



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA – UNIPAMPA

CENTRO DE TECNOLOGIA DE ALEGRETE – CTA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LUIS FERNANDO FARIAS ALVES

**VERIFICAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE
REVESTIMENTO MONOCAPA EM EDIFICAÇÕES DE BLOCOS CERÂMICOS DE
ALVENARIA ESTRUTURAL**

ALEGRETE/RS

2014

LUIS FERNANDO FARIAS ALVES

**VERIFICAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE
REVESTIMENTO MONOCAPA EM EDIFICAÇÕES DE BLOCOS CERÂMICOS DE
ALVENARIA ESTRUTURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Jaelson Budny

Co-orientador(a): Ederli Marangon

Alegrete/ RS

2014

LUIS FERNANDO FARIAS ALVES

**VERIFICAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE
REVESTIMENTO MONOCAPA EM EDIFICAÇÕES DE BLOCOS CERÂMICOS DE
ALVENARIA ESTRUTURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal
do Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido

e aprovado em: ____/____/____

Banca examinadora:

Prof. ME. Eng. Jaelson Budny (UNIPAMPA)

Orientador

Prof. Dr.Eng. Ederli Marangon (UNIPAMPA)

Co-Orientador

Prof. Dr. Eng. Luis Eduardo Kostaski (UNIPAMPA)

Engenheiro Civil. Marcelo Dias (UNIPAMPA)

AGRADECIMENTOS

Á Deus primeiramente por sempre me dar força, coragem e sabedoria para enfrentar todos os obstáculos.

Aos meus pais, Claudio e Elisete, por serem meus exemplos, que com dignidade e caráter foram à base pra que eu me tornasse o que sou. Ao meu irmão, Daniel, por estar comigo nos momentos fáceis e difíceis, sempre me apoiando e por sempre se alegrar com minhas vitórias.

A meu Orientador e Co-orientador, pela orientação, amizade, incentivo e paciência demonstrada nesta trajetória. A vocês meus professores, o meu muito obrigado.

Agradeço ao Engenheiro Civil Marcelo Dias, Engenheiro Civil Jarbas Dalcin e ao Técnico de Laboratório Clayton Garcia pela ajuda em todos os ensaios realizados no Laboratório de Engenharia Civil da UNIPAMPA.

Agradeço aos meus amigos e colegas, Darlize Bianchi e Emanuel Delatorre, pela ajuda nas atividades deste trabalho e pelo companheirismo e incentivo durante toda realização do trabalho.

A todos os demais, amigos e familiares que de alguma forma colaboraram para minha formação e término desse trabalho.

RESUMO

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação de Engenharia Civil

Universidade Federal do Pampa

**VERIFICAÇÃO DA VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE REVESTIMENTO
MONOCAPA EM EDIFICAÇÕES DE BLOCOS CERÂMICOS DE ALVENARIA
ESTRUTURAL**

Autor: Luis Fernando Farias Alves

Orientador: Jaelson Budny

Co-orientador: Ederli Marangon

Nos últimos anos, com o crescimento do volume de obras no Brasil, os avanços tecnológicos referentes aos revestimentos argamassados aumentaram em grande expressão. Essas argamassas vêm sendo empregadas em larga escala pelas empresas de construção civil com o intuito de minimizar os custos e, assim aumentar a produtividade e conseqüentemente diminuir o desperdício de materiais. Entretanto torna-se relevante a avaliação do desempenho técnico dessas argamassas denominadas de industrializadas. Assim, no presente trabalho é apresentada uma avaliação de teor de ar incorporado, tração na flexão, compressão e aderência nos dois tipos de argamassas, sendo uma industrializada (monocapa) e outra convencional (cimento, cal e areia) em substrato cerâmico de alvenaria estrutural. As principais conclusões desta pesquisa foram: que a não utilização da camada de chapisco nos substratos gerou uma diminuição da resistência de aderência à tração e notou-se que, os sistemas de revestimentos argamassados obtiveram desempenhos insatisfatórios quando expostos aos determinados ensaios.

Palavras-chave: *revestimento convencional, monocapa, aderência, tração na flexão, compressão, teor de ar incorporado*

ABSTRACT

Course Conclusion Work

Graduation Course of Civil Engineering

Universidade Federal do Pampa

**VERIFYING THE TECHNICAL FEASIBILITY OF USING MONOLAYER COATING IN
BUILDINGS OF CERAMIC BLOCK OF STRUCTURAL MASONRY**

Author: Luis Fernando Farias Alves

Advisor: Jaelson Budny

Co-advisor: Ederli Marangon

In the past few years, with the increasing number of civil constructions in Brazil, technological advances related to mortar coating increased in large expression. These coatings have been used in a large scale by companies of civil construction in order to minimize costs and thus increase the productivity and therefore reduce the waste of material. However, it becomes relevant the evaluation of the technical performance of this mortar called industrialized. Therefore, in this paper it is presented an evaluation of incorporated air content, traction in flexion, compression and adhesion in both types of mortars, considering the industrialized one (monolayer) and a conventional one (cement, lime and sand), in ceramic substrate of structural masonry. The main conclusions of this research were: the non-use of the roughcast layer on substrates generated a reduction of the adherence resistance to the traction and it was noted that the systems of mortared coatings obtained unsatisfactory performance when exposed to certain tests.

**Keywords: conventional coating, monolayer, adherence, traction in flexion, compression,
incorporated air content**

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Diferentes alternativas de revestimento de parede.....	23
Figura 2- Comparativos entre os prazos de execução entre sistema convencional e monocapa	48
Figura 3- Edificação construída utilizando Monocapa.....	49
Figura 4- Revestimento Monocapa aplicado com projeção.....	50
Figura 5- Saco de 30 kg de Monocapa Quartzolit.....	57
Figura 6- Argamassa Convencional.....	58
Figura 7- Argamassa Industrializada Monocapa.....	58
Figura 8- Monocapa – índice de consistência.....	59
Figura 9- Monocapa – índice de consistência.....	60
Figura 10- Argamassa convencional – índice de consistência.....	60
Figura 11- Argamassa convencional – índice de consistência.....	61
Figura 12- Aparelho utilizado para calculo do teor de ar incorporado na argamassa monocapa	62
Figura 13- Aparelho de adensamento mecânico.....	63
Figura 14- Molde do corpo de prova monocapa.....	64
Figura 15- Todos os moldes realizados para argamassa monocapa.....	64
Figura 16- Corpos de prova da argamassa convencional e monocapa.....	65
Figura 17- Corpo de prova monocapa em ensaio de tração na flexão.....	66
Figura 18- Corpo de prova de argamassa convencional em ensaio de tração na flexão.....	66
Figura 19- Corpo de prova de monocapa ensaiado à compressão.....	67
Figura 20- Corpo de prova de argamassa convencional ensaiado à compressão.....	67

Figura 21- Parede de blocos cerâmicos de alvenaria estrutural em elevação.....	68
Figura 22- Detalhe da argamassa de assentamento.....	69
Figura 23- Aplicação da argamassa convencional na parede de blocos cerâmicos de alvenaria estrutural.....	70
Figura 24- Revestimento monocapa devidamente raspado e finalizado estrutural.....	70
Figura 25- Detalhe do corte e colagem das pastilhas realizadas na argamassa convencional.....	71
Figura 26- Aplicação da argamassa convencional na parede de blocos cerâmicos de alvenaria estrutural.....	71
Figura 27- Detalhe da utilização do equipamento para a realização do ensaio.....	72
Figura 28- Tipos de ruptura sem chapisco.....	73
Figura 29- Tipos de ruptura com chapisco.....	73
Figura 30- Detalhe da ruptura interface argamassa-substrato (A-SC).....	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Propriedades do bloco cerâmico estrutural.....	54
Tabela 2- Composição química do cimento.....	54
Tabela 3- Propriedades da Cal Hidratada.....	55
Tabela 4- Ensaio de granulometria da areia.....	55
Tabela 5- Proporcionalidade de água e média do índice de consistência para a monocapa.....	74
Tabela 6- Proporcionalidade de água e média do índice de consistência para a argamassa convencional.....	75
Tabela 7- Densidade de massa real para argamassa monocapa e argamassa convencional.....	76
Tabela 8- Densidade de massa teórica para argamassa monocapa e argamassa convencional.....	76
Tabela 9- Teor de ar incorporado para argamassa monocapa e argamassa convencional.....	76
Tabela 10- Resistência à tração na flexão aos 07 dias de idade.....	77
Tabela 11- Resistência à tração na flexão aos 14 dias de idade.....	77
Tabela 12- Resistência à tração na flexão aos 28 dias de idade.....	78
Tabela 13- Resistência à compressão aos 07 dias de idade.....	78
Tabela 14- Resistência à compressão aos 14 dias de idade.....	79
Tabela 15- Resistência à compressão aos 28 dias de idade.....	79
Tabela 16- Tipos de ruptura no ensaio de aderência.....	82
Tabela 17- Resultados do ensaio de aderência para argamassa convencional aos 7 dias de idade.....	83
Tabela 18- Resultados do ensaio de aderência para argamassa industrializada monocapa aos 7 dias de idade.....	84
Tabela 19- Resultados do ensaio de aderência para a argamassa convencional aos 14 dias de idade.....	84

Tabela 20- Resultados do ensaio de aderência para argamassa industrializada monocapa aos 14 dias de idade.....	85
Tabela 21- Resultados do ensaio de aderência para argamassa convencional aos 28 dias de idade.....	85
Tabela 22- Resultados do ensaio de aderência para argamassa industrializada monocapa aos 28 dias de idade.....	86

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Curva de granulometria da areia.....	56
Gráfico 2- Média das resistências à tração na flexão nas idades ensaiadas.....	80
Gráfico 3- Média das resistências à compressão nas idades ensaiadas.....	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

m² – metro quadrado

m³ – metro cúbico

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CSTB – Scientifique et Technique du Batimant

CSTC – Centre Scientifique et Technique de la Construction

ESO – Estágio Supervisionado em Obra

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do sul

UNIPAMPA – Universidade Federal do Pampa

Pa – Pascal

ml – mililitros

MPa – Mega Pascal

Kg – quilograma

N – Newton

CP – Corpo de prova

SUMÁRIO

CAPITULO 1	16
1 Introdução	16
1.1 Justificativa	18
1.2 Objetivos	19
1.2.1 Objetivo Geral	19
1.2.2 Objetivos Específicos	19
1.3 Estrutura do Trabalho	20
CAPITULO 2	21
2 Fundamentação Teórica	21
2.1 Propriedades das argamassas de revestimento	26
2.1.2 Propriedades no estado fresco	26
2.1.3 Propriedades no estado endurecido	28
2.2 Tipos de Argamassas	32
2.2.1 Argamassas dosadas em obra	33
2.2.2 Argamassas industrializadas	33
2.3 Revestimento Monocapa	33
2.3.1 Conceito e técnica	33
2.3.2 Vantagens e desvantagens	35
2.3.2.1 Vantagens técnicas	35
2.3.2.2 Vantagens estéticas	36
2.3.2.3 Desvantagens	36
2.4 Limitações de uso	36
2.5 Caracterização do produto Monocapa	37
2.5.1 Instruções para manutenção	38
2.5.2 Procedimentos por Weber Saint-Gobain Quartzolit	39

2.5.3	Tipos de Acabamento	39
2.5.4	Bases para aplicação	40
2.6	Patologias do revestimento em monocamada	40
2.6.1	Anomalias mais recorrentes em edificações utilizando monocamada	41
2.6.1.1	Diferenças de tonalidade	42
2.6.1.2	Eflorescências ou carbonatações	42
2.6.1.3	Manchas causadas por exposições às intempéries	43
2.6.1.4	Fissuração	44
2.6.1.5	Destacamento	45
2.6.1.6	Falhas de impermeabilidade	46
2.6.1.7	Falta de resistência	46
2.7	Detalhes Construtivos	46
2.8	O impacto da Monocapa no planejamento da execução e custos do empreendimento	47
	CAPITULO 3	52
3	Procedimentos Metodológicos	52
3.1	Materiais utilizados	54
3.1.1	Bloco cerâmico de alvenaria estrutural	54
3.1.2	Cimento Portland	54
3.1.3	Cal Hidratada	54
3.1.4	Água de amassamento	55
3.1.5	Areia	55
3.1.6	Monocapa – Argamassa Industrializada Pigmentada	56
3.2	Produção das argamassas	57
3.3	Caracterização da argamassa no estado fresco	59
3.3.1	Determinação do índice de consistência	59
3.3.2	Densidade de massa e teor de ar incorporado	61

3.4	Caracterização da argamassa no estado endurecido.....	63
3.4.1	Moldagem e cura dos corpos de prova	63
3.4.2	Resistência à tração na flexão e à compressão	65
3.4.3	Determinação da resistência à aderência à tração	68
	CAPITULO 4.....	74
4	Análise dos resultados	74
4.1	Ensaio da argamassa no estado fresco	74
4.1.1	Índice de Consistência	74
4.1.2	Densidade de massa e teor de ar incorporado	76
4.2	Ensaio da argamassa no estado endurecido	77
4.2.1	Resistência à tração na flexão.....	77
4.2.2	Resistência à compressão simples	78
4.2.3	Determinação da resistência à aderência à tração	82
	CAPITULO 5.....	88
5	Conclusão	88
5.1	Conclusões finais.....	89
5.2	Sugestões para trabalhos futuros	90
	CAPITULO 6.....	91
6	Referências Bibliográficas	91

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

O crescimento, nos últimos anos, do setor da Construção Civil, no Brasil, acarretou em grande competitividade entre empresas construtoras. Diversos fatores devem ser observados pelas empresas, nos quais podem contribuir para o seu desempenho, entre os quais se destaca a qualidade e o custo dos materiais empregados, a mão-de-obra qualificada, as tecnologias utilizadas, o consumo e o desperdício de materiais, entre outros elementos.

No que se refere ao consumo de materiais, segundo Lichtenstein (1987), pesquisas feitas na década de 80 mostram que a utilização de argamassa em obras brasileiras chega a $0,137\text{m}^3$ de argamassa por metro quadrado de construção. Nesse sentido, Souza e Franco (1997) verificaram que, para um pavimento tipo, com área de piso de 300m^2 , houve um consumo de $9,0\text{m}^3$ para revestimento interno, $12,0\text{m}^3$ para contrapiso e $13,5\text{m}^3$ para revestimento externo. Referenciando-se estes valores de consumo, à área do pavimento, obtém-se cerca de $0,13\text{m}^3$ de argamassa por metro quadrado de construção, sendo $0,035\text{m}^3$ para revestimentos internos e $0,04\text{m}^3$ para contrapiso e $0,05\text{m}^3$ para revestimento externo.

Analisando o consumo estimado de argamassa de revestimento obtido por Lichtenstein (1987), no ano de 1987, e dez anos após esse período, observa-se que este consumo é praticamente o mesmo, conforme demonstra as pesquisas obtidas por Souza e Francon (1997). Entretanto, para Crescencio (2003), esse fato evidencia de que a utilização de revestimento de argamassa é uma realidade nacional, e destaca ainda, que tal utilização deve estar associada a uma produção racionalizada, ou seja, com a integração dos diversos subsistemas do edifício. Caso esta integração não ocorra, poderá levar a índices elevados de desperdícios e manifestações patológicas que, por sua vez, resultam em problemas estéticos e de desempenho das edificações, gerando custos excessivos de manutenção nas mesmas. Nesse sentido, e, de acordo com Medeiros e Sabbatini (1994), em qualquer parte do Brasil, pode ser encontrado revestimento com fissuras, descolamentos e problemas de umidade, o que compromete o desempenho das vedações.

Subsistemas do edifício, como por exemplo, estruturas e vedações, executados com pouco controle, levam, muitas vezes, ao desperdício e ao comprometimento do desempenho de outros subsistemas (CRESCENCIO, 2003).

Diversas construtoras, preocupadas em abater custos com desperdícios, procuram diminuir os erros construtivos na interface entre a estrutura de concreto armado com as paredes de vedações, diminuindo, assim, a espessura da argamassa de emboço (SOUSA, 2009).

O revestimento de argamassa tradicional, aplicado em múltiplas camadas (chapisco, emboço e reboco), vem sofrendo alterações significativas, visando à redução dessas etapas de produção, na edificação, a fim de se obter um aumento da produtividade, a diminuição do consumo de materiais e, por consequência, redução de custos finais da obra. Desta forma, surge, então, o revestimento de camada única de pequena espessura, denominado revestimento em monocamada, também conhecido como “Monomassas”, que vem a cumprir todas as exigências de proteção e decoração que são atribuídas ao sistema de multicamadas (CRESCENCIO, 2005, apud SOUSA, 2009).

Para Crescencio (2003), a motivação para o surgimento destes novos produtos no mercado se deu em função da possibilidade de redução no número de camadas de revestimentos (chapisco, emboço e reboco) e da racionalização proporcionada pelo processo. Logo, destaca-se a criação da argamassa de base cimentícia para revestimento decorativo de fachadas de edifícios aplicado em camada única, denominada de revestimento decorativo monocamada.

A camada única, conhecida como Monocapa, é uma argamassa cimentícia para acabamentos de fachadas, sobre bases que exijam controle de prumo e planicidade, além de critérios de controle sobre a retração por secagem dos elementos das alvenarias (QUARTZOLIT WEBER, 2003).

A massa única industrializada denominada Monocapa é impermeável com relação a água, por possuir hidrofugantes em sua formação, porém, é permeável em relação ao vapor (DE LUCA, 2008).

Segundo De Luca (2008), esse sistema permite uma aplicação diretamente nas alvenarias, permitindo vantagens nunca antes exploradas, como a agilização dos serviços de revestimento das fachadas e alternativas diferentes na elaboração de projetos.

No Brasil, com a intensificação da utilização do revestimento decorativo monocamada, fica em evidência a necessidade de se conhecer as características físicas e mecânicas da argamassa e o desempenho do próprio revestimento. Além disso, as técnicas de aplicação também são pouco conhecidas, sobretudo, pela mão-de-obra de produção, ora

originando um aumento do custo de produção, desperdício, retrabalho e custos de manutenção, ora resultando em um deficiente desempenho do revestimento (CRESCENCIO, 2005).

Assim, a falta de domínio tecnológico, associado à realidade da construção nacional, poderá resultar, num futuro não muito distante, em uma série de problemas que poderão comprometer o relacionamento fornecedor-cliente, resultando em custos adicionais elevados (CRESCENCIO, 2005). Já para Selmo (1989), a falta de conhecimentos sobre uma determinada tecnologia poderá gerar, durante a vida útil do edifício, um desempenho inadequado dos revestimentos, provocando o surgimento de manifestações patológicas precoces e indesejáveis, com custo de reparos significativos na obra realizada.

Diante do exposto, este trabalho tem por finalidade estudar a viabilidade técnica na utilização do sistema de revestimento em Monocapa, destacando-se a seguinte questão: a aplicação de argamassa a base cimentícia para revestimento decorativo em fachadas de uma edificação popular construída em alvenaria estrutural com blocos cerâmicos, aplicado em camada única, denominado Monocapa, é viável tecnicamente?

