo com Neville (2000) a diferença de valores de relação água/aglomerante não se apresenta somente na alteração da resistência à compressão, mas também na diferença em sua microestrutura e desempenho em todos os sentidos.

De acordo com ABNT da norma NBR 8953 (ABNT, 2015), os concretos são classificados em dois Grupos I e II. O primeiro grupo considera concretos com resistência entre 20 MPa à 50 MPa, e o segundo grupo compreende concretos com resistência superior a 50 MPa. Dessa forma, tal valor pode ser considerado como o limite entre concreto convencional (CC) e concreto de alta resistência (CAR) no Brasil.

2.1.2. Aplicação e características básicas do CAR

A utilização do concreto de alta resistência na construção de edifícios permite maior velocidade de execução de obras, por consequência num aumento do fluxo de caixa, o que tem significativa importância em uma era cercada por altas taxas de juros. Sua aplicação em indústrias de concreto pré-fabricado e protendido também proporciona maior velocidade de execução e rápida troca de moldes. Logo, o concreto de alta resistência gera maior produtividade, além de menor perda de produtos durante o manuseio e transporte. No que tange a durabilidade, o concreto de alta resistência encontrou aplicação em ambientes extremamente agressivos graças à baixa permeabilidade (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

Além da aplicação do concreto de alta resistência em edifícios, a utilização em pontes está cada vez mais comum, proporcionando maior resistência à compressão por unidade de peso, volume e menor custo; maior módulo de deformação, característica fundamental quando deflexões controlam o projeto; maior resistência à tração, principal parâmetro de controle em elementos estruturais de concreto protendido; além da execução de vãos com maiores dimensões (CARPENTER *apud* DAL MOLIN, 1995).

2.1.3. Seleção de materiais

A escolha dos materiais a serem utilizados na produção de concretos de alta resistência requer um cuidado distinto para cada um de seus constituintes. O desempenho e a qualidade de cada material são cruciais ao se elevar a resistência. Não obstante, alguns desses exercem maior influência sobre os aspectos econômicos do concreto de alta resistência (AÏTCIN, 2000). Tais constituintes determinam a competitividade do concreto de alta resistência frente a outros materiais estruturais como o aço, ou mesmo o concreto convencional.

A seleção dos materiais tem dois objetivos fundamentais: o máximo rendimento de todos os componentes da mistura para alcançar a maior resistência

ao menor custo e consistência adequada através de materiais que demandem o menor consumo de água possível. O critério correto para a seleção de agregados deve ser feito mediante a comprovação dos ensaios de controle tecnológico de materiais e componentes de concreto, conforme estabelecido pela NBR 12654.

2.1.3.1. Cimento

A escolha do cimento é de fundamental importância para a confecção do CAR, uma vez que o cimento influencia na resistência da pasta e na aderência agregado-pasta.

De acordo com HOWARD e LEATHAM (1989), não há critério científico para especificação do cimento mais adequado na produção de concreto de alta resistência. O melhor cimento será aquele que apresentar menor variabilidade em termos de resistência à compressão, segundo o comitê 363 do ACI (1991).

Para MEHTA e AÏTCIN (1990a), a produção de concreto de alta resistência pode ser realizada utilizando qualquer tipo de cimento. Embora seja preferível o uso de materiais com elevados teores de C_3S e C_2S em sua composição.

COLLEPARDI (1984) atribui as diferenças de comportamento ao conteúdo de C_3A , gesso e álcalis, assim como à forma do sulfato de cálcio utilizado como regulador de pega do cimento. Segundo o autor, quanto maior o conteúdo de álcalis, maior a velocidade das reações e, conseqüentemente, maior a perda de resistência. Da mesma forma, a presença de superplastificante acelera as reações entre o C_3A e o gesso. Cimentos contendo maior quantidade de aluminato tricálcico C_3A , perdem mais rapidamente a consistência inicial na presença de superplastificantes (ACI 212, 2001).

Ainda de acordo com o autor, no tocante aos constituintes dos cimentos, esses devem possuir um aumento na quantidade de silicatos de cálcio (C_2S e C_3S), responsáveis pela resistência final das misturas, para tanto necessita-se reduzir a

quantia de aluminato de tricálcico (C_3A) e o ferroaluminato tetracálcico (C_4AF). Cimentos CP I e CP V ARI são os mais recomendados.

A revisão das propriedades relevantes dos materiais constituintes do concreto de alta resistência permite observar que a fase silicato representa um papel fundamental no desenvolvimento da resistência. Já a fase intersticial influencia as características reológicas dos traços com relação água/aglomerante muito baixa. Sendo assim, o desempenho final do cimento na produção do concreto de alta resistência será determinado através da maneira pela qual o comportamento reológico e o desenvolvimento da resistência podem ser simultaneamente otimizados (AITCIN, 2000).

2.1.3.2. Agregados

A seleção dos agregados deve ser cuidadosamente realizada, pois com o aumento da resistência à compressão projetada a qualidade dos agregados será o fator limitante para obtenção de trabalhabilidade e alta resistência. Sendo assim, a ruptura será iniciada sob uma alta tensão, sendo a fase esqueleto granular o elo fraco da corrente na mistura (AITCIN e NEVILLE, 1993).

2.1.3.3. Adições minerais

As adições minerais são, em sua grande parte, provenientes de subprodutos industriais que podem formar uma grande variedade de sistemas cimentícios. O emprego no concreto é apoiado no fato de propiciarem aumento da resistência e durabilidade ao influenciar a porosidade e permeabilidade do sistema, além de diminuição do consumo de energia e consequente conservação dos recursos naturais (PHELAN, 2000).

De acordo com DAL MOLIN (1995), as adições pozolânicas são mais efetivas no aumento da resistência, pois, além do efeito químico, atuam fisicamente densificando a matriz e a zona de transição. Os principais materiais

cimentícios utilizados na produção de concreto de alta resistência são: a sílica ativa, a cinza volante, a escória de alto-forno e as argilas calcinadas (metacaulim).

2.1.3.4. Aditivos Químicos

A justificativa para o uso dos aditivos na produção de concreto está no fato de que esse material tem como função principal a mudança das propriedades do concreto, tornando-o mais adequado ao manuseio, gerando economia e reduzindo o gasto energético (NAWY, 1996). A utilização desse material engloba três diferentes propósitos:

- i. Aumentar a trabalhabilidade sem mudar qualquer componente da mistura;
- ii. Reduzir a demanda de água, diminuindo dessa forma a relação água/cimento e aumentando a resistência e durabilidade da mistura;
- iii. Reduzir o consumo de água e cimento e, por conseguinte, o calor de hidratação responsável pela formação de fissuras, retração e tensões térmicas.

2.1.3.5. Água

Segundo NEVILLE (2000), a água não é apenas um líquido usado na produção de concreto, porém envolve todo o desempenho desse material. Para a produção de concreto de alta resistência os requisitos de qualidade estabelecidos para a água são os mesmos exigidos na produção de concreto convencional.

2.2. SISTEMA DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA

As argamassas são definidas com sendo a mistura de aglomerantes e agregados com água, possuindo capacidade de endurecimento e aderência. As argamassas de cimento são mais resistentes, porém de difícil trabalhabilidade,

portanto adiciona-se cal para torná-las mais plásticas e facilitar o acabamento (FIORITO, 2009).

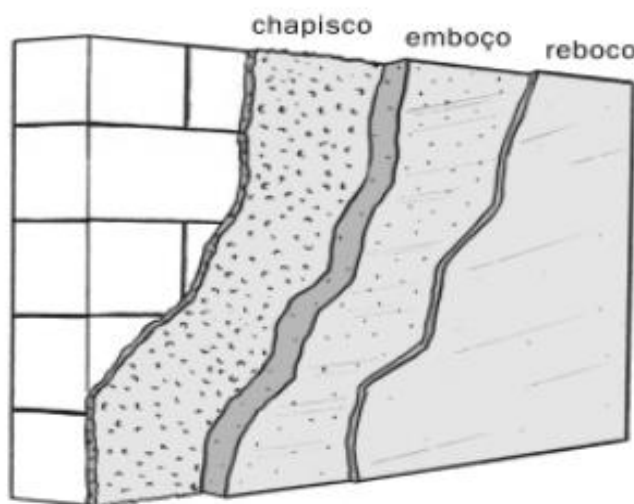
Todas as camadas estão intimamente ligadas, em função do grau de aderência e, portanto, a deformação de qualquer uma das camadas, devido a causas endógenas ou esforços externos, resultará em tensões atuando sobre cada camada (FIORITO, 2009).

O sistema de revestimento é em geral constituído por:

- i. Base (Substrato);
- ii. Chapisco;
- iii. Emboço de regularização;
- iv. Argamassa de reboco.

A Figura 1 ilustra as camadas do revestimento.

Figura 1 – Camadas do revestimento em argamassa.



Fonte: Manual de revestimentos de argamassa.

2.2.1. Base

Segundo Ribeiro e Barros (2010), a base é o substrato do revestimento, sendo usualmente constituída por estrutura de concreto e vedação, que em geral é de alvenaria de blocos cerâmicos, de concreto, de concreto celular ou silico-

calcários, sendo os dois primeiros os mais comuns. Além disso, algumas características da base, tais como regularidade geométrica e constituição mineralógica, têm influência no desempenho do revestimento sendo importantes para a obtenção da resistência de aderência.

2.2.2. Chapisco

De acordo com a NBR 13529 (ABNT, 2013), o chapisco é a camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com a finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência do revestimento.

2.2.3. Emboço

De acordo com Ribeiro e Barros (2010), o emboço é a camada que regulariza a base de maneira a contribuir para estanqueidade da fachada e absorver/dissipar as tensões originadas pela base.

A NBR 13529 (ABNT, 2013) descreve a camada de emboço como a camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície do chapisco, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco, de revestimento decorativo, ou que se constitua no acabamento final.

2.2.4. Reboco

Camada de revestimento utilizada para cobrimento do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento final (NBR 13529, ABNT, 2013).

2.2.5. Desempenho do sistema

O revestimento de argamassa deve apresentar um conjunto de propriedades que irão contribuir para a obtenção do adequado desempenho das

vedações e, conseqüentemente, do edifício de uma forma global. Os papéis desse revestimento vão desde a proteção da alvenaria, regularização das superfícies, estanqueidade à água e aos gases, até funções de natureza estética (PEREIRA, 2007).

Entretanto, tão importante quanto as propriedades da argamassa, são as características do substrato e as do ambiente em que ela está inserida.

Pereira (2007) salienta que as propriedades da argamassa, os substratos, as técnicas de execução e as condições ambientais do local onde se constrói o edifício são os principais fatores que influenciam no desempenho dos revestimentos de argamassa.

Carasek e Djanikian (1997) definem os fatores influentes na resistência a aderência como:

O tipo de substrato, o tipo de argamassa e o teor de umidade do substrato exercem influência na resistência a aderência. No entanto, existe além do efeito individual desses fatores, um efeito siderúrgico entre eles, ou seja, para um determinado tipo de substrato a resistência de aderência depende em um maior grau do tipo de argamassa sobre ele aplicada e de seu teor de umidade. (CARASEK; DJANIKIAN, 1997, p. 22).

Segundo Carasek (2010) as principais características do sistema de revestimento argamassado, quando se analisa resistência a aderência, são as características e propriedades dos substratos, a energia de impacto e a trabalhabilidade a argamassa.

Os autores Kazmierczak, *et al.*, (2007), comentam que dentre as propriedades mais importantes exigidas para uma argamassa de revestimento no estado endurecido, a aderência ao substrato possui um grande destaque.

2.2.6. Influência do substrato e chapisco

Os revestimentos de argamassas podem ser aplicados sobre diferentes tipos de base ou substrato, sendo essa a superfície sobre a qual é aplicado o revestimento. Desta forma, não se pode falar em aderência de uma argamassa sem especificar em que material essa encontra-se aplicada, pois a aderência depende da interação entre dois materiais (CARASEK, 2010).

Dada a alta variabilidade existente nas bases, tem-se tornado habitual o uso de chapisco para regularização da capacidade de aderência das bases, em especial nas situações de superfícies lisas e/ou com baixa porosidade e capacidade de sucção inadequadas (KAZMIERCZAK, *et al.*, 2007).

Bauer (2005) ressalta que a textura do substrato (rugosidade) cria pontos de ancoragem e é importante no desenvolvimento da aderência. Os substratos rugosos possuem maior área de contato com a argamassa, de forma a melhorar as condições de aderência. Por outro lado, substrato lisos, como os de concreto, geralmente conduzem a valores de aderência menores, o que gera a necessidade de se preparar as superfícies de maneira a torná-las mais rugosas.

Das propriedades do substrato, a capacidade de sucção e a porosidade possuem forte influência na aderência da argamassa. Esses fatores possuem relação entre si, pois o movimento de água e outros líquidos nos sólidos porosos é função da microestrutura do material poroso, além das propriedades dos líquidos, como tensão superficial e viscosidade (WHITELEY *et al.*, 1978 *apud* CARASEK, 1996).

Sendo assim, é recomendável o uso de chapisco na base pelo fato de permitir, na maioria dos casos, um aumento da resistência de aderência e melhora na estanqueidade do revestimento.

Nesse contexto, o chapisco é um elemento que possui grande importância para preparação da base, tendo como finalidade de melhorar a base e propiciar uma textura rugosa e com porosidade adequada ao desenvolvimento da aderência do revestimento de argamassa (PEREIRA, 2007).

Scartezini *et al.*, 2002; mencionam que o uso de chapisco é favorável ao desenvolvimento da resistência de aderência; o estudo dos autores mostrou também que quanto maior o coeficiente de absorção da água da base preparada, maior a resistência de aderência do revestimento.

Substratos com sucção muito baixa (elementos estruturais em concreto), necessitam de chapisco como elemento incrementador de sucção de água de argamassa, com o intuito do desenvolvimento adequado da aderência argamassa-substrato (BAUER, 2005).

Considerando-se que o concreto possui uma camada lisa e de baixa sucção, é possível afirmar que o uso do chapisco é imprescindível em estruturas de concreto (CANDIA, 1998).

De acordo a pesquisa de campo realizada por Ruduit (2009) o substrato de concreto estrutural apresenta significativamente menores valores de aderência em revestimento de argamassa em comparação aos substratos de alvenaria.

Silva (2004) realizou uma análise da interface chapisco/substrato de concreto e verificou que nos concretos estruturais utilizados (C20 a C50), a aderência ocorreu principalmente pela deposição de produtos hidratados sobre o substrato, de forma que concretos de maior resistência tiveram pouca penetração de tais produtos provenientes da argamassa. Os valores de resistência de aderência a tração possuíram alterações significativas em função dos tipos de substratos e o preparo desses.

O substrato pouco poroso de uma estrutura de concreto resulta em baixos valores de resistência de aderência a tração do revestimento, por não permitir o travamento mecânico (GALLEGOS, 1995 *apud* Pretto (2007) entre as camadas o que torna a manifestação patológica recorrente.

Carasek *et al.* (2005) verificaram que o revestimento de argamassa aplicado sobre o concreto apresentou manifestações patológicas, sendo o principal problema o descolamento na interface estrutura/chapisco, de forma a deixar o concreto completamente liso após a ocorrência do problema. Através de suas observações, percebeu-se que a maioria das argamassas de chapisco foram preparada em obra, em alguns casos com adição de aditivo promotor de adesão e

além disso, fora adotado desmoldante industrializado a base de óleo, típico para concreto aparente, com baixa diluição em água, em concentrações elevadas para possibilitar um maior aproveitamento das formas plastificadas, e sem a limpeza posterior.

2.2.7. Agentes degradantes

A NBR 15575 (ABNT, 2013) define agente de degradação como tudo aquilo que age sobre um sistema, contribuindo para reduzir o desempenho.

Estes agentes podem atuar de maneira isolada ou simultaneamente, com efeitos e magnitudes variáveis podendo gerar tensões de tração, compressão e/ou cisalhamento. É de grande importância ter o entendimento das ações dos agentes solicitantes e as tensões geradas, em conjunto com a capacidade resistente das camadas, a fim de que se alcance o maior potencial da durabilidade do sistema (RIBEIRO; BARROS, 2010).

É dever do projetista e construtor minimizar o efeito das tensões atuantes sobre o revestimento, de maneira que se tenha completo entendimento dos materiais e seu comportamento, além da adoção de técnicas seguras e racionais.

Fiorito (2009) cita que as principais deformações atuantes no revestimento são: retração da argamassa que liga os elementos da alvenaria; retração da argamassa utilizada no emboço; deformação lenta do concreto; recalque de fundações; variação da umidade relativa do ar sobre as argamassas endurecidas; dilatação higroscópica dos elementos cerâmicos; variações térmicas.

A Figura 2 apresenta os principais agentes de degradação dos revestimentos das vedações verticais.

Figura 2 - Principais agentes de degradação.



Fonte: Selmo (1989).

2.3. ADESÃO E ADERÊNCIA DOS REVESTIMENTOS

De acordo com Bauer (2005) no que se refere a relação de aderência nos sistemas de revestimento em argamassa, é possível se diferenciar todo o processo de desenvolvimento da propriedade em três fases complementares:

- i. Na adesão inicial, a argamassa permanece aderida ao substrato momentaneamente após a aplicação, não significando a completa adesão do sistema a longo prazo, tendo a difusão e a adsorção de moléculas da argamassa nas paredes dos poros do substrato como mecanismos preponderantes.
- ii. Na adesão, o processo de enrijecimento da argamassa caracteriza a propriedade, e ocorre durante o período de tempo no qual a argamassa está à espera do sarrafeamento, com a diminuição da plasticidade e o aumento da consistência da mesma;
- iii. Na aderência, a argamassa começa a perder água por evaporação para o ambiente e por sucção para o substrato, durante o processo de corte e sarrafeamento, e daí em diante até o endurecimento completo.

Nesse momento, o mecanismo de intertravamento mecânico passa a ser determinante da propriedade.

De acordo com Carasek (2010) no momento que a argamassa molha a base através da pasta, uma parte da água de amassamento, contendo os aglomerantes em dissolução, é succionada pelos poros da base e cavidades do substrato. No interior destes, ocorre a precipitação e hidratação dos silicatos e hidróxidos, seu consequente endurecimento progressivo e a ancoragem da argamassa à base. A microestrutura da interface argamassa-substrato é de suma importância para um bom desempenho do revestimento; os compostos ali formados e as ligações físico-químicas existentes tendem a influenciar, em maior ou menor grau, as condições finais da aderência.

Didaticamente, pode-se dizer que a aderência deriva da conjunção de três propriedades da interface argamassa-substrato: a resistência de aderência à tração, a resistência de aderência ao cisalhamento e a extensão de aderência, sendo esta correspondente à razão entre a área de contato efetivo e a área total possível de ser unida (CARASEK *et al.*, 2001).

Segundo Carasek (1996), a aderência da argamassa endurecida ao substrato é um fenômeno mecânico, em função da penetração da pasta aglomerante / própria argamassa nos poros ou entre a rugosidade da base de aplicação. No estado plástico, a argamassa entre em contato com a superfície absorvente do substrato e parte da água de amassamento, a qual contém em dissolução ou estado coloidal os componentes do aglomerante, penetra pelos poros e cavidades desse substrato. No interior do substrato, ocorrem os fenômenos de precipitação dos produtos de hidratação do cimento e da cal, e, transcorrido algum tempo, com a cura, esses precipitados intercapilares exercem ação de ancoragem da argamassa à base.

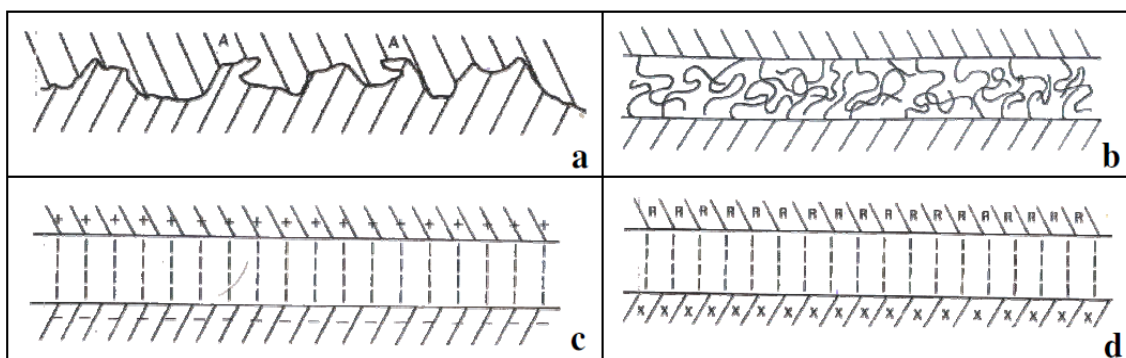
O estudo de Carasek (1996) mostrou que a aderência decorre, em grande parte do intertravamento de etringita no interior dos poros do substrato. A autora explica que isso se deve ao fato que ao se misturar o cimento Portland com água, a gipsita dissolve-se e libera íons sulfato e cálcio; estes íons são os primeiros a entrar em solução, seguidos dos íons aluminato e cálcio provenientes da

dissolução do C_3A do cimento. O efeito de sucção / absorção capilar, causado pela base porosa, transporta os íons em solução para regiões mais internas do substrato, formando no interior poros de trissulfoaluminato de cálcio hidratado (etringita). A maior abundância de íons SO_4^{2-} , AlO_4^- , Ca^{2+} e da etringita na zona de contato argamassa/substrato e em poros superficiais da base, se deve ao fato do processo acontecer de forma mais rápida se comparado aos outros produtos de hidratação do cimento, com o C-S-H por exemplo.

