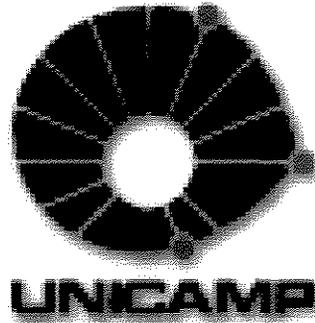


**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

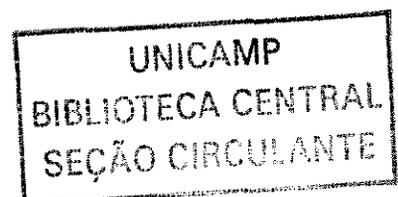


**“O EFEITO DA ADIÇÃO DO COPOLÍMERO
VINIL VEOVA EM ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTO”**

DANNIEL DE JESUS CESTARI

**Campinas
2001**

**UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

**“O EFEITO DA ADIÇÃO DO COPOLÍMERO
VINIL VEOVA EM ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTO”**

DANNIEL DE JESUS CESTARI

Orientador: ANTONIO VLADIMIR PAULON

Dissertação de Mestrado apresentada à Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Edificações.

Campinas, SP
2001

Atesto que esta é a versão definitiva da dissertação/tese.	28,08,02
Prof. Dr. <i>V. Paulon</i>	
Matrícula: 048488	

UNIDADE Be
Nº CHAMADA T/UNICAMP
C338e
V _____ EX _____
TOMBO BCI 51022
PROC 16.837/02
C _____ DX _____
PREÇO R\$ 11,00
DATA 27/09/02
Nº CPD _____

CM00174317-1

BIB ID 259060

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

C338e Cestari, Danniell de Jesus
O efeito da adição do copolímero vinil veova em
argamassas de revestimento / Danniell de Jesus Cestari.--
Campinas, SP: [s.n.], 2001.

Orientador: Antonio Vladimir Paulon
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil.

1. Polímeros. 2. Argamassa. 3. Concreto - Aditivos.
4. Acetato de vinila. I. Paulon, Antonio Vladimir. II.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Civil. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

**“O EFEITO DA ADIÇÃO DO COPOLÍMERO VINIL
VEOVA EM ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO”**

DANNIEL DE JESUS CESTARI

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



**Prof. Dr. Vladimir Antonio Paulon
Presidente e Orientador / Faculdade de Engenharia Civil**



**Prof. Dr.^a. Inês Joeques
Instituto de Química**



**Prof. Dr. Newton Oliveira Pinto Jr.
Faculdade de Engenharia Civil**

Campinas, 10 de outubro de 2001.

100045677

A Deus,

aos meus pais, José Roberto e Cleide Regina,

e à Melissa, minha esposa.

Agradecimentos

Agradeço especialmente ao amigo e segundo pai Prof. Dr. Vladimir Antonio Paulon que durante todo o decorrer de convivência me mostrou como é ser um engenheiro e a quem muito devo esta etapa da minha formação acadêmica.

Aos meus pais, Roberto e Cleide, aos meus irmãos, Flávia e Gabriel, e a minha mulher Melissa, que juntos representam o bem mais precioso que possuo: minha família.

Ao meu grande amigo e professor, Adilson Renofio que sempre me apoiou e me encaminhou nos caminhos da pesquisa.

A Prof^a. Maria Alba Cincotto pelo auxílio a pesquisa desde o período de Iniciação Científica.

Ao Prof. Newton Oliveira Pinto Jr. pelo apoio e no desenvolvimento de novos projetos de pesquisa.

A Prof^a. Inês Joekes pelos conselhos e diretrizes no desenvolvimento da tese.

Ao meu grande amigo e não menos importante, Conhaque (meu cachorro), que soube me ouvir nas horas de aperto e oferecer sempre seu carinho.

Aos meus grandes amigos Alessandro S. Braz, Leonardo Miranda, André G. Antas e Amir M. Roisen.

A Elaine Cristina Giomo e aos amigos que sempre me apoiaram.

Ao meu amigo Anderson dos Santos Pedrosa, à equipe do LEMC da UNICAMP e do laboratório de materiais de construção da Rhodia pelo auxílio prestado para a execução dos ensaios durante a fase experimental da pesquisa.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP – e a Rhodia Brasil Ltda. que viabilizaram a realização e a infra-estrutura para a realização desta pesquisa.

***“Para ser grande, sê inteiro: nada
Teu exagera ou exclui.
Sê todo em cada coisa. Põe quanto és
No mínimo que fazes.
Assim em cada lago a lua toda
Brilha, porque alta vive.”***

Fernando Pessoa

Sumário

Lista de Tabelas	iv
Lista de Figuras	v
Resumo	xi
Abstract	xiii
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivo	2
1.2. Estrutura da Apresentação da Pesquisa	3
CAPÍTULO 2 – ARGAMASSAS MODIFICADAS COM POLÍMEROS	5
2.1. Histórico	5
2.2. Polímeros e Polimerização	7
2.2.1 Terminologia e Definições	8
2.2.2 Homopolímero e Copolímero	9
2.2.3 Temperatura de Transição Vítrea (Tg)	10
2.2.4 Emulsões Acrílicas e Vinílicas	10
2.2.5 Polimerização em Emulsão	13
2.2.6 Copolímeros na Forma de Pó	16
2.3. Argamassa Modificada com Polímero ou Copolímero	16
2.3.1 Propriedades de Sistemas Modificados com Látex - Estado Fresco	20

2.3.2	Propriedades de Sistemas Modificados com Látex - Estado Endurecido	23
2.3.3	Utilização de Copolímeros na Forma de Pó em Argamassas	25
CAPÍTULO 03 – REVESTIMENTO DE ARGAMASSA		29
3.1.	Definição	29
3.2.	FUNÇÕES DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO	31
3.3.	Propriedades das Argamassas de Revestimento	32
3.3.1.	Trabalhabilidade	32
3.3.2.	Retenção de Água	34
3.3.3.	Teor de Ar Incorporado e Densidade de Massa	35
3.3.4.	Adesão Inicial	36
3.3.5.	Capacidade de Absorção de Deformações	37
3.3.6.	Resistência Mecânica	39
3.3.7.	Retração	41
3.3.8.	Aderência	41
3.3.9.	Permeabilidade a Água	44
3.3.10.	Durabilidade	45
3.4.	Dosagem de Argamassas de Revestimento	45
3.5.	Argamassas Pré-Dosadas	47
CAPÍTULO 4 – PROGRAMA EXPERIMENTAL		49
4.1.	Materiais	49
4.1.1.	Cimento Portland	50
4.1.2.	Areia	50
4.1.3.	Blocos de Concreto	53
4.1.4.	Aditivo	54

4.2.	Métodos de Ensaios	57
4.3.	Ensaio Realizados	58
4.3.1.	Estado Fresco	58
4.3.2.	Estado Endurecido	64
CAPÍTULO 5 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS		79
5.1.	Estado Fresco	79
5.1.1	Ensaio de Determinação do Teor de Água para Obtenção do Índice de Consistência-Padrão	81
5.1.2	Ensaio de Determinação da Retenção de Água	84
5.1.3	Ensaio de Determinação da Densidade de Massa e do Teor de Ar Incorporado	85
5.2.	Estado Endurecido	88
5.2.1.	Ensaio de Determinação da Resistência à Compressão	89
5.2.2.	Ensaio de Determinação da Resistência à Tração na Compressão Diametral	94
5.2.3.	Ensaio de Determinação da Resistência à Tração na Flexão	97
5.2.4.	Ensaio de Determinação do Módulo de Deformação	99
5.2.5.	Ensaio de Determinação da Resistência de Aderência à Tração	102
5.2.6.	Ensaio de Determinação da Absorção de Água por Capilaridade	104
5.2.7.	Ensaio de Determinação de Água pelo Método do Cachimbo	106
5.2.8.	Determinação da Condutividade Térmica pelo Método Fluximétrico	109
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES		111
Recomendações		115
ANEXO A		117
ANEXO B		119
BIBLIOGRAFIA		129