1.1 Justificativa

As tecnologias referentes às argamassas estão cada vez mais em evidência no segmento da construção civil, por exemplo, uma das construtoras da região alegretense pretende iniciar a substituição do revestimento tradicional (chapisco, emboço, reboco e pintura) pelo revestimento em monocamada, denominado Monocapa, no entanto, será que esta substituição pode ser viável tecnicamente. Nesse sentido, o presente trabalho objetiva colaborar para a aplicação de novas técnicas de revestimento externo para a região, possibilitando uma nova visão das construtoras em buscar inovações em suas técnicas de utilização de outras tipologias de produtos, dando ênfase no segmento de revestimento com argamassas industrializadas.

Assim, este trabalho vem em encontro a suprir essa tendência de mercado buscando nortear parâmetros para a escolha de tipo de argamassa de revestimento, propiciando um estudo técnico do revestimento em monocamada, Monocapa.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Verificar o desempenho técnico do revestimento de Monocapa em comparação com o revestimento convencional (cimento, cal, e areia) aplicado em uma edificação em alvenaria estrutural de blocos cerâmicos.

1.2.2 Objetivo Específico

Avaliar o sistema de argamassa do tipo Monocapa quanto aos quesitos no estado fresco e endurecido:

Análise da argamassa no estado fresco:

- determinação do teor de ar incorporado e densidade de massa, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 13278/2005: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado.
- verificação da consistência da argamassa, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 13276/2002 Emenda 1/2005: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência.

Análise da argamassa no estado endurecido:

- analisar a resistência à compressão axial e a tração na flexão da Monocapa, segundo a ABNT NBR 13279/2005: - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.
- verificar a resistência à aderência pela Associação de Normas Técnicas (ABNT) NBR-13528 (ABNT, 2010): Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração.

1.3 Estrutura do trabalho

No primeiro capítulo é apresentada a introdução sobre o crescimento da construção civil nos últimos anos e a grande demanda de produtividade gerada por esse crescimento, dando foco para o revestimento de paredes e a sua importância quanto aos quesitos técnicos que geram um estudo mais aprofundado sobre o tema. No capítulo um também é abordado a justificativa que tem como base aprofundar o estudo sobre o revestimento Monocapa, verificando sua viabilidade técnica no estudo elaborado. Além disso, faz parte deste o objetivo geral e os objetivos específicos que se pretendem obter ao final do trabalho e a estrutura da monografia.

No capítulo dois, é feita uma revisão bibliográfica sobre revestimento em monocamada, Monocapa, fazendo as devidas definições e esclarecimentos sobre o produto, vantagens, desvantagens, patologias e produtividade do revestimento.

No capítulo três, é descrito o método de trabalho utilizado nesse estudo, descrevendo os ensaios executados para análise das argamassas no seu estado fresco e no seu estado endurecido, verificando o revestimento Monocapa e Revestimento Convencional, mostrando os dados necessários para chegar às conclusões ao final do trabalho.

No capítulo quatro são apresentados os resultados dos ensaios realizados com as argamassas de revestimento, Monocapa e Convencional.

No capítulo cinco é apresentada as conclusões finais desse trabalho e sugestões de futuras pesquisas.

E, por fim, no capítulo seis são apresentadas as referências utilizadas para a realização deste trabalho.

CAPÍTULO 2

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No Brasil, por volta de meados dos anos 80, as construtoras introduziram novas formas de produção de revestimentos, o que levou à supressão de camadas de revestimento. O primeiro passo dessa mudança consistiu na substituição do revestimento tradicional pelo revestimento de camada única, o chamado reboco, ou emboço paulista, com espessura média de 25 mm, utilizado em quase todas as obras, não dispensando, porém, o sistema de pintura (BARROS, 2002).

Além disso, no início do ano 2000, com a intensificação da abertura de mercado, houve a introdução de produtos importados que trouxeram diversas tecnologias. Neste contexto, surge o revestimento de camada única, à base de aglomerantes hidráulicos e polímeros, com adição de pigmentos incorporados, estudado por Crescencio (2003), mas já certificado na Europa desde a década de 70.

Com essa nova forma de produção, o revestimento decorativo em monocamada, com espessura média de 15 mm, passa a ser uma alternativa para o revestimento tradicional, usualmente com espessura final em torno de 25 mm a 30 mm e com posterior recebimento do sistema de pintura.

No Brasil, o conceito de revestimento decorativo monocamada não está bem definido e, na falta de terminologia normalizada, conceitua-se a expressão “Revestimento decorativo monocamada”, a partir de Crescencio (2003), como um revestimento monolítico, de pequena espessura, que é produzido a partir da aplicação, em camada única, de uma argamassa de base cimentícia, com pigmento incorporado à sua composição, que pode receber, na superfície, acabamentos dos tipos raspado, travertino, chapiscado, desempenado ou alisado.

No trabalho realizado por Crescencio (2003) verifica-se que, com a intensificação da utilização desse produto, no Brasil, existe a necessidade de se conhecer as características físicas e mecânicas da argamassa utilizada como revestimento e o desempenho do próprio revestimento quando aplicado, substituindo as outras fases de revestimento tradicional (chapisco, emboço, reboco e pintura). Além disso, as técnicas de aplicação são pouco conhecidas, ou difundidas, originando um aumento de custos de produção, de desperdício de materiais, de retrabalho e de custos de manutenção, resultando em um desempenho deficiente.

As argamassas utilizadas na engenharia civil são definidas, segundo Selmo (1989), como o produto resultante da mistura entre aglomerantes, agregados miúdos e água, em proporções adequadas, podendo-se, ainda, fazer o uso de aditivos.

Os aditivos, quando acrescentados aos componentes essenciais, presentes nas argamassas, podem melhorar e/ou conferir determinadas propriedades específicas ao conjunto do revestimento argamassado (PETRUCCI, 2007).

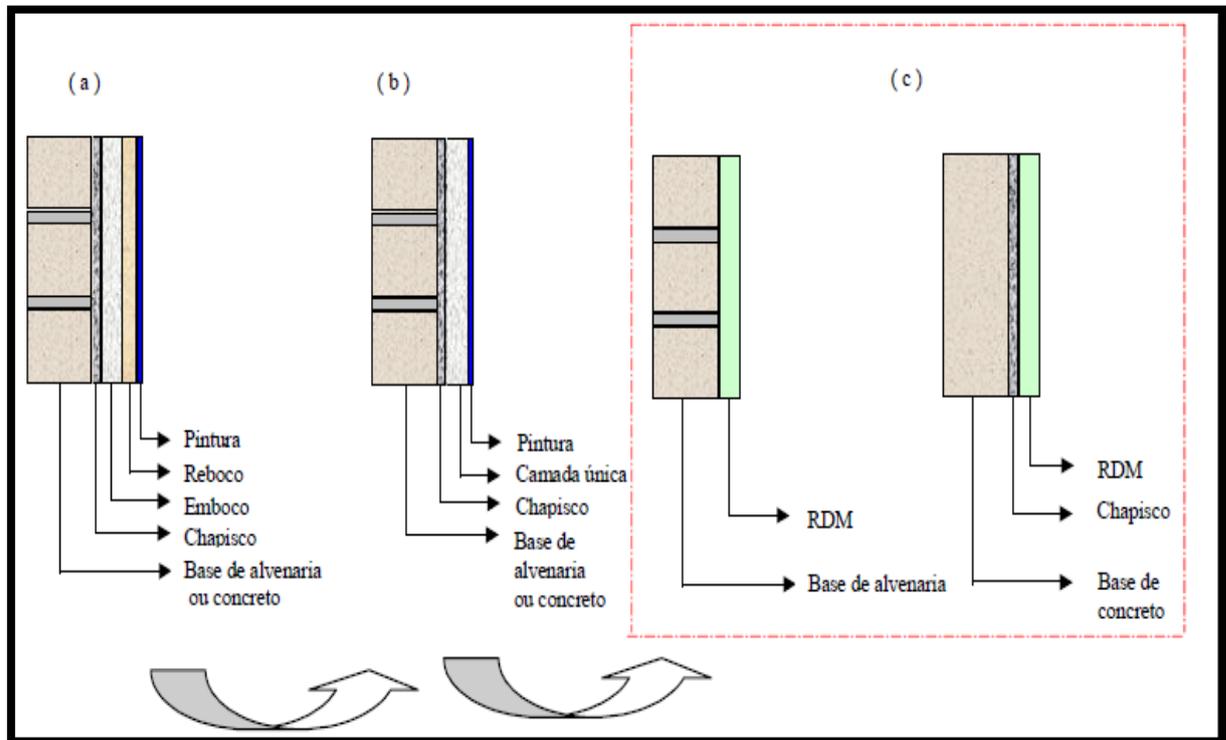
A Associação Brasileira de Normas Técnicas, na NBR 13749 (ABNT, 1996), prescreve que o revestimento de argamassa deve apresentar textura uniforme, sem imperfeições, tais como cavidades, fissuras, manchas e eflorescências, devendo ser prevista na especificação de projeto a aceitação ou rejeição, conforme níveis de tolerâncias admitidas.

Os revestimentos argamassados apresentam importantes funções na edificação, dentre as quais, pode-se destacar, segundo Baía e Sabbatini (2000):

- proteger os elementos de vedação dos edifícios da ação direta dos agentes agressivos;
- auxiliar as vedações no cumprimento das suas funções, como, por exemplo, o isolamento termo acústico e a estanqueidade à água e aos gases;
- regularizar a superfície dos elementos de vedação. É importante salientar que o revestimento argamassado não tem função de encobrir falhas da execução tais como desaprumo da alvenaria;
- promover base regular e adequada ao recebimento de outros acabamentos ou como acabamento final;
- contribuir para a estética da fachada.

De acordo com Carasek (2007), o revestimento de argamassa pode ser constituído por várias camadas com características e funções específicas, conforme definido a seguir, e ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Modificações ocorridas no sistema de revestimento de argamassa



Fonte: Crescencio (2003, pág 6)

É possível observar pela Figura 1, as modificações ocorridas no sistema de revestimento de argamassa, (a) revestimento tradicional, (b) revestimento de camada única, (c) revestimento decorativo monocamada aplicado sobre alvenaria e revestimento decorativo monocamada aplicado sobre estrutura e concreto (CRESCENCIO, 2003).

Conforme TEMP (2012) pode-se definir o chapisco, emboço, reboco, camada única e revestimento decorativo em monocamada em:

- **Chapisco:** é a camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, e com finalidade de uniformizar a superfície que for aplicada, quanto à absorção e melhor a aderência do revestimento argamassado.
- **Emboço:** camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a base do substrato, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco ou de revestimento decorativo.

- **Reboco:** camada de revestimento que é utilizada para cobrimento do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo (como por exemplo, a pintura) ou que se constitua no acabamento final.
- **Camada única:** revestimento de um único tipo de argamassa aplicada à base, sobre o qual é aplicada uma camada decorativa, como, por exemplo, a pintura, também conhecida por “massa única” ou “reboco paulista”.
- **Revestimento decorativo em monocamada – RDM:** trata-se de um revestimento aplicado em uma única camada, que faz, simultaneamente, a função de regularização e decoração na qual é muito utilizado na Europa. A argamassa de RDM é um produto industrializado, ainda não normalizado no Brasil, com composição variável de acordo com o fabricante, contendo, geralmente: cimento branco, cal hidratada, agregados de várias naturezas, pigmentos inorgânicos, fungicidas, além de vários aditivos (plastificante, retentor de água, incorporador de ar, entre outros elementos).

Para Maciel (1998), o desenvolvimento do projeto dos revestimentos de argamassa de fachada deve ser fundamentado na coordenação entre diversos projetos e a determinação de informações com relação ao produto e à sua forma de produção, seguindo a metodologia básica apresentada por Melhado et al. (1995).

Sabbatini, Selmo e Silva (1988) consideram a existência e a utilização plena e correta de projetos construtivos como a melhor ferramenta para: eliminar desperdícios, reduzir custos em obras, controlar processos, obter a qualidade desejada, enfim, para proporcionar a racionalização construtiva e a otimização do desempenho da atividade de construção de edificações.

A qualidade do sistema de revestimento influencia diretamente a habitabilidade das edificações, no que se refere à salubridade, conforto e durabilidade (MOURA 2007). Destaca-se, então, a ligação direta desse elemento ao conforto do usuário, sendo, dessa forma, necessária a gerência da qualidade do revestimento.

Segundo Paravisi (2008), o sistema de revestimento faz parte de um sistema maior, o sistema de vedação vertical das edificações, e, assim sendo, deve ser projetado considerando o sistema como um todo, pois seu comportamento é diretamente influenciado pelas características dos demais componentes.

Para a determinação do sistema de revestimento de uma edificação é indispensável, no conjunto de informações, a classificação das condições de exposição às intempéries, isso em

função do clima local, das construções no entorno da edificação e da disposição relativa do revestimento na fachada (AMMAR, 1977 apud CARNEIRO; CINCOTTO, 1995).

A camada única, conhecida como Monocapa, é uma argamassa cimentícia para acabamentos de fachadas, a qual é aplicada sobre bases com controle de prumo e planicidade, além de critérios de controle sobre a retração da secagem dos elementos das alvenarias (blocos de concreto e cerâmicos), e que obedece a Norma Européia EN-0698 e a certificação do *Scientifique et Technique du Batimant (CSTB)*, referentes a argamassas em monocamada para revestimentos externos, conforme informação do fabricante Quartzolit Weber (2003).

De acordo com Barros e Crescencio (2004), no Brasil, o revestimento de argamassa à base de aglomerante hidráulico tem sido aplicado em duas camadas: emboço e camada de revestimento decorativo, ou ainda o denominado revestimento de massa única com posterior aplicação de pintura. Entretanto, com a busca da racionalização construtiva da edificação, novas tecnologias para produção de revestimentos foram introduzidas no País, tais como, o revestimento de camada única à base de aglomerantes hidráulicos e os polímeros com pigmentos incorporados, também conhecido como revestimento decorativo monocamada, ou simplesmente RDM.

Na Europa, onde esse tipo de revestimento é usualmente empregado, a espessura varia de 8 a 12 mm, sendo admitida a espessura máxima de 15 mm. No entanto, no Brasil, a tolerância quanto à espessura máxima é maior, havendo produtos que possibilitam a obtenção de revestimentos com até 30 mm de espessura (como é o caso da Monocapa da Quartzolit Weber), admitindo-se espessura mínima de 13 mm (DE LUCA, 2008).

As patologias em fachadas, certamente, estão entre os problemas mais temidos pelos construtores. Importantes não só pelo aspecto visual, mas os revestimentos cumprem um papel indispensável na durabilidade e proteção das edificações. Essa fase de construção merece prioridade quanto ao planejamento e cuidados nos procedimentos executivos adequados e fiscalizados. Porém, somente nos últimos anos as construtoras passaram a investir em projeto de revestimento de fachada, acompanhando o movimento de racionalizar, de forma geral, os serviços na construção (NAKAMURA, 2004).

Segundo Nakamura (2004), a principal característica desse tipo de trabalho é o foco dado à produção na edificação. Mais do que plantas e desenhos com detalhes construtivos, o projeto de fachadas descreve como o revestimento deve ser realizado e executado. Assim,

justifica-se porque grande parte das patologias que atinge as fachadas decorre de falhas durante a execução.

Como bem destaca Selmo (1989), a falta de conhecimentos a respeito de uma determinada tecnologia pode gerar durante a vida útil da edificação, um desempenho inadequado dos revestimentos, dando origem a manifestações patológicas precoces, sempre indesejáveis, com custo de reparos significativos e, conforme o caso, total insatisfação do cliente – cujo ônus pode ter dimensão ainda maior, na forma de propaganda negativa do produto e da construtora que o empregou.

Problemas dessa natureza já estão acontecendo, ainda que em pequena escala. Estudos iniciais feitos por Crescencio (2003) em obras que estão utilizando revestimento decorativo monocamada indicam a existência de diversos fatores que podem afetar a aparência final do revestimento e seu desempenho mecânico ao longo da vida útil da edificação onde foi empregada.

Diante do exposto, verifica-se a necessidade da realização de um estudo sobre o revestimento que será aplicado na fachada e os problemas técnicos que poderão ou não surgir devido sua aplicação.

2.1 Propriedades das argamassas de revestimento

2.1.1 Propriedades no estado fresco

A seguir estão descritas as principais propriedades das argamassas de revestimento no estado fresco:

➤ Quanto à trabalhabilidade

Baía e Sabbatini (2000) define a trabalhabilidade como uma propriedade de avaliação qualitativa da argamassa. Uma argamassa para uso em revestimentos é considerada trabalhável quando:

- permite a penetração facilmente da colher de pedreiro, sem ser fluida;
- mantém-se coesa ao ser transportada, embora possa aderir à colher ao ser lançada;
- preenche todas as reentrâncias da base;
- não endurece rapidamente quando aplicada.

Alguns aspectos interferem nesse tipo de propriedade, tais como, as características dos materiais constituintes da argamassa e as suas devidas proporções. A presença da cal e de aditivos incorporadores de ar, por exemplo, melhoram essa propriedade até um determinado limite.

Pela definição de Carasek (2007), a trabalhabilidade é a propriedade das argamassas no estado fresco, que determina a facilidade com que a argamassa pode ser misturada, transportada, aplicada, consolidada e acabada, em uma condição relativamente homogênea. Refere-se à maneira como as argamassas se comportam ou “trabalham” na prática. Uma argamassa é chamada “trabalhável” quando permite que o pedreiro ou o aplicador execute o seu trabalho de maneira adequada, ou seja, no caso de revestimento, ele pode executar o serviço com uma boa produtividade, garantindo que o revestimento fique adequadamente aderido à base e apresente o acabamento superficial especificado em projeto.

➤ **Quanto à aderência inicial**

De acordo com Baía e Sabbatini (2000), aderência inicial é a propriedade da argamassa que está relacionada ao fenômeno mecânico que ocorre em superfícies porosas, pela ancoragem da argamassa na base, através da entrada da pasta nos poros, reentrâncias e saliências, seguidos do endurecimento progressivo da pasta. A aderência inicial depende de outros fatores e propriedades da argamassa no estado fresco, das características da base de aplicação, como a porosidade, rugosidade, condições de limpeza, da superfície de contato efetivo entre a argamassa e o substrato.

Para se obter uma adequada aderência inicial, a argamassa deve apresentar trabalhabilidade e retenção de água, adequadas à sucção da base e às condições de exposição a que se propõem. Caso estas condições não sejam atendidas, pode haver a perda de aderência em razão da entrada rápida da pasta nos poros da base. Isso acontece devido à sucção da base ser maior que a retenção de água da argamassa, causando a descontinuidade da camada de argamassa sobre a base (TEMP, 2012).

De acordo com Carasek (2007), a redução da tensão superficial da pasta favorece a “molhagem” do substrato, reduzindo, assim, o ângulo de contato entre as superfícies e contribuindo para a adesão da argamassa como substrato. Esse fenômeno propicia um maior contato físico da pasta com os grãos de agregado e também com a base, melhorando a adesão com a estrutura aplicada.

A tensão superficial da pasta ou argamassa pode ser modificada pela alteração de sua composição, sendo ela a função inversa do teor de cimento. A adição de cal à argamassa de cimento também diminui a sua tensão superficial, contribuindo para “molhar” de maneira mais efetiva a superfície dos agregados e do substrato. Efeitos semelhantes propiciam também os aditivos incorporadores de ar e retentores de água (TEMP, 2012).