De acordo com Bauer (2005) a aderência é um fenômeno complexo e pode ser formado pela interação entre os seguintes mecanismos:

- i. Intertravamento mecânico: A principal força atuante na aderência é a penetração do adesivo nas irregularidades, tendo a rugosidade da base aderente como um fator preponderante para a majoração da aderência (Figura 3-a);
- ii. Difusão de moléculas, que controla o transporte de massa entre sólidos e líquidos e representa um movimento de átomos, íons, ou moléculas como resultado da diferença de concentração existente (Figura 3-b). Em uma interface podem ocorrer vários tipos de processos difusivos; a resistência de aderência também será dependente da natureza das ligações interatômicas resultantes desse processo físico-químico (HULL & CLYNE, 1996 *apud* Bauer (2005);
- iii. Transferência de elétrons no contato interfacial, a qual forma uma camada dupla de carga elétrica na interface (Figura 3-c) que pode contribuir de forma significativa para o desenvolvimento da aderência.
- iv. Adsorção de partículas, em que as mesmas podem aderir devido às forças interatômicas e intermoleculares que são estabelecidas nas superfícies dos adesivos e substratos após um contato molecular íntimo (Figura 3-d).

Figura 3 - Representação esquemática dos diversos mecanismos básicos de aderência: (a) travamento mecânico, (b) difusão, (c) transferência de elétrons e (d) adsorção.



Fonte: BAUER (2005).

Segundo Schultz e Nardin (2003) *apud* Costa (2014) alguns modelos teóricos têm sido propostos para explicar a natureza da aderência: Teoria do intertravamento mecânico; Teoria das ligações químicas; Teoria da zona de transição; Teoria termodinâmica ou adsorção; Teoria eletrostática; Teoria da difusão.

Segundo Costa (2014) as formas de ligação são dependentes da natureza dos materiais em contato e das condições de formação do sistema, sendo que os mecanismos são por vezes complementares e em outras, contraditórios.

Nesta pesquisa não foi realizado um estudo detalhado dos modelos de aderência para explicação das análises e resultados, mas recomenda-se a leitura da tese de doutorado de Costa (2014) para aprofundamento no assunto. Entretanto, considerando-se que o mecanismo proposto por Carasek (1996) é bastante aceito pelo meio acadêmico, e haja visto que a aderência é influenciada pelo efeito de sucção / absorção capilar, a formulação da hipótese desta pesquisa utilizou como base esse mecanismo.

2.4. TÉCNICAS DE APLICAÇÃO DA CAMADA DE PREPARO DA BASE: CHAPISCO

As argamassas de chapisco diferem das argamassas de revestimentos pelo mecanismo de aplicação e pela forma de produção. Cada técnica demanda e resulta em argamassas de chapisco com diferentes propriedades, tanto no estado fresco, através da plasticidade e a trabalhabilidade, como no estado endurecido,

com conformações distintas de superfície por meio da rugosidade e porosidade (MOURA, C.B.,2007).

A seguir serão apresentadas três técnicas de aplicação da argamassa de chapisco: convencional, industrializado (desempenado) e rolado.

2.4.1.1. Chapisco convencional

O chapisco convencional é a mistura feita proporcionando cimento, areia úmida e água, com traço variando de 1:2 a 1:4 (em volume), com consistência fluída e aplicado com colher de pedreiro de maneira enérgica contra a superfície a ser revestida. A cura do chapisco leva em torno de três dias.

Outra característica relevante é que a argamassa de chapisco possui alta proporção de água, na ordem de 1 a 3kg/kg, devido a necessidade de fluidez para que possibilite um bom espalhamento e molhagem na superfície na qual será lançado (GASPERIN J., 2011).

A granulometria grossa do agregado e a consistência fluida deste tipo de chapisco proporciona uma capacidade superior de aderir-se à base na qual será aplicado. Além disso, proporciona uma melhora no transporte da pasta de cimento aos poros do substrato, uma composição mais rápida da consistência mecânica e proporciona uma textura bastante rugosa que aumenta a ancoragem da camada de argamassa de revestimento a qual será aplicada subsequentemente, aperfeiçoando com isso o desempenho do sistema de revestimento. (PAES, 2004).

Este tipo de aplicação e dosagem resulta em uma superfície bastante rugosa e áspera, uniforme, entretanto irregular. A Figura 4 exemplifica a sua superfície.

Figura 4 – Aspecto da superfície do chapisco convencional.



Fonte: CEOTTO *et al.*, (2005).

Por ser este o tipo de chapisco, o qual possui a maior intervenção humana na sua utilização, uma consequente desvantagem desse tipo de chapisco é a grande variabilidade. Esta variabilidade está presente na espessura da camada, na energia de lançamento, na composição da mistura dos materiais, no espalhamento do material e principalmente na quantidade de água presente. Todas estas variações podem acarretar no não cumprimento de suas funções resultando em perdas no desempenho do sistema de revestimento. (GASPERIN J., 2011).

2.4.1.2. Chapisco Rolado

Segundo Ceotto *et al.*, (2005) a mistura se dá com cimento, areia média, resina PVA e água, também com consistência fluída, aplicada sobre a superfície a ser revestida com rolo para textura acrílica, em três demãos.

A aplicação do chapisco rolado é realizada com a utilização de rolo com espuma. Pode ser aplicado tanto na estrutura como na alvenaria. (CEOTTO *et al.*, 2005).

De acordo com Candia (1998), sua aplicação requer também o proporcionamento de aditivos para melhorar a aderência e a trabalhabilidade. Ceotto *et al.* (2005) e Candia (1998) atentam para um controle específico necessário a esta aplicação, para que a dosagem, a fluidez e as características dos agregados, seja adequada para garantir que a superfície seja porosa e rugosa e não

tenha um acabamento regular e liso como de uma pintura da superfície. A Figura 5 ilustra sua superfície.

Figura 5 – Aspecto da superfície do chapisco rolado.



Fonte: CEOTTO *et al.*, (2005).

Entre as vantagens deste tipo de chapisco está a alta produtividade, entretanto como desvantagem deste tipo de chapisco, apontada por Ruduit (2009), é a espessura da camada preparada, que, inúmeras vezes, se apresenta muito fina, não contribuindo para a regularização da absorção dos substratos. Segundo Ruduit (2009) para que se consiga maiores espessuras de chapisco rolado, são necessárias mais demãos de aplicação, o que, geralmente não ocorre, já que tal procedimento diminuiria a produtividade, justamente indo em confronto com uma das principais vantagens deste tipo de chapisco.

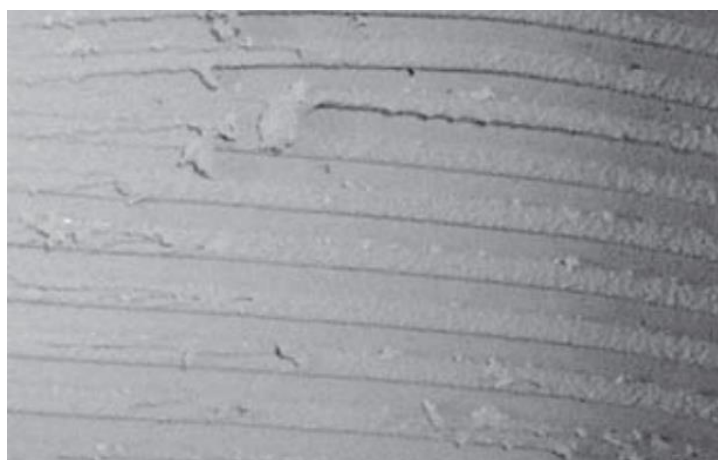
2.4.1.3. Chapisco Industrializado ou desempenado

Indicado para superfícies de concreto a aplicação é feita com desempenadeira dentada (6 x 6 mm) e o tempo de secagem para aplicação da camada de regularização deve ir ao encontro das recomendações da fabricante do produto.

De acordo com Ruduit (2009), o chapisco desempenado é, em especial, indicado para aplicação em substratos de baixa porosidade em como elementos estruturais de concreto, em virtude à sua alta adesão quando no estado fresco e resistência de aderência quando endurecido a estes substratos.

Segundo Candia (1998) o chapisco desempenado deve apresentar uma consistência menos fluida para que seja possível a aplicação com a desempenadeira denteada, sendo assim para promover a adequada trabalhabilidade na aplicação, são utilizados aditivos. A superfície do chapisco caracteriza-se por uma superfície “nervurada”, em função dos dentes da desempenadeira, o que favorece a ancoragem da argamassa de revestimento. Sua aplicação restringe-se usualmente a superfícies de concreto. A Figura 6 ilustra sua superfície.

Figura 6 – Aspecto da superfície do chapisco industrializado.



Fonte: CEOTTO *et al.*, (2005).

Candia (1998) em seu estudo avaliou a utilização de chapiscos convencional, rolado e industrializado em substratos de blocos de concreto, cerâmicos, e em estruturas de concreto e sua influência na resistência de aderência dos revestimentos. O autor verificou que no caso de superfícies de concreto, as maiores resistências de aderência foram obtidas pelos chapiscos convencional e industrializado, sendo o chapisco rolado prejudicial, e maior a aderência quanto maior o número de demãos empregadas, por reduzir a absorção da base, apesar do aumento de rugosidade.

A camada de preparo em argamassa de chapisco, independentemente do tipo de argamassa de chapisco, deve ser aplicada no mínimo 48h antes da aplicação da camada de revestimento e que sua espessura deve ter entre 3 e 5mm. (SELMO, 1989 *apud* MOURA, C.B., 2007).

2.5. ENSAIO DE RESISTÊNCIA A ADERÊNCIA À TRAÇÃO

As normas nacionais utilizam o ensaio de resistência à tração como principal forma de avaliação da qualidade da aderência dos revestimentos à superfície.

A função principal deste teste é auxiliar na definição do tipo de preparo da base, bem como da argamassa que melhor funciona sob condições específicas existente no substrato.

O ensaio de resistência de aderência à tração é importante para verificar a interação entre as camadas constituintes do revestimento (base, camada de ligação, revestimento), determinando o valor da aderência máxima que o revestimento é capaz de suportar, assim como determinar em qual interface do revestimento que apresenta menor resistência às tensões atuantes no sistema do revestimento.

A NBR 13528 (ABNT, 2010) - Revestimento de paredes de argamassa inorgânica - prescreve o método de ensaio para determinação da resistência de aderência à tração de revestimentos de argamassa aplicados em obra ou laboratório sobre substratos inorgânicos não metálicos.

Os instrumentos e equipamentos necessários para a realização do ensaio são:

- Dinamômetro de tração (Figura 7) que permita a aplicação continua de carga, que seja de fácil manuseio, baixo peso, que contenha dispositivo para leitura de carga e apresente um erro máximo de 2%.

Figura 7 – Exemplo de encaixe e peças constituintes do sistema de acoplamento.



Fonte: NBR 13528 (ABNT, 2010).

O equipamento deve garantir que a aplicação da carga seja centralizada e ortogonal ao plano do revestimento. A Norma sugere que o equipamento tenha 3 (três) pontos de apoio ajustáveis.

Abaixo encontram-se os elementos necessários para a realização do ensaio:

- Pastilha metálica circular não deformável, com diâmetro de 50 ± 1 mm contendo dispositivo no meio para acoplamento do equipamento de tração. É recomendado o uso de pastilhas com, no mínimo, 10 mm de espessura.
- Dispositivo de corte (serra copo) com altura superior a espessura do sistema de revestimento, com borda diamantada e dispositivo que garanta a estabilidade do copo durante o corte.
- Paquímetro para determinar a espessura do revestimento e o diâmetro do corpo de prova.
- Cola a base de resina epóxi, poliéster ou similar, destinada a colagem da pastilha na superfície do corpo de prova. A cola deve apresentar propriedades mecânicas compatíveis com o sistema e atender as condições de umidade do revestimento. Recomenda-se o uso de cola viscosa para que não haja escorrimento.

A realização do ensaio dar-se-á aos 28 dias no caso de argamassas mistas ou cimento e areia e aos 56 dias para argamassas de cal e areia, contados os dias após a aplicação da argamassa sobre o substrato. Em caso de ensaios com outra idade a mesma deve ser registrada.

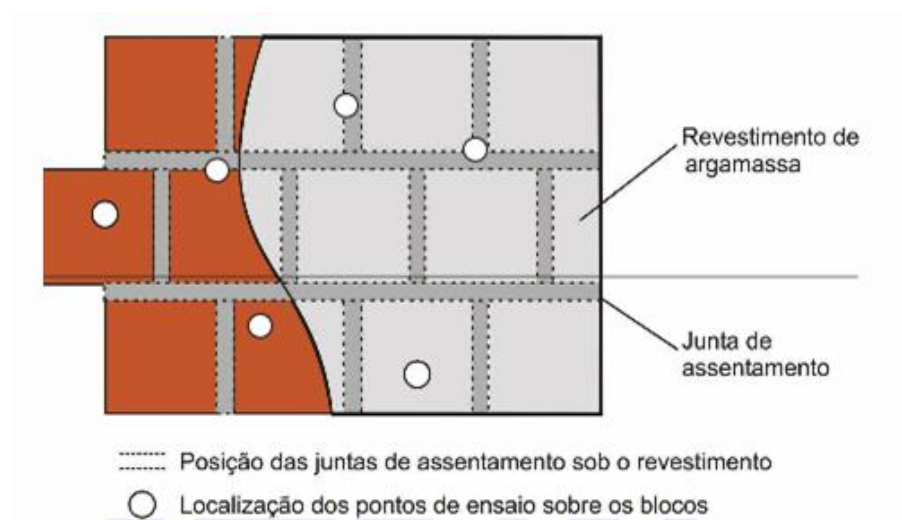
Antes da aplicação da argamassa deve ser feita a limpeza do substrato para eliminar agentes contaminantes (óleo, poeira e outros) que possam prejudicar a aderência da argamassa.

De acordo com a nota da referida Norma, a forma de lançamento da argamassa ao substrato é um fator que interfere no comportamento do revestimento, principalmente do mecanismo de aderência. As argamassas

projetadas mecanicamente podem apresentar valores de resistência de aderência superiores e coeficiente de variação inferior, em relação as argamassas projetadas manualmente, isto porque a projeção mecânica apresenta uma maior superfície de contato e compacidade após a aplicação, reduzindo a porosidade e permeabilidade dos revestimentos.

Um ensaio é composto por 12 corpos de prova de mesma característica e origem. A escolha dos corpos de prova deve ser feita de forma aleatório no painel revestido (Figura 8), contemplando arrancamento nas juntas e nos blocos e devem estar espaçados entre si, além de cantos e quinas sem, no mínimo, 50 mm.

Figura 8 – Posição dos corpos-de-prova para realização do ensaio.



Fonte: NBR 13528 (ABNT, 2010).

Em paredes internas, os corpos de prova devem estar distribuídos 30 cm acima do piso e 30 cm abaixo do teto, de modo a facilitar a execução do ensaio. Deve-se utilizar andaime (plataforma) para realização do ensaio quando a altura do ponto for superior à do operador, pois a ergonomia do operador durante o ensaio e também do pedreiro durante a aplicação da argamassa podem contribuir com a variação de valores de aderência.

O corte do revestimento pode ser executado a seco ou com água, respeitando as características da argamassa. Quando feito a úmido deve ser executado com antecedência afim estar seco no momento de colar a pastilha e da execução do ensaio.

Antes da realização do ensaio devem ser retiradas 3 (três) amostras do revestimento na região que será ensaiada para determinação da umidade.

A resistência de aderência é calculada por:

$$Ra = \frac{F}{A}$$

Onde:

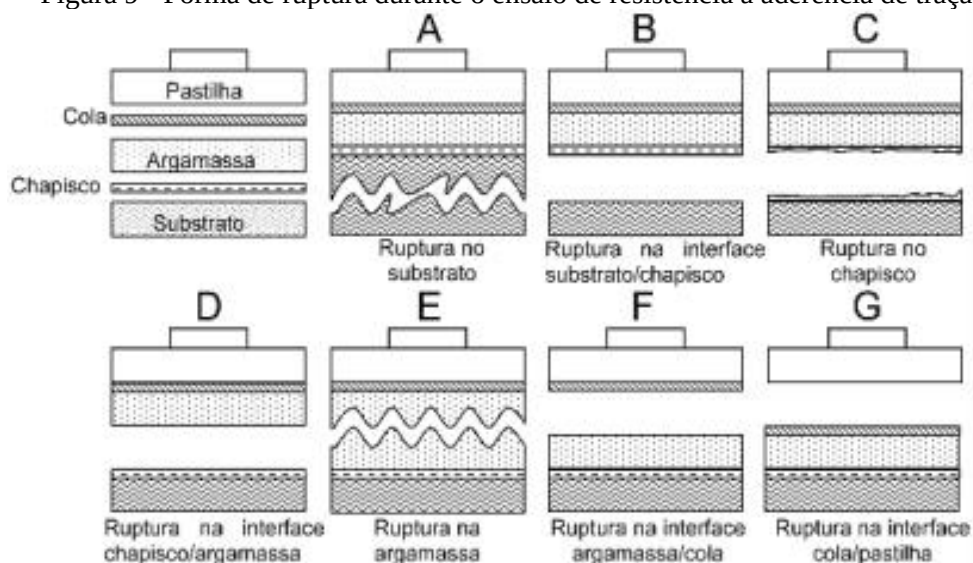
Ra - é a resistência de aderência à tração, expressa em (MPa)

F - é a força de ruptura, expressa em newtons (N)

A - é a área do corpo de prova, expressa em mm²

A Figura 9 apresenta as diversas formas de ruptura no ensaio de resistência a aderência à tração para sistemas que utilizam o revestimento com chapisco, conforme a imagem a seguir:

Figura 9 - Forma de ruptura durante o ensaio de resistência a aderência de tração



Fonte: NBR 13528 (ABNT, 2010).

Esta pesquisa terá ênfase no modo de ruptura B (Substrato/Chapisco), o qual apresenta maior influência da porosidade do substrato para com a aderência da argamassa.

A NBR 13749 (ABNT, 1995) – Revestimento de Paredes e Tetos em Argamassas Inorgânicas: Especificação - apresenta os limites de resistência de

aderência a tração para emboço e camada única, conforme pode-se visualizar no Quadro 1.

Quadro 1 – Indicação normativa de resistência de aderência a tração de argamassas

Local		Acabamento	Resistência de aderência a tração (Mpa)
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	0,20
		Cerâmica	0,30
	Externa	Pintura ou base para reboco	0,30
		Cerâmica	0,30
Teto		Pintura ou base para reboco	0,20

Fonte: NBR 13528 (ABNT, 2010).

2.6. FATORES QUE EXERCEM INFLUÊNCIA NA ADERÊNCIA DE ARGAMASSA - ENSAIO DE RESISTÊNCIA

De acordo com Carasek (2012), os resultados de ensaios de aderência a tração apresentam alta dispersão, resultando em coeficientes de variação da ordem de 10% a 35%, mas chegam muitas vezes à faixa de 50% a 60%. Geralmente, na estatística, um Coeficiente de Variação (CV) igual a 25% é considerado como limite para se considerar uma amostra aceitável. No entanto, tendo em vista todos os aspectos que influenciam os resultados, tais como as condições climáticas do sistema de revestimento, as propriedades da argamassa, do substrato e a forma de execução. Aceitam-se, para resistência de aderência à tração, valores mais elevados.

A Figura 10 apresenta fatores que exercem influência na aderência de argamassas sobre bases porosas.

Figura 10 – Fatores que exercem influência na aderência de argamassas sobre bases porosas.



Fonte: CARASEK (2010).

Com base na Figura 10, a autora propões a influência que os materiais constituintes da argamassa exercem na aderência.

O tipo e as características físicas do cimento podem influenciar os valores de aderência, em especial a finura, que tende a apresentar maiores valores de resistência, quanto maior a finura. Deve-se, entretanto, atentar para a retração/fissuração que ocorrerá em função da maior finura.

A cal preenche mais facilmente e de maneira mais completa toda superfície do substrato, propiciando maior extensão de aderência. Além disso, a reação de carbonatação da cal permite o preenchimento de vazios e evita a ocorrência de fissuras, de modo a melhorar a durabilidade da aderência.

O aumento do teor de areia tende a reduzir a resistência de aderência, todavia, garante a durabilidade da aderência pela redução da retração. De forma geral, recomenda-se o uso de areias com distribuição granulométrica contínua e com maior módulo de finura.

2.7. INFLUÊNCIA DO USO DE DESMOLDANTES

De acordo com Abbate (2003) *apud* Pretto (2007) os desmoldantes são produtos que auxiliam o processo de desfôrma do concreto. Estes quando

aplicados, deixam uma camada oleosa fina entre o concreto e as fôrmas, impedindo a aderência entre ambos e facilitando a desfôrma. O uso adequado dos desmoldantes também proporcionam o reaproveitamento das fôrmas e uma melhor aparência final do concreto.

Caso as fôrmas recebam com muita antecedência os desmoldante, em dias quentes, pode ocorrer o escorrimento do produto nas laterais da fôrma, acumulando no fundo. Esta diferença de concentração pode causar absorção irregular do desmoldante pelo concreto (ABBATE, 2003 *apud* PRETTO, 2007).