Lista de Tabelas

TABELA 1	Comparação de polímeros nas formas de solução, dispersão coloidal e emulsão aquosas de acordo com suas propriedades (ABRAFATI, 1995)	11
TABELA 2	Exemplos de monômeros, suas fórmulas estruturais e principais propriedades MILES & BRISTON (1975).	12
TABELA 3	Propriedades de alguns polímeros em pó redispersável disponíveis no mercado (RAMACHANDRAN, 1995).	26
TABELA 4	Classificação dos revestimentos de argamassas inorgânicas (NBR - 13530/95).	30
TABELA 5	Características físicas da areia fina siltosa proveniente do ribeirão Bauru.	51
TABELA 6	Características físicas da areia fina quartzosa proveniente de Jundiapéba – SP.	52
TABELA 7	Características físicas da areia média quartzosa proveniente de Jundiapéba.	52
TABELA 8	Propriedades dos blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural, segundo NBR 6136 (1994)	53
TABELA 9	Resumo das características das argamassas no estado fresco e as propriedades avaliadas como descrito no item 4.3.1..	80
TABELA 10	Resumo das características das argamassas no estado endurecido, sendo as propriedades avaliadas como descrito no item 4.3.2..	88

Lista de Figuras

FIGURA 1	Representação do fenômeno da coalescência entre duas micelas. _____	15
FIGURA 2	Foto de microscopia de transmissão eletrônica do fenômeno da coalescência de um filme de látex. _____	15
FIGURA 3	Representação simplificada das etapas do processo de formação de filme do polímero no compósito de cimento hidratado. _____	18
FIGURA 4	Relação polímero/cimento versus forças de flexão e de compressão em argamassas modificadas com polímero em pó redispersível, RAMACHANDRAN (1995). _____	27
FIGURA 5	Curva granulométrica da areia siltosa proveniente do ribeirão Bauru. _____	51
FIGURA 6	Curva granulométrica da areia fina quartzosa proveniente de Jundiapéba _____	52
FIGURA 7	Curva granulométrica da areia fina quartzosa proveniente de Jundiapéba _____	53
FIGURA 8	Representação espacial da fórmula molecular (teórica): C ₁₂ H ₂₂ O ₂ , do Vinil Veova (chemfinder.camsoft.com). _____	54
FIGURA 9	Representação da fórmula estrutural do copolímero acetato de vinila + veova 10, respectivamente. Onde R ₁ e R ₂ são grupos alkyl, SHELL CHEMICALS (1999). _____	55
FIGURA 10	Tomada das medidas de consistência. _____	59
FIGURA 11	Equipamento para a determinação da retenção de água da argamassa. _____	60
FIGURA 12	Materiais utilizados para a determinação da retenção de água da argamassa de acordo com a norma vigente NBR-13277/95. _____	61
FIGURA 13	Procedimento de rasamento da argamassa dado pela Norma 13277/95. _____	62
FIGURA 14	Equipamento fabricado para a realização do ensaio. _____	63

FIGURA 15	Molde protegido por capa de plástico ao ser preenchido com argamassa.	63
FIGURA 16	Realização do ensaio de resistência à compressão axial de corpos-de-prova 5x10cm, conforme NBR-13279/95.	65
FIGURA 17	Realização do ensaio de resistência à compressão axial, conforme EN 1015 – Part11 e ensaio de resistência à tração na flexão de corpos-de-prova 40mm x 40mm x 160mm, gerando dois corpos-de-prova de 40mm x 40mm x ≈70mm, respectivamente.	66
FIGURA 18	Corpo-de-prova de dimensões 40mm x 40mm x ≈40mm, após a realização do ensaio de resistência à compressão axial, conforme EN 1015 – Part11.	66
FIGURA 19	Realização do ensaio de resistência à tração na compressão de corpos-de-prova 50mm x 100mm, conforme NBR-07222/93.	67
FIGURA 20	Realização do ensaio de resistência à tração na flexão de corpos-de-prova 40mm x 40mm x 160mm gerando dois corpos-de-prova de 40mm x 40mm x ≈70mm.	68
FIGURA 21	Realização do ensaio de módulo de deformação secante à compressão em corpos-de-prova 40mm x 40mm x 40mm e detalhe da disposição e fixação do extensômetro eletrônico utilizado, conforme NBR 7190/96.	69
FIGURA 22	Gráfico gerado pelo programa do ensaio de módulo de deformação secante à compressão em corpos-de-prova 40mm x 40mm x 40mm, onde pode-se observar os dois ciclos de carregamento e descarregamento tendo como limites inferior 10% e superior 50% da resistência à compressão.	70
FIGURA 23	Pastilhas de alumínio coladas para o ensaio de resistência de aderência.	71
FIGURA 24	Equipamento de arrancamento utilizado para o ensaio (precisão 0,1 KN). Detalhe da pastilha colada sobre a argamassa e o equipamento acoplado.	72
FIGURA 25	Realização do ensaio de absorção de água por capilaridade. Corpos-de-prova com suas bases imersas numa lamina d'água de 5mm de altura.	73
FIGURA 26	Representação do cachimbo de vidro e suas dimensões	74
FIGURA 27	Ensaio de absorção de água pelo Método do Cachimbo	75
FIGURA 28	Dispositivo do método Fluximétrico (2 fluxímetros e 1 amostra)	76
FIGURA 29	Medição da condutividade térmica ao longo do ensaio calculada pela média dos fluxos superior e inferior GÜTHS (1990).	76

FIGURA 30	Detalhe da forma utilizada e corpo-de-prova 100mm x 100mm x 30mm utilizado para a determinação da condutividade térmica pelo Método Fluximétrico _____	77
FIGURA 31	Efeito do acréscimo do copolímero Vinil Veova sobre a manutenção do índice de consistência padrão das argamassas, em função da relação a/c necessária para obtê-lo. O índice de consistência padrão é caracterizado pelo intervalo correspondido entre 255 ± 5 mm. _____	81
FIGURA 32	Efeito do acréscimo de aditivo no Teor de Água Acp. Os pontos na figura compreendem todos os resultados obtidos no ensaio. _____	83
FIGURA 33	Efeito do acréscimo de aditivo na retenção de água. Os pontos na figura compreendem todos os resultados obtidos no ensaio. _____	84
FIGURA 34	Efeito do acréscimo de aditivo no teor de ar incorporado da argamassa. Os pontos na figura compreendem todos os resultados obtidos no ensaio. _____	85
FIGURA 35	Efeito do acréscimo de aditivo na densidade de massa da argamassa. Os pontos na figura compreendem todos os resultados obtidos no ensaio _____	86
FIGURA 36	Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência à compressão axial das argamassas confeccionadas com areia fina siltosa, conforme NBR 13279/95. A figura apresenta as médias dos valores obtidos com índice de variância menor que 5%, de acordo com a NBR 7200/82. _____	89
FIGURA 37	Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência à compressão axial das argamassas confeccionadas com areia fina quartzosa, conforme NBR 13279/95. A figura apresenta as médias dos valores obtidos com índice de variância menor que 5%, de acordo com a NBR 7200/82. _____	90
FIGURA 38	Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência à compressão axial das argamassas confeccionadas com areia média quartzosa, conforme NBR 13279/95. A figura apresenta as médias dos valores obtidos com índice de variância menor que 5%, de acordo com a NBR 7200/82. _____	91
FIGURA 39	Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência à compressão axial, conforme EN 1015 – Part11. A figura apresenta as médias dos valores obtidos com índice de variância menor que 5%, de acordo com a NBR 7200/82. _____	92
FIGURA 40	Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência à compressão axial (EN 1015 – Part11) versus teor de ar incorporado. _____	93
FIGURA 41	Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência à tração na compressão diametral em argamassas confeccionadas com areia fina siltosa. A	