➤ **Quanto à retenção de água**

A retenção de água é uma propriedade que está associada à capacidade da argamassa fresca em manter a sua trabalhabilidade, quando sujeita a solicitações que provocam perda de água, seja por evaporação, seja pela absorção de água da base. Assim, essa propriedade torna-se mais relevante quando a argamassa é aplicada sobre substratos com alta sucção de água ou as condições climáticas estão desfavoráveis – alta temperatura, baixa umidade relativa do ar e ventos fortes (CARASEK 2007).

Observa-se que esta propriedade interfere no comportamento da argamassa no estado fresco e também no estado endurecido. Após o endurecimento, as argamassas dependem, na maioria das vezes, de uma adequada retenção de água, para que as reações químicas de endurecimento dos aglomerantes se efetuem de maneira correta (TEMP, 2012).

Segundo Baía e Sabbatini (2000), isso representa a capacidade da argamassa de reter a água de amassamento contra a sucção da base ou contra a evaporação. A retenção permite que as reações de endurecimento da argamassa se tornem mais gradativas, conforme o tempo, promovendo a adequada hidratação do cimento e, conseqüentemente, ganho de resistência.

A rápida perda da água compromete a aderência da argamassa, a capacidade de absorver deformações, a resistência mecânica, e, por esses fatores, a durabilidade e a estanqueidade do revestimento e da vedação ficam consideravelmente comprometidas (TEMP, 2012).

2.1.2 Propriedades no estado endurecido

➤ **Quanto à aderência**

É a propriedade do revestimento em manter-se fixo ao substrato, com a resistência às tensões normais e tangenciais que surgem na interface substrato-revestimento. É resultante da

resistência de aderência à tração, da resistência ao cisalhamento e da extensão de aderência da argamassa (BAÍA; SABBATINI, 2000).

Temp (2012) observa que, a aderência depende das propriedades da argamassa no estado fresco, dos procedimentos de execução do revestimento, da natureza e das características da base e da sua limpeza superficial.

Segundo Carasek (2007), o termo aderência é usado para descrever a resistência e a extensão do contato entre a argamassa e uma base aplicada. A base, ou substrato, geralmente, é representado não só pela alvenaria, a qual pode ser de tijolos ou blocos cerâmicos, blocos de concreto, blocos de concreto celular autoclavado, blocos silico-calcários, como também, pela estrutura de concreto moldado *in loco*. A aderência é uma propriedade que depende da interação dos dois materiais, substrato e revestimento argamassado. De forma didática, 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;
- a extensão de aderência (razão entre a área de contato efetivo e a área total possível de ser unida).

➤ **Quanto à permeabilidade**

A permeabilidade está relacionada à passagem de água pela camada de argamassa, que é um material poroso e que permite a percolação da água, tanto no estado líquido, como no de vapor. É uma propriedade bastante relacionada ao conjunto denominado base-revestimento (TEMP, 2012).

O revestimento deve ser estanque à água, impedindo a sua percolação. Mas deve ser permeável ao vapor, para fornecer a secagem de umidade de infiltração (como a água da chuva) ou decorrente da ação direta do vapor de água (BAÍA; SABBATINI 2000).

➤ **Quanto à capacidade de absorção e deformações**

Baía e Sabbatini (2000) referem-se a capacidade de absorção e deformações como a propriedade do revestimento capaz de suportar tensões sem levar ao seu rompimento, não apresentando fissuras prejudiciais e sem perder a aderência do revestimento.

Conforme Temp (2012), as fissuras são decorrentes do alívio de tensões originadas pelas deformações da base. Essas fissuras são consideradas prejudiciais quando permitem a percolação de água no revestimento e quando comprometem a aderência, a estanqueidade, o acabamento superficial e a durabilidade do conjunto da obra. As deformações podem ser de grande ou de pequena amplitude. O revestimento tem a responsabilidade de absorver as deformações de pequena amplitude, que ocorrem em consequência da ação da umidade ou da temperatura, mas não as de grande amplitude, provenientes de outros fatores que podem ser recalques estruturais.

Segundo Temp (2102), a capacidade de absorver deformações depende do seguinte:

- do módulo de deformação da argamassa - quanto menor for o módulo de deformação (menor teor de cimento) maior capacidade de absorver deformações;
- da espessura das camadas- espessuras maiores contribuem para melhorar essa propriedade; entretanto, deve-se tomar cuidado para não se ter espessuras excessivas que poderão comprometer a aderência;
- das juntas de trabalho do revestimento- as juntas delimitam panos com dimensões menores, compatíveis com as deformações, contribuindo para a obtenção de um revestimento sem fissuras prejudiciais;
- da técnica de execução- a compressão após a aplicação da argamassa e, também durante o acabamento superficial, iniciado no momento correto, contribui para o não aparecimento de fissuras.

➤ **Quanto à retração**

Carasek (2007) descreve que a retração é resultado de um mecanismo complexo, associado com a variação de volume da pasta aglomerante e que apresenta papel fundamental no desempenho das argamassas aplicadas, especialmente quanto à estanqueidade e a durabilidade da edificação. A retração, por sua vez, é uma propriedade que está intimamente ligada com o tipo de dosagem e com os materiais utilizados para a confecção da argamassa.

➤ **Quanto à resistência mecânica**

De acordo com Baía e Sabbatini (2000), resistência mecânica é a propriedade dos revestimentos de suportarem as ações de diferentes naturezas, devidas à abrasão superficial, ao impacto e à contração termoisoscópica. Essa propriedade depende do consumo e da

natureza dos agregados e aglomerantes da argamassa empregada na edificação e da técnica de execução, que busca a compactação da argamassa durante a sua aplicação e acabamento. A resistência mecânica aumenta com a redução da proporção de agregado na argamassa e varia inversamente com a relação água/cimento da argamassa.

➤ **Quanto à durabilidade**

A durabilidade é uma propriedade do período de uso do revestimento, resultante das propriedades do revestimento no estado endurecido e que reflete o desempenho do revestimento diante das ações do meio externo ao longo do tempo que a edificação foi construída. Alguns fatores prejudicam a durabilidade do revestimento, tais como: a fissuração; a espessura excessiva; a cultura e proliferação de micro-organismos, a qualidade das argamassas; a falta de manutenção, de acordo com a descrição feita por Baía e Sabbatini (2000).

➤ **Quanto aos agregados**

Os agregados devem ser escolhidos cuidadosamente, pois representam cerca de 60% a 80% do consumo dos materiais da argamassa pronta que resulta em uma significativa influência no seu comportamento no estado fresco bem como no desempenho do revestimento aplicado. Normalmente, o agregado empregado para as argamassas de revestimento é a areia natural proveniente de leitos de rios constituída, na maioria das vezes, por quartzo (TEMP, 2012).

Para Bauer (2005), o agregado é o material formado por partículas (particulados), constituinte de argamassas e concretos, incoesivos, e de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos.

➤ **Quanto à água**

Conforme Temp (2012), a água utilizada para o amassamento da argamassa não pode conter matéria orgânica e coloidal em suspensão, e, muito menos, resíduos. Deve ser armazenada em caixas estanques e protegida para evitar contaminação por substâncias estranhas. Pode-se considerar toda água potável como apropriada para uso em argamassas.

➤ Quanto à cal

Na NBR 7175 obtém-se a informação de que a cal hidratada pode ser definida como um “pó” obtido pela hidratação da cal virgem, constituída essencialmente de uma mistura de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio, ou ainda, de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio, Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2003).

Após os processos de extração de matéria prima, separação de faixa granulométrica ótima, transporte para o forno, calcinação controlada e moagem adequada, obtém-se a cal virgem que é constituída principalmente de óxidos de cálcio e magnésio. Após a hidratação destes óxidos com a água, ou com a umidade do ar, se obtém a cal hidratada, e esta reação se dá com liberação de energia em forma de calor de hidratação e provoca significativo aumento de volume, que causa desagregação do material, responsável pela elevada área específica que a cal hidratada apresenta (IBRACON, 2007 apud TEMP, 2012).

Durante o endurecimento, as partículas muito finas de hidróxidos se aglomeram, formando cristais que aumentam, em número e tamanho, à medida que a água se evapora. Seu endurecimento, comparado com o gesso e com o cimento, é muito lento, pois depende da difusão do CO₂ presente no ar, com os hidróxidos do interior do produto. Estes cristais se entrelaçam formando uma malha resistente nas estruturas (IBRACON, 2007 apud TEMP, 2012).

Os produtos formados por argamassas de cal têm resistência mecânica muito inferior do que aqueles que são formados por argamassas de cimento Portland, levando os produtos de argamassa de cal a apresentarem módulos de elasticidade relativamente inferiores, comparado com os de cimento Portland, significando menor rigidez para argamassas de cal, o que, potencialmente, contribui para sua maior durabilidade (IBRACON, 2007 apud TEMP, 2012).

2.2 Tipos de argamassas

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 13530 (ABNT, 1995), os tipos de argamassa, quanto à forma de produção são: a industrializada, a dosada em obra, a dosada em central e a misturada semipronta.

Para Baía e Sabbatini (2000), a produção da argamassa significa uma mistura ordenada dos seus materiais constituintes, nas proporções corretamente estabelecidas e por um determinado período de tempo, utilizando-se equipamentos específicos para esse fim.

➤ **2.2.1 Argamassas dosadas em obra**

Temp (2012) destaca que a produção de argamassas em canteiros é executada por meio de padiolas com medidas específicas e transportados até o equipamento misturador, que pode ser betoneira, argamassadeira, dentre outros. Geralmente são utilizados vários tipos de traços, de acordo com a sua utilização.

➤ **2.2.2 Argamassa industrializada**

Trata-se de uma composição de aglomerantes, adições e agregados, a qual é normalmente comercializada em sacos e silos, necessitando, somente, da adição de água, conforme orientação recomendada por cada fabricante. Os equipamentos necessários para a sua produção são os mesmos das argamassas dosadas no canteiro de obra (TEMP, 2012).

Dentre as argamassas industrializadas, pode-se encontrar a argamassa do tipo Monocapa, que possui aplicação em revestimentos externos, e, por sua vez, será abordada de forma mais detalhada, por ser o objeto principal de estudo deste trabalho.

2.3 Revestimento Monocapa

2.3.1 Conceito e técnica

A Monocapa é um tipo de argamassa decorativa para fachadas e paredes. Além de função de proteção e decoração, em um único produto, também apresenta vantagens pela redução de custo e de tempo na obra. Pode ser utilizada como argamassa para ser aplicada diretamente sobre a alvenaria, apresentando inúmeras utilizações com bons resultados e efeitos originais conforme descrito pelo Estágio Supervisionado em Obra - UFRGS (2011).

A aplicação de camada única, denominada Monocapa, é uma argamassa cimentícia para acabamentos de fachadas, sobre bases que possuam controle de prumo e planicidade, além de critérios de controle sobre a retração de secagem dos elementos de alvenaria (blocos

de concreto e cerâmico). A aplicação deve obedecer a norma Européia EN-0698 e a certificação do Scientific et Technique du Batimant (CSTB), referentes a argamassas monocamada para revestimentos externos, segundo o fabricante Quartzolit Weber (2003), o produto pode aceitar sobreposição entre camadas e permite a execução de detalhes decorativos como molduras, além de junção de duas cores no mesmo plano.

As bases indicadas para aplicação são blocos de concreto, blocos cerâmicos lisos ou com reentrâncias na superfície do mesmo, com no máximo 3 mm. A superfície onde a argamassa for aplicada só pode ser molhada após 3 a 4 horas. Por conter corante, a superfície não pode ser retocada em falhas onde ocorrerem na aplicação e mesmo sendo um produto industrializado, a tonalidade pode apresentar variações (BAUER, 2001). São recomendadas pela Quartzolit Weber (2003), as seguintes espessuras:

- Espessura mínima de recobrimento: 10 mm.
- Espessura máxima de recobrimento: 30 mm.

Segundo Daniel Castanho, diretor das Tintas Puracor, o acabamento proporcionado pela utilização de Monocapa pode ser liso ou projetado, de acordo com a opção feita pelo cliente. Este acabamento valoriza muito a edificação, devido a exclusividade que só o produto oferece. Além do revestimento de fachadas, a Monocapa ainda pode ser utilizada para efeito decorativo, sobre paredes rebocadas, ou não, internas ou externas (DE LUCA, 2008).

De Luca (2008) descreve que, o sistema de Monocapa pode ser aplicado diretamente sobre bases de blocos de concreto, concreto celular, cerâmico e sílico-calcários, além de superfícies já tratadas com chapisco rolado quartzolit, permitindo diversas vantagens, tais como vantagens técnicas e estéticas. Por serem revestimentos minerais, as argamassas Monocapa contém, em sua formulação, hidrofugantes (que repele a água), o que torna uma barreira natural à água no estado líquido, porém, permeável ao vapor, favorecendo a cura e o desempenho de seus ligantes. Sendo impermeáveis à água no estado líquido, é proteção natural para as fachadas contra chuvas, assegurando durabilidade envoltória da edificação. As argamassas Monocapa podem ser aplicadas manualmente, ou projetadas com máquina apropriada, o que garante a otimização do sistema de revestimento (QUARTZOLIT WEBER 2003 apud DE LUCA, 2008).

O revestimento mineral de Monocapa é um produto fornecido já com pigmentação, apresentando, como diferencial, superfícies denominadas de chapiscado, raspado, travertino e

raspado alisado; além disso, são disponibilizadas diversas tonalidades deste produto para a escolha do cliente (QUARTZOLIT WEBER, 2003).

Cabe observar que, no presente trabalho, será estudado e avaliado o sistema de monocamada, Monocapa, aplicado em blocos cerâmicos de alvenaria estrutural.

2.3.2 Vantagens e desvantagens

2.3.2.1 Vantagens Técnicas

Conforme De Luca (2008), serão descritas algumas vantagens técnicas do sistema Monocapa:

- **Durabilidade:** por ser um revestimento mineral que resiste à ação de intempéries, mantém suas características uniformes ao longo do tempo;
- **Lavável:** pode ser lavado com jato em leque a 70 bares de pressão, garantindo fácil manutenção do produto;
- **Impermeável á água:** protege as fachadas das águas da chuva, devido aos seus aditivos que dão ao revestimento a característica de ser barreira á água no seu estado líquido, dispensando o uso de pinturas especiais;
- **Permeável ao vapor:** por ser um produto permeável ao vapor de água, não favorece a condensação nas interfaces, permitindo a “respiração” da alvenaria e do próprio revestimento Monocapa;
- **Economia:** a aplicação ocorre diretamente sobre as alvenarias de blocos de concreto, blocos cerâmicos, concreto celular e sílico-calcários bem bitolados, eliminando as camadas de regularização e seus custos de materiais e colocação. Pode ser aplicados em espessuras de 13mm a 30mm, em apenas uma única camada.
- **Praticidade:** o revestimento pode ser aplicado em uma etapa apenas, sem necessidade de espera de cura entre as camadas intermediárias que se sucedem.
- **Diversificação:** há uma argamassa Monocapa para cada tipo de substrato especificado.

2.3.2.2 Vantagens estéticas

Segundo De Luca (2008), o sistema de revestimento mineral de Monocapa permite a combinação entre diversas cores e tons diferentes em um mesmo pano de fachada, possibilitando ao cliente mais essa vantagem, além de possibilitar aplicações sobrepostas para a formação de molduras, almofadas e cornijas, em camadas de até de 30 mm na espessura total. A espera máxima entre as camadas é de apenas 12 horas.

2.3.2.3 Desvantagens

Segundo Crescencio (2005), o revestimento decorativo Monocapa pode apresentar as seguintes desvantagens técnicas:

- diferenças de tonalidade na junção de duas etapas distintas durante a produção do revestimento;
- trinca no revestimento;
- eflorescência;
- falta de domínio tecnológico completo desse revestimento no Brasil, uma vez que ainda não existe exemplos de aplicação a longa data, tecnologicamente estudados, e não há uma normalização específica;
- disponibilidade de projeto, a edificação deve ser planejada para receber esse tipo de revestimento.

2.4 Limitações de Uso

- Sobre superfícies horizontais sujeitas a solicitações.
- Sobre superfícies saturadas.
- Sobre superfícies plásticas ou de metal.
- Sobre gesso, revestimentos plásticos ou orgânicos.
- Sobre qualquer tipo de pintura.
- Sobre impermeabilizações ou materiais de baixa resistência mecânica (materiais quebradiços).
- Em áreas de permanente contato com a água, umidade ou em contato direto com o solo.

Conforme Argamassas Quartzolit Ltda, (QUARTZOLIT WEBER, entre 1998 e 2002), a argamassa aplicada sobre superfícies horizontais, parapeitos, muretas, topos de muro e peitoris deve ser protegida sempre com elementos apropriados, como rufos, peitoris com pingadeiras, entre outros locais.

2.5 Caracterização do produto Monocapa

Conforme Quartzolit Weber [entre 1998 e 2002], o produto Monocapa apresenta os seguintes dados que o caracterizam:

- Composição: cimento branco, cal, agregados leves, aditivos e pigmentos.
- Diâmetro máximo do agregado: 1,20 mm
- Densidade do pó: 1,50 g/cm³
- Coeficiente de capilaridade: no máximo 1,0
- Peso específico da argamassa endurecida: 1,60 g/cm³
- Resistência a compressão – classe CS III: $\geq 3,8$ MPa
- Resistência a flexão: 2,0 MPa
- Resistência de aderência: $\geq 0,3$ MPa
- Módulo de elasticidade dinâmico: no máximo 11.000 MPa

No que se refere aos procedimentos laboratoriais para controle de revestimentos de camada única, contempla as seguintes informações [QUARTZOLIT WEBER, entre 1998 e 2002].

- Validade: 180 dias a partir da data de fabricação impressa na embalagem.
- Estocagem: Em pilhas de no máximo 1,5 metros de altura, em local seco e arejado, em sua embalagem original fechada.
- Quanto às propriedades de aplicação, destaca-se que:
 - a taxa de mistura de água é de: 185 ml/kg
 - o peso específico da argamassa fresca é de: 1,78 g/cm³
 - o tempo de utilização é de: 2h e 30 min.
 - o tempo em aberto para regularização é de: 20 minutos
 - o tempo de raspagem e execução dos detalhes é de: 2h e 30min à 3h e 30 min.

É importante observar que os tempos acima são para uma argamassa fresca, submetidos a uma temperatura em torno de 20°. Esses tempos ficam reduzidos em casos de temperaturas mais elevadas e umidade abaixo de 40% [QUARTZOLIT WEBER, entre 1998 e 2002].

Outras informações relevantes que caracterizam o produto, conforme a Quartzolit Weber [entre 1998 e 2002], são:

- Embalagem: Sacos de papel com 30 kg.
- Rendimento: Para aplicação com máquina de projeção com misturador descontínuo, três aplicadores treinados podem aplicar de 70 a 150 m²/dia.
- Aplicação do Sistema de Monocapa: Limpeza da superfície – as sobras de concreto da alvenaria são retiradas com uma marreta e talhadeira, para manter a superfície plana. Eventuais falhas nas bases de alvenaria superiores a 2 cm de altura, largura ou profundidade, devem ser preenchidas com argamassa compatível com a Monocapa.
- Lixamento e lavagem: A viga deve ser lixada com uma escova de aço e lavada para assegurar boa aderência a Monocapa. Em superfícies muito lisas como o concreto, o ideal é lavar a base para a retirada de todos os resíduos de desmoldantes da viga. A área de aplicação deverá ser umedecida para aplicação do chapisco com rolo de textura.
- Aplicação: A primeira camada, de 1 cm, deve ser aplicada com desempenadeira e nivelada com pente. A segunda camada será assentada com 2 cm de espessura. O passo seguinte é fazer a raspagem com perfil e limpeza com vassoura.
- Cantos e frisos: Realizados entre as divisas de laje e nos cantos, os frisos serão formados com o uso de réguas metálicas durante o revestimento com argamassa. Recomenda-se a utilização de um friso horizontal a cada pavimento, coincidindo com a emenda das aplicações.