Carasek *et. al* (2005) verificaram que ocorreu o deslocamento da argamassa aplicada sobre o concreto de forma heterogênea, com alguns locais aderidos e outros não. Os autores acreditam que isso se deve ao óleo desmoldante que quando aplicado sobre a fôrma de madeira, tende a concentrar-se em regiões localizadas, muito provavelmente por algum efeito físico entre o líquido e a superfície da fôrma. A concentração diferenciada afeta a homogeneidade da sucção do substrato, ocasionando os “bolsões” de descolamentos observados.

De acordo com Pretto (2007) embora o uso de desmoldante propicie uma rápida desfôrma, o excesso do produto penetra pelos poros do concreto o qual pode deixá-lo hidrófugo, reduzindo a aderência da argamassa com o substrato.

Desta forma é necessário remover totalmente os resíduos de desmoldantes que ficam aderidos ao concreto e outras partículas que, com o tempo, depositam-se na superfície. Segundo Abbate (2003) *apud* Pretto (2007), a remoção do desmoldante pode ser realizada de maneira mecânica (jato de água quente em alta pressão), química (por meio de escovamento com água e detergente e a posterior lavagem com água ou ar em alta pressão) ou pelo próprio apicoamento do concreto, este procedimento também requer uma lavagem posterior com água ou ar em alta pressão.

A baixa porosidade em conjunto com a impregnação de desmoldante na superfície do concreto, traz como consequência a necessidade da realização de tratamento superficial específico e de maior agressividade para uma adequada ancoragem no substrato (PRETTO, 2007).

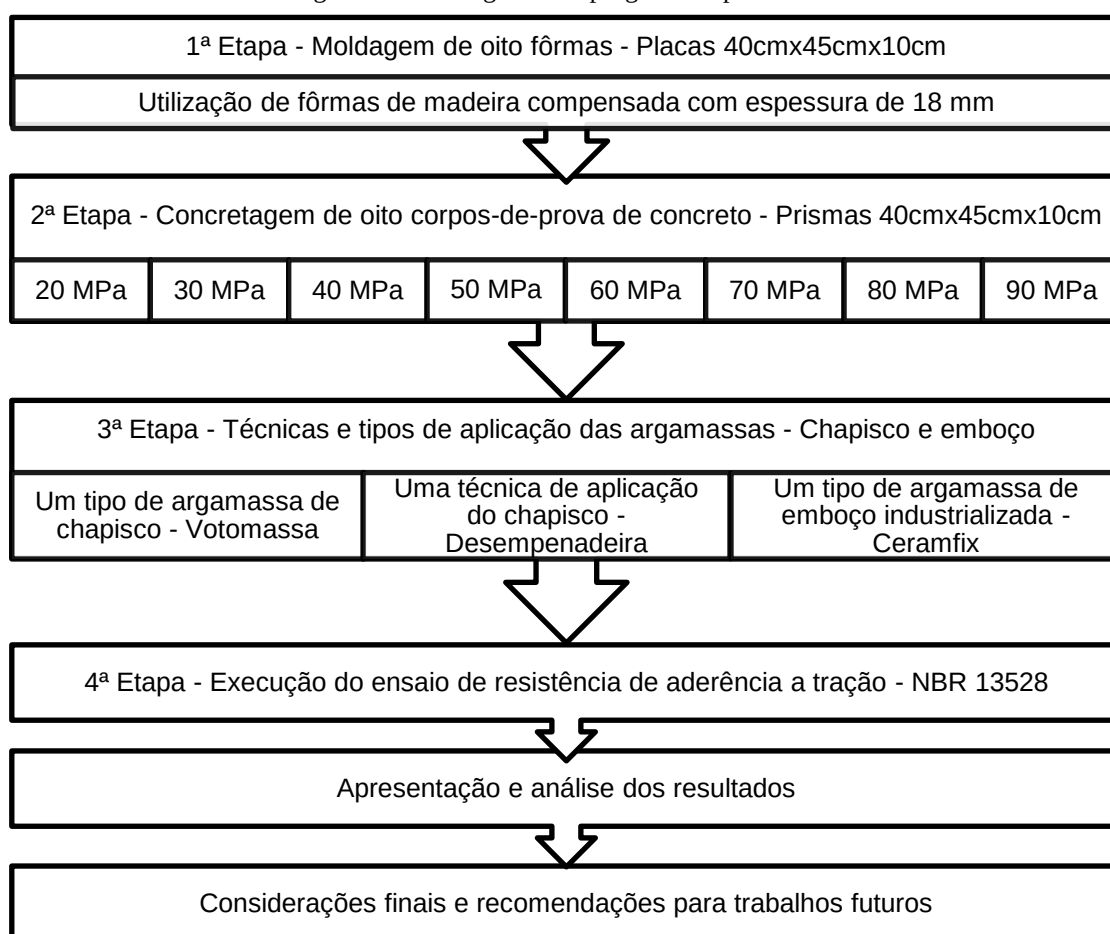
3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

O programa experimental deste estudo visou verificar a influência de diferentes resistências características de prismas de concreto na resistência de aderência a tração de argamassas de chapisco do revestimento. Neste capítulo serão apresentados maiores detalhes a respeito das características dos corpos-de-prova, moldagem e também as variáveis envolvidas na execução dos ensaios.

3.1. SISTEMATIZAÇÃO

Nesta pesquisa procurou-se analisar isoladamente a influência da resistência do concreto na resistência a aderência a tração da argamassa de chapisco, desta forma, não fora feita variação nos tratamentos, nas fôrmas, nas técnicas de execução nem na composição da argamassa de chapisco / emboço. Na figura 11 é apresentada o fluxograma do programa experimental.

Figura 11 – Fluxograma do programa experimental.



Fonte: Autores.

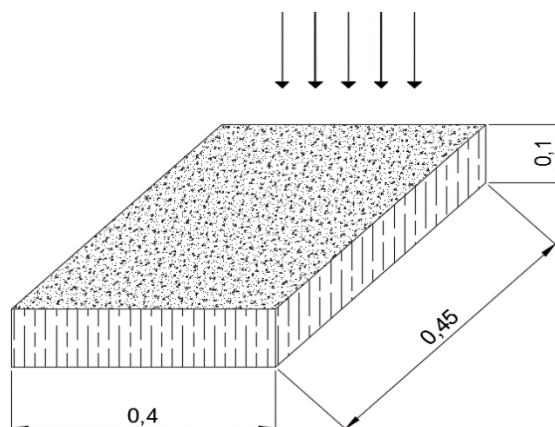
A seguir serão listadas as variáveis envolvidas neste estudo e as técnicas e materiais adotados:

- a) 1 (um) tipo de fôrma: Madeira compensada plastificada com espessura de 18 mm;
- b) 8 (oito) níveis de resistência característica à compressão do concreto (f_{ck}): 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 e 90 MPa;
- c) 1 (um) tipo de argamassa de chapisco: Chapisco adesivo industrializado para concreto (Votomassa);
- d) 1 (um) tipo de técnica de aplicação, a qual será feita com uso de desempenadeira dentada metálica, nas dimensões 6 x 6 x 6 mm, com a direção horizontal dos cordões, na direção de menor dimensão;
- e) 1 (um) tipo de argamassa de emboço: Argamassa industrializada para reboco externo, (Ceramfix);
- f) Nesta pesquisa não foi feito uso de desmoldante nas fôrmas;
- g) Nesta pesquisa não se utilizou de tratamentos superficiais no concreto, ou seja, a fôrma foi retirada e a superfície foi apenas limpa para a aplicação do chapisco.

3.2. SUBSTRATO DE CONCRETO

Os corpos-de-prova foram moldados em formas prismáticas nas dimensões de 40 x 45 x 10 cm (largura, altura, espessura) conforme a Figura 12 em que as setas indicam o sentido de lançamento do concreto:

Figura 12 – Dimensões do corpo-de-prova de concreto, em metros



Fonte: Autores.

Conforme já citado, a confecção dos prismas fora feita em fôrmas de madeira compensada plastificada.

3.2.1. Materiais utilizados

Esta seção apresenta os materiais utilizados na confecção dos prismas de concreto:

3.2.1.1. Cimento

O cimento utilizado foi o cimento composto com filler - CP II F.

3.2.1.2. Agregado miúdo

Utilizou-se a areia natural e artificial.

3.2.1.3. Agregado graúdo

O agregado utilizado nas placas com F_{ck} variando entre 20MPa à 50MPa foi a brita 1. Nas placas com F_{ck} entre 60 MPa à 90MPa foi utilizado a brita 0.

3.2.1.4. Aditivos e adições

Nas placas de concreto com resistência a compressão entre 20 MPa à 50 MPa foram utilizados aditivos plastificante BF 38. Nos concretos com F_{ck} entre 60 MPa à 90 MPa foram utilizados aditivos superplastificantes TEC FLOW da Grace Construction Products e adições de sílica ativa no cimento.

3.2.2. Dosagem

A dosagem foi feita elaborada pela concreteira SUPERMIX, sede Curitiba/PR. No Apêndice A encontram-se os resultados dos ensaios de resistência a compressão aos 3, 7 e 28 dias dos corpos-de-prova utilizados neste estudo.

Os traços, e a dosagem utilizada na elaboração das placas de concreto podem ser visualizados no Quadro 2.

Quadro 2 - Traço em volume e a dosagem utilizada na elaboração das placas de concreto

Resistência a compressão do Concreto (MPa)	Traço em volume (cimento: areia :brita :água)	Cimento (Kg)	Silica ativa (Kg)	Areia natural (Kg)	Areia artificial (Kg)	Brita 0 (Kg)	Brita 1 (Kg)	Água (Kg)	Aditivo plastificante BF 38 (g)	Aditivo Superplastificante - Tecflow 8000 (g)	Fck dos corpos de prova (MPa)
20	1: 4,72 : 4,82 : 0,803	7,10	-	16,77	16,77	-	34,20	5,70	58,63	-	31,27
30	1: 3,85 : 4,19 : 0,687	8,30	-	15,97	15,97	-	34,80	5,70	63,67	-	39,20
40	1: 2,65 : 3,31 : 0,526	10,83	-	14,33	14,33	-	35,90	5,70	83,07	-	51,69
50	1: 1,91 : 2,75 : 0,428	13,33	-	12,70	12,70	-	36,60	5,70	102,27	-	61,65
60	1: 1,72 : 2,52 : 0,457	13,03	0,83	9,30	14,57	34,90	-	6,33	97,00	45,62	66,77
70	1: 1,51 : 2,31 : 0,380	14,43	0,93	9,07	14,20	35,50	-	5,83	50,52	153,67	80,02
80	1: 1,35 : 2,14 : 0,317	15,83	1,00	8,87	13,83	36,07	-	5,33	95,53	219,00	86,77
90	1: 1,21 : 2,00 : 0,264	17,23	1,10	8,633	13,50	36,67	-	4,83	60,32	385,00	95,24

Fonte: SUPERMIX (2016).

3.2.3. Moldagem dos Prismas

A concretagem dos prismas foi feita em dois dias (11/08/2016 e 12/08/2016) sendo a mistura realizada em uma betoneira, conforme mostram as Figuras 13 e 14.

Figura 13 – Mistura do concreto em Betoneira.	Figura 14 – Mistura do concreto sendo despejado no balde metálico
	

Fonte: Supermix.

Fonte: Supermix

Para cada resistência de concreto foram moldados 6 (seis) corpos-de-prova cilíndricos, com dimensões nominais de 10 x 20 cm, para o ensaio de resistência à compressão nas seguintes idades: 3 dias, 7 dias e aos 28 dias de idade, atendendo ao recomendado pela norma NBR 5739/2007 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. As Figuras 15 e 16, apresentam a colocação do concreto nas fôrmas de madeira compensada plastificadas.

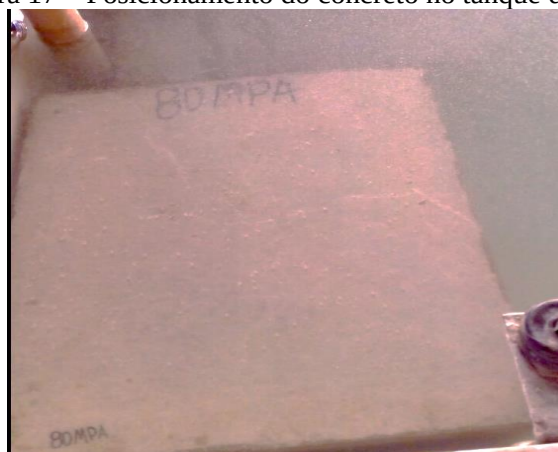


Fonte: Supermix.

Fonte: Supermix.

Os prismas de concreto moldados foram mantidos cobertos por 24 horas em ambiente de laboratório, até a desforma, sendo posteriormente levados para o tanque de cura, onde foram curados até completar a idade de 27 dias, conforme apresenta a Figura 17.

Figura 17 – Posicionamento do concreto no tanque de cura.



Fonte: Supermix.

A Figura 18 apresenta as placas de concreto recém retiradas dos tanques de cura.

Figura 18 – Placas de concreto de após a retirada do tanque de cura.



Fonte: Autores.

A Figura 19, apresenta respectivamente as placas de concreto com resistência a compressão de 30 MPa e 80 MPa. Pode-se observar a coloração mais escura na placa de menor resistência, devido a maior porosidade da placa de concreto, a qual possibilita uma absorção maior de água do tanque de cura.

Figura 19 – Placas de concreto de 30 e 80 MPa, após a retirada do tanque de cura.



Fonte: Autores.

3.3. CAMADA DE PREPARO – CHAPISCO

Nesta seção são apresentadas as características da camada de chapisco, isto é, a primeira camada do revestimento em contato com o concreto.

3.3.1. Materiais utilizados

Utilizou-se o chapisco adesivo industrializado para aplicação em concreto para uso interno e externo, a Votomassa da Votorantim. As características do produto encontram-se no Anexo I.

3.3.2. Preparo e aplicação da argamassa de chapisco

O preparo da argamassa de chapisco para concreto seguiu as orientações do fabricante. A mistura fora feita de forma manual, num recipiente estanque e limpo, a massa foi misturada até obter uma massa homogênea e sem grumos, conforme ilustra a Figura 20.

Figura 20 – Mistura do chapisco colante.



Fonte: Autores.

A camada de chapisco foi realizada 32 dias após a moldagem dos prismas de concreto, na data de 13/09/2016. Não se utilizou 28 dias, conforme recomendado pelas normas, devido a impossibilidade da presença dos autores deste trabalho no local de execução do programa experimento, em Curitiba/PR.

No que tange as condições do substrato (prima de concreto), no momento da aplicação da argamassa de chapisco, era substrato saturado com a superfície seca.

A técnica de aplicação fora realizada com desempenadeira metálica, com dimensões dos dentes de 6 x 6 x 6 mm na direção horizontal. Primeiramente foi feita uma imprimação do substrato por uma fina camada de chapisco aplicado com o lado liso da desempenadeira, em seguida fora aplicado uma camada espessa, também com o lado liso, para possibilitar a formação das ranhuras com o lado dentado da desempenadeira (Figura 21).

Figura 21 – Aplicação do chapisco nas placas.



Fonte: Autores.

As Figuras 22, 23 e 24 apresentam a camada de chapisco aplicado sobre o substrato das placas.

Figura 22 – Chapisco aplicado nas placas de 50, 40 e 60 MPa, respectivamente.



Fonte: Autores.

Figura 23 – Chapisco aplicado nas placas de 20, 90 e 70 MPa, respectivamente.



Fonte: Autores.

Figura 24 – Chapisco aplicado nas placas de 30 e 80 MPa, respectivamente.



Fonte: Autores.

A cura do chapisco foi feita na temperatura ambiente fora respeitado o tempo mínimo de 72 horas, sendo posicionada, sobre as placas, uma lona plástica para atenuar a evaporação.

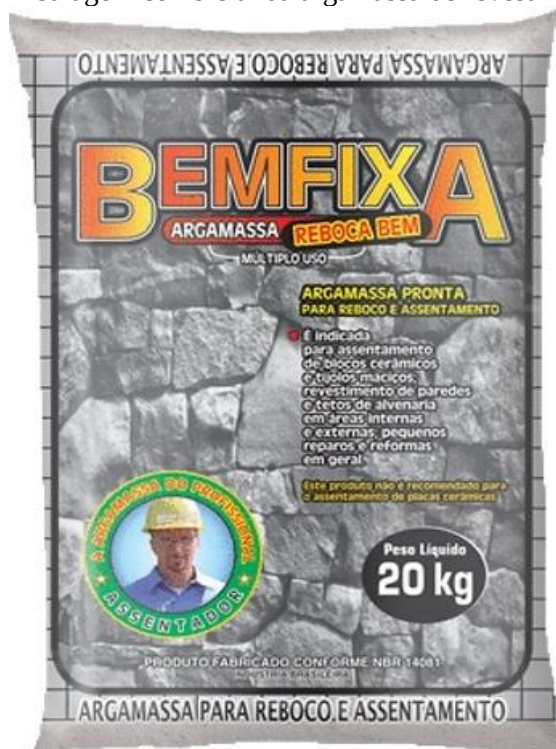
3.4. ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

Nesta seção são apresentadas as características da camada de argamassa de emboço utilizada neste programa experimental.

3.4.1. Materiais utilizados

Assim que se passaram os 3 (três) dias para a cura do chapisco, foi realizada a aplicação de argamassa de revestimento, na data de 16/09/2016. Utilizou-se argamassa industrializada, reboca bem da Ceramfix, com camada única de espessura de 20 mm. A Figura 25, ilustra a embalagem do produto utilizado.

Figura 25 – Embalagem comercial da argamassa de revestimento utilizada



Fonte: Autores.

3.4.2. Preparo e aplicação da argamassa de revestimento

O preparo da argamassa fora feito de forma manual conforme orientações do fabricante. As características técnicas desta argamassa encontram-se no Anexo II.

A argamassa foi executada aplicando-se com o lado liso da desempenadeira de forma a preencher as cavidades entre os dentes do chapisco industrializado, previamente ao lançamento manual com colher de pedreiro pelos autores. A seguir são apresentadas as camadas de argamassa de emboço aplicado sobre a camada da argamassa de chapisco para concreto.

Na Figura 26 é apresentado o aspecto final da argamassa aplicada sobre as placas de 50 MPa e 40 MPa respectivamente.

Figura 26 – Argamassa aplicada nas placas de 50, 40 MPa respectivamente.



Fonte: Autores.

Na Figura 27 é apresentado o aspecto final da argamassa aplicada sobre as placas de 60 MPa e 20 MPa respectivamente.

Figura 27 – Argamassa aplicada nas placas de 60 e 20 MPa respectivamente.



Fonte: Autores.

Na Figura 28 é apresentado o aspecto final da argamassa aplicada sobre as placas de 90 MPa e 70 MPa respectivamente.

Figura 28 – Argamassa aplicada nas placas de 90 e 70 MPa respectivamente.



Fonte: Autores.

Na Figura 29 é apresentado o aspecto final da argamassa aplicada sobre as placas de 30 MPa e 80 MPa respectivamente.

Figura 29 – Argamassa aplicada nas placas de 30 e 80 MPa respectivamente.



Fonte: Autores.

A camada de argamassa foi executada ao ar livre, as placas foram deixadas sob uma lona plástica por um período de vinte e seis dias, quando então com dispositivo de corte (serra copo) foram realizados os cortes e a colagem das pastilhas (peças metálicas circulares) para a realização do ensaio de resistência de aderência à tração, conforme o procedimento preconizado pela NBR 13528.

3.5. ENSAIOS

Nesta seção são apresentados os ensaios realizados.

3.5.1. Ensaio de Resistência de aderência a tração

A resistência de aderência à tração dos revestimentos foi avaliada conforme prescreve a NBR 13528/2010 - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração, na idade de 28 dias das argamassas de revestimento.

A NBR 13528/2010, recomenda que cada ensaio seja composto na determinação 12 corpos-de-prova, já a NBR 15258/2005 – Argamassa para revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência potencial de aderência à tração, cujo ensaio é realizado em substrato padrão, determina que o número de corpos-de-prova seja 12. Neste trabalho foi seguido as orientações da NBR 13528/2010.

Com base nessas informações, os prismas foram projetados para ensaiar 12 corpos-de-prova, prevendo-se perdas por problemas de ensaio.

Dois dias antes da execução do ensaio, foram realizados os cortes dos corpos-de-prova, com auxílio de uma serra-copo com bordas diamantadas e eixo central, com 55 mm de diâmetro, acoplado a uma furadeira fixada em uma base de madeira. O corte foi executado a seco até uma profundidade de 2 a 3 mm da superfície do substrato.

No dia seguinte, após a execução dos cortes com auxílio da serra-copo, fora realizada a colagem das pastilhas circulares de aço com diâmetro 50 mm sobre cada corpo-de-prova, com cola resistente de base epóxi e de secagem rápida (10 minutos), conforme apresenta a Figura 30.

Figura 30 – Pastilhas coladas para a realização do ensaio - placa de concreto - Fck 80 MPa.



Fonte: Autores.