	figura apresenta as médias dos valores obtidos com índice de variância menor que 5%, de acordo com a NBR 7200/82. _____	94
FIGURA 42	Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência à tração na compressão diametral em argamassas confeccionadas com areia média quartzosa. A figura apresenta as médias dos valores obtidos com índice de variância menor que 5%, de acordo com a NBR 7200/82. _____	95
FIGURA 43	Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência à tração na compressão diametral em argamassas confeccionadas com areia fina quartzosa. A figura apresenta as médias dos valores obtidos com índice de variância menor que 5%, de acordo com a NBR 7200/82. _____	96
FIGURA 44	Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência à tração na flexão. A figura apresenta as médias dos valores obtidos com índice de variância menor que 5%. _____	97
FIGURA 45	Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência à tração na flexão versus teor de ar incorporado. A figura apresenta as médias dos valores obtidos com índice de variância menor que 5%. _____	98
FIGURA 46	Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre o módulo de deformação. A figura apresenta as médias dos valores obtidos com índice de variância menor que 10%. _____	99
FIGURA 47	Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre o módulo de deformação versus teor de ar incorporado. A figura apresenta as médias dos valores obtidos com índice de variância menor que 5%. _____	100
FIGURA 48	Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência de aderência das argamassas. A figura apresenta a média dos valores com seus respectivos desvios médios dos valores obtidos. _____	102
FIGURA 49	Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência de aderência das argamassas. A figura apresenta a média dos valores com seus respectivos desvios médios dos valores obtidos. _____	104
FIGURA 50	Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a absorção de água por capilaridade versus teor de ar incorporado. _____	105
FIGURA 51	Absorção de água pelo Método do Cachimbo – CSTC/82. Os pontos na figura compreendem todos os resultados obtidos no ensaio. _____	106
FIGURA 52	Absorção de água através do método do cachimbo em função do tempo para as argamassas confeccionadas com areia fina siltosa. Os pontos na figura compreendem todos os resultados obtidos no ensaio. _____	107

FIGURA 53	Absorção de água através do método do cachimbo em função do tempo para as argamassas confeccionadas com areia fina quartzosa. Os pontos na figura compreendem todos os resultados obtidos no ensaio.	108
FIGURA 54	Absorção de água através do método do cachimbo em função do tempo para as argamassas confeccionadas com areia média quartzosa. Os pontos na figura compreendem todos os resultados obtidos no ensaio.	108
FIGURA 55	Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a condutividade térmica das argamassas conforme projeto de norma 02:135.07-005 (1998).	109
FIGURA 56	Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a absorção de água por capilaridade versus teor de ar incorporado.	110

Resumo

CESTARI, Dannel J. (2001). *O efeito da adição do copolímero vinil veova em argamassas de revestimento*. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2001. 170p. Dissertação (mestrado).

Este trabalho apresenta os resultados do estudo da adição do copolímero em pó Vinil Veova em argamassas de revestimento.

Através de um estudo comparativo entre argamassas testemunhos sem adição e argamassas modificadas, realizou-se a avaliação da atuação do copolímero Vinil Veova nas propriedades das argamassas. Estas por sua vez foram confeccionadas com areias de diferentes granulometrias e composições mineralógicas.

Foi estudado também o desempenho de revestimentos de argamassas modificadas aplicados sobre paredes de blocos de concreto.

Foram avaliadas as seguintes propriedades das argamassas: consistência, retenção de água, densidade aparente, teor de ar incorporado, resistência à compressão axial, resistência à tração na flexão, resistência à tração na compressão, módulo de deformação, condutividade

térmica e absorção de água. No revestimento foram avaliadas as propriedades de absorção e aderência.

Os ensaios demonstraram que as argamassas aditivadas com teores acima de 4% de copolímero sobre a massa de cimento adquiriram melhorias na trabalhabilidade e na retenção de água, diminuição de 10% da relação a/c para a obtenção do índice de consistência padrão, diminuição da permeabilidade e aumento da resistência de aderência independentemente do aumento da quantidade de ar incorporado decorrente a adição do copolímero nas argamassas.

A composição mineralógica e granulométrica das areias utilizadas na confecção das argamassas de revestimento apresentam grande influência sobre o grau de desempenho do copolímero.

O copolímero Vinil Veova demonstrou ser uma excelente alternativa para a modificação de argamassas pré-dosadas destinadas à execução de revestimento de paredes.

Palavras Chaves: argamassa, argamassa modificada, copolímero vinil veova, argamassa de revestimento.

Abstract

CESTARI, Dannie J. (2001). *The Adding Effects of Vinil Veova Copolymer in Rendering Mortars*. Campinas, Campinas States University, 2001. 170p. Dissertation (Master degree).

This study presents the results of the addition of powdered Vinil Veova copolymer in rendering mortars.

Through a comparative study between non-addition mortar testimonies and modified mortars, we realized the evaluation of Vinil Veova copolymer performance in the mortar properties, with different granulometric and mineralogical sand compositions.

The modified mortar rendering performance applied on concrete brick walls was also studied

The following mortar properties were appraised: consistence, water retention, apparent density, incorporated air contents, compressive strength, flexural strength, tensile strength, elasticity modulus, thermal conductivity and water absorption. For the rendering, the absorption properties and bond strength were appraised.

The tests showed that, for modified mortars with copolymer rate over 4% on cement mortars, acquired significant improvements in workability, water retention, decrease in 10% of the relation w/c to get the rate of standard consistence, decrease of absorption and increase of bond strength independently of the increase of incorporated air contents due to the addition of copolymer in mortars.

The mineralogical and granulometric sand composition used for the rendering mortars presented significant influence on the copolymer performance.

The Vinil Veova copolymer proved to be an excellent alternative for the modification of pre mixed mortars used for the execution of rendering on walls.

Key-words: mortar, modified mortar, Vinil Veova copolymer, rendering mortars.

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Para atender às exigências decorrentes das transformações ocorridas no campo econômico, político, social e cultural do país, as empresas vêm recorrendo a novas estratégias de atuação, visando melhorias na qualidade dos produtos e redução de custos de produção.

Neste sentido, o setor da construção civil vem sofrendo uma série de alterações, tanto no sistema de produção da construção como no tipo de materiais utilizados, na tentativa de aumentar a produtividade e reduzir os custos.

A industrialização das argamassas gerou uma série de benefícios ao setor da construção civil, sendo de grande repercussão sua utilização em grandes centros urbanos, onde a difusão desta tecnologia ganhou impulso com as limitações dos canteiros de obras que tornam-se cada vez mais reduzidos devido a falta de espaço e melhor organização.

A seleção de produtos a serem usados é realizada com base no preço e na opinião do mestre-de-obras, podendo esta abordagem apresentar resultados válidos e positivos quando se empregam materiais tradicionais cujo desempenho e características são conhecidas.

Quando se trata de avaliar um novo produto a seleção falha pela inexistência de outros critérios técnicos, sendo apenas avaliadas as características da argamassa de revestimento em seu estado fresco de maneira empírica pela equipe responsável por sua execução e aplicação. Como indica CINCOTTO (1989), o desempenho da argamassa no estado fresco não apresenta nenhuma relação com o desempenho após o endurecimento e ao longo da vida útil do edifício.

Com a intenção de potencializar algumas propriedades dos revestimentos em argamassa, novos produtos estão sendo usados, dentre os quais estão os copolímeros na forma de pó, muito empregados na formulação de argamassas industrializadas.

Atualmente a adição de copolímeros na forma de pó em argamassas industrializadas, tanto para argamassas colantes como para argamassas de revestimento e assentamento, vem sendo usada com grande frequência, onde a simples sugestão de melhorias milagrosas, por parte dos fabricantes, irá proporcionar uma economia e desempenho no compósito final.