2.5.1 Instruções para manutenção

Seguir os procedimentos de limpeza e conservação de Monocapa aumenta a durabilidade, assim como, mantém inalteradas suas características técnicas e estéticas. As lavagens são o procedimento mais frequente para a conservação do revestimento mineral Monocapa, e devem acontecer periodicamente, principalmente em casos de exposição a climas extremamente agressivos, como por exemplo, em proximidade de indústrias. A existência de detalhes de proteção adequados pode dilatar esse prazo de manutenção, assim como sua ausência, ou mau funcionamento, tende a abreviá-lo (DE LUCA, 2008).

2.5.2 Procedimentos por Weber Saint-Gobain Quartzolit

- A manutenção do revestimento Monocapa é feita mediante lavagens. Essas lavagens são realizadas com jatos em leque, provenientes de um compressor, utilizando uma pressão de 70 bares, a cerca de 70 cm de distância do substrato a ser limpo.
- A existência de detalhes de proteção, como rufos e pingadeiras, evita impregnações que não podem ser retiradas somente com água. Quando não for obtido um resultado satisfatório, somente com jato de água, recomenda-se a adição de soluções de hipoclorito de sódio (12%), na concentração de 1:10 (hipoclorito: água) ou detergente neutro 1:6 (detergente neutro: água).
- Quando a fachada apresentar áreas fissuradas, descoladas, manchadas ou com vestígios de impactos, consultar a Weber Saint-Gobain Quartzolit, para a adoção de reparos adequados.
- Consulte a Weber Saint-Gobain no caso de uso de outros produtos de limpeza, para indicação de empresas autorizadas a proceder à limpeza do revestimento mineral.
- Não é indicado uso de pintura acrílica sobre a superfície com revestimento mineral, por alterar a estética do material e também por sua natural permeabilidade ao vapor d'água.
- Nos casos de obras expostas em áreas abertas e em lugares altos sem edificações no entorno, ou em climas ou micro climas extremamente úmidos, pode-se dilatar o período de manutenção (lavagem), com o emprego de um hidrofugante de superfície solúvel em água. Os prazos de manutenção podem variar de acordo com a localização e exposição das fachadas (de 2 a 5 anos com o material sem hidrofugante de superfície adicional).

2.5.3 Tipos de acabamento

Conforme o Guia Weber (2000), a Monocapa possibilita os seguintes acabamentos:

- Acabamento chapiscado: Realizado em dois passos, que são:
 - Primeiro: Regularização da alvenaria com 10 mm de espessura.
 - Segundo: Efeito chapisco com máquina de proteção ou chapiscadeira manual.

Quanto ao chapiscado, deve-se aplicar uma primeira camada de 10 mm de espessura, manualmente, ou à máquina, estriando-o sempre antes de alisar. Também deve-se projetar, com a máquina ou chapiscadeira manual ou pneumática, uma segunda camada de 6 a 8 mm de espessura em chuva (afinar a projeção da máquina em chuva).
- Acabamento Travertino: Recomenda-se realizar todos os passos do acabamento chapiscado, e em seguida, alisar o chapisco com desempenadeira metálica ou colher de pedreiro.

➤ Acabamento alisado: Neste tipo de acabamento, a Monopral apresenta textura alisada, quando for desempenada com desempenadeira lisa. Neste tipo de acabamento deve ser feito o seguinte:

- Aplicar uma camada de 10 mm de espessura, estriando.
- Aplicar uma segunda camada de 3 a 5 mm de espessura, nivelando com régua e espátula, estriando e alisando.
- Após o tempo previsto de secagem adequado, desempenar o material.

Obs.: acabamentos alisados são recomendados somente para pequenas áreas ou detalhes de acabamento.

2.5.4 Bases para aplicação

Segundo o Manual da Quartzolit [QUARTZOLIT WEBER, entre 1998 e 2002], o produto pode ser aplicado sobre qualquer uma das bases descritas abaixo:

- blocos de concreto autoclavados;
- blocos de concreto;
- blocos cerâmicos que permitam de no máximo uma cobertura de 30 mm;
- blocos silício-calcários;
- superfícies de concreto imprimadas com IboXapiscofix Rolado;
- superfícies esboçadas.

2.6 Patologias do revestimento em Monocamada

Embora haja uma preocupação crescente com a qualidade da construção civil, traduzida pela implementação de regulamentação específica na área do conforto e da durabilidade, verifica-se que as edificações construídas nos últimos anos não apresentam a qualidade esperada, apesar de vários estudos já realizados a respeito deste tema (FREITAS, 2003).

Desta maneira, é importante, no âmbito do desenvolvimento e da caracterização das “Monomassas”, realizar a descrição de algumas anomalias associadas a estas argamassas, com o objetivo de identificar as suas causas e definir algumas estratégias de recuperação,

contribuindo, assim, para a melhoria da qualidade e durabilidade destes produtos de construção.

As principais causas de patologias de argamassas encontram-se aos seguintes níveis, conforme descrito por Veiga (2009), que são:

- Formulações ou disposições construtivas inadequadas ao papel a ser desempenhado pelas argamassas, devido a especificações insuficientes ou incorretas de projetos, devido ao não cumprimento das especificações eventualmente existentes;
- Aplicação deficiente em obra devido a quantidade de água excessiva, a aplicação em condições climáticas muito desfavoráveis e a inexistência ou insuficiência de cura adequada do produto;
- Anomalias de elementos que estão em contato tais como: fissuração da alvenaria, deformações excessivas deste, principalmente no caso de deformações diferenciais entre zonas do mesmo suporte, água proveniente de capilaridade ascendente através do suporte, oxidação de elementos metálicos em contato;
- Causas excepcionais (acidentais ou de vandalismo): rupturas de canalizações, choques de automóveis, quedas de elementos diversos, ações de vandalismo, entre outras;
- Envelhecimento natural da edificação, devido à idade ou à exposição a condições particularmente agressivas, como, por exemplo: ambiente salino, elevada poluição, clima agressivo, com condições de formação de gelo, ou com grandes amplitudes térmicas e vento relativo forte.

2.6.1 Anomalias mais recorrentes em edificações utilizando monocamada

Segundo Sousa (2009), um revestimento em “monomassa”, em geral, pode estar sujeito ao mesmo tipo de anomalias que afetam um reboco tradicional, a durabilidade e estética ficam reduzidas significativamente quando os defeitos aparecem.

As anomalias que podem surgir num revestimento monocamada dividem-se em dois grupos: anomalias de aspecto, que afetam unicamente a função decorativa, e constituem os defeitos que se reproduzem com maior frequência; e anomalias que afetam o comportamento e durabilidade do revestimento, pondo em risco a função principal do revestimento, a impermeabilização, o que significa que afetam diretamente a capacidade do revestimento para contribuir para a estanqueidade global da fachada afirma Sousa (2009).

2.6.1.1 Diferenças de tonalidade

Segundo Sousa (2009), é frequente a exibição de variações de tonalidade em fachadas revestidas com reboco monocamada, sendo este fator mais intenso em aplicações com cores mais fortes e escuras. Este fenômeno deve-se fundamentalmente a dois aspectos, respectivamente: ao modo de preparação da argamassa e às condições de aplicação.

Uma variação na quantidade de água na mistura, por menor que seja, e nas condições de mistura (número de sacos introduzidos dentro do misturador e tempo de mistura) podem provocar variações de coloração e de característica da superfície do revestimento. Dessa forma, é necessário preparar argamassa sempre nas mesmas condições, a fim de se obter características constantes da argamassa a ser aplicada, afirma Sousa (2009).

No que se refere às condições de aplicação da argamassa, Sousa (2009), cita o cuidado especial que se deve ter à aplicação por projeção mecânica, pois, a pressão de ar utilizada, o ângulo de projeção e a distância do tubo de projeção determinam, sobretudo, a rugosidade da superfície do revestimento. Na aplicação manual, a forma como o operário aplica a argamassa no substrato determina a rugosidade dessa superfície e, por consequência, pode alterar a coloração superficial.

A retomada da projeção com intervalos muito grandes as condições de aplicação com níveis diferentes de temperatura e umidade ambiente também podem provocar algumas mudança de tonalidade do revestimento (SOUSA, 2009).

Na fase de acabamento raspado, a raspagem em diferentes graus de endurecimento ou raspado incompleto, pode provocar desigualdades de espessura do revestimento e, conseqüentemente, diferenças de tonalidade. Segundo o *Scientifique et Technique du Batiment (CSTB)*, as diferenças de coloração podem surgir em revestimentos que em longo prazo estiveram sujeitos a diferentes condições de exposição, contudo, tende-se a atenuar com o envelhecimento do revestimento.

2.6.1.2 Eflorescências ou carbonatações

As eflorescências são decorrentes de depósitos salinos, principalmente, de sais de metais alcalinos e alcalino-terrosos na superfície das alvenarias, provenientes da migração de sais solúveis presentes nos materiais e/ou componentes da alvenaria (BAUER, 1994).

As eflorescências são causadas por três fatores de igual importância: o teor de sais solúveis existentes nos materiais ou componentes, a presença de água e a pressão hidrostática necessária para que a solução migre para a superfície. As três condições devem existir, pois, caso uma delas seja eliminada, não ocorrerá o fenômeno (SOUSA, 2009).

A água de amassadura e os agregados também podem contribuir para a ocorrência das eflorescências. Caso a água, ou as areias utilizadas, sejam provenientes de regiões próximas do mar, regiões mais agressivas, podem conter na sua composição cloretos e sulfatos de metais alcalinos terrosos, afirma Sousa (2009).

Este fenômeno, segundo Sousa (2009), consiste na aparição de manchas esbranquiçadas na superfície do revestimento, sendo este fato mais provável quando aplicado em tempo frio e úmido, pois, nestas condições, parte da cal liberta-se durante a presa do reboco, tendo tempo de se dissolver na água do amassado e desaparecer da superfície do revestimento, onde se deposita em vez de se produzir esta reação totalmente no interior do reboco.

Ao longo do tempo, o reboco é sujeito a diversas condições de exposição, porém, nas fachadas existem superfícies mais protegidas que outras, devido aos ciclos de umidificação e secagem, as partes mais expostas estão sujeitas aos fenômenos de migração da cal livre e da sua carbonatação à superfície, o que provoca um fator branqueador do reboco. Quanto mais capilar for o reboco mais sensível é a este fenômeno de carbonatação diferencial (SOUSA, 2009).

2.6.1.3 Manchas causadas por exposição às intempéries

Nos centros urbanos é muito comum o recobrimento dos revestimentos externos de edificações por pó, fuligem e partículas contaminantes, que proporcionam o aparecimento de vários tipos de manchas nas fachadas. Os principais responsáveis por este fenômeno são a poluição atmosférica, a ação de micro-organismos e a acumulação de partículas de sujidade (SOUSA, 2009).

Um fator que afeta as manchas devidas à poluição é a rugosidade superficial do revestimento. Em ambientes cuja poluição é elevada, a superfície mais lisa é mais propícia à conservação. O desenvolvimento de sujidade biológica, juntamente com a reunião das condições ambientais favoráveis, facilita o aparecimento de manchas devidas à ação de microorganismos (SOUSA, 2009).

Micro-organismos como fungos, musgos e algas, quando fixados à superfície dos revestimentos, podem causar várias alterações estéticas nos revestimentos, além de provocar problemas de salubridade quando fixados em áreas internas das edificações. Esses microrganismos formam manchas escuras indesejáveis em tonalidades preta, castanha e verde, ou ocasionalmente, manchas claras e esbranquiçadas, ou amareladas (BAUER, 1994).

Conforme entende Sousa (2009), as manchas devido aos depósitos de partículas constituem um aspecto com bastante relevância nas fachadas revestidas com reboco em monocamada.

A chuva escorrida incidente na fachada ricocheteia para o exterior, ou normalmente permanece na superfície do revestimento, sendo em parte succionada por capilaridade e absorvida por tensão superficial, e, após saturação e sobre certas circunstâncias, a água restante começa a deslizar na fachada. As manchas provocadas pelo escoamento de água, sobre a fachada, podem ocorrer em função da ausência de detalhes construtivos que permitam a descolagem da lâmina de água proveniente de chuvas que acabam facilitando o arraste das partículas de água, tanto no interior, durante a absorção, quanto no exterior, durante a lavagem, e é este o fator que tem como resultado final a alteração de aspecto por sujeira que, normalmente, se dá o nome de lavagem diferencial (BAUER, 1994).

Segundo Sousa (2009), todos os elementos que apresentem relevos, ressaltos e mudanças de planos, que possam criar descontinuidades sobre a superfície da edificação, constituirão fontes de acumulação de sujeira e de grande heterogeneidade de aspecto, com zonas de lavagem mais ou menos marcadas. Em função desta ação, é comum ocorrer o aparecimento de manchas no peitoril abaixo da janela.

Desta maneira, é necessário anular possíveis concentrações de escoamentos de água que tendem a proporcionar concentração de sujeira ou lavagem diferencial, distribuindo a lâmina de água o mais possível quando esta se forma, de modo a evitar a formação de caminhos preferenciais de fluxo de água e evitar a passagem da lâmina de água sem descontinuidade entre planos de inclinação diferentes (SOUSA, 2009).

2.6.1.4 Fissuração

A criação de fendas é uma das anomalias de maior incidência e expressão em monocamada, por ter elevado impacto no seu desempenho, podendo afetar o cumprimento das principais funções do revestimento: afeta a capacidade de impermeabilização, prejudica

gravemente a aparência e, ao permitir infiltrações de água e de outros agentes e a fixações de micro-organismos, reduz a durabilidade do revestimento e da própria parede onde é aplicado o revestimento (VEIGA, 2009).

A fissuração é uma patologia comum às argamassas tradicionais e às argamassas secas pré-dosadas e que pode resultar de deficiências de formulação ou aplicação, tais como: o excesso de água de amassamento, que aumenta a retração; tempos de mistura insuficientes, que aumentam o módulo de elasticidade e, conseqüentemente, diminuem a capacidade de absorção das deformações; a umidificação insuficiente do suporte; as condições atmosféricas desfavoráveis, o tempo quente, seco e o vento forte; e a aplicação de uma camada demasiada espessa. Além disso, a fissuração também pode ter origem nos suportes ou na inadequação dos sistemas construtivos ao comportamento dinâmico dos edifícios (SOUSA, 2009).

2.6.1.5 Destacamento

Na visão de Sousa (2009), o destacamento surge como uma sequência de anomalias de gravidade crescente, já que o revestimento perde toda a capacidade funcional e ainda põe em risco a segurança física de pessoas, devido à possibilidade de queda de fragmentos do revestimento. A aderência das argamassas de base hidráulica aos suportes é realizada por ancoragem mecânica, por meio da cristalização dos ligantes no interior dos poros do suporte. Neste contexto, é possível determinar condições de umidade relativa dos suportes e de perdas aceleradas da água de amassadura.

A falta de aderência está relacionada, principalmente, com a inadequada preparação da base, como: restos de pó, pinturas, gesso, partículas não aderentes; insuficiente umidificação, ausência de tratamento inicial da base e poucos absorventes e muito lisos; resistência muito inferior ao revestimento aplicado como pode ser o caso do betão leve ou de trabalhos de restauro (SOUSA, 2009).

Os destacamentos podem apresentar extensão variável, sendo que a perda de aderência pode ocorrer de diversas maneiras: por empolamento, em placas, ou com pulverulência. No caso de destacamentos por empolamento, este fenômeno ocorre devido às expansões na argamassa em função da hidratação de óxidos. Já o destacamento em placas ocorre quando há deficiência de aderência entre camadas do revestimento com a base. No caso do destacamento por pulverulência, observa-se desagregação e, conseqüentemente, esfarelamento da argamassa ao ser pressionada pelas mãos (SOUSA, 2009).

2.6.1.6 Falhas de impermeabilidade

Esta anomalia pode acontecer na presença de fissuras, devido às causas que foram anteriormente citadas ou, no caso de estas não existirem, deve-se, normalmente, às espessuras insuficientes de aplicação do revestimento, revelando-se com mais intensidade na zona das juntas, já que é habitualmente nesta zona que o revestimento alcança a sua espessura mínima e, portanto, apresentam a resistência mínima à penetração da umidade, afirma Sousa (2009).

2.6.1.7 Falta de Resistência

Segundo Sousa (2009), quando a resistência de uma aplicação em monocamada é inferior à estimada, ela ocorre, normalmente, por causa de uma incorreta preparação do produto, amassado com excesso de água, reamassado após parcialmente endurecido, ou a uma secagem da argamassa demasiadamente rápida, devido às condições ambientais, pelo que, o produto não tem a possibilidade de desenvolver toda a sua capacidade de ligante, entre outros fatores.

2.7 Detalhes construtivos

Segundo a Quartzolit Weber (2003), em uma edificação podem ser utilizados diferentes tipos de acabamentos e cores como solução arquitetônica, porém, alguns cuidados devem ser observados. Neste sentido, combinações de tonalidades diferentes podem ser desenhadas com uma régua e friso de emenda. Em mudanças de cores numa mesma fachada, as áreas vizinhas devem se protegidas no momento da aplicação.

É importante observar que, conforme De Luca (2008), depois de terminado, o revestimento com Monopral Quartzolit pode ser cortado ou esculpado, além de receber inserções de cores diferentes.

De acordo com Quartzolit Weber (2003), deve-se garantir, em qualquer dos casos, que a espessura mínima de cobertura da alvenaria seja de 10 mm. Em frisos, a espessura mínima passa a ser de 13 mm. Também é destacada a possibilidade das combinações de tonalidades diferentes podem ser desenhadas com uma régua e friso de emenda. Em mudanças de cores numa mesma fachada, as áreas vizinhas devem se protegidas no momento da aplicação (QUARTZOLIT WEBER, 2003).