No 28º dia de cura da argamassa de revestimento, dia 14/10/2016 fora realizado uma parte dos ensaios. Neste dia foram ensaiados 5 (cinco) placas com um total 60 corpos-de-prova, as placas com resistência a compressão de 20 MPa, 40 MPa, 70MPa, 80MPa e 90MPa de resistência à compressão, a Figura 31 ilustra as pastilhas coladas para a realização dos ensaios.

Figura 31 – Pastilhas coladas para a realização dos ensaios.



Fonte: Autores.

No dia 01/11/2016 foram ensaiadas as outras 3 (três) placas, com um total de 36 corpos-de-prova, as de 30 MPa, 50 MPa e 60 MPa. Não foi possível realizar o ensaio de todas as placas de concreto no mesmo dia, devido ao número insuficiente de pastilhas e a indisponibilidade do aparelho de arrancamento.

O equipamento utilizado possui capacidade de arrancamento até 1.500kgf e a velocidade de aplicação de carga utilizada foi de 0,5 kgf/s, que é a menor permitida pelo aparelho, pois a norma especifica que a aplicação de carga deve ser lenta e progressiva. A Figura 32 ilustra o posicionamento do aparelho de arrancamento.

Figura 32 – Posicionamento do aparelho de arrancamento - placa de concreto - Fck 20 MPa.



Fonte: Autores

Foram registrados, para cada corpo-de-prova, além do valor da carga de ruptura, a forma de ruptura e também foi realizado o registro fotográfico de todos os corpos-de-prova rompidos.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão explanados os resultados dos procedimentos descritos no capítulo anterior. Os ensaios de resistência de aderência à tração, foram realizados conforme preconiza as normas NBR 13528 (2010) e NBR 13749 (1996).

4.1. ENSAIOS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

Após a cura da argamassa de revestimento foi feita a colagem das pastilhas a fim de que se pudesse iniciar os ensaios de arrancamento. Utilizou-se de uma cola a base de epóxi e esperou-se um tempo mínimo para que a cola utilizada atingisse a resistência de aderência necessária para execução do ensaio.

No dia 14/10/2016, devido a disponibilidade da empresa Supermix, foram realizados os ensaios em 5 (cinco) placas, 20 MPa, 40 MPa, 70MPa, 80MPa e 90MPa de resistência à compressão. As outras placas, 3 (três), as de 30MPa, 50MPa e 60MPa foram ensaiadas no dia 01/11/2016.

A seguir será apresentada a análise para cada placa com base nos resultados encontrados. Os Quadros com os resultados do ensaio são apresentados de maneira completa no Apêndice B.

4.1.1. Placa de concreto - Fck - 20 MPa

Os valores encontrados mostram que a aderência do sistema de revestimento atendeu aos requisitos da NBR 13749. As rupturas se deram com incidência de 97,5% na interface chapisco/argamassa, conforme exemplificam as Figuras 33 e 34, de modo que o menor valor encontrado foi de 0,53 MPa.

A resistência média de aderência foi de 0,71 MPa, o desvio padrão de 0,13 MPa. De modo a avaliar o grau de homogeneidade dos resultados, calculou-se o coeficiente de variação (CV), esse é definido como sendo a razão entre o desvio padrão e o valor médio dos valores de forma que para os resultados nesta placa de concreto resultou em 18%.



Fonte: Autores.

Fonte: Autores.

A Figura 35, mostra a placa de concreto após a execução completa do ensaio.

Figura 35 – Corpo de prova - Fck 20 MPa - Após a realização do ensaio de arrancamento.

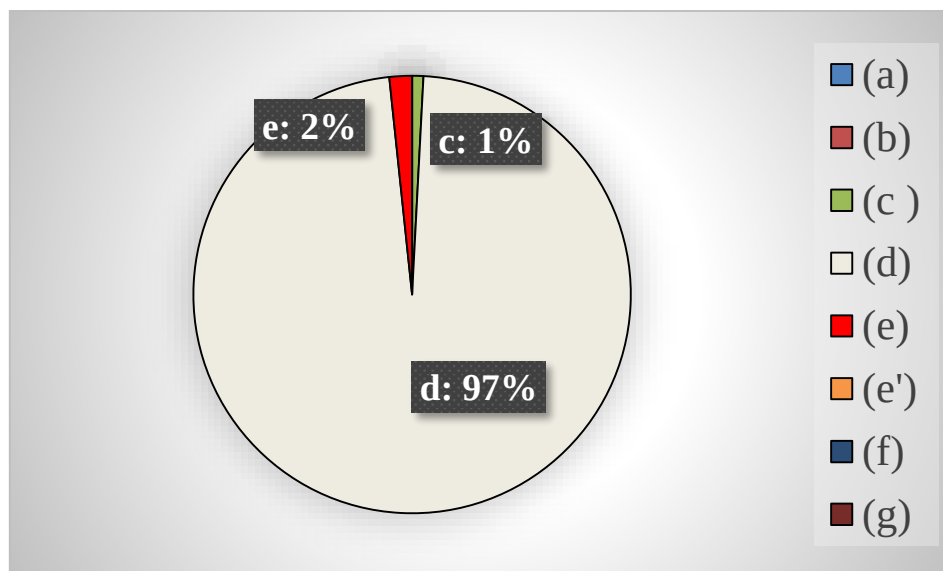


Fonte: Autores.

O Gráfico 1 apresenta o percentual de cada forma de ruptura para a placa de 20 MPa e o Gráfico 2 ilustra o valor de tensão para cada ponto de

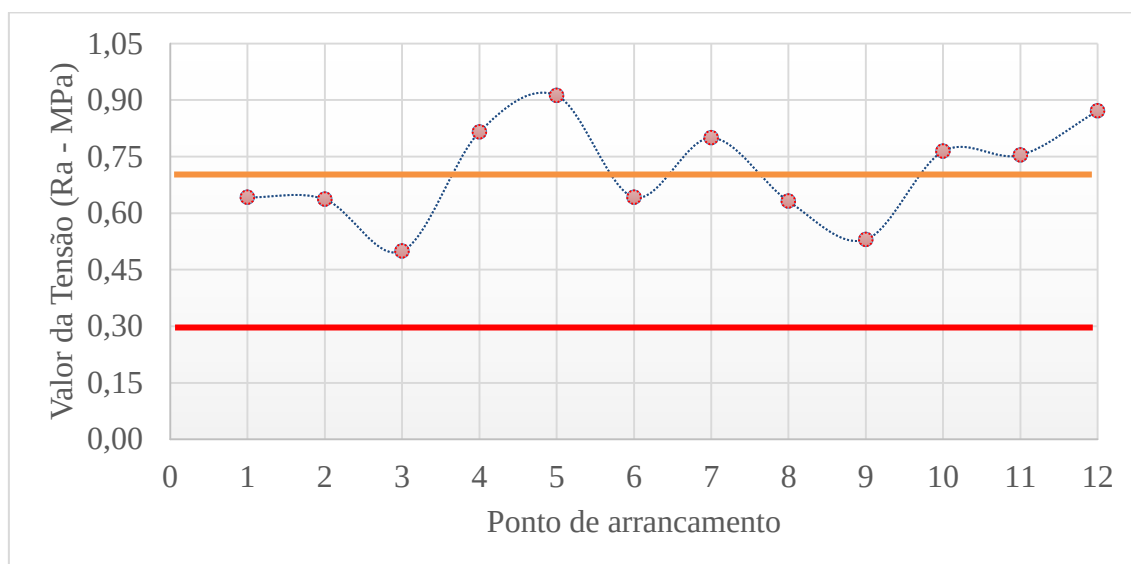
arrancamento. A linha em vermelho do gráfico é o limite normativo para o valor de tensão.

Gráfico 1: Forma de ruptura da placa de 20 MPa.



(c) - ruptura no chapisco; (d): ruptura na interface chapisco/argamassa; (e'): ruptura na película da argamassa.

Gráfico 2: Valores de tensão para cada ponto de arrancamento na placa de 20 MPa.



4.1.2. Placa de concreto - Fck - 30 MPa

Os valores encontrados mostram que a aderência do sistema de revestimento atendeu aos requisitos da NBR 13749.

As rupturas se deram com incidência de 83,3% na película da argamassa e 16,7% na interface substrato/chapisco, conforme exemplificam as Figuras 36 e 37, de modo que o menor valor encontrado foi de 0,75 MPa. A média foi de 0,99 MPa e o desvio padrão de 0,20 MPa, com o CV de 20%.

Figura 36 – Corpo de prova - nº 07 - Placa de concreto - Fck 30 MPa	Figura 37 – Corpo de prova - nº 08 - Placa de concreto - Fck 30 MPa
	

Fonte: Autores.

Fonte: Autores.

A Figura 38, mostra a placa após a execução completa do ensaio.

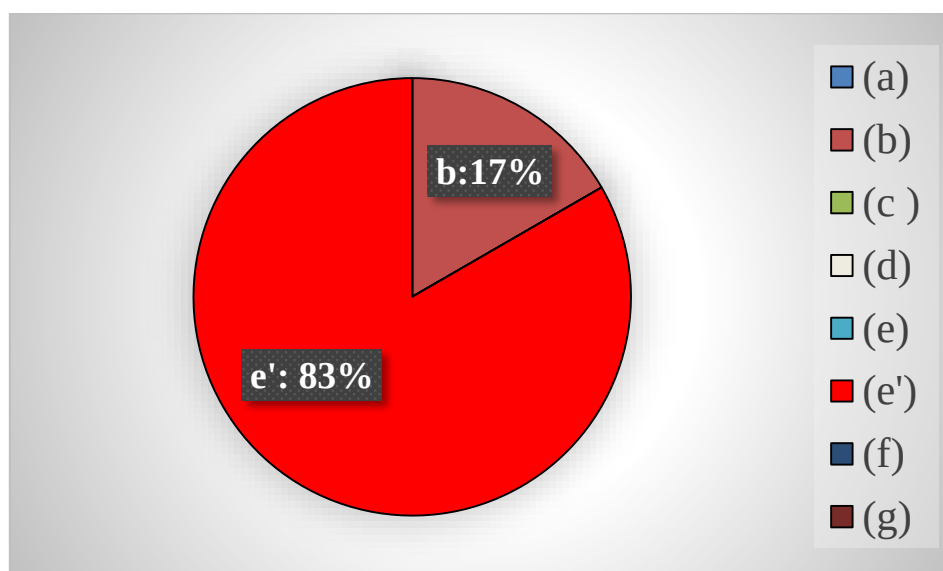
Figura 38 – Corpo de prova - Fck 30 MPa - Após a realização do ensaio de arrancamento.



Fonte: Autores.

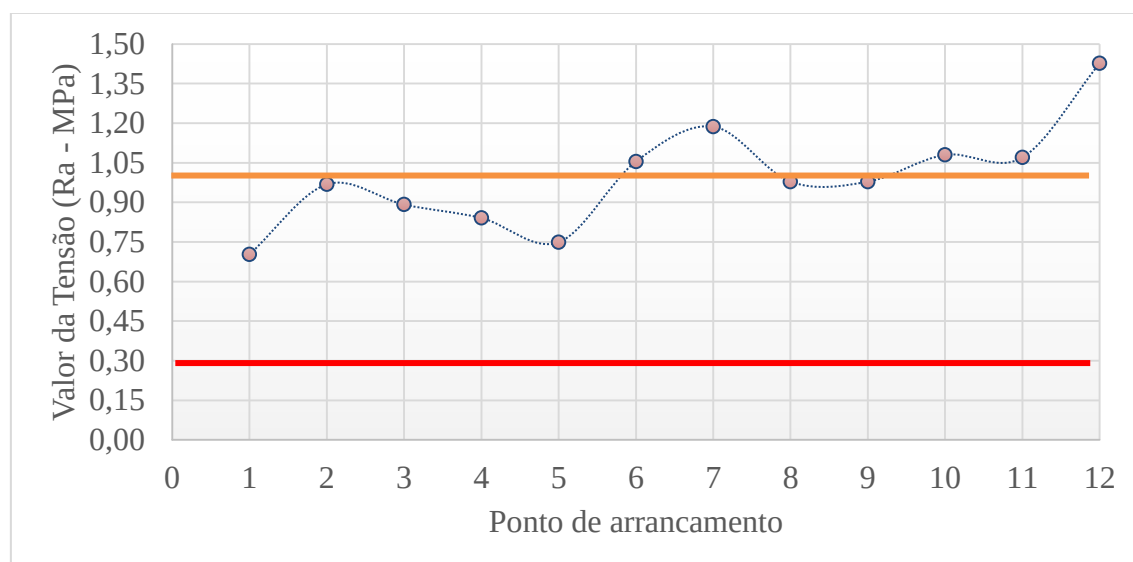
O Gráfico 3 apresenta o percentual de cada forma de ruptura para a placa de 30 MPa e o Gráfico 4 ilustra o valor de tensão para cada ponto de arrancamento.

Gráfico 3: Forma de ruptura da placa de 30 MPa.



(b) - ruptura na interface substrato/chapisco (e'): ruptura na película da argamassa.

Gráfico 4: Valores de tensão para cada ponto de arrancamento na placa de 30 MPa.



4.1.3. Placa de concreto - Fck - 40 MPa

Os valores encontrados mostram que a aderência do sistema de revestimento atendeu aos requisitos da NBR 13749.

A quantidade de resultados iguais ou superiores ao valor de especificado, $\geq 0,30$ MPa, foram de 9 (nove), desta maneira atende ao item 5.7.2 da NBR 13749 (ABNT, 2013), o qual especifica que o revestimento desta área deve ser aceito se de cada grupo de 12 ensaios realizados (com idade igual ou superior a 28 dias) pelo menos oito valores forem iguais ou superiores aos $\geq 0,30$ MPa para revestimento externo.

As rupturas ocorreram com incidência de 50% na argamassa e 37,5% na interface chapisco/argamassa conforme exemplificam as Figuras 39 e 40, de modo que apenas três valores se encontram abaixo do valor de 0,3 MPa, sendo que a média foi de 0,55 MPa, o desvio padrão de 0,27 MPa e o CV de 49%.

Figura 39 – Corpo de prova - nº 07 - Placa de concreto - Fck 40 MPa



Fonte: Autores.

Figura 40 – Corpo de prova - nº 07 - Placa de concreto - Fck 40 MPa



Fonte: Autores.

A Figura 41, mostra a placa de concreto e os 12 (doze) corpos de prova após a execução completa do ensaio.

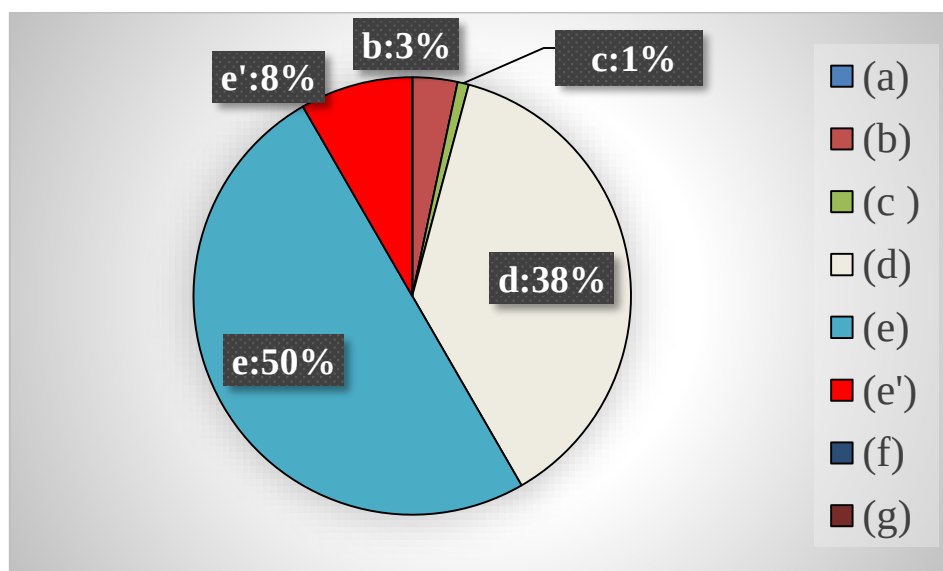
Figura 41 – Corpo de prova - Fck 40 MPa - Após a realização do ensaio de arrancamento.



Fonte: Autores.

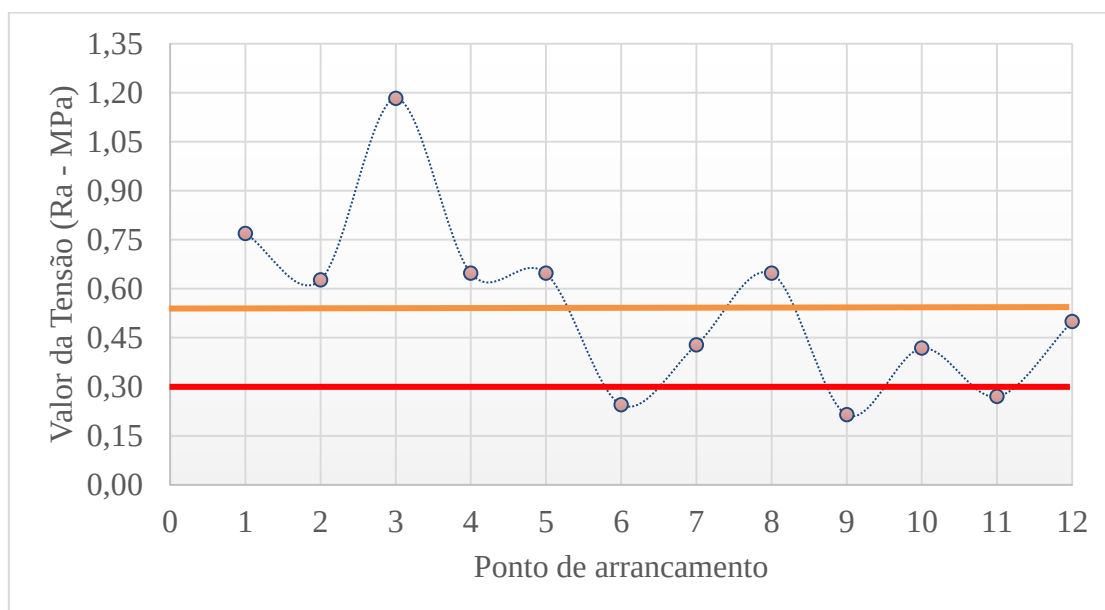
O Gráfico 5 apresenta o percentual de cada forma de ruptura para a placa de 40 MPa e o Gráfico 6 ilustra o valor de tensão para cada ponto de arrancamento.

Gráfico 5: Forma de ruptura da placa de 40 MPa.



(b) - ruptura na interface substrato/chapisco; (c) - ruptura no chapisco; (d): ruptura na interface chapisco/argamassa; (e) - ruptura na argamassa; (e') - ruptura na película da argamassa.

Gráfico 6: Valores de tensão para cada ponto de arrancamento na placa de 40 MPa.



4.1.4. Placa de concreto - Fck - 50 MPa

Os valores encontrados mostram que a aderência do sistema de revestimento atendeu aos requisitos da NBR 13749.

As rupturas ocorreram com incidência de 60,8% na interface chapisco/argamassa e 15% na interface substrato/chapisco, conforme apresenta a Figura 42 e 43, de modo que o menor valor encontrado foi de 0,44 MPa. A média foi de 0,61 MPa, o desvio padrão de 0,18 MPa e o CV de 30%.

Figura 42 – Corpo de prova - nº 08 - Placa de concreto - Fck 50 MPa



Fonte: Autores.

Figura 43 – Corpo de prova - nº 08 - Placa de concreto - Fck 50 MPa



Fonte: Autores.

A Figura 44, mostra a placa de concreto após a execução do ensaio.

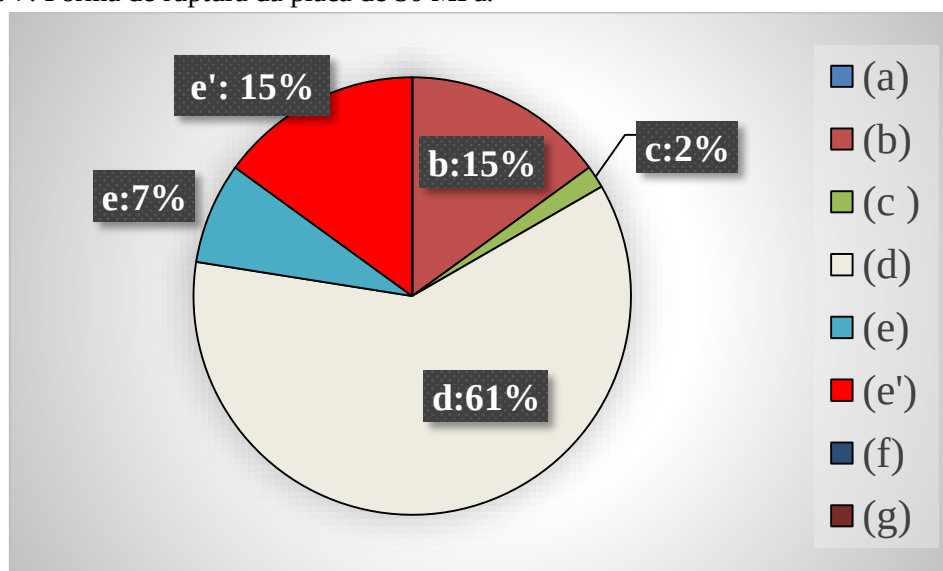
Figura 44 – Corpo de prova - Fck 50 MPa - Após a realização do ensaio de arrancamento.