Quanto ao uso de novos produtos, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) - NBR 7200 (1982) orienta que somente devem ser usados aditivos que comprovadamente não exerçam nenhuma influência nociva sobre o revestimento, nem sobre pinturas e outros materiais de acabamento. Em caso de dúvida, devem ser executados ensaios prévios do comportamento dos aditivos com os aglomerantes e agregados previstos.

1.1. Objetivo

A presente pesquisa tem como objetivo avaliar o desempenho da adição do copolímero Vinil Veova (acetato de vinila + vinil éster do ácido neodecanóico) às argamassas destinadas a revestimentos de paredes.

Através da análise das propriedades básicas de argamassas de revestimento, elaboradas com três tipos de agregados miúdos de diferentes procedências e modificadas com adições variadas do copolímero Vinil Veova, avaliou-se a viabilidade do emprego do copolímero na formulação de argamassas de revestimento pré-dosadas, colocando à disposição de futuros usuários as características principais das argamassas estudadas e o desempenho de revestimentos confeccionados com as mesmas.

1.2. Estrutura da Apresentação da Pesquisa

A apresentação da referente pesquisa está dividida em cinco capítulos.

O capítulo 1 corresponde a uma breve introdução sobre argamassas de revestimentos e sua industrialização, abordando a importância e a justificativa da pesquisa, e também os objetivos da mesma

No capítulo 2 é apresentado o estado-da-arte das argamassas de revestimento modificadas com polímeros, constando de uma explanação das terminologias, definições, características e comportamento dos polímeros utilizados para este fim.

O capítulo 3 compreende uma revisão bibliográfica das principais definições e características das argamassas destinadas ao revestimento de paredes e tetos. É também apresentada neste capítulo uma abordagem sobre argamassas de revestimento pré-dosadas e a industrialização das mesmas.

O capítulo 4 descreve o programa experimental da pesquisa, explicando as metodologias aplicadas e características dos materiais empregados através de ensaios normalizados.

No capítulo 5 são apresentados os resultados obtidos e análise dos ensaios realizados, através de gráficos e tabelas, tanto no estado fresco da argamassa quanto no estado endurecido.

No capítulo 6 é realizada uma análise geral da pesquisa e seus resultados, incluindo uma conclusão das atividades realizadas e sugestões para estudos futuros a serem realizados.

CAPÍTULO 2 – ARGAMASSAS MODIFICADAS COM POLÍMEROS

2.1. Histórico

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, através da Norma Brasileira NBR-13529/95 trata as argamassas destinadas a revestimentos, definindo-as como mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento.

O desenvolvimento das argamassas está intimamente ligado a história da arquitetura através de descobertas e inovações em busca de novos materiais e técnicas.

O barro provavelmente foi a mais antiga argamassa empregada pelo homem, sendo usado em seu estado natural como argamassa de assentamento e de revestimento. Com a descoberta da adição de palha, crina ou gravetos finos a esta massa argilosa para conferir-lhe maior resistência, originou-se o sistema construtivo de taipa (casa de Hassuna na Mesopotâmia - 5000 a.C.) conforme ABPC - Associação Brasileira dos Produtores de Cal. Provavelmente oriunda da África veio a prática de se adicionar o esterco ao barro para conferir-lhe uma maior capacidade de aderência.

Ainda nos dias de hoje é possível encontrar essa prática no interior dos Estados de Minas Gerais, Goiás e outros. Com o passar dos tempos foram adicionados outros ligantes ao barro como o gesso e a cal com o objetivo de melhorar seu poder aglomerante.

A segunda argamassa mais utilizada foi o betume em seu estado puro, sem adição de agregado. Conforme referências bíblicas, o betume era utilizado como argamassa de revestimento com a finalidade de impermeabilização.

O gesso sempre foi muito usado como argamassa de revestimento, principalmente em paredes interiores e tetos. O uso do gesso vem sendo herdado desde os egípcios, gregos e romanos onde já existia a técnica de painel armado de gesso, isto é, uma estrutura de junco estucada e revestida, com superfície alisada, BOLSHAUSER (1963).

Desde as civilizações mais primitivas, a cal tem sido muito usada como um material aglomerante. A argamassa de cal era empregada principalmente em revestimentos de paredes e tetos, argamassas de assentamento e massa de regularização. Há referências de seu uso em construções desde o tempo dos fenícios e egípcios, inclusive na construção da pirâmide de Queóps, e também das civilizações grega e romana, as quais adicionavam à argamassa de cal cinzas de origem vulcânica, tornando-a capaz de endurecer em contato com a água sem perder posteriormente a sua resistência. A essas cinzas foi dado o nome de pozolana (TORRES, 1957).

No século XVIII, conforme CB-18/ABNT (1993), descobriu-se que os calcários argilosos eram melhores aglomerantes que os calcários puros. Com o cozimento de misturas de argilas e calcários obteve-se um produto hidráulico que após o endurecimento tinha cor parecida com a pedra natural da localidade de Portland. Assim, foi chamado de cimento Portland, patenteado por Joseph Aspdin, em 1824.

Neste século surgiram os primeiros ligantes sintéticos, representados por resinas artificiais como: epoxi e poliéster.

O surgimento dos concretos modificados com polímeros inicia-se na Inglaterra, em 1923 quando a primeira patente foi criada por Cresson, conforme TEZUKA (1988), através da adição de borracha natural ao concreto de cimento para sua aplicação em calçamentos. Durante estes anos da década de 20 apareceram as primeiras publicações, Lebefure (1924), e outras patentes (utilizando borracha natural).

Em 1932, o pesquisador inglês Bond sugeriu a utilização de um látex de borracha sintética e em 1933, o alemão Rodwell (HELENE, 1992) usou látex de acetato de polivinila pela primeira vez no concreto. Esta década foi frutífera no uso de polímeros, pois em 1936 o suíço Pierre de Castan elaborou a primeira patente com o uso de adesivo sintético a base de resina epóxi.

Durante os anos 40 e 50 continuaram aparecendo alguns outros polímeros que foram usados para modificar o concreto de cimento Portland, principalmente na Europa.

Nos Estados Unidos os estudos começaram em 1952, segundo TEZUKA (1988), e a primeira aplicação foi na restauração de elementos de concretos de uma ponte.

No Japão a primeira publicação é do ano 1953, relacionada com o uso de acetato de polivinila. O desenvolvimento alcançado por eles contribuiu para a publicação das primeiras normas de ensaios no mundo em 1978. A Japam Industrial Standard (JIS) estabelecia nesse ano cinco métodos de ensaios de argamassas e concretos de cimento e polímero.

No início dos anos 80 quando foi detectado que o sistema de concreto impregnado de polímero aplicado em pontes apresentava altos teores de cloretos abaixo da camada de impregnação o interesse no estudo e aplicação de cimento polímero aumentou (aparentemente devido a fissuras provocadas pela alta temperatura aplicada para a secagem do concreto e a posterior polimerização).

2.2. Polímeros e Polimerização

Os polímeros são substâncias químicas de alto peso molecular obtidos pela reação denominada polimerização, através da qual compostos químicos de baixo peso molecular (monômeros) reagem entre si para formar as macromoléculas. Como consequência deste tipo de reação, a estrutura da macromolécula é constituída pela repetição de unidades estruturais ligadas entre si por ligações covalentes.

As macromoléculas podem ser produtos de síntese ou de origem natural. Amido, algodão, madeira, cabelo, couro e borracha de seringueira são exemplos de macromoléculas naturais; poliestireno e nylon são exemplos de macromoléculas sintéticas (MANO, 1985).

Segundo MANO (1985), os conceitos de macromolécula e de polímero são muito semelhantes. O termo macromolécula engloba, no geral, os compostos de elevado peso molecular em que a complexidade das moléculas e não a repetição de unidades simples é que acarreta o seu tamanho.