A aplicação de uma nova camada sobre uma já aplicada após 12 horas, pode-se fazer detalhes decorativos, cornijas, molduras ou imitação de pedras em relevo. A espessura total do revestimento não deve exceder a 30 mm, quando aplicado sobre alvenarias, ou 25 mm, quando aplicado sobre um revestimento anterior. Recomenda-se a utilização de, no mínimo, um friso horizontal para cada pavimento, coincidindo com as emendas das aplicações de monopral (QUARTZOLIT WEBER, 2003)

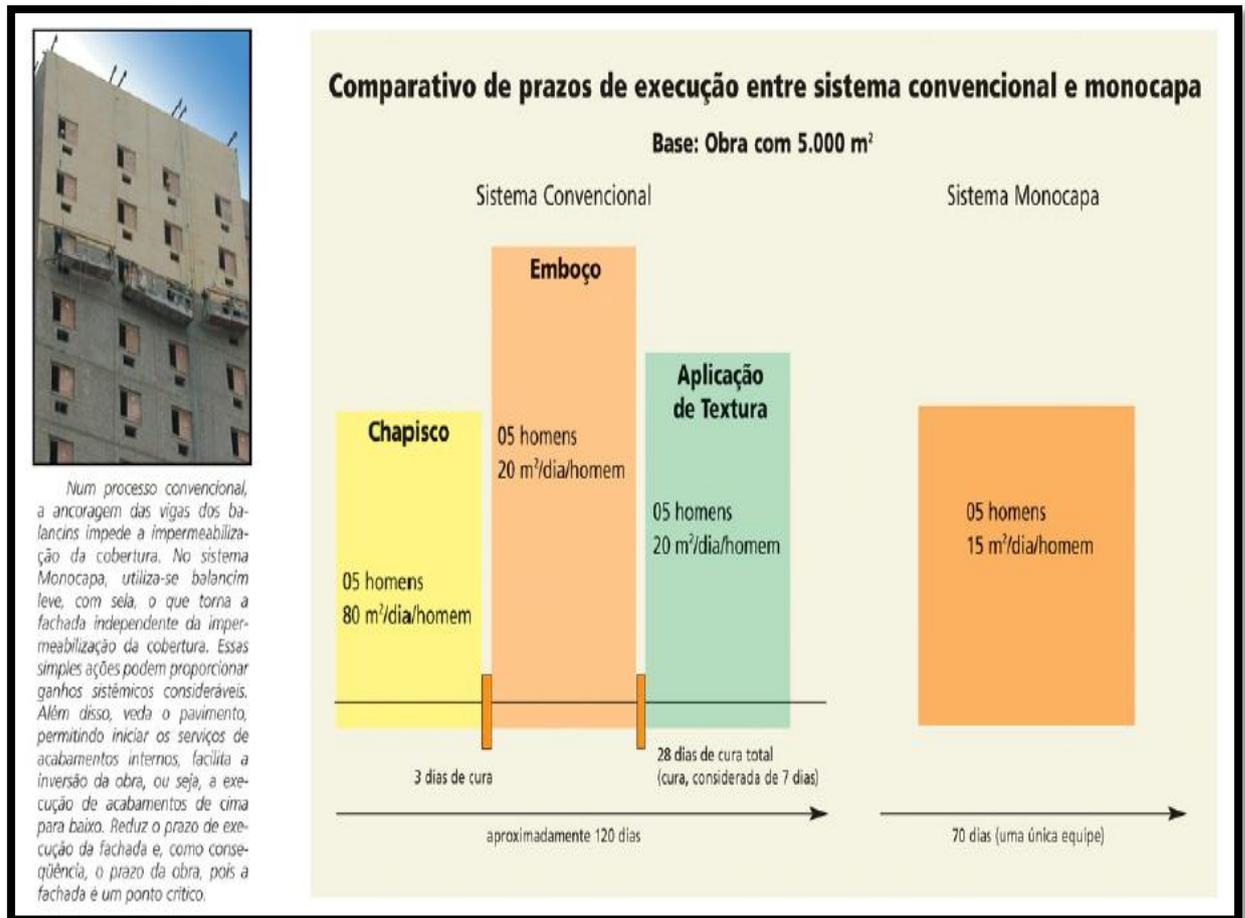
2.8 O impacto da Monocapa no planejamento da execução e custos do empreendimento

Tendo em vista a importância dos custos no sistema construtivo, é sabido que esse fator nos sistemas inovadores é um ponto-chave para o seu sucesso. O sistema Monocapa permite um novo planejamento de execução com foco na racionalização nos seguintes elementos:

- a cobertura é liberada pelo uso de balancins leves;
- elimina-se o preparo de bases e camadas de regularização intermediárias;
- veda-se o pavimento, liberando os serviços internos;
- facilita-se a inversão da obra, reduzindo o caminho crítico (fachada).

A conclusão é que existe um ganho sistêmico do processo como um todo: menor custo de gestão da obra; maior produtividade; menor desperdício; menor custo de manutenção, melhor qualidade; menor custo empresarial com suprimentos; administração de contatos; planejamento e contas a pagar. Enfim, a Monocapa vem provando, ao longo de sua história de existência, que veio a revolucionar os sistemas construtivos. A Figura 2 mostra um comparativo de prazos de execução entre o sistema convencional e o sistema em monocamada quanto a sua produtividade, onde pode ser observado o ganho de produtividade em m²/dia/homem com a utilização do sistema de Monocapa em uma edificação de 5000m² (QUARTZOLIT WEBER, 2008).

Figura 2 – Comparativo de prazos de execução entre Sistema Convencional e Monocapa



Fonte: Quartzolit Weber (2008)

Segundo Martins (2012), para executar 150 metros quadrado por dia de revestimento externo, uma construtora de Sergipe optou por argamassa Monocapa aplicada por projeção, conforme ilustra a Figura 3.

Figura 3 - Edificação construída utilizando revestimento Monocapa



Fonte: Martins (2012)

Para reduzir custos e o tempo de obra, a Stanza, marca do segmento econômico da construtora Celi, optou pelo acabamento Monocapa no revestimento externo do empreendimento Residencial Caminho dos Ventos, em Aracaju. São duas torres com seis pavimentos e outras quatro com sete pavimentos, com conclusão prevista para janeiro de 2013 (MARTINS, 2012).

A Monocapa é aplicada diretamente sobre as alvenarias, ao invés de fazer todo o acabamento em várias etapas-chapisco, emboço, reboco pinturas e texturas, todo o serviço de aplicação é feito em uma única camada, reduzindo o tempo de execução da edificação (MARTINS, 2012).

O engenheiro responsável pela obra Fábio Barroso, afirma que é possível, inclusive, dar acabamento diferenciado – com texturas diversas – ou até liso – como a pintura convencional. Segundo ele, a massa é aplicada com máquina de projeção com misturador descontínuo (canequinha), possibilitando que três profissionais treinados executem de 70m² a 150m² por dia. A aplicação é feita diretamente na alvenaria com menos custos de mão de obra e materiais. A Monocapa foi escolhida para essa obra por conta de ganho de tempo que

proporciona, além de apresentar mais durabilidade e qualidade no acabamento. Ele conta que a Monocapa ainda minimiza a ocorrência de erros (MARTINS, 2012).

O engenheiro ainda explica que foi necessário contratar uma empresa de outro estado, já que não encontrou nenhuma que prestasse o serviço em Aracaju, o que fez que o custo não fosse tão baixo quanto poderia ser. De qualquer maneira, o tempo de execução foi reduzido. Em geral, espera-se cerca de 72 horas para o chapisco curar completamente, além de mais 14 dias entre o emboço e o acabamento. A empresa acredita que o ganho é de cerca de 60% no tempo de execução dessa etapa da obra, ao se escolher este método de revestimento. O tempo de secagem da Monocapa depende de condições dos ambientes (temperatura, umidade do ar, entre outros fatores), mas, normalmente, seca em poucas horas (MARTINS, 2012). A aplicação pode ser feita conforme mostra a Figura 4.

Figura 4 - Revestimento Monocapa aplicada com projeção



Fonte: Martins (2012)

A Figura 4 mostra que equipamentos de projeção proporcionam maior aderência do material porque a energia do lançamento é praticamente constante, e, para aumentar a produtividade e reduzir ainda mais o tempo de execução da obra, construtora optou por aplicar o revestimento por projeção, com uso de canequinha.

Outro fato que pesou a favor na escolha da Monocapa para a edificação, segundo o engenheiro, foi a simplicidade na manutenção, feita com lavagem da fachada a cada cinco

anos. Ele ainda relata que é simples fazer a reaplicação localizada no caso de dano de alguma área do revestimento (fissuras, manchas, destacamentos ou impactos). Como existe apenas uma camada, a correção é praticamente imperceptível. Em termos de desempenho, o resultado é semelhante aos revestimentos convencionais, de acordo com o engenheiro Fábio. Mas ele explica que houve vantagens na comparação entre as tecnologias “multicamadas x monocamada”. Além disso, a Monocapa tem compostos mais duráveis e resistentes que os convencionais, acredita ele. Como a obra ainda está em andamento, não há um número fechado em relação à redução de custos na obra, mas o estudo realizado pelo engenheiro para optar pela Monocapa indica que, em um edifício de 15 andares, a economia chega a ser até de R\$ 300 mil. Para ele, existe ganho no processo como um todo a partir da seguinte lógica: diminuindo a quantidade de materiais, consegue-se maior produtividade e menos desperdício (MARTINS, 2012).

CAPÍTULO 3

3 Procedimentos Metodológicos

A Monocapa é um sistema de revestimento de argamassa industrializada aplicada em camada única para uso em fachadas, paredes internas e externas. A técnica de aplicação do sistema requer mão-de-obra treinada e objetiva acelerar o processo, além de diminuir o desperdício ao agrupar as diversas etapas de revestimento (chapisco, reboco, emboço e pintura). A eliminação das etapas acaba se apresentando como uma alternativa viável no sentido de aumentar a produtividade, reduzir as perdas, diminuir o consumo de materiais e simplificar o sistema.

Neste contexto surge um sistema de revestimento de argamassa com camada única que também constitui uma camada de acabamento, o revestimento decorativo monocamada. Trata-se de um sistema de revestimento que utiliza uma argamassa pigmentada, eliminando a necessidade de acabamento final, e que pode ser aplicado sobre substratos de alvenaria ou concreto estrutural. No Brasil, o início da utilização deste método foi recente e, por se tratar de um sistema desenvolvido sob diferentes condições de aplicação e uso, e que difere da técnica de revestimento de argamassa convencional, este sistema necessita de estudos para sua melhor compreensão e aplicação. Ainda, por se tratar de um revestimento decorativo deve ser capaz de atender, além das expectativas quanto ao seu desempenho, também às expectativas estéticas, apresentando conformidade de cor e tonalidade por toda extensão revestida.

Neste estudo propõe-se a análise da aplicação do revestimento Monocapa e do revestimento Convencional em blocos cerâmicos de alvenaria estrutural, para verificar sua viabilidade técnica com ensaios realizados em laboratório com perspectiva de aplicação em edificações da região.

Foram feitas verificações através da avaliação das argamassas no estado fresco executado segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 13278/2005: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado, e verificação da consistência da argamassa, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 13276/2002 Emenda 1/2005: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência.

No estado endurecido das argamassas foram feitos ensaios de resistência à compressão axial e a tração na flexão, segundo a ABNT- NBR 13279/2005: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão, e verificação da durabilidade do ponto de vista da resistência à aderência pela Associação de Normas Técnicas (ABNT) NBR- 13528 (ABNT, 2010) Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração, o qual verificará a intensidade do elo de ligação na interface revestimento/substrato.

O resultado desses ensaios poderá alertar para a possibilidade, ou não, de ocorrência de futuras manifestações patológicas, como deslocamentos de parte do revestimento.

Com os resultados finais desta pesquisa pretende-se contribuir na tomada de decisões da comunidade da construção quanto à utilização do sistema monocapa em edificações de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos, bem como no aperfeiçoamento do desempenho do produto.

A partir dos objetivos estabelecidos, foi elaborado o programa experimental do trabalho onde, são descritos os materiais, os equipamentos e os métodos experimentais empregados para o desenvolvimento da pesquisa.

O estudo experimental foi realizado no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), realizando a elevação de paredes de blocos cerâmicos de alvenaria estrutural, as paredes foram realizadas em ambiente externo que possibilita uma comparação usual com o que é realizado em fachadas de edificações da cidade, estando expostas as intempéries e variações de temperatura durante todo o período de ensaio das argamassas.

Quanto ao procedimento experimental, este foi dividido em seis etapas de trabalho:

1. Determinação dos materiais;
2. Caracterização dos materiais;
3. Produção das argamassas de revestimento;
4. Confecção das paredes com blocos cerâmicos de alvenaria estrutural;
5. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas das argamassas de revestimento, no estado fresco;
6. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas das argamassas de revestimento, no estado endurecido.

3.1 Materiais utilizados

3.1.1 Bloco cerâmico de alvenaria estrutural

Foram utilizados blocos cerâmicos de alvenaria estrutural para elevação das paredes para posterior realização do revestimento, na Tabela 1 são apresentadas as propriedades do bloco cerâmico utilizado.

Tabela 1 – Propriedades do bloco cerâmico estrutural	
Dimensões (cm)	14 x 19 x 29
Área Bruta (cm ²)	403,35
Área Líquida (cm ²)	160,26
Resistência (MPa)	10
Índice de absorção d'água AA (%)	9,5
Índice de absorção d'água inicial AAI (g/1933,55 ² /min)	32

Fonte: Empresa Pallotti

3.1.2 Cimento Portland

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi utilizado o cimento CP IV-32 Votaran da Votorantin, com densidade de 2,96 g/cm³. Assim, após aquisição deste cimento o mesmo foi devidamente acondicionado no laboratório de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, visando à manutenção de suas propriedades durante o uso deste nos ensaios. A Tabela 2 mostra os limites de composição citados pelo fabricante do cimento analisado.

Tabela 2 - Composição química do cimento

Composição						
Tipo	Sigla	Classe	Norma	Clinker + Gesso	Calcário	Pozolana
IV	CP IV	32	5736	45 a 87 %	0 a 5%	15 a 50%
Finura		Tempo de Pega		Expansibilidade		Resistencia à Compressão (MPa)
Resíduo na peneira 75mm (%)		Início (h): ≥1		A frio (mm): ≤ 5		1 dia: ---
≤8,0		Término (h): ≤ 12		A quente (mm): ≤ 5		3 dias: ≥10
						7 dias: ≥20
						28 dias: ≥32

Fonte: Votorantin cimentos

3.1.3 Cal Hidratada

A cal hidratada utilizada foi do tipo CH-II da marca Procal da mineradora Mônego cuja especificação desta é regulamentada pela NBR 7175 (ABNT, 2003). A cal é vendida comercialmente nas lojas de construções em sacos de 20 kg, e é encontrada facilmente na

região. A cal hidratada foi acondicionada de forma a não modificar as propriedades originais, Tabela 3 mostra as características da cal utilizada.

Tabela 3 - Propriedades da cal

Propriedades da Cal Hidratada Ensaio	Valor obtido	Valor especificado	Situação
Finura/peneira nº 30	--	$\leq 0,5\%$	--
Finura/peneira nº 200	--	$\leq 15\%$	--
Massa específica (g/cm ³)	2,49	--	--
Estabilidade	--	Ausência	--
Retenção de água	88%	$\geq 75\%$	A
Plasticidade	344%	$\geq 110\%$	A
Incorporação de areia	--	$\leq 2,5\%$	--

Fonte: Empresa Dagoberto Barcellos S.A

3.1.4 Água de amassamento

Foi utilizada água potável para a mistura das argamassas. A água é proveniente da rede pública de distribuição de água, da empresa CORSAN.

3.1.5 Areia

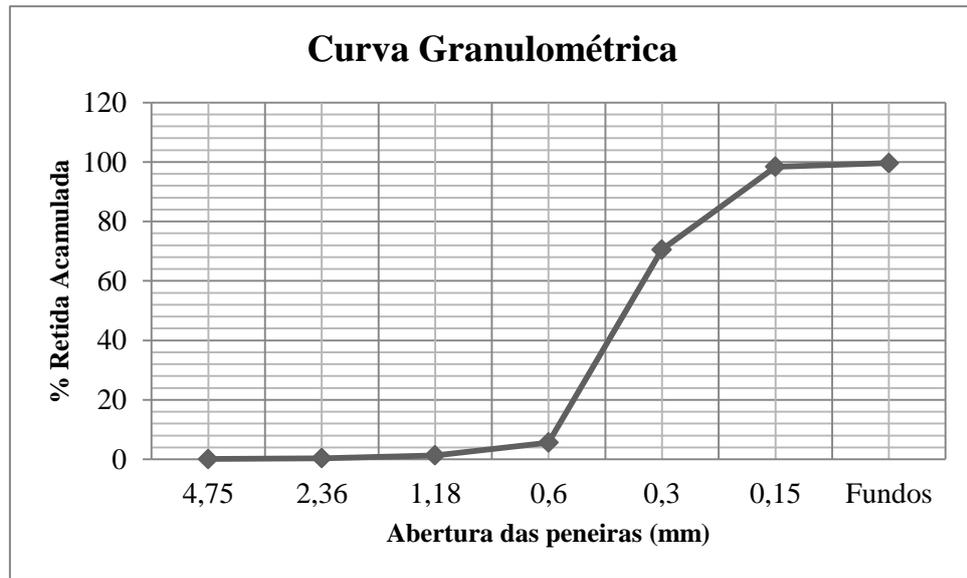
Para a composição dos traços de argamassa de revestimento usual foi utilizado como agregado miúdo uma areia média, de origem natural, proveniente do município de Manoel Viana. Na Tabela 4 é apresentado o ensaio de granulometria da areia, e no Gráfico 1, a curva granulométrica da areia.

Tabela 4 - Ensaio de granulometria da areia

# Peneira	Peso Retido (g)	% Retido	% Retido Acumulado
4,75	1,90	0,19	0,19
2,36	2,70	0,27	0,46
1,18	9,20	0,92	1,38
0,6	46,90	4,69	6,07
0,3	697,0	69,70	75,77
0,15	225,04	22,504	98,27
Fundo	14,80	1,48	99,75
Total	997,54	99,754	
Diâmetro Máximo: 0,6			
Módulo de Finura: 1,82			
Massa específica (g/cm ³): 2,62			

Fonte: Elaboração própria

Gráfico 1 – Curva de granulometria da areia



Fonte: Elaboração própria

3.1.6 Monocapa – Argamassa Industrializada Pigmentada

A argamassa monocapa foi devidamente acondicionada no laboratório de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, visando à manutenção de suas propriedades durante o uso deste nos ensaios.

Conforme Quartzolit Weber [entre 1998 e 2013], o produto Monocapa apresenta os seguintes dados que o caracterizam:

- Composição: cimento branco, cal, agregados leves, aditivos e pigmentos.
- Diâmetro máximo do agregado: 1,20 mm
- Densidade do pó: 1,50 g/cm³
- Coeficiente de capilaridade: no máximo 1,0
- Peso específico da argamassa endurecida: 1,60 g/cm³
- Resistência a compressão – classe CS III: $\geq 3,8$ MPa
- Resistência a flexão: 2,0 MPa
- Resistência de aderência: $\geq 0,3$ MPa
- Módulo de elasticidade dinâmico: no máximo 11.000 Mpa

Figura 5 - Saco de 30 kg de Monocapa Quartzolit Weber



Fonte: Elaboração própria

3.2 Produção das argamassas

Foram planejados dois tipos de execução das argamassas de revestimento, uma com a argamassa comum utilizada em obra para o revestimento de fachadas com traço de 1: 2: 9 – (cimento, cal, areia), traço este usualmente utilizado em fachadas de edificações e outra com a argamassa industrializada pigmentada monocapa, onde sua mistura é apenas com água. As argamassas foram produzidas no laboratório de engenharia civil da Unipampa seguindo-se as recomendações da NBR 13276 (ABNT, 2005), na qual para a mistura foi utilizada a argamassadeira mecânica.