Fonte: Autores.

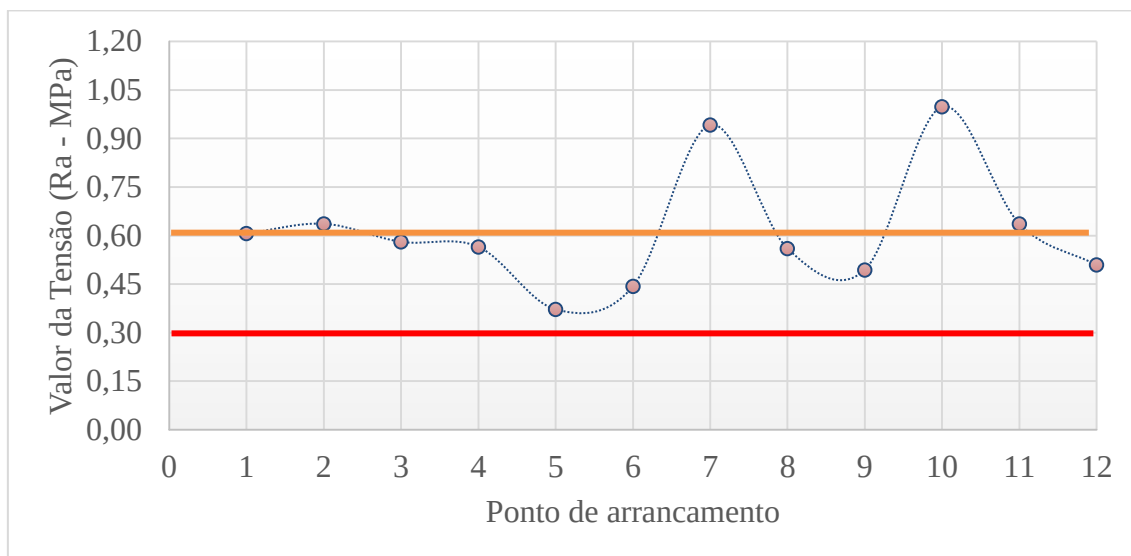
O Gráfico 7 apresenta o percentual de cada forma de ruptura para a placa de 50 MPa e o Gráfico 8 ilustra o valor de tensão para cada ponto de arrancamento.

Gráfico 7: Forma de ruptura da placa de 50 MPa.



(b) - ruptura na interface substrato/chapisco; (c) - ruptura no chapisco; (d): ruptura na interface chapisco/argamassa; (e): ruptura na argamassa; (e'): ruptura na película da argamassa.

Gráfico 8: Valores de tensão para cada ponto de arrancamento na placa de 50 MPa.



4.1.5. Placa de concreto - Fck - 60 MPa

Os valores encontrados mostram que a aderência do sistema de revestimento atendeu aos requisitos da NBR 13749.

As rupturas se deram com incidência de 48,3% na interface chapisco/argamassa e 37,5% na película de argamassa, conforme apresenta a Figura 45 e 46, de modo que o menor valor encontrado foi de 0,34 MPa. A média foi de 0,71 MPa, o desvio padrão de 0,16 MPa e um CV de 23%.

Figura 45 – Corpo de prova - nº 07 - Placa de concreto - Fck 60 MPa



Fonte: Autores.

Figura 46 – Corpo de prova - nº 07 - Placa de concreto - Fck 60 MPa



Fonte: Autores.

A Figura 47, mostra a placa de concreto após a execução do ensaio.

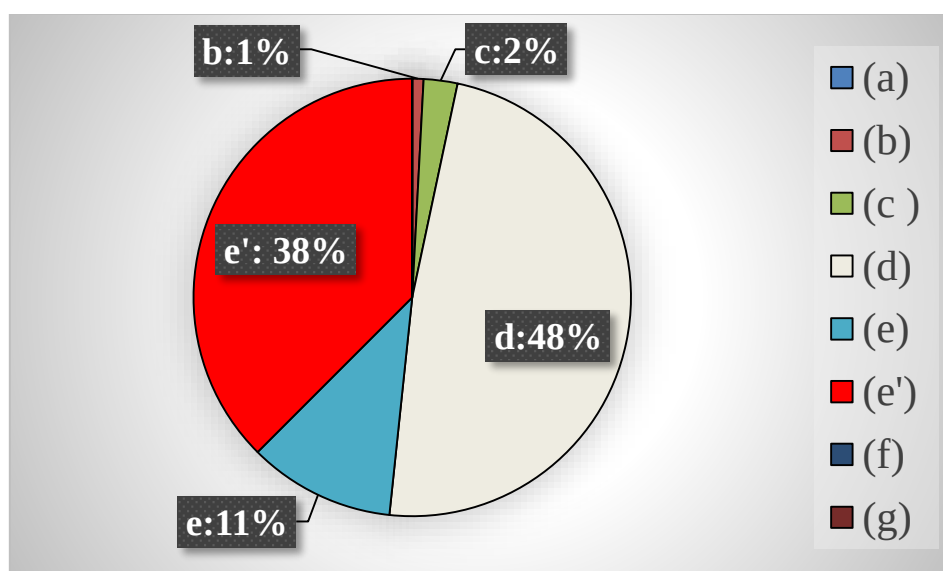
Figura 47 – Corpo de prova - Fck 60 MPa - Após a realização do ensaio de arrancamento.



Fonte: Autores.

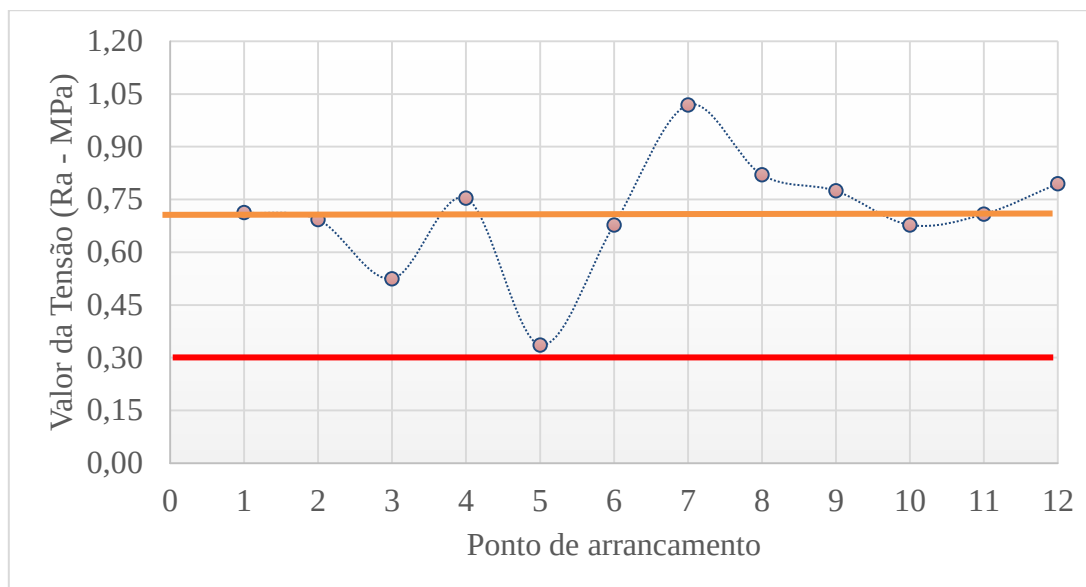
O Gráfico 9 apresenta o percentual de cada forma de ruptura para a placa de 60 MPa e o Gráfico 10 ilustra o valor de tensão para cada ponto de arrancamento.

Gráfico 9: Forma de ruptura da placa de 60 MPa.



(b) - ruptura na interface substrato/chapisco; (c) - ruptura no chapisco; (d): ruptura na interface chapisco/argamassa; (e): ruptura na argamassa; (e'): ruptura na película da argamassa.

Gráfico 10: Valores de tensão para cada ponto de arrancamento na placa de 60 MPa.



4.1.6. Placa de concreto - Fck - 70 MPa

Os valores encontrados mostram que a aderência do sistema de revestimento atendeu aos requisitos da NBR 13749.

As rupturas se deram com incidência de 41,25% na argamassa e 55,42% na interface chapisco/argamassa conforme exemplificam as Figuras 48 e 49, de modo que o menor valor encontrado foi de 0,43 MPa. A média dos resultados foi de 0,71 MPa, o desvio padrão de 0,15 MPa e o CV de 21%.

Figura 48 – Corpo de prova - nº 10 - Placa de concreto - Fck 70 MPa



Fonte: Autores.

Figura 49 – Corpo de prova - nº10 - Placa de concreto - Fck 70 MPa



Fonte: Autores.

A Figura 50, mostra a placa de concreto após a execução do ensaio.

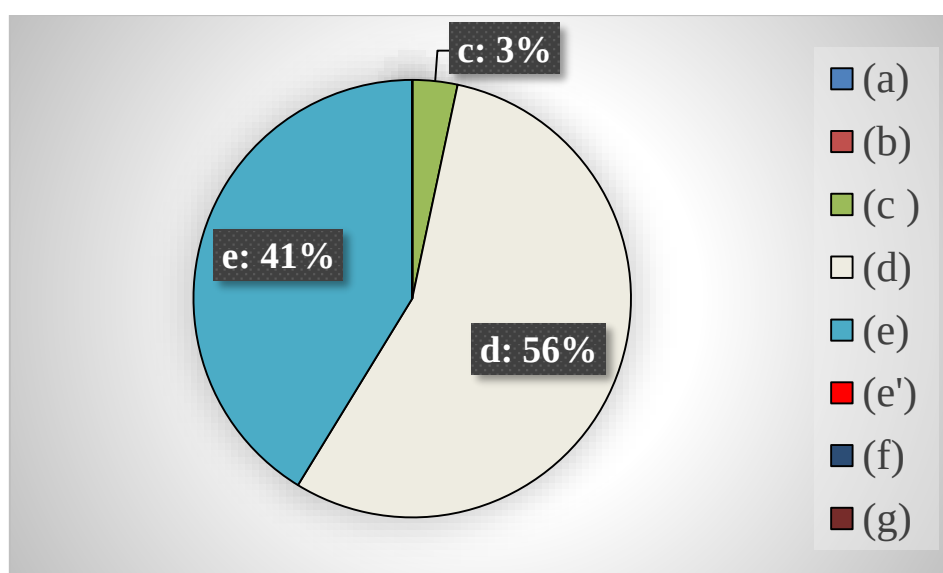
Figura 50 – Corpo de prova - Fck 70 MPa - Após a realização do ensaio de arrancamento.



Fonte: Autores.

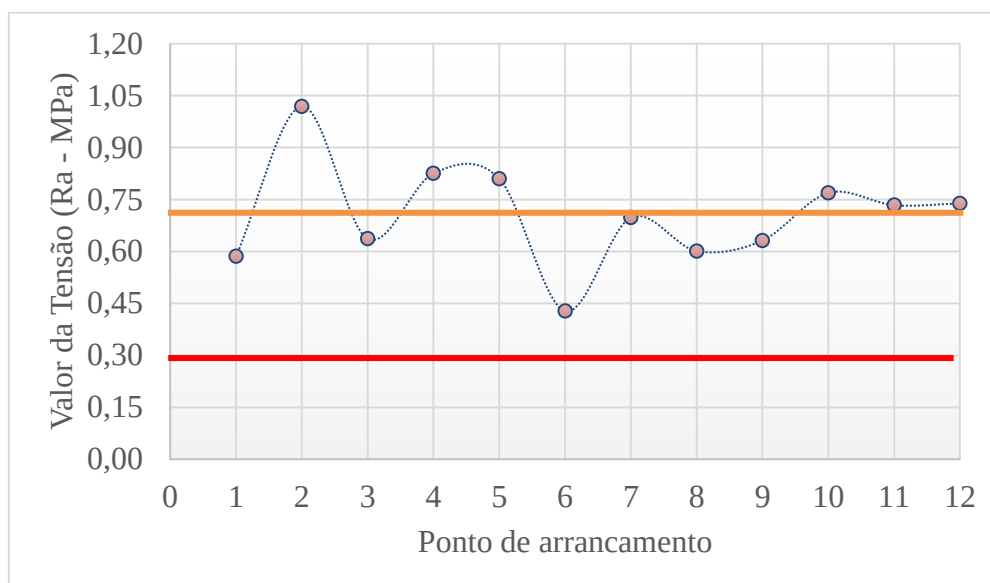
O Gráfico 11 apresenta o percentual de cada forma de ruptura para a placa de 70 MPa e o Gráfico 12 ilustra o valor de tensão para cada ponto de arrancamento.

Gráfico 11: Forma de ruptura da placa de 70 MPa.



(c) - ruptura no chapisco; (d): ruptura na interface chapisco/argamassa; (e): ruptura na argamassa.

Gráfico 12: Valores de tensão para cada ponto de arrancamento na placa de 70 MPa.



4.1.7. Placa de concreto - Fck - 80 MPa

Os valores encontrados mostram que a aderência do sistema de revestimento atendeu aos requisitos da NBR 13749.

As rupturas se deram com incidência de 60% na argamassa e 38,3% na interface chapisco/argamassa conforme exemplificam as Figuras 51 e 52, de modo que o menor valor encontrado foi de 0,67 MPa. A média dos resultados foi de 0,88 MPa, o desvio padrão de 0,20 MPa e um CV de 23%.

Figura 51 – Corpo de prova - nº 10 - Placa de concreto - Fck 80 MPa



Fonte: Autores.

Figura 52 – Corpo de prova - nº10 - Placa de concreto - Fck 80 MPa



Fonte: Autores.

A Figura 53, mostra a placa de concreto após a execução do ensaio.

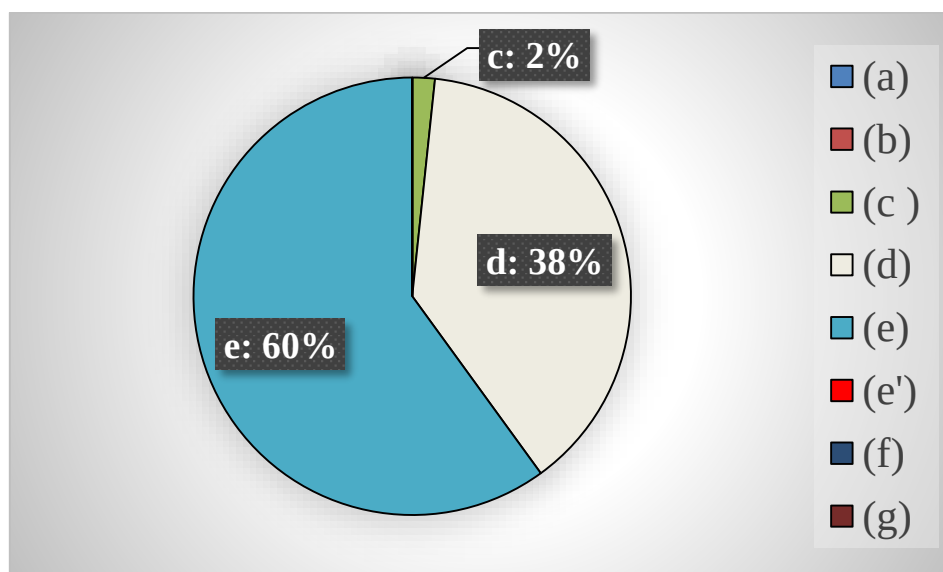
Figura 53 – Corpo de prova - Fck 80 MPa - Após a realização do ensaio de arrancamento.



Fonte: Autores.

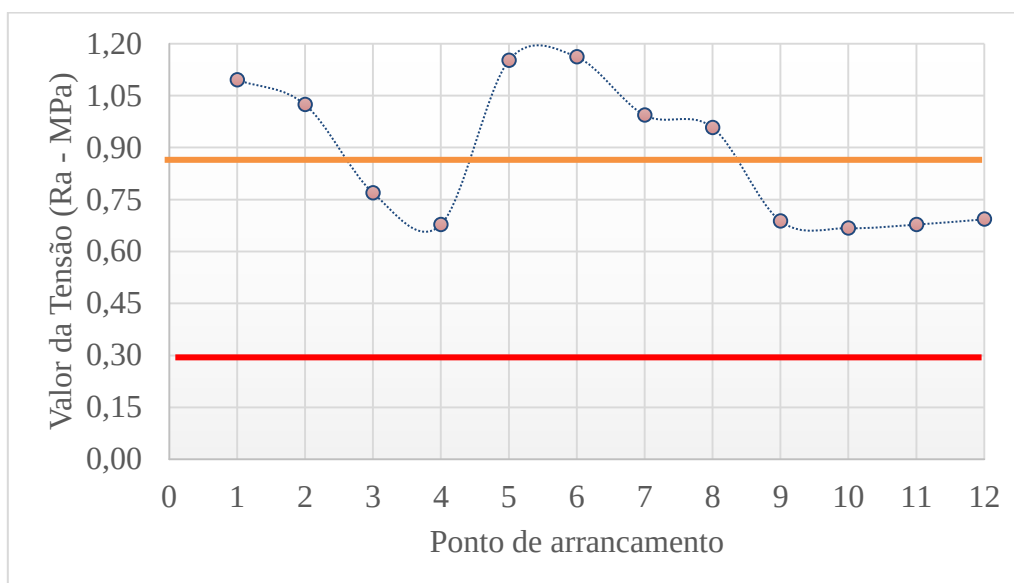
O Gráfico 13 apresenta o percentual de cada forma de ruptura para a placa de 80 MPa e o Gráfico 14 ilustra o valor de tensão para cada ponto de arrancamento.

Gráfico 13: Forma de ruptura da placa de 80 MPa.



(c) - ruptura no chapisco; (d): ruptura na interface chapisco/argamassa; (e): ruptura na argamassa.

Gráfico 14: Valores de tensão para cada ponto de arrancamento na placa de 80 MPa.



4.1.8. Placa de concreto - Fck - 90 MPa

Os valores encontrados mostram que a aderência do sistema de revestimento atendeu aos requisitos da NBR 13749.

As rupturas ocorreram com incidência de 12,9 % na argamassa e 71,3% na interface chapisco/argamassa conforme exemplificam as Figuras 54 e 55, de modo que o menor valor encontrado foi de 0,28 MPa. A média dos resultados foi de 0,56 MPa, o desvio padrão de 0,16 MPa e o CV 29%.

Figura 54 – Corpo de prova - nº 10 - Placa de concreto - Fck 90 MPa



Fonte: Autores.

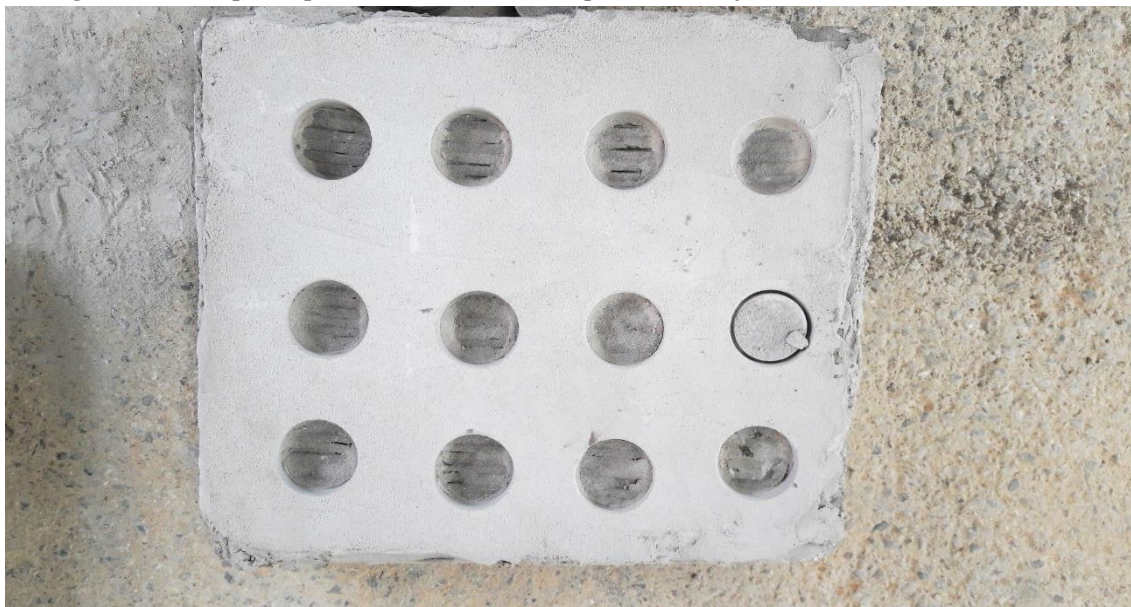
Figura 55 – Corpo de prova - nº10 - Placa de concreto - Fck 90 MPa



Fonte: Autores.

A Figura 56, mostra a placa de concreto após a execução do ensaio.