A expressão polímero foi criada em contraposição a isômero para designar compostos de pesos moleculares múltiplos ou de mesmo peso molecular, respectivamente. Atualmente esse conceito não é mais usado sendo considerados polímeros as moléculas relativamente grandes, de pesos moleculares da ordem de 10^3 a 10^6 , em cuja estrutura se encontram, repetidas, unidades químicas simples conhecidas como monômeros.

2.2.1 Terminologia e Definições

Monômero: são moléculas ou compostos químicos de massa molecular relativamente baixa, que reagem entre elas ou com outros compostos similares para formar polímeros. Esses compostos podem ser orgânicos ou inorgânicos e aparecem no estado sólido, líquido ou gasoso. Em alguns casos, os monômeros têm praticamente a mesma composição centesimal que os polímeros e em outros, a composição centesimal é diferente (McCRUM *et al.*, 1988 e MANO, 1985).

Polimerização: é a reação química através da qual os monômeros se transformam no polímero. O grau de polimerização é o número médio de unidades estruturais existentes nas macromoléculas. (ABRAFATI, 1995)

Dímeros: são moléculas formadas pela combinação de dois monômeros, idênticos ou não. De forma similar, o trímero é constituído pela combinação de três moléculas monoméricas.

2.2.2 Homopolímero e Copolímero

O homopolímero é um polímero resultante da polimerização de uma única espécie monomérica, sendo sua cadeia constituída por uma única unidade estrutural repetitiva. Exemplos: polietileno, poli(cloreto de vinila).

O copolímero é obtido pela polimerização de duas ou mais espécies monoméricas e como consequência, a sua cadeia apresenta unidades estruturais resultantes desses monômeros. São exemplos: copolímero acetato de vinila-acrilato de etila, copolímero de estireno-acrilato de butila.

Nos casos de copolímeros e terpolímeros a estrutura dos polímeros respectivos depende da reatividade relativa dos monômeros que constituem a mistura monomérica, método e condições de preparação.

As características de fusibilidade que impõem diferentes processos tecnológicos são a base da classificação dos polímeros em termoplásticos e termorrígidos (termoestáveis ou termofixos) (MANO, 1985).

Os termoplásticos apresentam estruturas de cadeias longas, lineares e paralelas que não formam ligação cruzada, exibindo reversibilidade quando da variação do calor, ou seja, quando aquecidos, os termoplásticos amolecem com facilidade e podem ser remoldados repetidas vezes. Ao esfriar, retomam as propriedades normais e geralmente não requerem agente de cura.

Já os termorrígidos apresentam cadeias orientadas que podem apresentar ligações cruzadas, não apresentando reversibilidade quando da variação de temperatura, isto é, não amolecem com o calor após a polimerização, levando a uma mudança de constituição química para que seja fundido ou dissolvido. Portanto, ao contrário dos termoplásticos, perde sua termoplaticidade inicial sob o efeito de um catalisador e torna-se progressivamente termoestável.

De forma geral, um polímero termoplástico pode ser convertido em termorrígido pela adição de agentes de ligação cruzada, aumentando assim a rigidez do polímero (NEVILLE, 1982; SILVA, 1996 e AMERICAN CONCRETE INSTITUTE - ACI, 1993).

2.2.3 Temperatura de Transição Vítreia (Tg)

À temperatura ambiente alguns polímeros são quebradiços, enquanto outros apresentam aspecto parecido com o da borracha. Chama-se temperatura de transição vítrea (Tg) a temperatura na qual o polímero passa do estado vítreo ou quebradiço para o estado físico, similar ao da borracha.

A Tg de um polímero está ligada, entre outras, a sua composição química, peso molecular, cristalinidade, grau de reticulação, estrutura espacial.

Os valores de Tg para alguns dos homopolímeros nas suas formas mais usuais são:

- | | |
|--------------------------------|--------|
| • Poli (metacrilato de metila) | 105°C |
| • Poli (estireno) | 100° C |
| • Poli (acrilato de etila) | -22° C |
| • Poli (acrilato de vinila) | 30° C |

2.2.4 Emulsões Acrílicas e Vinílicas

As emulsões aquosas vinílicas e acrílicas constituem uma classe muito importante de veículos para argamassas, pois combinam as vantagens dos monômeros acrílicos e vinílicos com o uso da água em substituição aos solventes orgânicos (baixo custo, grande variedade de espécies químicas permitindo obter polímeros para uma enorme gama de aplicações, facilidade de polimerização).

As conseqüências do emprego das emulsões são traduzidas em vantagens econômicas, segurança e menor capacidade poluidora, facilidade de aplicação, entre outras.

A diferença entre a solução aquosa de um polímero e uma emulsão é visível. Na solução, a molécula do polímero constitui a menor unidade, isto é, está completamente rodeada pelo solvente, que no caso é água.

Na emulsão, a menor unidade é uma partícula que é constituída por um grande número de moléculas poliméricas e que está solubilizada por uma superfície onde se localizam emulsionantes que lhe conferem estabilidade.

A tabela 1 relaciona comparativamente as principais características das soluções, dispersões coloidais e emulsões, sempre em meio aquoso.

TABELA 1 Comparação de polímeros nas formas de solução, dispersão coloidal e emulsão aquosas de acordo com suas propriedades (ABRAFATI, 1995)

PROPRIEDADE	SOLUÇÃO AQUOSA	DISPERSÃO COLOIDAL	EMULSÃO AQUOSA
Peso molecular	20.000 a 50.000	20.000 a 200.000	100.000 a 2.000.000
Viscosidade	Depende do peso molecular	Depende do peso molecular e do pH	Baixa, independe do peso molecular
Teor de sólidos na viscosidade de aplicação	O mais baixo	Intermediário	O mais alto
Resistência química (não-reticulado)	Ruim	Boa	Excelente
Flexibilidade	Ruim	Média	Excelente

Os monômeros usados na obtenção de polímeros em emulsão são os mesmos empregados na polimerização em solventes orgânicos: acetato de vinila, cloreto de vinila, ácido acrílico e seus ésteres (acrilatos), ácido metacrílico e seus ésteres (metacrilatos), estireno, vinil-tolueno, anidrido maleico e seus ésteres. Exemplos de monômeros são apresentados na tabela 2.

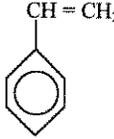
Vinílicas (polímero de 1ª geração):

- acetato de vinila + dibutil-maleato (**vinil-maleato**).
- acetato de vinila + acrilato de butila (**vinil-acrílico**).
- acetato de vinila + vinil-versatato (**vinil-veova**).

Acrílicas (polímero de 2ª. geração):

- acrilato de butila + estireno (+ ácido acrílico) (**estireno-acrílico**).
- acrilato de butila puro (+ ácido acrílico) (**acrílico puro**).

TABELA 2 Exemplos de monômeros, suas fórmulas estruturais e principais propriedades MILES & BRISTON (1975).

MONÓMERO	FÓRMULA ESTRUTURAL	PROPRIEDADE
ACETATO DE VINILA	$\text{H}_2 = \text{CH} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{CH}_3$	Flexibilidade
ACRILATOS	$\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{O} - \text{R}$	Resistência a Intempéries, Retenção de Cor
ÁCIDO ACRÍLICO	$\text{H}_2\text{C} = \text{CH} - \overset{\text{O}}{\parallel} \text{C} - \text{OH}$	Dureza
ESTIRENO		Dureza, Resistência à Água, Detergente e Névoa Salina

2.2.5 Polimerização em Emulsão

A maioria dos polímeros empregados como modificadores de sistemas à base de cimento Portland são fabricados através de uma técnica chamada de polimerização em emulsão (ACI,1997).