As etapas para a moldagem dos corpos-de-prova (CP's) iniciaram-se ao colocar toda a quantidade de água na cuba de alumínio da argamassadeira, posteriormente, foi adicionado o cimento, a cal (traço de referencia), a velocidade de mistura desses materiais no misturador foi baixa durante 30 segundos. Após, foi adicionado a areia no decurso de 60 segundos, aumentando a velocidade do misturador permanecendo uma velocidade constante, misturando-se todos os insumos por mais 30 segundos. Ao término do tempo, foi desligado o misturador por 1 min e 50 segundos, retirando-se todo o material que ficou aderido à pá e às paredes da cuba. Imediatamente, após este intervalo, o misturador foi ligado em velocidade constante por mais 3 minutos. É mostrado o aspecto das duas argamassas estudadas, temos na Figura 6 a argamassa industrializada monocapa, e a argamassa convencional Figura 7.

Figura 6 - Argamassa Industrializada Monocapa



Fonte: Elaboração própria

Figura 7 - Argamassa Convencional



Fonte: Elaboração própria

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO

3.3.1 Determinação do índice de consistência

Inicialmente foi realizado ensaio para determinar o índice de consistência, utilizando-se para isso, o procedimento prescrito pela NBR 13276 (ABNT, 2005). Para este ensaio foi utilizada a mesa de consistência, também conhecida como *flow table*, para proporcionar o espalhamento da argamassa quando está localizada sobre o tampo através do acionamento da manivela, de modo que a mesa suba e caia 30 vezes, uma queda por segundo de maneira uniforme.

A quantidade de água, dos traços da argamassa comum e da argamassa industrializada, foi obtida de modo a obter uma consistência da argamassa com o valor compreendido entre (255 ± 10) mm, ou seja, fixou-se o índice de consistência da argamassa a ser atingida e não a quantidade de água. Então, a quantidade de água para cada tipologia de argamassa variou de forma a obter-se a consistência de (255 ± 10) mm conforme NBR 13276.

As Figuras 8, 9, 10 e 11 mostram o ensaio de consistência da argamassa após abatimento na mesa de consistência, realizada conforme as recomendações prescritas em norma para a argamassa monocapa e argamassa de uso comum.

Figura 8 - Monocapa – índice de consistência



Fonte: Elaboração própria

Figura 9 - Monocapa – índice de consistência - espalhamento



Fonte: Elaboração própria

Figura 10 - Argamassa convencional – índice de consistência



Fonte: Elaboração própria

Figura 11 - Argamassa Convencional – índice de consistência - espalhamento



Fonte: Elaboração própria

3.3.2 Densidade de massa e Teor de ar incorporado

O ensaio de teor de ar incorporado foi determinado conforme os procedimentos estabelecidos pela NBR 13278: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado (ABNT, 2005). Esta mesma norma estabelece o método para determinação da densidade de massa e o teor de ar incorporado em argamassas no estado fresco, destinadas ao assentamento e revestimento de paredes e tetos. Para encontrar o teor de ar incorporado, foi necessário calcular a densidade de massa da argamassa no seu estado fresco considerando o volume de vazios e a densidade de massa teórica da argamassa sem vazios, a Figura 12 mostra o aparelho utilizado para calcular o teor de ar incorporado da argamassa monocapa de acordo com a NBR 11686:90, teor de ar incorporado pelo método pressiométrico.

Figura 12 - Aparelho utilizado para cálculo do teor de ar incorporado na argamassa monocapa



Fonte: Elaboração própria

3.4 CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO

Esses ensaios realizados são de extrema importância, pois, vão contribuir para a escolha do melhor produto a ser utilizado no revestimento de fachadas das edificações da região e contribuindo para futuras pesquisas sobre os produtos que foram analisados nesse trabalho.

3.4.1 Moldagem e cura dos corpos de prova

Para a realização dos ensaios mecânicos foram utilizados moldes prismáticos metálicos com as seguintes dimensões de 4,0x4,0x16,0cm, e que formam três compartimentos acoplados, servindo de moldes para três corpos de prova.

Para cada tipologia de traços, das duas argamassas (comum e industrializada), foram moldados 18 (dezoito) corpos de prova da argamassa convencional e monocapa com três compartimentos, totalizando 36 (trinta e seis) corpos de prova para ensaio nas idades de 7, 14 e 28 dias.

O adensamento da argamassa nos moldes foi realizado mecanicamente através do equipamento da marca ERCA mostrado na Figura 13.

Figura 13 - Aparelho de adensamento mecânico



Fonte: Elaboração própria

Inicialmente foi colocada a primeira camada com o auxílio de espátula normatizada até a metade da forma de argamassa e então aplicado 30 (trinta) golpes, depois o restante do molde foi completado com argamassa e aplicado mais 30 (trinta) golpes. As Figuras 14 e 15 mostram os corpos de prova moldados.

Figura 14 - Molde do corpo de prova monocapa



Fonte: Elaboração própria

Figura 15 - Todos os moldes realizados para argamassa monocapa



Fonte: Elaboração própria

A desmoldagem dos corpos de prova prismático foi realizada após 48 horas para garantir resistência suficiente da argamassa e para não danificá-los. Posteriormente foram deixados em ambiente de laboratório até as datas de ensaio. Em seguida a figura mostra as imagens dos corpos de prova da argamassa convencional e da argamassa industrializada monocapa após serem desmoldadas e identificadas para realização dos ensaios como mostrado na Figura 16.

Figura 16 - Corpos de prova da argamassa convencional e monocapa



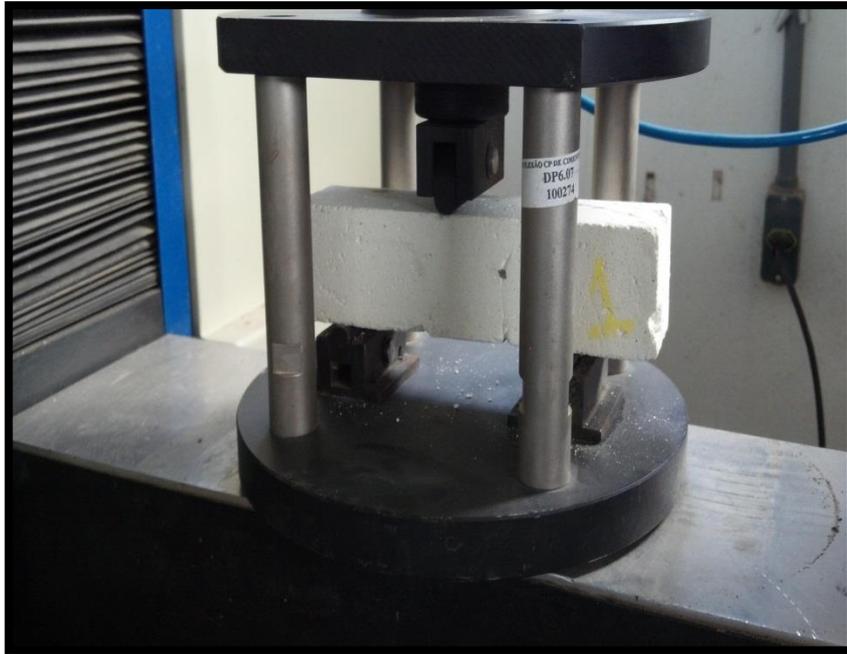
Fonte: Elaboração própria

3.4.2 Resistências à tração na flexão e à compressão

Para determinar a resistência à tração na flexão e à compressão dos corpos de prova, foram utilizados 3 (três) corpos de prova para cada traço das duas argamassas (convencional e monocapa) com dimensões de 4,0x4,0x16,0 cm, para rompimento nas idades de 7,14 e 28 dias, realizados de acordo com os procedimentos estabelecidos pela NBR 13279 (ABNT, 2005).

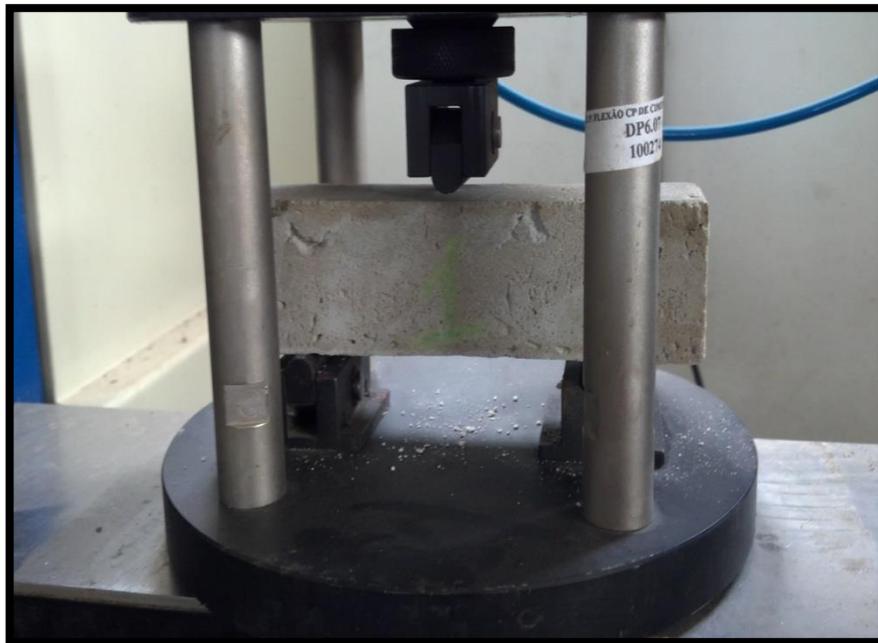
Para a realização do ensaio, iniciou-se, com a determinação da resistência dos corpos de prova submetidos aos ensaios à tração na flexão. Os corpos de prova são posicionados nos dispositivos de apoio e então submetidos à ruptura, como mostram as Figuras 17 e 18.

Figura 17 - Corpo de prova monocapa em ensaio de tração na flexão



Fonte: Elaboração própria

Figura 18 - Corpo de prova de argamassa convencional em ensaio de tração na flexão

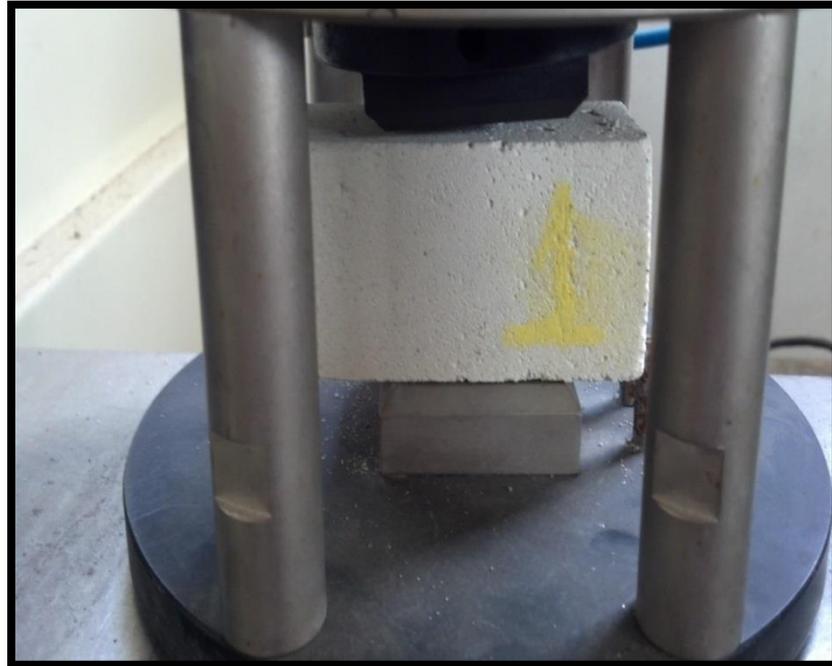


Fonte: Elaboração própria

Após serem determinadas das resistências à tração na flexão dos corpos de prova, ou seja, com as duas metades dos corpos de prova “rompidos” no ensaio anterior, passou-se a determinação da resistência à compressão, para isso, foram utilizadas as metades dos corpos

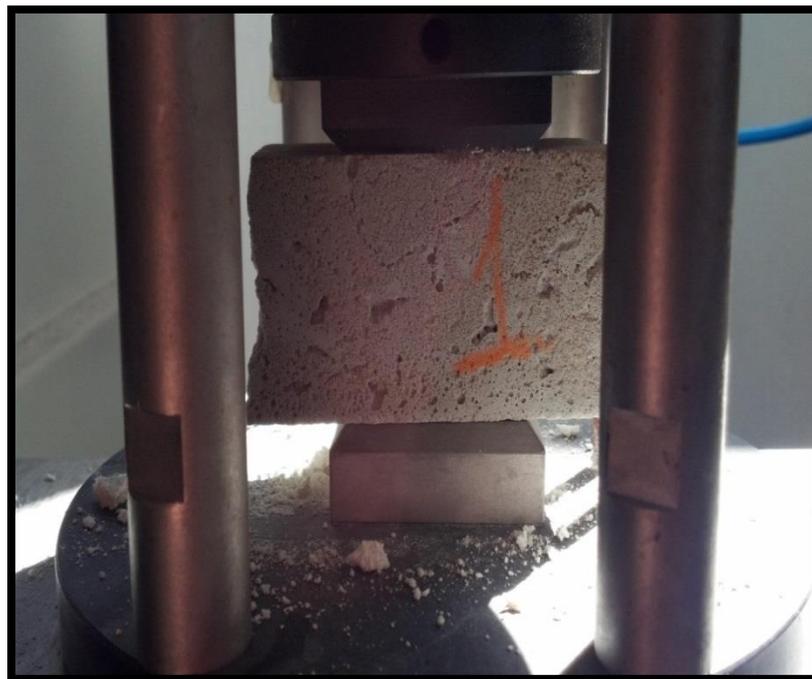
de prova do ensaio de tração na flexão, posicionando o corpo-de-prova no dispositivo de apoios, como mostra as Figuras 19 e 20. O ensaio seguiu os procedimentos dados pela NBR 13279 (ABNT, 2005).

Figura 19 - Corpo de prova de monocapa ensaiado à compressão



Fonte: Elaboração própria

Figura 20 - Corpo de prova de argamassa convencional ensaiado à compressão



Fonte: Elaboração própria

3.4.3 Determinação da resistência de aderência à tração

A metodologia de determinação da resistência de aderência à tração de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas está descrito na Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 13528:2010.

Os resultados desse ensaio apresentam normalmente altos índices de dispersão resultando em um coeficiente de variação da ordem de 10% a 35%. Isso ocorre do fato de que a resistência de aderência é influenciada por diversos fatores altamente variáveis, como a quantidade de água utilizada para fazer a argamassa, o adensamento correto para não haver vazios nos corpos de prova e condições climáticas de secagem da argamassa (TEMP, 2012).

Para realização dos ensaios de aderência à tração foram concebidas paredes de blocos cerâmicos de alvenaria estrutural para receberem o revestimento monocapa e argamassa convencional como mostram as Figuras 21 e 22.

Figura 21 - Parede de blocos cerâmicos de alvenaria estrutural em elevação



Fonte: Elaboração própria

Figura 22 - Detalhe da argamassa de assentamento



Fonte: Elaboração própria

Após a elevação das paredes de blocos cerâmicos de alvenaria estrutural e seu devido tempo de cura da estrutura, foram realizadas as aplicações do revestimento monocapa e da argamassa convencional para análise de resistência a tração conforme NBR 13528: 2010.

A argamassa monocapa recebeu o revestimento final raspado, o qual é mais utilizado para fachadas e é o objeto de estudo deste trabalho.

A espessura de revestimento utilizada tanto da argamassa monocapa como na argamassa convencional foi de 1,5 cm (espessura geralmente utilizada em revestimento de fachadas).

As Figuras 23 e 24 mostram a aplicação do revestimento monocapa na parede de blocos cerâmicos de alvenaria estrutural.

Figura 23 - Aplicação da argamassa convencional na parede de blocos cerâmicos de alvenaria estrutural



Fonte: Elaboração própria

Figura 24 - Revestimento monocapa devidamente raspado e finalizado



Fonte: Elaboração própria

Posteriormente a aplicação do revestimento monocapa e da argamassa convencional, foi aguardado seu tempo de cura para a realização dos ensaios nas idades de 7, 14 e 28 dias conforme NBT 13528: 2010.

Foram realizados cortes nas argamassas com broca serra em locais diversos da parede como na face do bloco e em juntas, conforme prescreve Associação de Normas Técnicas (ABNT) NBR- 13528 (ABNT, 2010) Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração, para das pastilhas para realização do ensaio conforme mostram as Figuras 25 e 26.

Figura 25 - Detalhe do corte e colagem das pastilhas realizadas na argamassa convencional



Fonte: Elaboração própria

Figura 26 - Detalhe do corte e colagem das pastilhas realizadas na argamassa monocapa



Fonte: Elaboração própria

Foram coladas as pastilhas pelo menos 8 horas antes da realização do ensaio como descreve a NBR- 13528 (ABNT, 2010), para garantir a aderência e secagem necessária da cola com a argamassa.

Realizado todo procedimento descrito na NBR 13528 (ABNT, 2010), utilizaram-se do aparelho de arrancamento (dinamômetro de tração) para a realização do ensaio, como mostrado na Figura 27.