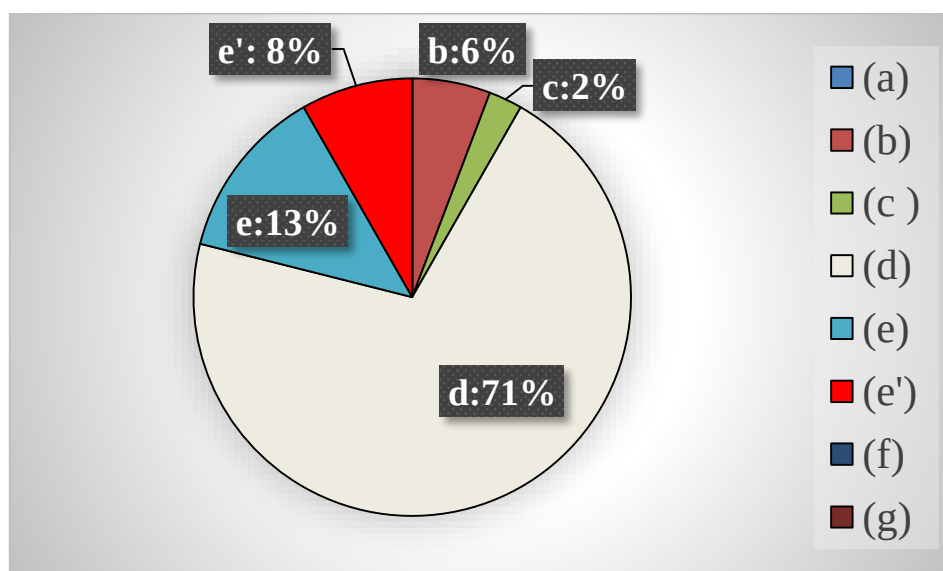
Figura 56 – Corpo de prova - Fck 90 MPa - Após a realização do ensaio de arrancamento.



Fonte: Autores.

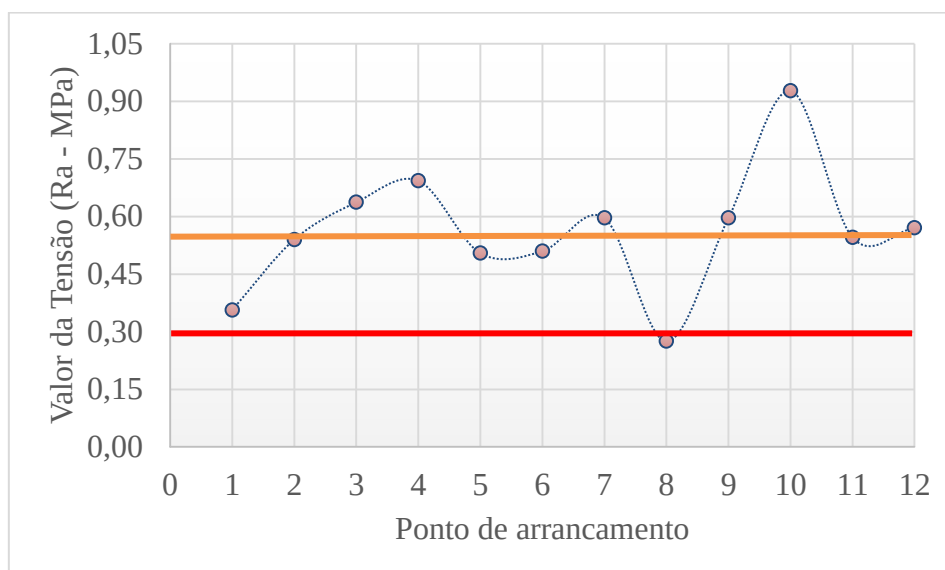
O Gráfico 15 apresenta o percentual de cada forma de ruptura para a placa de 90 MPa e o Gráfico 16 ilustra o valor de tensão para cada ponto de arrancamento.

Gráfico 15: Forma de ruptura da placa de 90 MPa.



(b) - ruptura na interface substrato/chapisco; (c) - ruptura no chapisco; (d): ruptura na interface chapisco/argamassa; (e): ruptura na argamassa; (e'): ruptura na película da argamassa.

Gráfico 16: Valores de tensão para cada ponto de arrancamento na placa de 90 MPa



4.2. ANÁLISE DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

O Quadro 3, a seguir, apresenta o resumo dos resultados encontrados, de maneira a destacar o menor e maior valor encontrado nos arranchamentos de cada placa, além dos respectivos valores da média, dos desvios padrão, dos coeficientes de variação e do percentual de ruptura na interface chapisco/substrato haja visto que tal informação está relacionada ao objetivo da análise.

Quadro 3 – Resumo dos valores encontrados em função do fck do concreto.

Placa (MPa)	Menor Valor (MPa)	Maior Valor (MPa)	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coeficiente de variação - CV (%)	% Ruptura na interface Chapisco / Substrato
20,00	0,50	0,91	0,71	0,13	18	-
30,00	0,70	1,43	0,99	0,20	20	16,67
40,00	0,21	1,18	0,55	0,27	49	3,33
50,00	0,37	1,00	0,61	0,18	30	15,00
60,00	0,34	1,02	0,71	0,16	23	0,83
70,00	0,43	1,02	0,71	0,15	21	-
80,00	0,67	1,16	0,88	0,20	23	-
90,00	0,28	0,93	0,56	0,16	29	5,83

Os gráficos 17 e 18 apresentam os valores da média da resistência de aderência para cada placa e os percentuais de ruptura referente a todos os casos, respectivamente.

Gráfico 17: Média dos valores de tensão para cada placa.

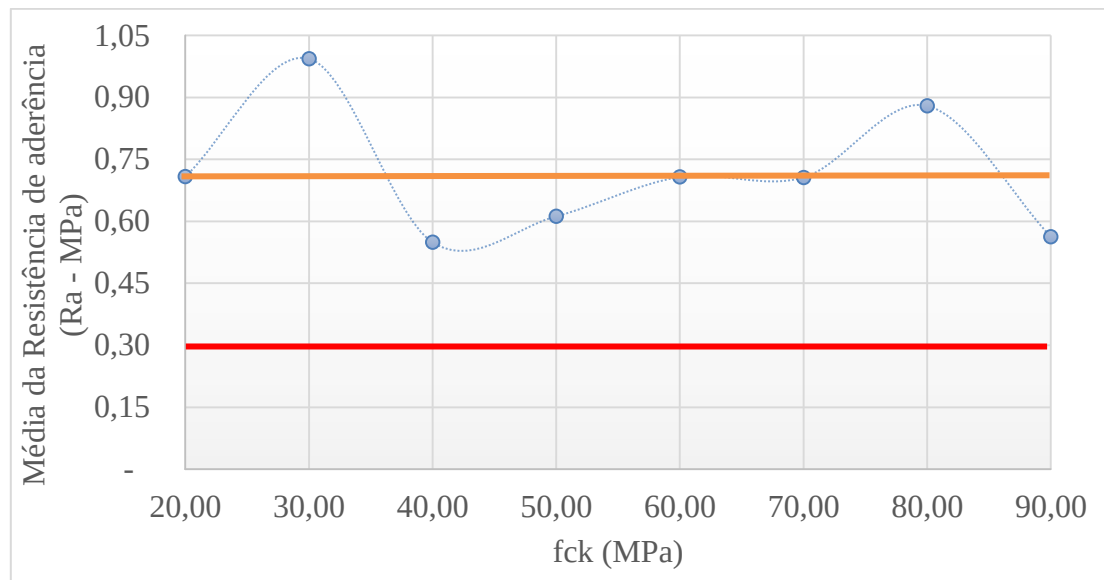
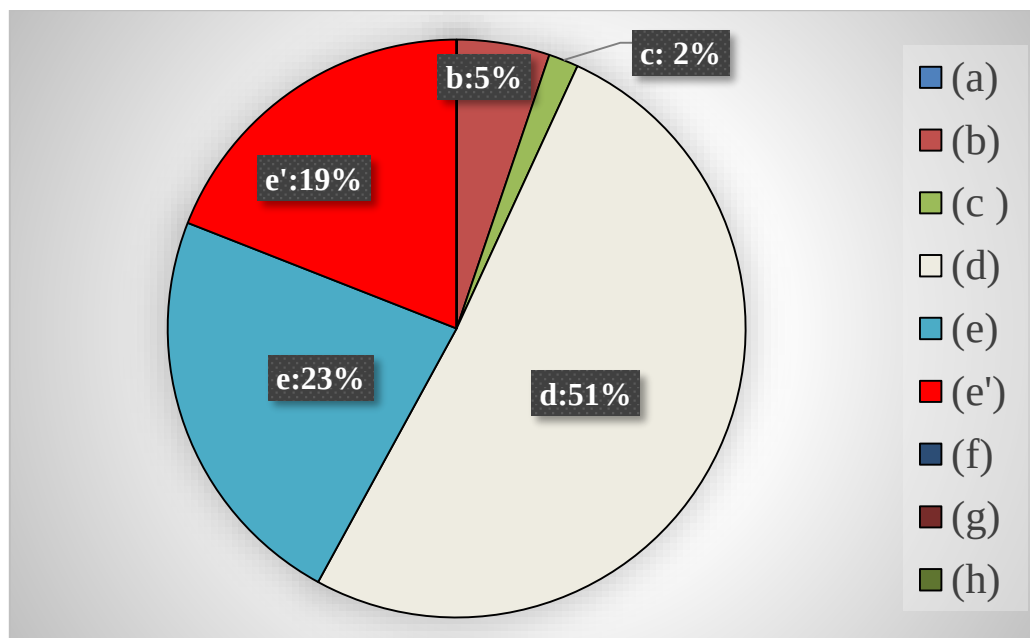


Gráfico 18: Forma de ruptura geral.



(b) - ruptura na interface substrato/chapisco; (c) - ruptura no chapisco; (d): ruptura na interface chapisco/argamassa; (e): ruptura na argamassa; (e'): ruptura na película da argamassa.

Verifica-se que houve pouca influência do substrato na resistência de aderência do chapisco já que em apenas 5% dos testes de arrancamento, a ruptura se deu em tal interface, além disso, nestas situações os valores de resistência a aderência estiveram sempre acima dos requisitos da NBR 13479. A média dos valores em todos os tipos de ruptura também esteve sempre acima de 0,50 MPa assinalando um alto grau de qualidade perante aos valores exigidos.

Desse modo, entende-se que nas execuções realizadas com o chapisco colante, seguindo as orientações dos fabricantes, tanto na dosagem quanto na aplicação do material, para as limitações impostas neste trabalho foi possível atender aos requisitos normativos. Acredita-se ainda que o tratamento superficial é capaz de intensificar a resistência a aderência no substrato.

Salienta-se que no presente estudo, não foi objeto de análise do uso de desmoldantes nas formas, que possivelmente tem influência na aderência do chapisco e tendem a prejudicar a ancoragem do material.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo principal avaliar a influência da resistência característica a compressão do concreto na resistência a aderência a tração de argamassas, de forma que a avaliação fora realizada através de um programa experimental. O trabalho teve como hipótese que conforme se aumentava a resistência do concreto, menor seria a aderência do chapisco no substrato de concreto, em função da condição menos porosa da superfície do material.

Com o propósito de atender os objetivos deste estudo, foram abordados conceitos teóricos inerentes ao concreto de alta resistência - CAR, sistema de revestimento de argamassa, adesão e aderência do revestimento, técnicas de aplicação da camada de argamassa de chapisco e sobre o ensaio de resistência a aderência à tração.

Para estudar tal influência, foram moldadas 8 (oito) placas de diferentes resistências (C20 a C90 MPa) e utilizou-se um sistema de revestimento com chapisco desempenado e argamassa industrial.

Com base nos resultados obtidos a partir da realização dos ensaios de arrancamento, verificou-se que houve pouca influência do substrato na resistência de aderência do chapisco dada à pequena porcentagem, 5% dos arrancamentos, a ruptura ocorreu na interface chapisco / substrato, além do que os valores atenderam aos requisitos exigidos pela NBR 13749.

Tais resultados vão de encontro com o que vem sendo estudados por alguns autores, tais como Carasek *et al.* (2005) e Ruduit (2009), já que em suas pesquisas tem sido observado uma redução na aderência em substratos de concreto.

Uma hipótese é que no presente estudo não foi feito uso de óleos desmoldantes, de uso comum nas obras, além de ter sido feita a limpeza do substrato antes da aplicação do chapisco. Outro fator é que houve uma condição de cura sem exposição direta ao sol / vento, de modo que o revestimento foi

protegido da perda de água por evaporação. Conforme mencionado por Pereira (2007) o aumento ou antecipação da retirada de água do revestimento durante a fase plástica geram consequência que repercutem nas propriedades da fase endurecida da argamassa e ademais, a movimentação ocasionada no revestimento pela mudança de condição de exposição pode gerar consequências irreversíveis no revestimento. Moura (2007) concluiu em seu estudo que o calor exerce influência significativa na resistência de aderência das argamassas. Sendo assim, a cura possibilitou redução da influência do clima no revestimento.

Outro fator é que a espessura do revestimento foi fixa em 2 centímetros, fato que nem sempre ocorre nas obras, em que o revestimento possui maior espessura e com valores variados. De acordo com Pereira (2007), revestimentos de maior espessura possuem movimentação superficial maiores, que possibilitam a ocorrência de fissuras / descolamentos. No estudo de Carasek *et al.* (2005) verificou-se que em alguns locais a espessura do revestimento era de 6 centímetros, o que contribuiu para o aumento dos efeitos da retração.

Por outro lado, o estudo de Muller (2010) que utilizou concretos de 35 MPa para a análise da aderência do chapisco em diferentes condições de umidade de substrato (seco, úmido e saturado) verificou que a saturação levou a uma redução na resistência de aderência dos chapiscos. No presente estudo, foi feito a aplicação de chapisco com os moldes recém retirados dos tanques de cura, ou seja, saturados.

Desta forma, alguns pontos favoreceram a aderência e outros prejudicaram, mas ainda assim, os valores encontrados foram satisfatórios. Entende-se que é necessário um estudo mais aprofundado de cada variável para que se possa explicar a real contribuição para a aderência.

Acredita-se por fim, que nas execuções realizadas com o chapisco colante, seguindo as orientações dos fabricantes, tanto na dosagem quanto na aplicação do material, com as limitações impostas neste trabalho foi possível atender aos requisitos normativos.

5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

De forma a dar sequência ao estudo desenvolvido neste trabalho são apresentadas as seguintes sugestões:

- a) Variar o tipo fôrma utilizada: Avaliar a influência das fôrmas plastificadas e fôrmas metálicas;
- b) Variar as técnicas de aplicação do chapisco e o tipo de chapisco: chapisco convencional, chapisco rolado e chapisco industrializado.
- c) Utilizar óleos desmoldantes nas formas.
- d) Variar a utilização das marcas comerciais da argamassa do chapisco.
- e) Variar as condições de umidade do substrato.
- f) Variar as condições de cura, exposição e espessura do revestimento.
- g) Variar as condições de tratamento do substrato.
- h) Utilizar concretos de alto desempenho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto**. Rio de Janeiro, 2013.

____. **NBR 5739 – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos - Concreto** . Rio de Janeiro, 2007.

____. **NBR 7200 – Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1998b.

____. **NBR 8953 – Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2015.

____. **NBR 13528 – Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – determinação da resistência de aderência à tração**. Rio de Janeiro, 2010.

____. **NBR 13529 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia**. Rio de Janeiro, 2013.

____. **NBR 13749: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação**. Rio de Janeiro, 2013.

____. **NBR 15575-2:2013 – Edificações habitacionais – Desempenho Parte 2: Requisitos**. Rio de Janeiro, 2013.

____. **NBR NM 67 – Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998a.

AITCIN, P. C. - **Concreto de Alto Desempenho/ Pierre-Claude Aitcin**; tradução de Geraldo G.Serra, - São Paulo: Pini, 2000, p.667

AITCIN, P. C.; MEHTA, P. K. **Effect of coarse-aggregate characteristics on mechanical properties of high-strength concrete**. ACI Materials Journal, v. 87, n. 2, p. 103-107, Mar/Apr. 1990.

AITCIN, P. C.; NEVILLE, A. M. **High-Performance Concrete Demystified**. Concrete International, v.15, n.1, p. 21-26, January, 1993.

ALVES, M. F. **Estudo comparativo de métodos de dosagem para concretos de alta resistência**. Porto Alegre, 2000. 137p. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BALBO, J. T. Applications of High-Performance Concrete for Ultra-Thin Pavements Overlays (White-Topping). In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON HIGH-PERFORMANCE CONCRETE AND PERFORMANCE AND QUALITY OF CONCRETE STRUCTURES, 2, 1992, Gramado, **Proceedings**. Michigan: CANMET/ACI, 1999, p. 731-743.

BAUER, Elton. **Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades**. Brasília: LEM-UnB/Sinduscon-DF, 2005.

CANDIA, M.C. **Contribuição ao Estudo das Técnicas de Preparo da Base no Desempenho dos Revestimentos de Argamassa**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1998, 198p.

CARASEK, Helena; CASCUDO, Oswaldo; SCARTEZINI, Luís Maurício. **Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa**. IV Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Brasília, 2001.

CARASEK, H.; DJANIKIAN, J.G. **Aderência de argamassas a base de cimento Portland e unidades de alvenaria**. São Paulo: EPUSP, 1997. Boletim Técnico – série BT/PCC. N 179.

CARASEK, H. **Aderência de argamassas à base de cimento Portland a substratos porosos: avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação**. Tese – Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1996.

CARASEK, H. Argamassas. In: Ibracon. **Materiais de Construção civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 2ª Ed. São Paulo: ISAIA, G. C., 2010, vol. 2, 894 – 944.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; JUCÁ, T. **Estudo de Casos de Deslocamento de Revestimento de Argamassa Aplicado Sobre Estrutura de Concreto**. VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2005.

CEOTTO, L.H.; Banduk, R.C.; Nakakura, E.H. **Recomendações técnicas habitare – volume 1, revestimentos de argamassa: boas práticas de projeto, execução e avaliação**. Porto Alegre, 2005.

COLLEPARDI, M. Superplasticizers and air entraining agents: state of the art and future needs. In: V. MOHAN MALHOTRA SYMPOSIUM ON CONCRETE TECHNOLOGY: PAST, PRESENT, AND FUTURE, 1993, Berkeley, California. **Papers**. Detroit: American Concrete Institute, 1994. p399-416.(ACI Special Publication, 144).

COSTA, E.B.C **Análise de parâmetros influentes na aderência de matrizes cimentícias**. São Paulo, 2014, 156. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

DAL MOLIN, D. C. C. **Contribuição ao estudo das propriedades mecânicas dos concretos de alta resistência com adição de microssilica.** São Paulo, 1995, 286p. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

DE LARRARD, F.; BELLOC, A. Are small aggregate really better for making high-strength concrete. **Cement, Concrete and Aggregates**, v. 12, n. 2, p. 47-52. 1990.

KAZMIERCZAK, C; BREZEZINSKI, D.E; COLLATTO, D. **Influência das características da base na resistência de aderência à tração e na distribuição de poros de uma argamassa.** Estudos Tecnológicos em Engenharia, v. 3, n. 1, p. 47-58, 2007.

GALLEGOS, H.; Adhésion entre el mortero y lãs unidades de albñeria. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 1.,1995, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG; ANTAC, 1995. p 117-133. 1 CD.

FIORITO, A.J.S.I., **Manual de argamassas e revestimentos:** Estudos e procedimentos de execução. 2ª Ed. São Paulo: Editora Pini, 2009.

GASPERIN, J. **Aderência de revestimentos de argamassa em substrato de concreto: influência da forma de aplicação e composição do chapisco.** Tese de Mestrado em Engenharia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2011, 194p

HARTMANN, C. T. **Avaliação de aditivos superplastificantes base policarboxilatos destinados a concretos de cimento Portland.** São Paulo: UFSP, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

HELENE, P.; RINCÓN O. T. de. **Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto**. Red Rehabitar, São Paulo, 2003, p. 209-214.

HOWARD, N. L.; LEATHAM, D. M. The production and delivery of high-strength concrete. **Concrete International**, v. 11, n.4, p. 26-30, April. 1989.

MEHTA, P. K.; AİTCIN, P. C. Microstructural Basis of Selection of Materials and Mix Proportions for High Strength Concrete. In: HSC INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON UTILIZATION ON HIGH STRENGTH CONCRETE, 2nd, ACI SP121. **Proceedings**. 1990a, p. 265-286.

MEHTA, P. K.; AİTCIN, P. C. Principles underlying production of high-performance concrete. **Cemente, Concrete and Aggregates**, Philadelphia, v. 12, n. 2, p. 70-78, winter, 1990b.

MEHTA, P. K. Advancements in Concrete Technology. **Concrete International**, v. 6, n. 21, p. 69-76, June 1999.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo: Ibracon, 2008.

MEHTA, P. K.; AICTIN, P. C. M. **Principles underlying production of high performance concrete**. **Cement, Concrete and Aggregates**, Philadelphia, v.13, 1990.

MONTEIRO, P. J. M. **Microestruure of concret and its influence on the mechanical properties**. Berkeley, California, 1985. 153p. Tese de Doutorado. University of California, Berkeley.

MOURA, C.B. (2007). **Aderência de revestimentos externos de argamassa em substratos de concreto: Influência das condições de temperatura e ventilação**

na cura do chapisco. Tese de Mestrado em Engenharia na modalidade Acadêmico, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2007, 232p.

MULLER, A.A. Avaliação da aderência dos diferentes tipos de chapiscos sobre substrato de concreto. 2010. 74 f. Trabalho de diplomação – UFRGS, Porto Alegre.

NAWY, E. G. **Fundamentals of High Strength High Performance Concrete.** London: Longman Group Limited, 1996. 340p.