A polimerização em emulsão foi usada pela primeira vez, em escala industrial, durante a Segunda Guerra Mundial para produzir borrachas sintéticas a base de estireno e butadieno. Ainda hoje esse tipo de polimerização é bastante usado na obtenção de diferentes borrachas sintéticas.

Ainda não existe uma teoria científica capaz de explicar satisfatoriamente a polimerização por adição em emulsão (ABRAFATI,1995).

Os componentes principais de uma polimerização por adição em emulsão são:

- **MONÔMEROS:** descrito anteriormente.
- **MEIO DISPERSANTE:** na grande maioria dos casos é a água; é o meio líquido no qual os diferentes componentes estão dispersos ou dissolvidos.
- **EMULSIONANTE:** também chamado de surfatante¹ ou tensoativo, é uma substância química que contém, na sua molécula, um lado hidrofóbico (apolar) e um lado oposto hidrofílico (polar), com o objetivo de criar uma emulsão através da formação de micelas (pequenas bolhas com material polimérico dentro). Ex. sabões.
- **INICIADOR:** em sua maioria são substâncias químicas solúveis em água que podem formar radicais livres, induzido assim à associação em cadeia dos monômeros, formando as moléculas do polímero (MANO, 1985).

¹ O termo surfatante origina-se do inglês *surface active agent* (surfactant), substância que altera as propriedades de um líquido ou da interface de um líquido e um sólido, Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa, 2ª edição, 1986.

Quando se adiciona o surfatante à água uma pequena quantidade se dissolve enquanto a maior parte permanece agrupada na forma de micelas² de tamanho coloidal, ocorrendo um equilíbrio dinâmico entre as formas dissolvidas e micelares.

O número e tamanho das micelas dependem da estrutura química do surfatante e da sua concentração na mistura monomérica. À medida que a concentração aumenta, o número de micelas é aumentado e seu tamanho diminuído, conseqüentemente ocorre um grande aumento na superfície micelar.

A afinidade do surfatante com o monômero é fundamental. Em outras palavras, para um determinado monômero ou mistura monomérica é preciso escolher adequadamente o surfatante ou uma mistura deles.

A polimerização ocorre, quase na sua totalidade, dentro das micelas, onde em um primeiro estágio os radicais livres formados da decomposição do iniciador entram nas micelas formando então as partículas poliméricas.

Em um segundo estágio, as gotas de monômero abastecem as partículas poliméricas recém-formadas, promovendo o seu crescimento.

Na finalização do processo de polimerização, todo o monômero apresenta-se dentro das partículas poliméricas, ocorrendo uma elevação da viscosidade e efeito gel.

Posteriormente, quando da aplicação do látex, ocorre a fusão das micelas através do processo chamado coalescência, onde a perda do meio dispersante através de evaporação possibilita o contato entre as micelas, ocorrendo o rompimento das “membranas” e a difusão das cadeias de polímeros (eventualmente pode não ocorrer), FIGURA 1.

² Partícula de uma solução coloidal especialmente de um sólido, constituída por uma partícula da substancia em estado coloidal cercada por um conjunto de íons; Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa, 2ª edição, 1986.

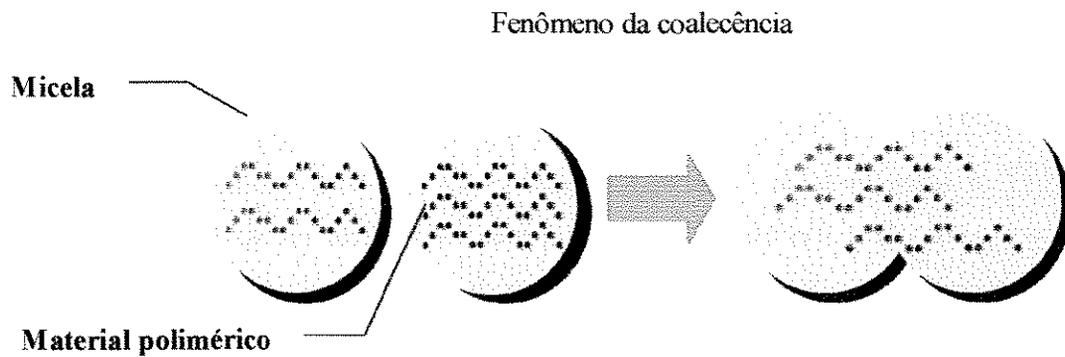


FIGURA 1 Representação do fenômeno da coalescência entre duas micelas.

Na FIGURA 2 pode ser visualizado a formação de um filme de látex, decorrente o fenômeno de coalescência, onde a disposição das micelas ocorre de forma alveolar.

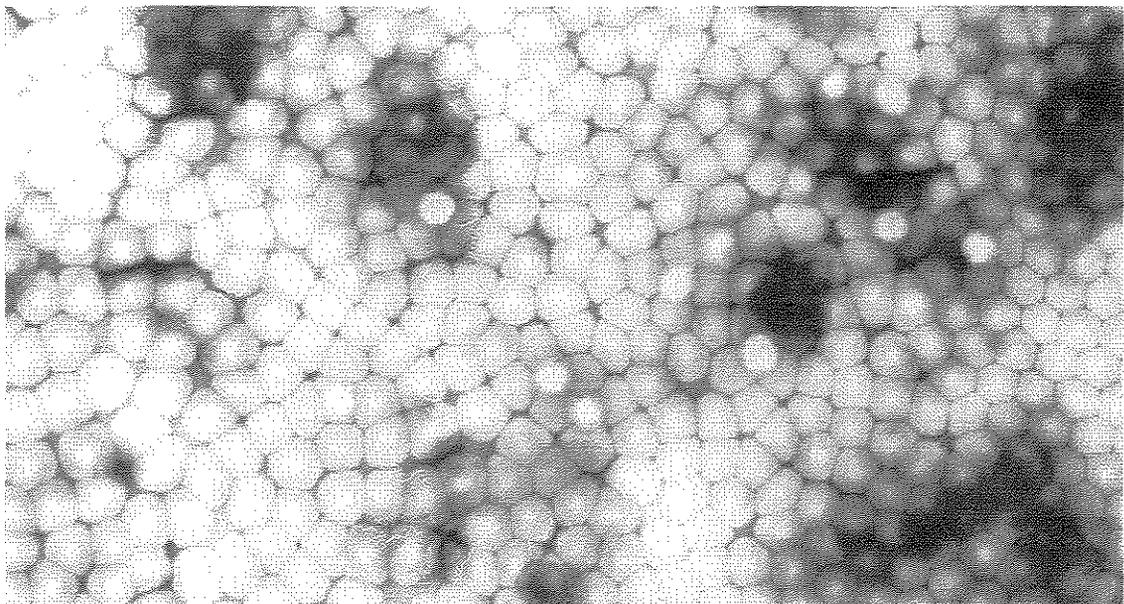


FIGURA 2 Foto de microscopia de transmissão eletrônica do fenômeno da coalescência de um filme de látex.

2.2.6 Copolímeros na Forma de Pó

A desidratação de alguns tipos de polímeros e copolímeros é um processo utilizado para a obtenção de pós redispersáveis, isto é, ao contato com a água, sob agitação, obtêm-se um látex na forma de dispersão polimérica que diferencia-se do látex original pelo tamanho de partícula.

Os copolímeros na forma de pó redispersáveis são fabricados através de um processo de duas etapas. Inicialmente ocorre uma polimerização em emulsão dos monômeros, obtendo-se assim uma dispersão polimérica, e então esta é aspergida e seca através de um processo de atomização (*spray dry*).

Antes da aspersão, os látices são formulados com a adição de alguns componentes como bactericidas, secantes, agentes antiespumante e estabilizantes com a função de inibir a decantação após a redispersão aquosa.

Durante o processo de aspersão e secagem são adicionados agentes anti-blocantes, como argila, caulim, sílica e carbonato ao sistema polimérico em pó formado, sendo um procedimento profilático à compactação, dos pós durante o armazenamento (*caking*³).