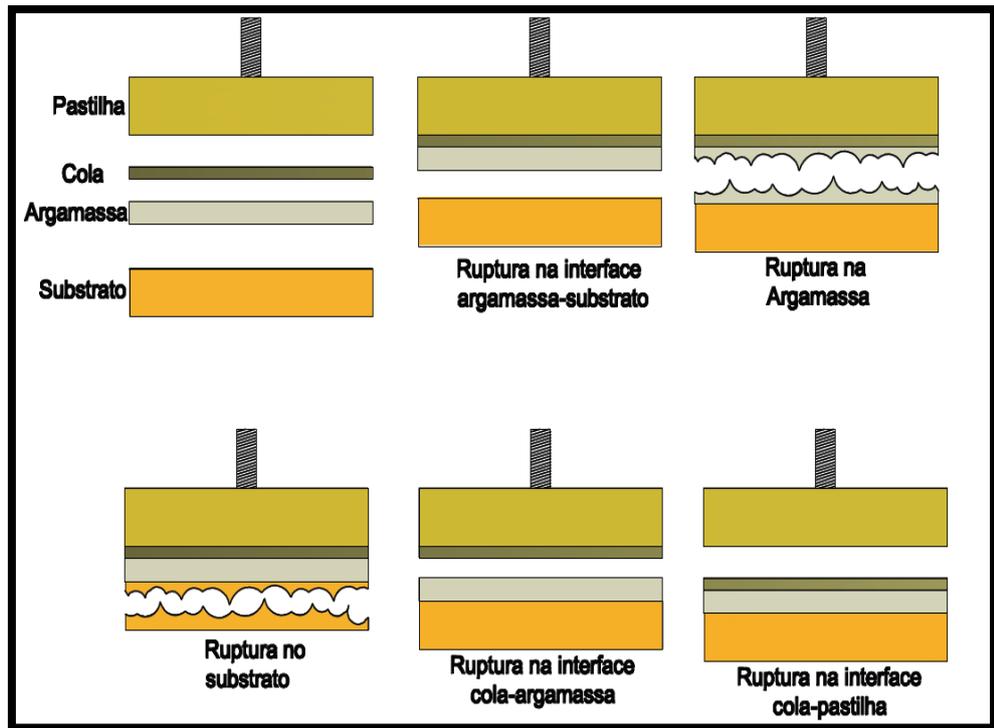
Figura 27 - Detalhe da utilização do equipamento para a realização do ensaio



Fonte: Elaboração própria

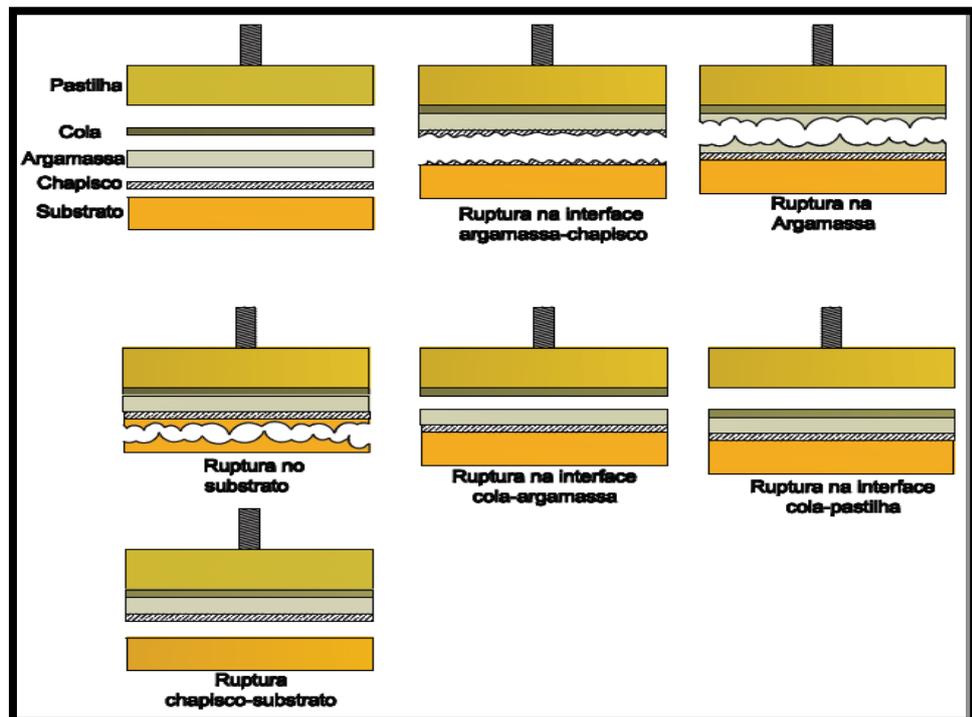
De acordo com Carasek (2007), um aspecto que deve ser observado quando a realização do ensaio de arrancamento é de quão importante os valores de resistência de aderência obtidos é a análise do tipo de ruptura. Se a ruptura for do tipo coesivo ocorre no interior da argamassa ou substrato. Existe o tipo de ruptura adesiva que acontece na interface. No trabalho foi utilizada a argamassa sem chapisco, os tipos de ruptura são apresentas nas Figuras 28 e 29, para a argamassa sem chapisco e com chapisco respectivamente.

Figura 28 - Tipos de ruptura sem chapisco



Fonte: Temp (2012)

Figura 29 - Tipos de ruptura com chapisco



Fonte: Temp (2012)

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos nos ensaios experimentais, quanto ao comportamento das argamassas Monocapa e Argamassa Convencional, tanto no seu estado fresco, como no seu estado endurecido.

4.1 ENSAIOS DA ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO

4.1.1 Índice de Consistência

Para a determinação do índice de consistência para os diferentes traços a quantidade de água, foi obtida do ensaio de índice de consistência, com um espalhamento de (255 ± 1) mm), sendo esta realizada de acordo com o preconizado na norma NBR 13276 (ABNT, 2002). A água utilizada para confecção da argamassas está de acordo com a NBR 13276 com mostram Tabelas 5 e 6 que apresentam os resultados para a argamassa industrializada e argamassa convencional respectivamente. A proporção de água utilizada para a produção da argamassa Monocapa foi de 900 ml e para a argamassa Convencional de 1300 ml.

Tabela 5 - Proporcionalidade de água e média do índice de consistência para a monocapa

Monocapa	
Proporcionalidade de água	Média do Índice de consistência (mm)
800 ml	243,2
900 ml	254,1
950 ml	260,1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 6 - Proporcionalidade de água e média do índice de consistência para a argamassa convencional

Argamassa Convencional (1: 2: 9)	
Proporcionalidade de água	Média do Índice de consistência (mm)
1300 ml	255,3
1350 ml	259,9
900 ml	237,4

Fonte: Elaboração própria

O índice de consistência foi feito para verificar uma quantidade de água de acordo com a NBR 13276 (ABNT, 2002), para tornar a argamassa com melhor trabalhabilidade o que é usualmente utilizado em obras convencionais, assim pode-se verificar que o teor de água da argamassa monocapa e da argamassa convencional foram diferentes, devido à quantidade de compósitos químicos que a argamassa industrializada do tipo monocapa possui em sua composição, desta maneira a quantidade de água utilizada na monocapa é consideravelmente menor que a quantidade de água utilizada na argamassa convencional.

A experiência do pedreiro ao realizar o revestimento também deve ser levada em consideração, de modo a obter uma argamassa menos consistente, mas de fácil trabalhabilidade, principalmente no revestimento de fachadas onde a intensidade do clima pode afetar na aplicação do revestimento.

4.1.2 Densidade de massa e Teor de ar incorporado

Os resultados da densidade de massa real, teórica e teor de ar incorporado para a argamassa monocapa e para a argamassa convencional estão apresentados na Tabela 7,8, e 9, respectivamente, obtidos no estado fresco conforme determinação do teor de ar incorporado e densidade de massa, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR 13278/2005: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado.

Tabela 7 - Densidade de massa real para argamassa monocapa e argamassa convencional

Argamassa	Densidade de massa real (g/cm ³)
Monocapa	1,97
Argamassa Convencional	2,05

Fonte: Elaboração própria

Tabela 8 - Densidade de massa teórica para argamassa monocapa e argamassa convencional

Argamassa	Densidade de teórica (g/cm ³)
Monocapa	1,8
Argamassa Convencional	2,18

Fonte: Elaboração própria

Tabela 9 - Teor de ar incorporado para argamassa monocapa e argamassa convencional

Argamassa	Teor de ar incorporado
Monocapa	7,5 %
Argamassa Convencional	8,7 %

Fonte: Elaboração própria

Pode-se verificar que a Monocapa apresenta menor densidade de massa real e teórica se comparada a argamassa convencional e um índice de teor incorporado de 7,5% comparado ao da argamassa convencional que obteve o valor de 8,7%.

4.2 ENSAIOS DA ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO

4.2.1 Resistência à tração na flexão

Para a realização do ensaio, a mistura da argamassa industrializada Monocapa foi apenas com a utilização de água, já o traço para argamassa convencional foi de (1: 2: 9), traço usualmente utilizado em revestimento externo de fachadas. Os resultados são apresentados nas idades de cura de 7, 14 e 28 dias, e mostrados nas Tabelas 10, 11 e 12 respectivamente em Mpa.

Tabela 10 - Resistência à tração na flexão aos 7 dias de idade

Tipologia de Argamassa	Corpos de Prova Ensaeados (em MPa)			
	CP1	CP2	CP3	Média
Monocapa	0,97 MPa	0,6 MPa	0,81 MPa	0,79 MPa
Argamassa Convencional	0,75 MPa	0,8 MPa	0,78 MPa	0,78 MPa

Fonte: Elaboração própria

Aos 7 dias é possível verificar que as médias das resistências à tração na flexão dos corpos de prova ensaiados de monocapa e argamassa convencional se equivalem e possuem um coeficiente de variação de 23,4% para a monocapa e 3% para a argamassa convencional, mas pode se concluir que os corpos de prova apresentam as mesmas características e cura.

Tabela 11 - Resistência à tração na flexão aos 14 dias de idade

Tipologia de Argamassa	Corpos de Prova Ensaeados (MPa)			
	CP1	CP2	CP3	Média
Monocapa	1,07 MPa	1,04 MPa	0,93 MPa	1,01 MPa
Argamassa Convencional	0,83 MPa	0,91 MPa	1,01 MPa	0,92 MPa

Fonte: Elaboração própria

Aos 14 dias de idade observa-se que a argamassa industrializada monocapa obteve uma relativa melhora na resistência se comparada à argamassa convencional nessa mesma idade, possuindo um ganho de resistência relativamente maior possuindo um coeficiente de variação de 7% e a argamassa convencional de 10%.

Tabela 12 - Resistência à tração na flexão aos 28 dias de idade

Tipologia de Argamassa	Corpos de Prova Ensaaiados (em MPa)			
	CP1	CP2	CP3	Média
Monocapa	0,94 MPa	1,27 MPa	1,35 MPa	1,19 MPa
Argamassa Convencional	1,23 MPa	0,96 MPa	1,27 MPa	1,15 MPa

Fonte: Elaboração própria

Aos 28 dias, a resistência da argamassa industrializada monocapa à tração na flexão foi relativamente superior, mas com pouca variabilidade se comparada à argamassa convencional analisando, o ganho de resistência da Monocapa, a mesma obteve um acréscimo de resistência de 15% se comparado à idade de 14 dias e um coeficiente de variação de 18% e a argamassa convencional de 15%.

4.2.2 Resistência à compressão simples

Os resultados para análise de resistência à compressão simples utilizando as duas argamassa em estudo (Argamassas Monocapa e Argamassa Convencional com traço (1:2:9)) foram feita nas idades de 7, 14, 28 dias de cura para as duas argamassas e são mostrados nas Tabelas 13, 14 e 15 em MPa.

Tabela 13 - Resistência à compressão aos 7 dias de idade

Tipologia de Argamassa	Corpos de Prova Ensaaiados (em MPa)						
	CP1.1	CP1.2	CP2.1	CP2.2	CP3.1	CP3.2	Média
Monocapa	2,29 MPa	2,03 MPa	1,46 MPa	1,58 MPa	1,93 MPa	2,76 MPa	2,01 MPa
Argamassa Convencional	2,87 MPa	2,91 MPa	2,75 MPa	2,87 MPa	2,68 MPa	2,82 MPa	2,82 MPa

Fonte: Elaboração própria

Ao analisar a Tabela 13, de resistência a compressão na idade de 7 dias, é possível observar que a argamassa industrializada monocapa obteve um desempenho mecânico neste ensaio bem abaixo da argamassa convencional para essa idade, em torno de 27%. A argamassa monocapa teve uma variação de resistência em seus corpos de provas, em torno de 24%, o que provocou uma diminuição na média geral do valor de resistência final ao sétimo dia. A argamassa convencional manteve-se praticamente constante os seus valores de resistência nos corpos de prova analisados, com uma variação de resistência e possuiu como média final um valor relativamente mais alto na idade dos 7 dias do que argamassa industrializada monocapa.

Tabela 14 - Resistência à compressão aos 14 dias de idade

Tipologia de Argamassa	Corpos de Prova Ensaados (em MPa)						
	CP1.1	CP1.2	CP 2.1	CP2.2	CP3.1	CP3.2	Média
Monocapa	2,11 MPa	2,42 MPa	2,12 MPa	1,98 MPa	2,12 MPa	2,28 MPa	2,17 MPa
Argamassa Convencional	3,15 MPa	3,01 MPa	2,12 MPa	2,46 MPa	2,96 MPa	2,92 MPa	2,77 MPa

Fonte: Elaboração própria

Analisando os resultados na idade de 14 dias da Tabela 14 é possível observar que o ganho de resistência à compressão da argamassa monocapa é relativamente pequeno e a variação nos seus corpos de prova é de 7% na resistência. Outro dado analisado é que a variação no corpo de prova 2.1 na argamassa convencional foi determinante para que a média geral da argamassa convencional aos 14 dias seja menor que aos 7 dias, fato discutível, pois o resultado evidentemente deveria ser maior, conforme a idade do corpo de prova ensaiado fosse aumentando. Desconsiderando o resultado desse corpo de prova obtêm-se uma média de 3,01 MPa, valores este maior que a resistência analisada aos 7 dias.

Tabela 15 - Resistência à compressão aos 28 dias de idade

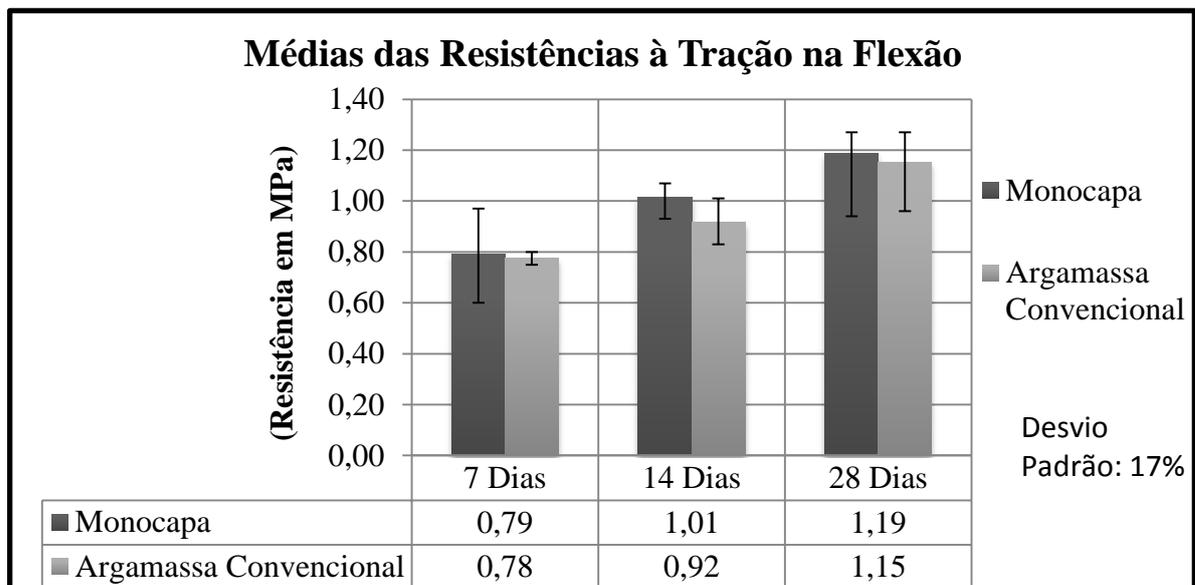
Tipologia de Argamassa	Corpos de Prova Ensaados (em MPa)						
	CP1.1	CP1.2	CP2.1	CP2.2	CP3.1	CP3.2	Média
Monocapa	2,24 MPa	2,81 MPa	2,94 MPa	2,72 MPa	2,58 MPa	2,3 MPa	2,60 MPa
Argamassa Convencional	3,13 MPa	3,06 MPa	2,68 MPa	2,88 MPa	2,9 MPa	3,27 MPa	2,99 MPa

Fonte: Elaboração própria

Analisando os resultados na idade de 28 dias é possível observar o aumento considerável na resistência do revestimento monocapa em relação às idades anteriores, com coeficiente de variação de 10%, mas continua sendo um valor bem abaixo da argamassa convencional e não atende a condição do fabricante que cita a resistência aos 28 dias à compressão em torno de 3,8 MPa. Já argamassa convencional possui um ganho acentuado no valor geral da resistência à compressão aos 28 dias, tendo um valor bem superior ao da argamassa industrializada Monocapa e uma variação nos seus corpos de prova de 7%.

Após a apresentação de todos os resultados dos corpos de provas ensaiados, foi realizada a média dos valores obtidos das resistências à tração na flexão e à compressão e também está representada uma barra de erros com os valores máximos e mínimos de cada ensaio, essa barra de erros permite visualizar a dispersão de resultados coletados da argamassa monocapa e argamassa convencional apresentadas nas idades de 7, 14 e 28 dias respectivamente, como é mostrado nos Gráficos 2 e 3.

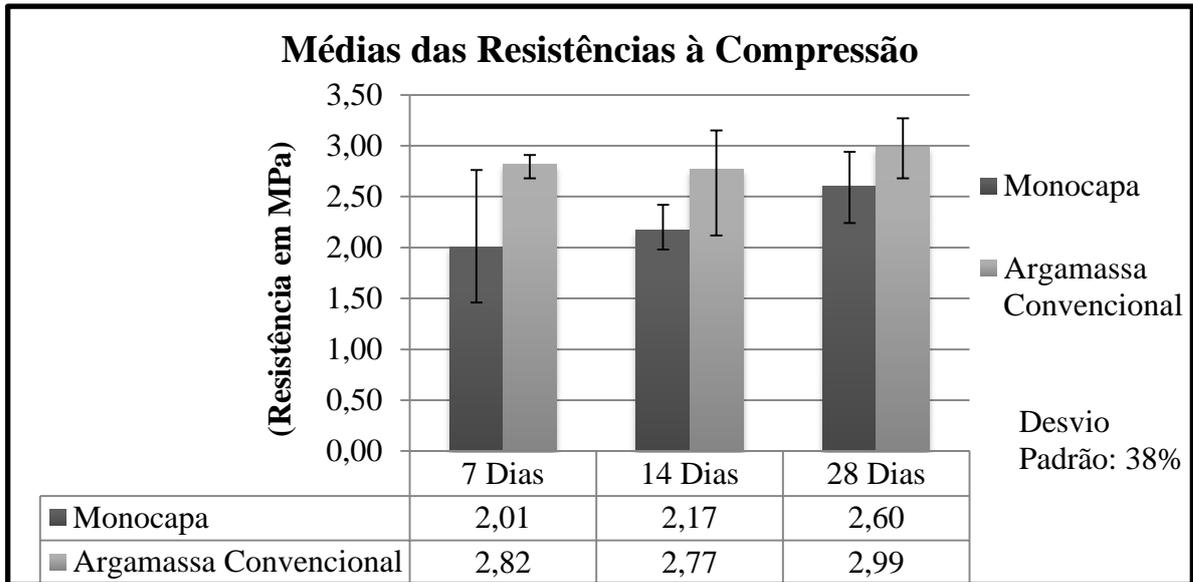
Gráfico 2 - Média das resistências à tração na flexão nas idades ensaiadas



Fonte: Elaboração própria

Verificou-se que o desempenho do revestimento argamassado do tipo Monocapa comparado ao de Argamassa Convencional (cimento, cal e areia) como mostradas no Gráfico 2, apresentou ao longo dos ensaios um desempenho melhor com relação à tração na flexão, porém os resultados são muito próximos, concluindo-se então que neste aspecto as duas argamassas se equivalem.

Gráfico 3 - Média das resistências à compressão nas idades ensaiadas



Fonte: Elaboração própria

Observando-se os resultados médios obtidos do ensaio de resistência à compressão (Gráfico 3) notou-se que, a Argamassa Convencional apresentou um acréscimo de cerca de 13% aos 28 dias comparado com o revestimento do tipo Monocapa.

Este fato poderá ser explicado devido às argamassas industrializadas possuírem diferentes componentes químicos os quais podem interferir na resistência e trabalhabilidade do produto. A argamassa com resistência à compressão mais elevada a torna muito rígida assim estando mais propícia a fissuração devido aos movimentos sofridos ao decorrer da variação da temperatura ou deformações estruturais.

4.2.3 Determinação da resistência de aderência à tração

A metodologia de determinação da resistência de aderência à tração de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas está descrito na Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 13528:2010.

Os resultados desse ensaio apresentam normalmente altos índices de dispersão resultando em um coeficiente de variação da ordem de 10% a 35%. Isso ocorre do fato de que a resistência de aderência é influenciada por diversos fatores altamente variáveis, como a quantidade de água utilizada para fazer a argamassa, o adensamento correto para não haver vazios nos corpos de prova e condições climáticas de secagem da argamassa. Na Tabela 16 são apresentados os tipos de ruptura para cada análise de argamassa realizada, no caso sem chapisco e com chapisco, apresentando também suas respectivas siglas, e na Figura 30, o detalhe da ruptura argamassa-substrato (A-SC).