NEVILLE, A. M. Water and Concrete: A Love-Hate Relationship. **Concrete International**, v. 22, n. 12, p. 34-38. December, 2000.

PAES, I. N. L. **Avaliação do Transporte de água em revestimento de argamassa nos momentos iniciais pós-Aplicação.** Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade de Brasília., DF, 2004, 242p.

PEREIRA, C.H.A.F. (2007). **Contribuição ao Estudo da Fissuração, da Retração e do Mecanismo de Descolamento do Revestimento à Base de Argamassa.** Tese de Doutorado em Estruturas e Construção Civil, Publicação: E.TD – 006 A/07, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 195p.

PRETTO, M. E. J. **Influência da rugosidade gerada pelo tratamento superficial do substrato de concreto na aderência do revestimento de argamassa.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2007.

RIBEIRO, F.A.; BARROS, M.M.S.B. **Juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachada.** 1ª Ed. São Paulo: Editora Pini, 2010. 144p.

RUDUIT, F. R. (2009) **Contribuição ao estudo da aderência de revestimentos de argamassa e chapiscos em substrato.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2009, 177p.

SHAH, S. P. High-Strength Concrete – A Workshop Summary. **Concrete International**, v. 3, n. 5, p. 94-98, May, 1981

SILVA, V.S. 2004. **Aderência de chapiscos em concretos estruturais – melhoria da microestrutura da zona de interface pela adição da sílica da casca de arroz.** São Carlos, SP. Tese de doutorado.

SELMO, S. M. S. **Dosagem de argamassas de cimento Portland e cal para revestimento externo de fachada de edifícios,** Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989, 227p.

SCARTEZINI, L.M.B.; JUCA, T.R.; TEIXEIRA, F.; ANTONELLI, G.; CASCUDO, O. e CARASEK, H. **Influência do preparo da base na aderência e na permeabilidade à água dos revestimentos de argamassa.** Revista Ambiente Construído, 2:85-92, 2002.

SCARTEZINI, L.M.B. e CARASEK. **“Fatores que exercem influência na resistência de aderência à tração dos revestimentos de argamassa.”** In: IV Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2003.

SCHULTZ, J.; NARDIN, M. **Theories and Mechanisms of Adhesion.** Handbook of adhesive technology, Revised and Expanded, 2003.

SMITH, G. J.; RAD, F. N. Economics advantages of high-strength concrete in columns. **Concrete International**, v. 11, n.4, p. 37-43, April, 1989.

TÉCHNE, REVISTA DE ENGENHARIA. **Concretos de alto desempenho com adições minerais e químicas.** Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/165/concretos-de-alto-desempenho-com-adicoes-minerais-e-quimicas-287804-1.aspx>. Acesso em 05/08/2015 às 23 horas.

TÉCHNE, REVISTA DE ENGENHARIA. **Teste padrão - Ensaio de aderência de revestimentos de argamassa - NBR 13.528.** Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/159/teste-padrao-ensaio-de-aderencia-de-revestimentos-de-argamassa-287754-1.aspx>, 2010, Acesso em 15/03/2016 às 14 horas

WATANABE, Paula Sumie. **Concretos Especiais – Propriedades, materiais e aplicações.** Relatório Final de Pesquisa da Bolsa de Iniciação Científica FAPESP. Faculdade de Engenharia - Unesp – Campus de Bauru/SP, 2008.

ANEXO I - Ficha Técnica - Chapisco Industrializado para concreto

votomassa

ficha técnica do produto

chapisco concreto

01

INDICAÇÃO:

A **votomassa chapisco concreto** é indicada como ponte de aderência entre bases de baixa absorção (peças estruturais de concreto) e argamassa de revestimento, tanto em áreas internas quanto externas, proporcionando alta qualidade de serviço para obras de qualquer porte.



◀ ANTES

3202 Chapisco Adesivo para Concreto - Matrix

02

COMPOSIÇÃO:

A **votomassa chapisco concreto** é uma mistura homogênea de cimento Portland, agregados minerais com granulometria controlada e aditivos químicos.



03

ARMAZENAMENTO:

Para a preservação da qualidade, os sacos devem ser armazenados sobre estrados em local coberto, seco e arejado, distantes no mínimo 30 cm da parede. As pilhas devem ter no máximo 10 sacos de altura.

04

VALIDADE:

Seis meses a partir da data de fabricação impressa na embalagem, se respeitadas as condições de armazenamento.

05

RENDIMENTO:

Em média 5,0 kg/m², variando em função da aplicação (formato dos dentes da desempenadeira e espessura acabada).



1

Votorantim
Cimentos

Não está considerado neste valor o índice de perdas durante a aplicação do produto.

ATENÇÃO

Utilizar equipamentos de proteção, como óculos e luvas de borracha. Se necessário utilizar máscara tipo P1.

Em caso de contato com a pele, lavar com água e sabão em abundância. Se houver desenvolvimento de algum tipo de irritação, procurar atendimento médico.

Em caso de contato com os olhos, lavar imediatamente com água em abundância e procurar atendimento médico.

Em caso de ingestão, procurar imediatamente atendimento médico.

Para mais informações entrar em contato com o SAC através do telefone 0800 701 9898.

ESTE PRODUTO ESTÁ PRONTO PARA USO. NÃO É NECESSÁRIO ADICIONAR NENHUM COMPONENTE ALÉM DA ÁGUA, CONFORME QUANTIDADE INDICADA.

Preparo da base

É recomendada a inspeção prévia na superfície da base que receberá a **votomassa chapisco concreto**. A base deve estar plana, limpa, com superfície seca, fria ao tato, isenta de poeiras, substâncias oleosas, tintas, eflorescência ou outras condições que possam prejudicar a aplicação da argamassa e sua aderência à base. É necessária a completa remoção do desmoldante da superfície da base de concreto, e tratamento de ferragens expostas. A base deve apresentar superfície porosa e áspera.

Cuidados especiais da base: em condições ambientais muito extremas (temperatura ambiente superior a 30°C e umidade relativa do ar inferior a 40 %), é necessário umedecer a base de concreto. Aguardar a secagem da superfície da base para posterior aplicação da argamassa.

ATENÇÃO: a base deve estar fria ao tato (referência: temperatura da base inferior a 28°C) para aplicação da **votomassa chapisco concreto**.

Preparo da argamassa

Em um recipiente limpo e estanque, adicionar água potável, conforme teor impresso na embalagem junto à data de fabricação para cada saco de argamassa. Misturar até que se forme uma argamassa homogênea e sem grumos. Pode ser aplicada logo após a sua mistura com água. A **votomassa chapisco concreto** pode ser preparada através de mistura manual ou mecânica, lenta e forçada (Mistura Vertical - Tipo Hélice).



2

Após a mistura, a argamassa deve estar homogênea e sem grumos. Recomendamos que a temperatura da água de mistura esteja entre 18°C e 25°C.

Tempo para uso da argamassa

O tempo máximo de utilização da argamassa é de 2 horas, contadas a partir do início da mistura. Durante este período não deve ser adicionada água ou qualquer outro produto, bastando apenas reamassá-la antes da aplicação. Ultrapassado o tempo de 2 horas, a argamassa deverá ser descartada.

06

APLICAÇÃO DA ARGAMASSA:

Iniciar a aplicação da argamassa com o lado liso da desempenadeira metálica aplicando uma fina camada de argamassa com espessura entre 4,0 e 6,0 mm em uma área máxima de 2,0 m². A seguir, com o lado denteado deslizar a desempenadeira, sobre o pano aplicado, com inclinação média de 70° em relação à base, formando cordões contínuos e uniformes.

Cuidados especiais: em situações onde as condições ambientais apresentarem-se críticas (temperatura ambiente superior a 30°C e umidade relativa do ar inferior a 40%) é necessário realizar aspersão de água sobre o chapisco em um intervalo de 2 horas, durante o período de 6 horas.

Verificar sempre a condição da desempenadeira, substituindo-a por uma nova quando os dentes estiverem com desgaste acima de 1,0 mm.

Aplicar a **votomassa chapisco concreto** no mínimo 7 dias após a desforma do concreto.

A aplicação do revestimento deve ser realizada no mínimo após 72 horas da aplicação da **votomassa chapisco concreto**. Recomendamos utilizar argamassa de revestimento pertencente à linha Matrix.

IMPORTANTE

A plena capacidade e qualidade da argamassa **votomassa chapisco concreto** dependem diretamente de sua correta utilização, detalhadamente descritas nesta embalagem. O fabricante não se responsabiliza por eventuais danos ou prejuízos causados em razão do não atendimento às especificações aqui descritas, caso a estocagem ou aplicação se dêem em condições inapropriadas, ou haja utilização de produto com prazo de validade vencido.



3

ANEXO II - Ficha Técnica - Argamassa de emboço industrializada - Ceramfix

FQ-PD-05

Rev.: 02 Pág.: 1/4

Criado: 11/08/2016

Atualizado: 06/10/2016

FICHA TÉCNICA



1. PRODUTO:

Argamassa Reboca Bem

2. DESCRIÇÃO:

A Argamassa Reboca Bem é uma argamassa pronta para revestimento de alvenaria e para o assentamento de blocos e tijolos, proporcionando maior agilidade na obra, possui excelente aderência mecânica, além de oferecer uma massa leve, macia e de ótimo rendimento,

3. INDICAÇÕES DE USO:

Assentamento:

- Alvenaria sem finalidade estrutural;
- Áreas internas e externas;
- Tijolos, blocos cerâmicos, concreto ou sílico-calcário;

Revestimento:

- Reboco de alvenaria;
- Áreas internas e externas.

4. NÃO INDICADO PARA:

- Assentamento estrutural;
- Assentamento de placas cerâmicas, pastilhas ou pedras naturais;
- Contrapiso ou revestimentos de piso;
- Revestimentos de madeiras ou metais;
- Finalidade decorativa.

FQ-PD-05

Rev.: 02 Pág.: 2/4

Criado: 11/08/2016

FICHA TÉCNICAAtualizado: 06/10/2016

5. MODO DE USAR:**5.1. PREPARE A BASE:**

- A base deve estar plana, com prumo correto e isenta de pó, óleo, tinta ou qualquer outro resíduo que possa prejudicar a aderência do produto;
- Estruturas de concretos devem ser lavadas e escovadas para garantir a total remoção de desmoldantes e depois chapiscadas para proporcionar a aderência adequada;
- Em revestimentos externos ou superfícies lisas, chapiscar a superfície para garantir a aderência;
- Em dias que a temperatura estiver acima de 25°C ou em dias secos, umedecer a base antes do revestimento.

5.2. PREPARE O PRODUTO:

- Prepare o produto num recipiente estanque e limpo;
- Utilize para todo o conteúdo de uma embalagem, a quantidade de água limpa indicada junto à data de fabricação do produto;
- Misture até obter uma massa homogênea e sem grumos;
- No caso de mistura mecânica, a quantidade de água deve ser reduzida em aproximadamente 10% e evitar excesso de tempo de mistura;
- Não há necessidade de tempo de espera para utilizar o produto;
- Utilize o produto até o prazo máximo de 2 horas e não readicione mais água ou qualquer outro produto após a mistura;
- Proteja o produto do sol, vento ou chuva.

5.3. APLICAÇÃO:**Assentamento:**

- Aplique a argamassa sobre os blocos utilizando uma colher de pedreiro ou régua apropriada;
- Posicione os blocos sobre a argamassa pressionando firmemente;
- As juntas devem ter no mínimo 1 cm e no máximo 3 cm e devem ser uniformes;
- Observe o alinhamento, nível e prumo da parede.

Revestimento:

- O revestimento deve ter no máximo 3 cm de espessura;

FQ-PD-05

Rev.: 02 Pág.: 3/4

FICHA TÉCNICA

Criado: 11/08/2016

Atualizado: 06/10/2016

- Aplique a argamassa utilizando uma colher de pedreiro, lançando o produto contra os blocos;
- Após a argamassa apresentar estado de semiendurecimento inicie o acabamento com o auxílio de régua metálica até o nivelamento do revestimento;
- Utilize uma desempenadeira (de madeira, plástico ou espuma) para finalizar o acabamento e uniformizar o revestimento. Se necessário, molhe levemente o revestimento para facilitar o acabamento;
- **ATENÇÃO:**
 - O excesso de água no preparo ou acabamento pode causar fissuras no revestimento;
 - Em dias de sol diretamente sobre o produto, molhe constantemente o revestimento para diminuir o surgimento de fissuras causadas por retração;
- Aguarde pelo menos 14 dias para o assentamento de revestimentos cerâmicos ou similares;
- Aguarde no mínimo 28 dias para pinturas, texturas ou outros acabamentos.

3. IMPORTANTE:

- Recomenda-se que o uso do produto seja realizado entre 10°C e 30°C;
- Peças de metais (como alumínio) devem ser protegidas para evitar manchas;
- NUNCA adicionar mais água a argamassa já misturada, nem ultrapassar o período de utilização de 2 horas.
- Utilize equipamentos de proteção como óculos de proteção, luvas e máscara;
- Utilize mão de obra qualificada e com supervisão técnica.

7. DADOS TÉCNICOS:

7.1. COR: Cinza.

7.2. COMPOSIÇÃO: Cimento Portland cinza, areia quartzosa e aditivos.

7.3. EMBALAGEM: Saco plástico 20 kg;

7.4. ESTOCAGEM: mantenha em local seco e arejado, elevado do solo sobre estrado, empilhamento máximo de 1,5 m de altura, conservado na embalagem original e fechada;

7.5. VALIDADE: 12 meses a partir da data de fabricação se respeitadas as condições de estocagem;

FQ-PD-05

Rev.: 02 Pág.: 4/4

Criado: 11/08/2016

FICHA TÉCNICAAtualizado: 06/10/2016

7.6. CONSUMO:

- Revestimento: $\pm 15 \text{ kg/m}^2$ / cm de espessura;
- Assentamento de blocos 14x19x39cm: $\pm 18 \text{ kg/m}^2$;
- Assentamento de blocos 10x15x20cm: $\pm 25 \text{ kg/m}^2$;

7.7. DESEMPENHO DO PRODUTO:

Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos conforme NBR 13281/2005:

- Classificação: P3, M4, R4, D3, U4, A3.

8. QUÍMICO RESPONSÁVEL:

Alexander Lima Thomaz Gonçalves CRQ: 04363934 – XIII

9. SEGURANÇA: Manter longe do alcance das crianças e dos animais.

APÊNDICE A - Resultados dos ensaios de resistência a compressão aos 3, 7 e 28 dias dos corpos-de-prova utilizados neste estudo.

Quadro 2 – Resistência à compressão - placa de concreto - F_{ck} 20 MPa

Corpos-de-prova - Placa - 20 MPa				
CPs	Moldagem	Rompimento	Idade (dias)	Resistência (MPa)
1	11/08/2016	14/08/2016	3	20,88
2	11/08/2016	14/08/2016	3	20,73
3	11/08/2016	18/08/2016	7	25,68
4	11/08/2016	18/08/2016	7	25,27
5	11/08/2016	08/09/2016	28	31,27
6	11/08/2016	08/09/2016	28	31,08

Fonte: SUPERMIX (2016).

Quadro 3 – Resistência à compressão - placa de concreto - F_{ck} 30 MPa

Corpos-de-prova - Placa - 30 MPa				
CPs	Moldagem	Rompimento	Idade (dias)	Resistência (MPa)
1	11/08/2016	14/08/2016	3	23,52
2	11/08/2016	14/08/2016	3	23,62
3	11/08/2016	18/08/2016	7	31,32
4	11/08/2016	18/08/2016	7	31,75
5	11/08/2016	08/09/2016	28	38,76
6	11/08/2016	08/09/2016	28	39,20

Fonte: SUPERMIX (2016).

Quadro 4 – Resistência à compressão - placa de concreto - F_{ck} 40 MPa

Corpos-de-prova - Placa - 40 MPa				
CPs	Moldagem	Rompimento	Idade (dias)	Resistência (MPa)
1	11/08/2016	14/08/2016	3	36,24
2	11/08/2016	14/08/2016	3	35,24
3	11/08/2016	18/08/2016	7	44,46
4	11/08/2016	18/08/2016	7	43,77
5	11/08/2016	08/09/2016	28	51,69
6	11/08/2016	08/09/2016	28	49,81

Fonte: SUPERMIX (2016).

Quadro 5 – Resistência à compressão - placa de concreto - F_{ck} 50 MPa

Corpos-de-prova - Placa - 50 MPa				
CPs	Moldagem	Rompimento	Idade (dias)	Resistência (MPa)
1	11/08/2016	14/08/2016	3	44,66
2	11/08/2016	14/08/2016	3	44,61
3	11/08/2016	18/08/2016	7	51,46
4	11/08/2016	18/08/2016	7	47,24
5	11/08/2016	08/09/2016	28	61,56
6	11/08/2016	08/09/2016	28	61,65

Fonte: SUPERMIX (2016).

Quadro 6 – Resistência à compressão - placa de concreto - F_{ck} 60 MPa

Corpos-de-prova - Placa - 60 MPa				
CPs	Moldagem	Rompimento	Idade (dias)	Resistência (MPa)
1	11/08/2016	14/08/2016	3	39,13
2	11/08/2016	14/08/2016	3	28,00
3	11/08/2016	18/08/2016	7	27,45
4	11/08/2016	18/08/2016	7	44,12
5	11/08/2016	08/09/2016	28	66,77
6	11/08/2016	08/09/2016	28	66,70

Fonte: SUPERMIX (2016).

Quadro 7 – Resistência à compressão - placa de concreto - F_{ck} 70 MPa

Corpos-de-prova - Placa - 70 MPa				
CPs	Moldagem	Rompimento	Idade (dias)	Resistência (MPa)
1	12/08/2016	15/08/2016	3	44,77
2	12/08/2016	15/08/2016	3	44,71
3	12/08/2016	19/08/2016	7	56,19
4	12/08/2016	19/08/2016	7	56,06
5	12/08/2016	09/09/2016	28	80,02
6	12/08/2016	09/09/2016	28	79,68

Fonte: SUPERMIX (2016).

Quadro 8 – Resistência à compressão - placa de concreto - F_{ck} 80 MPa

Corpos-de-prova - Placa - 80 MPa				
CPs	Moldagem	Rompimento	Idade (dias)	Resistência (MPa)
1	12/08/2016	15/08/2016	3	50,00
2	12/08/2016	15/08/2016	3	57,19
3	12/08/2016	19/08/2016	7	74,04
4	12/08/2016	19/08/2016	7	73,97
5	12/08/2016	09/09/2016	28	86,77
6	12/08/2016	09/09/2016	28	85,16

Fonte: SUPERMIX (2016).

Quadro 9 – Resistência à compressão - placa de concreto - F_{ck} 90 MPa

Corpos-de-prova - Placa - 90 MPa				
CPs	Moldagem	Rompimento	Idade (dias)	Resistência (MPa)
1	12/08/2016	15/08/2016	3	69,02
2	12/08/2016	15/08/2016	3	67,68
3	12/08/2016	19/08/2016	7	83,78
4	12/08/2016	19/08/2016	7	84,29
5	12/08/2016	09/09/2016	28	95,41
6	12/08/2016	09/09/2016	28	94,24

Fonte: SUPERMIX (2016).

APÊNDICE B - Resultados dos ensaios de resistência de aderência à tração - NBR 13528/2010

Quadro 10 – Resultado de resistência de aderência à tração - Placa com F_{ck} - 20 MPa

Ensaio de resistência de aderência à tração - Revestimento com chapisco (NBR 13528/2010)

1. Informações do sistema de revestimento

Substrato: () Bloco cerâmico () Bloco de concreto (X) Estrutura de concreto () _____

Chapisco: () Não (X) Sim

Argamassa: ☐ Cimento ☐ Mista: _____ ☒ Industrializada

Tipo de aplicação da argamassa: (X) Manual () Mecânica

Idade do revestimento: ☒ 28 dias ☐ Mais de 28 dias ☐ Menos de 28 dias

Coleta de dados: Placa

Identificação do Corpo de prova				Leitura manom. (kgf/cm2)	Carga de ruptura (N)	Valor da Tensão de aderencia do sistema de revestimento - Ra	Valor Real argamassa de emboço	Forma de ruptura (%)									Espessura média do revestimento (mm)
Amostra	d1 (mm)	d2 (mm)	Área (mm²)					(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(e')	(f)	(g)	(h)	
01	50,0	50,0	1.963	130	1260	0,64	>0,64	0	0	0	100	0	0	0	0	0	20
02	50,0	50,0	1.963	129	1250	0,64	>0,64	0	0	0	100	0	0	0	0	0	
03	50,0	50,0	1.963	101	980	0,50	0,50	0	0	0	90	10	0	0	0	0	
04	50,0	50,0	1.963	165	1600	0,82	>0,82	0	0	0	100	0	0	0	0	0	
05	50,0	50,0	1.963	185	1790	0,91	>0,91	0	0	10	90	0	0	0	0	0	
06	50,0	50,0	1.963	130	1260	0,64	>0,64	0	0	0	100	0	0	0	0	0	
07	50,0	50,0	1.963	162	1570	0,80	>0,80	0	0	0	100	0	0	0	0	0	
08	50,0	50,0	1.963	128	1240	0,63	>0,63	0	0	0	100	0	0	0	0	0	
09	50,0	50,0	1.963	107	1040	0,53	0,53	0	0	0	90	10	0	0	0	0	
10	50,0	50,0	1.963	155	1500	0,76	>0,76	0	0	0	100	0	0	0	0	0	
11	50,0	50,0	1.963	153	1480	0,75	>0,75	0	0	0	100	0	0	0	0	0	
12	50,0	50,0	1.963	177	1710	0,87	>0,87	0	0	0	100	0	0	0	0	0	

d1 e d2 - Diâmetros do Corpo de prova

Formas de ruptura:	(a) - ruptura no substrato	(b) - ruptura na interface substrato/chapisco
	(c) - ruptura no chapisco	(d) - ruptura na interface chapisco/argamassa
	(e) - ruptura na argamassa	(e') - ruptura na película da argamassa
	(f) - ruptura na interface argamassa/cola	(g) - Ruptura na interface cola/pastilha
	(h) - Ligação na interface argamassa/argamassa, quando em espessura superior a 2,5cm sem aplicação de tela	

Fonte: Autores.