2.3. Argamassa Modificada com Polímero ou Copolímero

Apesar de seu amplo uso, as argamassas à base de cimento possuem algumas desvantagens: o endurecimento retardado, baixa resistência à tração, retração por secagem elevada, reduzida aderência em aplicações de recuperação e baixa resistência química.

³ Transformação de um pó em massa sólida utilizando calor, pressão e água.

Algumas desvantagens podem ser superadas através do uso de polímeros na modificação da matriz das argamassas e concretos à base de cimento. Os polímeros usados incluem látex, polímeros em pó redispersáveis, polímeros em emulsões, resinas líquidas e monômeros. As argamassas e os concretos modificados com polímeros têm uma matriz monolítica na qual a matriz de polímero (orgânica) e a matriz de gel do cimento (inorgânica) são homogeneizadas.

Segundo RAMACHANDRAN (1995), nos sistemas modificados com os látices, polímeros em pó redispersáveis e polímeros solúveis em água acontece a formação de filme ou de membrana juntamente com os cristais de hidratação do cimento. Nos sistemas modificados com as resinas líquidas e monômeros, a água induz a hidratação do cimento e a polimerização das resinas líquidas ou dos monômeros.

Segundo TEZUKA (1979), os concretos e argamassas modificados com polímero são obtidos quando é adicionado o polímero ou monômero no processo de mistura da argamassa, seguido de cura e polimerização. Podendo ainda ser adicionado numa pré-mistura, como no caso de argamassas industrializadas, quando da utilização de polímeros na forma de pó.

TEZUKA (1979) afirma ainda que os concretos e argamassas de cimento Portland, modificados com polímero são materiais em que o aglomerante é formado por dois tipos de componentes ativos: o cimento Portland e a dispersão de monômero ou polímero em água.

Segundo OHAMA (1987), a modificação dos concretos e argamassas é consequência da hidratação do cimento e da coalescência das partículas de polímero, formando um filme contínuo de polímero. A hidratação do cimento geralmente precede o processo de formação do filme de polímero. A matriz de cimento e polímero é geralmente formada em três etapas, descritas a seguir, de acordo com o modelo simplificado apresentado na FIGURA 3 (RAMACHANDRAN, 1995).

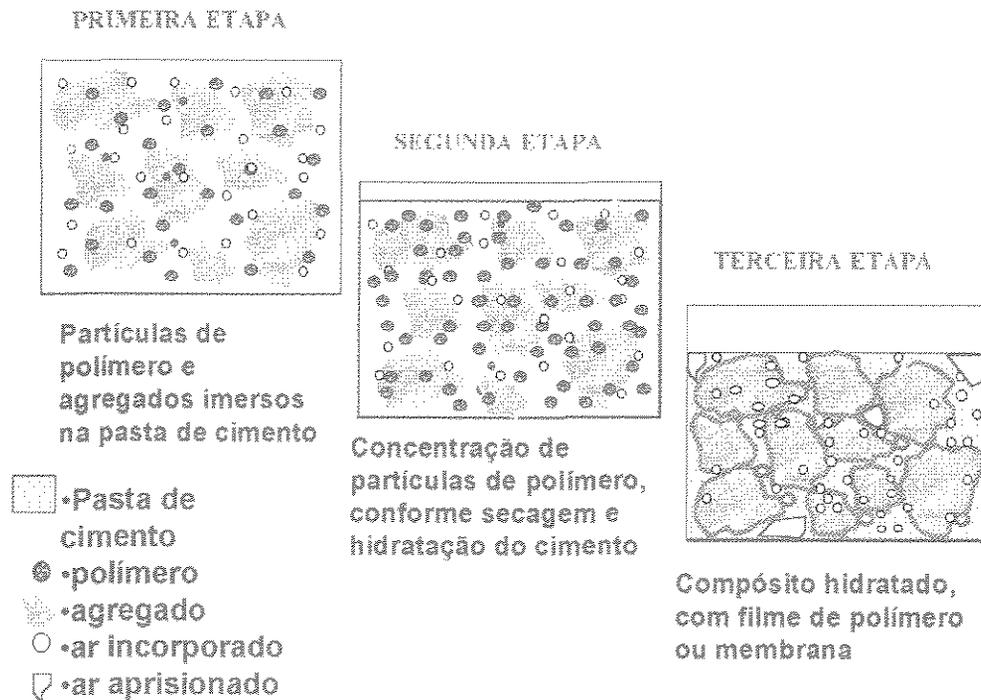


FIGURA 3 Representação simplificada das etapas do processo de formação de filme do polímero no composto de cimento hidratado.

Primeira etapa:

Quando o polímero látex é misturado com o concreto ou argamassa de cimento Portland, ainda fresco, as partículas do látex estão dispersas uniformemente na pasta de cimento. Nesta pasta de cimento e polímero, o gel de cimento é gradualmente formado pela hidratação do cimento e a fase líquida é saturada com hidróxido de cálcio formado durante a hidratação, enquanto as partículas do polímero látex depositam-se parcialmente na superfície do gel já formado e dos grãos ainda não hidratados de cimento. Segundo esse autor, é provável que ocorra a formação de uma camada de silicato de cálcio em função da reação do hidróxido de cálcio na fase líquida com a sílica da superfície dos agregados.

Segunda etapa:

Com a formação da estrutura do gel de cimento Portland, as partículas de polímero são gradualmente confinadas nos poros capilares. O desenvolvimento da hidratação do cimento reduz a água capilar, as partículas do polímero floculam formando uma camada contínua e compacta de polímero sobre a superfície do gel de cimento e também de seus grãos não hidratados, aderindo simultaneamente a estes e a camada de silicato de cálcio formada sobre a superfície dos agregados. Neste caso, os poros maiores presentes na mistura são comatados pelas partículas de polímero.

Terceira etapa:

Finalmente, com a redução da água combinada da hidratação do cimento, as partículas do polímero coalescem sobre o cimento hidratado, formando filmes contínuos ou membranas, que se ligam aos géis hidratados do cimento e agregados, construindo uma cadeia monolítica na qual a fase polímero interpenetra completamente a fase do cimento Portland hidratado.

OHAMA (1987) apresentou um mecanismo que envolve interação entre o polímero e grupos carboxilados. Os efeitos desta interação química resulta na retirada de água do sistema, através da hidratação do cimento, aproximando as partículas de polímero e possibilitando assim a ocorrência do processo de coalescência entre as micelas, formando filmes e membranas contínuas entre os cristais de cimento hidratado.

Estes filmes ou membranas ligam os cristais de cimento hidratado formando uma rede monolítica, a qual intercala fases de polímero ao longo da fase de cimento hidratado. Tal estrutura age como uma única fase de matriz para argamassa modificada com látex, envolvendo os agregados na argamassa endurecida, RAMACHANDRAN, 1995.

Os látices mais utilizados na modificação dos compósitos de cimento Portland são:

- acetato de polivinila (PVA)
- copolímeros acrílicos
- copolímeros estireno-acrílico (SA)
- copolímeros vinil maleato (AM)
- copolímeros etileno vinil acetato (EVA)
- copolímeros estireno-butadieno (SBR)
- copolímero acetato-vrsatato (PAV)
- hidroxietil celulose (HEC)

Atualmente argamassas e concretos modificados com polímeros, produzidos de forma adequada, vêm sendo utilizados com alto desempenho como materiais de construção com custo relativamente baixo, particularmente para reabilitação e reparo de concreto convencional, pisos anti-abrasivos e em ambientes agressivos em função de seu excelente desempenho quanto a aderência e durabilidade (OHAMA,1993; AFRIDI *et al.*, 1995).