Tabela 16 - Tipos de ruptura no ensaio de aderência

Tipos de Ruptura	
Sem Chapisco	
(A-SC)	Ruptura na interface argamassa-substrato
(B-SC)	Ruptura na argamassa
(C-SC)	Ruptura no substrato
(D-SC)	Ruptura na interface cola-argamassa
(E-SC)	Ruptura na interface cola-pastilha
Com Chapisco	
(A-CC)	Ruptura na interface argamassa-chapisco
(B-CC)	Ruptura na argamassa
(C-CC)	Ruptura no substrato
(D-CC)	Ruptura na interface cola-argamassa
(E-CC)	Ruptura na interface cola-pastilha
(F-CC)	Ruptura chapisco-substrato

Fonte: Elaboração própria

Figura 30 - Detalhe da ruptura interface argamassa-substrato (A-SC)



Fonte: Elaboração própria

As Tabelas de 17, 18, 19, 20, 21 e 22 apresentam os resultados do ensaio de aderência de acordo com a NBR 13528:2010 para as argamassas convencionais e monocapa. Alguns parâmetros estatísticos foram utilizados para análise de resultados neste trabalho como a média aritmética, desvio padrão, mediana e coeficiente de variação.

Tabela 17 - Resultados do ensaio de aderência para argamassa convencional aos 7 dias de idade

Bloco Cerâmico Estrutural - Argamassa Convencional - Sem Chapisco – 7 dias de idade					
Tipo	Corpo de Prova	Seção (mm²)	Carga (N)	Resistência de Aderência (MPa)	Forma de Ruptura
Sem Chapisco	1	1520,53	310,00	0,204	(A-SC)
	2	1625,97	140,00	0,086	(A-SC)
	3	1555,28	180,00	0,116	(B-SC)
	4	1625,97	310,00	0,191	(A-SC)
	5	1809,55	390,00	0,216	(A-SC)
	6	1590,43	440,00	0,277	(A-SC)
	7	1520,53	320,00	0,210	(B-SC)
	8	1590,43	230,00	0,145	(A-SC)
	9	1520,53	340,00	0,224	(A-SC)
	10	1661,90	550,00	0,331	(A-SC)
	11	1734,94	870,00	0,501	(A-SC)
Média				0,23	
Desvio-Padrão				0,11	
Mediana				0,21	
Coeficiente de Variação				48%	

Fonte: Elaboração própria

Tabela 18 - Resultados do ensaio de aderência para argamassa industrializada monocapa aos 7 dias de idade

Bloco Cerâmico Estrutural - Argamassa Industrializada – Monocapa – 7 dias de idade					
Tipo	Corpo de Prova	Seção (mm²)	Carga (N)	Resistência de Aderência (MPa)	Forma de Ruptura
Monocapa	1	1590,50	390,00	0,245	(A-SC)
	2	1752,00	320,00	0,183	(A-SC)
	3	1520,50	230,00	0,151	(B-SC)
	4	1662,00	360,00	0,217	(A-SC)
	5	1580,50	320,00	0,202	(A-SC)
	6	1650,30	320,00	0,194	(A-SC)
	7	1700,80	320,00	0,188	(B-SC)
	8	1590,00	200,00	0,126	(A-SC)
	9	1670,00	290,00	0,174	(A-SC)
Média				0,19	
Desvio-Padrão				0,03	
Mediana				0,19	
Coefficiente de Variação				18%	

Fonte: Elaboração própria

Tabela 19 - Resultados do ensaio de aderência para argamassa convencional aos 14 dias de idade

Bloco Cerâmico Estrutural - Argamassa Convencional - Sem Chapisco - 14 dias de idade					
Tipo	Corpo de Prova	Seção (mm²)	Carga (N)	Resistência de Aderência (MPa)	Forma de Ruptura
Sem Chapisco	1	1598,50	530,00	0,332	(A-SC)
	2	1489,00	680,00	0,457	(A-SC)
	3	1620,30	280,00	0,173	(A-SC)
	4	1702,00	530,00	0,311	(A-SC)
	5	1480,50	470,00	0,317	(B-SC)
	6	1550,60	430,00	0,277	(E-SC)
	7	1600,80	490,00	0,306	(B-SC)
Média				0,31	
Desvio-Padrão				0,08	
Mediana				0,31	
Coefficiente de Variação				25%	

Fonte: Elaboração própria

Tabela 20 - Resultados do ensaio de aderência para argamassa industrializada monocapa aos 14 dias de idade

Bloco Cerâmico Estrutural - Argamassa Industrializada - Monocapa- 14 dias de idade					
Tipo	Corpo de Prova	Seção (mm²)	Carga (N)	Resistência de Aderência (MPa)	Forma de Ruptura
Monocapa	1	1553,00	280,00	0,180	(E-SC)
	2	1677,00	290,00	0,173	(A-SC)
	3	1520,60	270,00	0,178	(B-SC)
	4	1745,00	330,00	0,189	(A-SC)
	5	1490,50	320,00	0,215	(A-SC)
	6	1570,60	280,00	0,178	(A-SC)
	7	1620,50	350,00	0,216	(A-SC)
Média				0,19	
Desvio-Padrão				0,02	
Mediana				0,18	
Coefficiente de Variação				9%	

Fonte: Elaboração própria

Tabela 21 - Resultados do ensaio de aderência para argamassa convencional aos 28 dias de idade

Bloco Cerâmico Estrutural - Argamassa Convencional - Sem Chapisco - 28 dias de idade					
Tipo	Corpo de Prova	Seção (mm²)	Carga (N)	Resistência de Aderência (MPa)	Forma de Ruptura
Sem Chapisco	1	1663,00	720,00	0,433	(A-SC)
	2	1565,00	400,00	0,256	(A-SC)
	3	1600,00	400,00	0,250	(A-SC)
	4	1720,00	420,00	0,244	(A-SC)
	5	1630,00	410,00	0,252	(A-SC)
	6	1587,50	520,00	0,328	(A-SC)
	7	1698,50	520,00	0,306	(A-SC)
	8	1702,00	240,00	0,141	(A-SC)
	9	1710,00	350,00	0,205	(A-SC)
	10	1600,00	320,00	0,200	(A-SC)
Média				0,26	
Desvio-Padrão				0,08	
Mediana				0,25	
Coefficiente de Variação				29%	

Fonte: Elaboração própria

Tabela 22 - Resultados do ensaio de aderência para argamassa industrializada Monocapa aos 28 dias de idade

Bloco Cerâmico Estrutural – Argamassa Industrializada Monocapa- 28 dias de idade					
Tipo	Corpo de Prova	Seção (mm²)	Carga (N)	Resistência de Aderência (MPa)	Forma de Ruptura
Monocapa	1	1655,00	180,00	0,109	(A-SC)
	2	1595,00	220,00	0,138	(A-SC)
	3	1600,00	400,00	0,250	(C-SC)
	4	1690,50	210,00	0,124	(A-SC)
	5	1610,00	240,00	0,149	(A-SC)
	6	1689,50	280,00	0,166	(A-SC)
	7	1788,50	320,00	0,179	(A-SC)
	8	1672,00	300,00	0,179	(A-SC)
Média				0,16	
Desvio-Padrão				0,04	
Mediana				0,16	
Coefficiente de Variação				25%	

Fonte: Elaboração própria

Neste estudo, os resultados apresentaram altos índices do coeficiente de variação constatando-se que os fatores relacionados com tipo de argamassa, substrato e aplicação estão diretamente ligados a essas diferenciações de valores. Para as paredes preparadas sem chapisco o coeficiente de variação oscilou entre de 25% a 48% que são valores altos, mas que se justificam no momento que este estudo foi voltado para a realidade de obra sendo utilizados substratos, argamassas e mão-de-obra comum de canteiro de obra. Já os resultados relacionados com a argamassa monocapa apresentaram variação de 9% a 25%, que se pode notar que os baixos índices do coeficiente de variação mantiveram-se com pouca dispersão.

Os resultados do coeficiente de variação neste trabalho comprovaram que em uma área pequena de parede existe um comportamento diferente do revestimento argamassado com relação à resistência de aderência a tração, e a espessura das argamassas podem influenciar diretamente nos resultados obtidos.

Adotou-se a média aritmética como um dos parâmetros de avaliação dos revestimentos argamassados, porém apesar de ser afetada pelos maiores e menores valores da amostra houve diferenciação entre os tipos de argamassas e substratos. Então verificou-se que, os revestimento com argamassa convencional sem o preparo de chapisco obteve valores de resistência à aderência na faixa de 0,23 MPa aos 7 dias de idade para a parede com blocos cerâmicos estruturais, e 0,31 MPa para aos 14 dias de idade. Já a argamassa industrializada

monocapa apresentou para os 7 dias de idade a resistência de 0,19 MPa, e aos 14 dias de idade manteve-se com resistência de 0,19 MPa. Aos 28 dias, a argamassa convencional obteve um resultado de acréscimo de sua resistência, um valor de 0,26 MPa, e se comparada a argamassa monocapa, a argamassa convencional obteve o valor de resistência bem acima do valor da argamassa monocapa que obteve 0,16% aos 28 dias, resultados estes, considerados não satisfatórios.

Com relação à NBR 13749:1996 que prescreve o limite de resistência de aderência mínima à tração é de 0,20 MPa para revestimento, nota-se que apenas a argamassa convencional obteve o resultado superior ao valor mínimo citado pela norma e a argamassa monocapa ficou com valor um pouco abaixo do valor mínimo prescrito na NBR 13749:1996, mas com relação ao fabricante que descreve que o valor mínimo de resistência à aderência à tração é de 0,30 MPa, a monocapa não obteve um desempenho satisfatório no substrato e parâmetros analisados na pesquisa.

CAPÍTULO 5

5 CONCLUSÕES

Neste capítulo será apresentado o que se pode concluir através dos estudos da verificação da utilização do revestimento monocapa em blocos cerâmicos de alvenaria estrutural em comparação ao revestimento convencional.

As mudanças que estão ocorrendo no segmento da construção civil nos últimos anos têm acirrado a competição entre as empresas que estão buscando novas alternativas para a redução de custos e maior otimização de recursos em suas atividades. Diante disso as construtoras estão investindo em soluções de revestimentos argamassados, porém o desempenho desses tipos de argamassas nem sempre são avaliados.

Para este trabalho, procurou-se com o auxílio de referências bibliográficas e ensaios experimentais para analisar o desempenho com relação à densidade de massa, teor de ar incorporado, resistência à tração na flexão e à compressão e resistência de aderência à tração de dois tipos de sistemas argamassados.

Após a análise dos resultados obtidos nos ensaios de resistência à tração na flexão e compressão, aderência, podem-se tirar algumas conclusões com relação à influência dos dois tipos de argamassas aplicadas no mesmo substrato.

O uso da camada sem chapisco na argamassa convencional pode ter afetado diretamente a resistência de aderência, demonstrando que, o desempenho das argamassas foi minimizado quando não foi utilizado o preparo do substrato visto que o substrato utilizado possui superfície lisa o que pode ter contribuído para a diminuição da resistência à aderência. Observou-se que o desempenho da argamassa industrializada monocapa foi bastante inferior à argamassa convencional, notando que, o comportamento da argamassa pode estar ligado a composição química do material na qual todas as composições não são informadas pelo fabricante.

5.1 CONCLUSÕES FINAIS

Índice de consistência das argamassas de revestimento

Para o índice de consistência das argamassas observou-se que a quantidade de água utilizada para confecção das argamassas pode afetar diretamente a resistência das argamassas.

Densidade de massa e teor de ar incorporado

Para a densidade de massa observou-se que as argamassas obtiveram resultados semelhantes, com densidades reais de $1,97\text{g/cm}^3$ para a monocapa e $2,05\text{g/cm}^3$ para a argamassa convencional.

Quanto ao teor de ar incorporado da argamassa convencional obteve um resultado maior que a argamassa monocapa valor este de 8,7%, já o da monocapa 7,5%, o que se pode concluir que o material químico contido na argamassa monocapa, tem propriedades que resultam numa menor absorção de teor de ar.

Resistência à tração na flexão

Para o ensaio de resistência à tração na flexão percebeu-se que as duas argamassas tiveram resultados similares nas idades analisadas (7,14 e 28 dias), com resultados para a monocapa de 0,79 MPa, 1,01 MPa e 1,19 MPa e para a argamassa convencional os valores obtidos foram 0,78 MPa, 0,92 MPa e 1,15 MPa respectivamente.

Resistência à compressão

Observando-se os resultados médios obtidos do ensaio de resistência à compressão a argamassa convencional apresentou um acréscimo de cerca de 13 % aos 28 dias comparado com o revestimento do tipo monocapa, onde a argamassa convencional obteve uma resistência à compressão de 2,99 MPa e argamassa monocapa uma resistência de 2,60 MPa.

Este fato pode ser explicado devido às argamassas industrializadas possuírem diferentes componentes químicos os quais podem interferir na resistência e trabalhabilidade do produto. A argamassa com resistência à compressão mais elevada a torna muito rígida assim estando mais propícia a fissuração devido aos movimentos sofridos ao decorrer da variação da temperatura ou deformações estruturais.

Resistência à aderência

Os resultados da resistência à aderência não foram muito satisfatórias para argamassa monocapa que não obteve o valor indicado pelo fabricante e também não atendeu os requisitos mínimos prescritos na NBR 13749:1996, que estabelece o valor mínimo de resistência à aderência à tração de 0,2 MPa, pois, uma das justificativas que leva a esses resultados pode ser que substrato não recebeu nenhuma preparação antes de ser aplicado o revestimento, sendo assim, adquirindo pouca aderência entre os elementos, e também a proporção de água utilizada que torna a argamassa mais trabalhável e menos rígida.

A argamassa convencional obteve um valor de resistência à aderência de 0,26 MPa valores superiores solicitados pela BR 13749:1996. A argamassa monocapa obteve um valor de 0,19 MPa de resistência à aderência à tração.

Diante dos resultados obtidos para esta pesquisa pode-se verificar que a argamassa monocapa não atendeu as exigências estabelecidas pelas normas da ABNT, inviabilizando tecnicamente a utilização desta argamassa proporção de água utilizada, no substrato analisado, e nos parâmetros utilizados para a realização desta pesquisa.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Realizar um estudo econômico da utilização do uso do revestimento monocapa comparada com o uso da argamassa convencional, avaliando custos com gerenciamento de mão de obra, material e produtividade.
- Realizar o ensaio de aderência à tração com utilização de chapisco para argamassa convencional e chapisco rolado para a monocapa;
- Analisar o desenvolvimento físico e mecânico das argamassas com outros tipos de ensaios relacionados a absorção de água;
- Moldagem de mini paredes para análise à compressão dos blocos cerâmicos;
- Realizar o estudo de resistência à aderência à tração em substratos diferentes, como o bloco de concreto e bloco cerâmico com ranhuras.

CAPÍTULO 6

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 13528: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração.** Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

_____. NBR 11686: **Concreto fresco - Determinação do teor de ar pelo método pressométrico - Método de ensaio.** Rio de Janeiro, ABNT, 1990.

_____. NBR 13528: **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração.** Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

_____. NBR 7200: **Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas-Procedimentos.** Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

_____. NBR 7211: **Agregados para concreto - Especificação.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005/emenda 1: 2009.

_____. NBR 7175: **Cal hidratada para argamassas.** Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

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

BAÍÁ, L. L.R. SABBATINI, F. H. **Projeto e Execução de Revestimento de Argamassa,** 4ed, 2000.

BARROS, M.M.B. Revestimento mínimo: Entrevista; **Téchne**, São Paulo, n.58, p.14-16, jan. 2002.

BAUER, L.A. F. **Materiais de Construção.** 5ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

BAUER, L.A, F. **Revista Construção São Paulo.** São Paulo, 2001.

CARASEK, H. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**, 1ª ed, 2007, 870p.

CINCOTTO, M. A. **Patologia das argamassas de revestimento: análise e recomendações**. São Paulo: IPT, 2ª ed 1989.

CINCOTTO, M. A. et.al. **Argamassa de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio**. São Paulo: IPT, 1995, 118 p. (Publicação IPT, 2378).

CRESCENCIO, R.M.. **Avaliação do Desempenho do Revestimento Decorativo Monocamada**. São Paulo. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, 2003.

CRESCENCIO, R.M. **Revestimento decorativo monocamada: produção e manifestações patológicas**. 2005.

DE LUCA, C.E. **Aplicação de monocapa para revestimento externo de edifícios: cuidados técnicos na preparação da superfície**. Trabalho de Conclusão de Curso. São Paulo. Universidade Anhembi Morumbi, 2008.

ESO. Estágio supervisionado em obra. **Revestimento com argamassa monocapa**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre, 2011.

FIORITO, A. J. S. I. **Manual de Argamassas e Revestimentos**. 1ª Ed. São Paulo, PINI, 2003.

Freitas, V. P. **Patologias e Reabilitação de Edifícios**, 1º Encontro Nacional sobre Reabilitação e Patologia de Edifícios, FEUP, Porto, 2003.

LICHTENSTEIN, N. B. **Formulação de modelo para dimensionamento do sistema de transporte em canteiro de obras de edifícios de múltiplos andares**. 268 p. Tese Doutorado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1987.

MARTINS, J. 2. Equipe de Obra :: Menor custo. **Revista Equipe de obra**, ed 49, julho 2012.

NAKAMURA, E. H. **Análise e classificação das argamassas industrializadas segundo a NBR 13281 e a MERUC.** 198 p. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

NAKAMURA, J. Projeto de fachadas. **Revista Técnica**, nº 92, novembro 2004.

O Guia Weber. **Revista Anual de Construção Civil.** São Paulo. Quartzolit Weber, 2000.

PARAVISI, S. **Avaliação de Sistemas de Produção de Revestimentos de Fachada com Aplicação Mecânica e Manual de Argamassa.** 2007. (Dissertação de Mestrado em engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2008.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de Construção**, 12ed, 2007,351p.

PIOVEZAN L. H. **Inovação Tecnológica no Setor da Construção Civil: o Caso do Revestimento Decorativo Monocamada.** XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de outubro de 2003.

QUARTZOLIT. Monocapa no mundo. (**catálogo**).São Paulo 2001.

QUARTZOLIT. Sistema Monocapa: antecipando o futuro. (**catálogo**). São Paulo 2008.

QUARTZOLIT. Soluções Mineraias para fachada Weber Quartzolit. (**catálogo**). São Paulo. 2006.

QUINTELA, M.A. **Avaliação do desempenho ao longo do tempo dos revestimentos tipo monocamada.** Porto. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP.

SILÊNIA. S.L. **Análise de desempenho em argamassa de assentamento e de revestimento com incorporação de Cinza de Casca de Arroz em Alvenaria de Blocos Estrutural e de Vedação.** Trabalho de Conclusão de Curso. Alegrete. Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, 2013.

SOUSA, A.C.D. **Monomassas caracterização comparativa dos produtos vigorantes no mercado.** Tese de Mestrado – Especialização em Construções. Porto. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto – FEUP, 2009.

TEMP, A.L. **Avaliação de sistemas de revestimentos argamassados ao arrancamento e permeabilidade.** Trabalho de Conclusão de Curso. Alegrete. Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, 2012.