Quadro 11 – Resultado de resistência de aderência à tração - Placa com Fck - 30 MPa

Ensaio de resistência de aderência à tração - Revestimento com chapisco (NBR 13528/2010)

1. Informações do sistema de revestimento

Substrato: () Bloco cerâmico () Bloco de concreto (X) Estrutura de concreto () _____

Chapisco: () Não (X) Sim

Argamassa: () Cimento () Mista: _____ (X) Industrializada

Tipo de aplicação da argamassa: (X) Manual () Mecânica

Idade do revestimento: () 28 dias (X) Mais de 28 dias () Menos de 28 dias

Coleta de dados:

Identificação do Corpo de prova				Leitura manom. (kgf/cm2)	Carga de ruptura (N)	Valor da Tensão de aderencia do sistema de revestimento - Ra	Valor Real argamassa de emboço	Forma de ruptura (%)								Espessura média do revestimento (mm)	
Amostra	d1 (mm)	d2 (mm)	Área (mm²)					(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(e')	(f)	(g)		(h)
01	50,0	50,0	1.963	143	1380	0,70	>0,70	0	0	0	0	0	100	0	0	0	20
02	50,0	50,0	1.963	197	1900	0,97	>0,97	0	0	0	0	0	100	0	0	0	
03	50,0	50,0	1.963	181	1750	0,89	>0,89	0	0	0	0	0	100	0	0	0	
04	50,0	50,0	1.963	171	1650	0,84	>0,75	0	100	0	0	0	0	0	0	0	
05	50,0	50,0	1.963	152	1470	0,75	>0,75	0	100	0	0	0	0	0	0	0	
06	50,0	50,0	1.963	214	2070	1,05	>1,05	0	0	0	0	0	100	0	0	0	
07	50,0	50,0	1.963	241	2330	1,19	>1,19	0	0	0	0	0	100	0	0	0	
08	50,0	50,0	1.963	199	1920	0,98	>0,98	0	0	0	0	0	100	0	0	0	
09	50,0	50,0	1.963	199	1920	0,98	>0,98	0	0	0	0	0	100	0	0	0	
10	50,0	50,0	1.963	219	2120	1,08	>1,08	0	0	0	0	0	100	0	0	0	
11	50,0	50,0	1.963	217	2100	1,07	>1,07	0	0	0	0	0	100	0	0	0	
12	50,0	50,0	1.963	289	2800	1,43	>1,43	0	0	0	0	0	100	0	0	0	
d1 e d2 - Diâmetros do Corpo de prova																	

Formas de ruptura:	(a) - ruptura no substrato	(b) - ruptura na interface substrato/chapisco
	(c) - ruptura no chapisco	(d) - ruptura na interface chapisco/argamassa
	(e) - ruptura na argamassa	(e') - ruptura na película da argamassa
	(f) - ruptura na interface argamassa/cola	(g) - Ruptura na interface cola/pastilha
	(h) - Ligação na interface argamassa/argamassa, quando em espessura superior a 2,5cm sem aplicação de tela	

Fonte: Autores.

Quadro 12 – Resultado de resistência de aderência à tração - Placa com Fck - 40 MPa

Ensaio de resistência de aderência à tração - Revestimento com chapisco (NBR 13528/2010)

1. Informações do sistema de revestimento

Substrato: () Bloco cerâmico () Bloco de concreto (X) Estrutura de concreto () _____

Chapisco: () Não (X) Sim

Argamassa: () Cimento () Mista: _____ (X) Industrializada

Tipo de aplicação da argamassa: (X) Manual () Mecânica

Idade do revestimento: (X) 28 dias () Mais de 28 dias () Menos de 28 dias

Coleta de dados:

Identificação do Corpo de prova				Leitura manom. (kgf/cm2)	Carga de ruptura (N)	Valor da Tensão de aderencia do sistema de revestimento - Ra	Valor Real argamassa de emboço	Forma de ruptura (%)								Espessura média do revestimento (mm)	
Amostra	d1 (mm)	d2 (mm)	Área (mm²)					(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(e')	(f)	(g)		(h)
01	50,0	50,0	1.963	156	1510	0,77	0,77	0	0	0	30	70	0	0	0	0	20
02	50,0	50,0	1.963	127	1230	0,63	0,63	0	0	0	40	60	0	0	0	0	
03	50,0	50,0	1.963	240	2320	1,18	1,18	0	0	0	0	100	0	0	0	0	
04	50,0	50,0	1.963	131	1270	0,65	>0,65	0	40	0	60	0	0	0	0	0	
05	50,0	50,0	1.963	131	1270	0,65	>0,65	0	0	0	0	0	100	0	0	0	
06	50,0	50,0	1.963	49	480	0,24	0,24	0	0	0	30	70	0	0	0	0	
07	50,0	50,0	1.963	87	840	0,43	0,43	0	0	0	0	100	0	0	0	0	
08	50,0	50,0	1.963	131	1270	0,65	0,65	0	0	0	0	100	0	0	0	0	
09	50,0	50,0	1.963	43	420	0,21	0,21	0	0	0	20	80	0	0	0	0	
10	50,0	50,0	1.963	85	820	0,42	0,42	0	0	10	80	10	0	0	0	0	
11	50,0	50,0	1.963	55	530	0,27	0,27	0	0	0	90	10	0	0	0	0	
12	50,0	50,0	1.963	101	980	0,50	>0,50	0	0	0	100	0	0	0	0	0	

d1 e d2 - Diâmetros do Corpo de prova

Formas de ruptura:	(a) - ruptura no substrato	(b) - ruptura na interface substrato/chapisco
	(c) - ruptura no chapisco	(d) - ruptura na interface chapisco/argamassa
	(e) - ruptura na argamassa	(e') - ruptura na película da argamassa
	(f) - ruptura na interface argamassa/cola	(g) - Ruptura na interface cola/pastilha
	(h) - Ligação na interface argamassa/argamassa, quando em espessura superior a 2,5cm sem aplicação de tela	

Fonte: Autores.

Quadro 13 – Resultado de resistência de aderência à tração - Placa com Fck - 50 MPa

Ensaio de resistência de aderência à tração - Revestimento com chapisco (NBR 13528/2010)

1. Informações do sistema de revestimento

Substrato: ☐ Bloco cerâmico ☐ Bloco de concreto ☒ Estrutura de concreto ☐ _____Chapisco: ☐ Não ☒ SimArgamassa: ☐ Cimento ☐ Mista: _____ ☒ IndustrializadaTipo de aplicação da argamassa: ☒ Manual ☐ MecânicaIdade do revestimento: ☐ 28 dias ☒ Mais de 28 dias ☐ Menos de 28 dias

Coleta de dados:

Identificação do Corpo de prova				Leitura manom. (kgf/cm2)	Carga de ruptura (N)	Valor da Tensão de aderencia do sistema de revestimento - Ra	Valor Real argamassa de emboço	Forma de ruptura (%)								Espessura média do revestimento (mm)
Amostra	d1 (mm)	d2 (mm)	Área (mm²)					(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(e')	(f)	(g)	
01	50,0	50,0	1.963	123	1190	0,61	>0,61	0	0	20	80	0	0	0	0	20
02	50,0	50,0	1.963	129	1250	0,64	0,64	0	0	0	90	10	0	0	0	
03	50,0	50,0	1.963	118	1140	0,58	>0,58	0	20	0	80	0	0	0	0	
04	50,0	50,0	1.963	115	1110	0,57	0,57	0	0	0	90	10	0	0	0	
05	50,0	50,0	1.963	75	730	0,37	>0,37	0	0	0	0	0	100	0	0	
06	50,0	50,0	1.963	90	870	0,44	0,44	0	0	0	80	20	0	0	0	
07	50,0	50,0	1.963	191	1850	0,94	0,94	0	0	0	70	30	0	0	0	
08	50,0	50,0	1.963	114	1100	0,56	>0,56	0	0	0	100	0	0	0	0	
09	50,0	50,0	1.963	100	970	0,49	0,49	0	0	0	0	20	80	0	0	
10	50,0	50,0	1.963	203	1960	1,00	>1,00	0	0	0	100	0	0	0	0	
11	50,0	50,0	1.963	129	1250	0,64	>0,64	0	100	0	0	0	0	0	0	
12	50,0	50,0	1.963	103	1000	0,51	>0,51	0	60	0	40	0	0	0	0	

d1 e d2 - Diâmetros do Corpo de prova

Formas de ruptura:	(a) - ruptura no substrato	(b) - ruptura na interface substrato/chapisco
	(c) - ruptura no chapisco	(d) - ruptura na interface chapisco/argamassa
	(e) - ruptura na argamassa	(e') - ruptura na película da argamassa
	(f) - ruptura na interface argamassa/cola	(g) - Ruptura na interface cola/pastilha
	(h) - Ligação na interface argamassa/argamassa, quando em espessura superior a 2,5cm sem aplicação de tela	

Fonte: Autores.

Quadro 14 – Resultado de resistência de aderência à tração - Placa com Fck - 60 MPa

Ensaio de resistência de aderência à tração - Revestimento com chapisco (NBR 13528/2010)

1. Informações do sistema de revestimento

Substrato: ☐ Bloco cerâmico ☐ Bloco de concreto ☒ Estrutura de concreto ☐ _____Chapisco: ☐ Não ☒ SimArgamassa: ☐ Cimento ☐ Mista: _____ ☒ IndustrializadaTipo de aplicação da argamassa: ☒ Manual ☐ MecânicaIdade do revestimento: ☐ 28 dias ☒ Mais de 28 dias ☐ Menos de 28 dias

Coleta de dados:

Identificação do Corpo de prova				Leitura manom. (kgf/cm2)	Carga de ruptura (N)	Valor da Tensão de aderencia do sistema de revestimento - Ra	Valor Real argamassa de emboço	Forma de ruptura (%)								Espessura média do revestimento (mm)	
Amostra	d1 (mm)	d2 (mm)	Área (mm²)					(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(e')	(f)	(g)		(h)
01	50,0	50,0	1.963	145	1400	0,71	>0,71	0	0	10	90	0	0	0	0	0	20
02	50,0	50,0	1.963	141	1360	0,69	0,69	0	0	0	0	20	80	0	0	0	
03	50,0	50,0	1.963	106	1030	0,52	0,52	0	0	0	70	30	0	0	0	0	
04	50,0	50,0	1.963	153	1480	0,75	>0,75	0	0	10	90	0	0	0	0	0	
05	50,0	50,0	1.963	68	660	0,34	>0,34	0	0	0	0	0	100	0	0	0	
06	50,0	50,0	1.963	138	1330	0,68	0,68	0	0	0	0	30	70	0	0	0	
07	50,0	50,0	1.963	207	2000	1,02	1,02	0	0	0	70	30	0	0	0	0	
08	50,0	50,0	1.963	166	1610	0,82	>0,82	0	10	10	80	0	0	0	0	0	
09	50,0	50,0	1.963	157	1520	0,77	>0,77	0	0	0	0	0	100	0	0	0	
10	50,0	50,0	1.963	137	1330	0,68	0,68	0	0	0	90	10	0	0	0	0	
11	50,0	50,0	1.963	144	1390	0,71	0,71	0	0	0	90	10	0	0	0	0	
12	50,0	50,0	1.963	161	1560	0,79	>0,79	0	0	0	0	0	100	0	0	0	

d1 e d2 - Diâmetros do Corpo de prova

Formas de ruptura:	(a) - ruptura no substrato	(b) - ruptura na interface substrato/chapisco
	(c) - ruptura no chapisco	(d) - ruptura na interface chapisco/argamassa
	(e) - ruptura na argamassa	(e') - ruptura na película da argamassa
	(f) - ruptura na interface argamassa/cola	(g) - Ruptura na interface cola/pastilha
	(h) - Ligação na interface argamassa/argamassa, quando em espessura superior a 2,5cm sem aplicação de tela	

Fonte: Autores.

Quadro 15 – Resultado de resistência de aderência à tração - Placa com Fck - 70 MPa

Ensaio de resistência de aderência à tração - Revestimento com chapisco (NBR 13528/2010)

1. Informações do sistema de revestimento

Substrato: () Bloco cerâmico () Bloco de concreto (X) Estrutura de concreto () _____

Chapisco: () Não (X) Sim

Argamassa: () Cimento () Mista: _____ (X) Industrializada

Tipo de aplicação da argamassa: (X) Manual () Mecânica

Idade do revestimento: (X) 28 dias () Mais de 28 dias () Menos de 28 dias

Coleta de dados:

Identificação do Corpo de prova				Leitura manom. (kgf/cm2)	Carga de ruptura (N)	Valor da Tensão de aderencia do sistema de revestimento - Ra	Valor Real argamassa de emboço	Forma de ruptura (%)								Espessura média do revestimento (mm)	
Amostra	d1 (mm)	d2 (mm)	Área (mm²)					(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(e')	(f)	(g)		(h)
01	50,0	50,0	1.963	119	1150	0,59	0,59	0	0	0	50	50	0	0	0	0	20
02	50,0	50,0	1.963	207	2000	1,02	1,02	0	0	0	0	100	0	0	0	0	
03	50,0	50,0	1.963	129	1250	0,64	0,64	0	0	0	30	70	0	0	0	0	
04	50,0	50,0	1.963	168	1620	0,83	0,83	0	0	10	40	50	0	0	0	0	
05	50,0	50,0	1.963	164	1590	0,81	0,81	0	0	10	45	45	0	0	0	0	
06	50,0	50,0	1.963	87	840	0,43	0,43	0	0	10	70	20	0	0	0	0	
07	50,0	50,0	1.963	142	1370	0,70	>0,70	0	0	10	90	0	0	0	0	0	
08	50,0	50,0	1.963	122	1180	0,60	0,60	0	0	0	70	30	0	0	0	0	
09	50,0	50,0	1.963	128	1240	0,63	0,63	0	0	0	70	30	0	0	0	0	
10	50,0	50,0	1.963	156	1510	0,77	>0,77	0	0	0	100	0	0	0	0	0	
11	50,0	50,0	1.963	149	1440	0,73	>0,73	0	0	0	100	0	0	0	0	0	
12	50,0	50,0	1.963	150	1450	0,74	0,74	0	0	0	0	100	0	0	0	0	

d1 e d2 - Diâmetros do Corpo de prova

Formas de ruptura:	(a) - ruptura no substrato	(b) - ruptura na interface substrato/chapisco
	(c) - ruptura no chapisco	(d) - ruptura na interface chapisco/argamassa
	(e) - ruptura na argamassa	(e') - ruptura na película da argamassa
	(f) - ruptura na interface argamassa/cola	(g) - Ruptura na interface cola/pastilha
	(h) - Ligação na interface argamassa/argamassa, quando em espessura superior a 2,5cm sem aplicação de tela	

Fonte: Autores.

Quadro 16 – Resultado de resistência de aderência à tração - Placa com Fck - 80 MPa

Ensaio de resistência de aderência à tração - Revestimento com chapisco (NBR 13528/2010)

1. Informações do sistema de revestimento

Substrato: () Bloco cerâmico () Bloco de concreto (X) Estrutura de concreto () _____

Chapisco: () Não (X) Sim

Argamassa: () Cimento () Mista: _____ (X) Industrializada

Tipo de aplicação da argamassa: (X) Manual () Mecânica

Idade do revestimento: (X) 28 dias () Mais de 28 dias () Menos de 28 dias

Coleta de dados:

Identificação do Corpo de prova				Leitura manom. (kgf/cm2)	Carga de ruptura (N)	Valor da Tensão de aderencia do sistema de revestimento - Ra	Valor Real argamassa de emboço	Forma de ruptura (%)								Espessura média do revestimento (mm)	
Amostra	d1 (mm)	d2 (mm)	Área (mm²)					(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(e')	(f)	(g)		(h)
01	50,0	50,0	1.963	222	2150	1,10	1,10	0	0	0	0	100	0	0	0	0	20
02	50,0	50,0	1.963	208	2010	1,02	1,02	0	0	0	0	100	0	0	0	0	
03	50,0	50,0	1.963	156	1510	0,77	0,77	0	0	5	0	95	0	0	0	0	
04	50,0	50,0	1.963	137	1330	0,68	0,68	0	0	0	20	80	0	0	0	0	
05	50,0	50,0	1.963	234	2260	1,15	1,15	0	0	10	60	30	0	0	0	0	
06	50,0	50,0	1.963	236	2280	1,16	1,16	0	0	0	20	80	0	0	0	0	
07	50,0	50,0	1.963	202	1950	0,99	0,99	0	0	0	70	30	0	0	0	0	
08	50,0	50,0	1.963	194	1880	0,96	0,96	0	0	0	60	40	0	0	0	0	
09	50,0	50,0	1.963	140	1350	0,69	0,69	0	0	0	20	80	0	0	0	0	
10	50,0	50,0	1.963	135	1310	0,67	0,67	0	0	0	90	10	0	0	0	0	
11	50,0	50,0	1.963	138	1330	0,68	0,68	0	0	5	30	65	0	0	0	0	
12	50,0	50,0	1.963	141	1360	0,69	0,69	0	0	0	90	10	0	0	0	0	
d1 e d2 - Diâmetros do Corpo de prova																	

Formas de ruptura:	(a) - ruptura no substrato	(b) - ruptura na interface substrato/chapisco
	(c) - ruptura no chapisco	(d) - ruptura na interface chapisco/argamassa
	(e) - ruptura na argamassa	(e') - ruptura na película da argamassa
	(f) - ruptura na interface argamassa/cola	(g) - Ruptura na interface cola/pastilha
	(h) - Ligação na interface argamassa/argamassa, quando em espessura superior a 2,5cm sem aplicação de tela	

Fonte: Autores.

Quadro 17 – Resultado de resistência de aderência à tração - Placa com Fck - 90 MPa

Ensaio de resistência de aderência à tração - Revestimento com chapisco (NBR 13528/2010)

1. Informações do sistema de revestimento

Substrato: () Bloco cerâmico () Bloco de concreto (X) Estrutura de concreto () _____

Chapisco: () Não (X) Sim

Argamassa: () Cimento () Mista: _____ (X) Industrializada

Tipo de aplicação da argamassa: (X) Manual () Mecânica

Idade do revestimento: (X) 28 dias () Mais de 28 dias () Menos de 28 dias

Coleta de dados:

Identificação do Corpo de prova				Leitura manom. (kgf/cm2)	Carga de ruptura (N)	Valor da Tensão de aderencia do sistema de revestimento - Ra	Valor Real argamassa de emboço	Forma de ruptura (%)								Espessura média do revestimento (mm)	
Amostra	d1 (mm)	d2 (mm)	Área (mm²)					(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(e')	(f)	(g)		(h)
01	50,0	50,0	1.963	72	700	0,36	>0,36	0	0	0	100	0	0	0	0	0	20
02	50,0	50,0	1.963	110	1060	0,54	>0,54	0	0	0	100	0	0	0	0	0	
03	50,0	50,0	1.963	129	1250	0,64	0,64	0	0	5	85	10	0	0	0	0	
04	50,0	50,0	1.963	141	1360	0,69	0,69	0	0	0	90	10	0	0	0	0	
05	50,0	50,0	1.963	102	990	0,50	0,50	0	0	0	90	10	0	0	0	0	
06	50,0	50,0	1.963	103	1000	0,51	0,51	0	0	5	90	5	0	0	0	0	
07	50,0	50,0	1.963	121	1170	0,60	0,60	0	0	0	40	60	0	0	0	0	
08	50,0	50,0	1.963	56	540	0,28	0,28	0	0	0	80	20	0	0	0	0	
09	50,0	50,0	1.963	121	1170	0,60	0,60	0	0	10	80	10	0	0	0	0	
10	50,0	50,0	1.963	188	1820	0,93	>0,93	0	0	0	0	0	100	0	0	0	
11	50,0	50,0	1.963	111	1070	0,55	0,55	0	0	0	90	10	0	0	0	0	
12	50,0	50,0	1.963	116	1120	0,57	0,57	0	70	10	10	20	0	0	0	0	
d1 e d2 - Diâmetros do Corpo de prova																	

Formas de ruptura:	(a) - ruptura no substrato	(b) - ruptura na interface substrato/chapisco
	(c) - ruptura no chapisco	(d) - ruptura na interface chapisco/argamassa
	(e) - ruptura na argamassa	(e') - ruptura na película da argamassa
	(f) - ruptura na interface argamassa/cola	(g) - Ruptura na interface cola/pastilha
	(h) - Ligação na interface argamassa/argamassa, quando em espessura superior a 2,5cm sem aplicação de tela	

Fonte: Autores.