Segundo STORTE (1991), a melhoria de desempenho dos concretos e argamassas de cimento Portland modificados com polímero, em relação aos convencionais, ocorrem basicamente por dois motivos: pela diminuição da quantidade e redução do diâmetro dos poros capilares do material e pelo aumento das forças de ligação entre o agregado e a matriz hidratada de cimento.

2.3.1 Propriedades de Sistemas Modificados com Látex - Estado Fresco

De acordo com RAMACHANDRAN (1995), a modificação de argamassas e concretos através da adição de polímeros propicia evolução nas propriedades no estado fresco, quando comparadas à argamassas e concretos convencionais a base de cimento. As propriedades tanto no estado fresco como no estado endurecido são afetadas por uma multiplicidade de fatores como: natureza do polímero, relação polímero/cimento, relação água/cimento, conteúdo de ar e condições de cura.

Geralmente a argamassa e o concreto modificados com látex possuem maior facilidade de execução que argamassas e concretos convencionais a base de cimento. Isto ocorre principalmente quando se observa um aumento do índice de consistência devido à ação de rolamento de esferas de partículas de polímero e de ar incorporado e o efeito dispersante de surfatantes do látex. TAKEYASHIKI et al. (1993) provou que a melhora da consistência ou da fluidez era devida à ação de rolamento de esferas das partículas de polímero entre as partículas do cimento.

Na maioria das argamassas e concretos modificados com látex, uma grande quantidade de ar é incorporada decorrente ação de surfatantes contida como emulsificantes e estabilizadores na emulsão do polímero (STORTE, 1991). Alguns incorporadores de ar são usados para obter melhor trabalhabilidade, porém uma quantia excessiva de ar incorporada pode causar uma redução nas resistências mecânicas, sendo controlada através de agentes antiespumantes próprios.

Por conseguinte, uma variação do conteúdo de ar nas argamassas modificadas com látex decorrente de um aumento na relação polímero/cimento é maior que nos concretos modificados, não existindo uma explicação consensual para este fato. O conteúdo de ar da maioria das argamassas modificadas com látex está na gama de 5 a 20%, e para a maioria dos concretos modificados com látex é menor que 2%, não sendo portanto significativa a diferença através de comparação com concretos convencionais contendo apenas cimento, RAMACHANDRAN (1995).

Segundo RAMACHANDRAN (1995), a plasticidade de concretos modificados com látex tende a aumentar com o aumento do teor de água (ou relação água/cimento) e da relação polímero/cimento. Esta tendência é mais significativa quanto menor é a relação areia/agregado e maior a dosagem de cimento. Este efeito pode contribuir também, através de uma redução da água de mistura, para o desenvolvimento de resistência mecânica como também redução da retração de secagem.

A argamassa adquire uma elevação da retenção de água ao ser modificada com látex, estando condicionada a relação polímero/cimento. Fato provavelmente explicado decorrente as propriedades coloidais hidrófilas do próprio látex e a inibição da evaporação da água devido ao efeito de preenchimento e selante dos filmes impermeáveis de polímero formados (RAMACHANDRAN, 1995).

AFRIDI et al. (1995) justifica o aumento da retenção de água com a elevação da relação polímero/cimento pela inibição da perda de água através da evaporação ou por sucção do substrato decorrente da formação de um filme impermeável na argamassa e também do aumento gradual da viscosidade da fase aquosa da mistura ainda fresca da argamassa ou do concreto modificado.

A retenção de água geralmente aumenta com a elevação da relação polímero/cimento, e fica quase constante para valores entre 5 a 10% (RAMACHANDRAN, 1995). Este desenvolvimento da retenção de água das argamassas modificadas com látex é significativamente útil ou efetivo para inibir o fenômeno de secagem com conseqüente falta suficiente de água para hidratação do cimento, o que ocorre em camadas esbeltas ou camadas sobre substratos altamente absorventes como argamassas de cimento e azulejos cerâmicos.

Nos sistemas modificados com látex não são observadas algumas desvantagens como reduções nas resistências e permeabilidade causadas pela exsudação e segregação (RAMACHANDRAN, 1995). Apesar de maiores características de plasticidade, as argamassas modificadas com látex desenvolvem resistência à exsudação e à segregação, devido às propriedades coloidais hidrófilas próprias do látex e do ar incorporado, como também da redução de água da mistura decorrente dos efeitos causados pelos surfatantes contidos nos látices.

Comumente, a pega das argamassas modificadas com látex torna-se retardada quando comparada a de argamassas tradicionais, sendo mensuradas dependendo da natureza do polímero e da relação polímero/cimento utilizados. Este retardamento da pega, de forma geral, não causa inconveniência em aplicações práticas.

As razões para esta elevação do tempo de pega são que surfatantes como alkylbenzeno sulfonato e caseinatos contidos no látex inibem a hidratação do cimento, conforme OHAMA (1973). Estudos reológicos em concretos modificados com PVAc revelaram que a hidratação do cimento é inibida pela adsorção do surfatante na superfície da pasta (RAMACHANDRAN, 1995).

2.3.2 Propriedades de Sistemas Modificados com Látex - Estado Endurecido

Em geral, as argamassas modificadas com látex quando comparadas a argamassas tradicionais mostram um aumento notável na resistência à tração e nas resistências à flexão, porém demonstram melhoria imperceptível na resistência à compressão.

Os fatores que causam variação nas propriedades de resistência em materiais cimentícios com polímero são a natureza dos materiais como o tipo de látex, cimento e agregado, proporção da mistura, método de cura e técnicas de verificação das propriedades.

A natureza dos polímeros depende da relação de monômeros nos copolímeros e da característica e quantia do plastificante. A estabilidade mecânica e química, bolhas e coalescência dependem do tipo e da quantidade de surfatante e antiespumante utilizados na composição e do tamanho de partícula dos polímeros dispersa no sistema.

OHAMA (1964, 1970) estudou o efeito da relação de monômeros nos látices de EVA, SBR e poliestireno-butil acrilato (SAE) nas tensões de argamassas modificadas. Segundo este, a relação de monômero afeta as tensões das argamassas modificadas com látex a mesma extensão que a relação de polímero/cimento.

Geralmente as estabilidades mecânica e química do látex são melhoradas com o aumento da quantidade de surfatante selecionado como estabilizador, podendo dispersar-se efetivamente sem coagulação na argamassa ou no concreto modificados com látex. Por outro lado, uma quantia excessiva de surfatante pode ter um efeito adverso nas argamassas modificadas

com látex em virtude da redução da força do filme de látex, do retardamento da hidratação do cimento e ar incorporação de ar em excesso.

Normalmente os antiespumantes adicionados aos látices para prevenir o ar incorporado em excesso causam uma pronunciada diminuição no ar contido e conseqüentemente um aumento na resistência à compressão.

As argamassas modificadas com látex, por conter polímeros (módulo de deformação, $0,001-10 \times 10^4$ kgf/cm²) com módulos de deformação consideravelmente muito inferiores ao do cimento hidratado (módulo de deformação, $10-30 \times 10^4$ kgf/cm²), possuem comportamento de deformação, elasticidade e ductibilidade muito diferentes ao da argamassa exclusivamente de cimento, onde a magnitude desta diferença depende do tipo de polímero e da relação polímero/cimento.

A retração por secagem pode ser reduzida ou elevada com a modificação das argamassas com polímeros dependendo da natureza do polímero e da relação polímero/cimento utilizados, RAMACHANDRAN (1995).

A propriedade mais importante das argamassas modificadas com látex é a elevação da adesão a vários substratos, tanto inicialmente, quando da sua aplicação, quanto posteriormente, como elemento construtivo.

Os fatores que influenciam a adesão são: o tipo de polímero, a relação polímero/cimento, as propriedades dos substratos utilizados, as condições de execução e as condições ambientais.

A adesão da maioria das argamassas modificadas tende a aumentar com a ascensão da relação polímero/cimento, embora para alguns tipos de polímeros existam relações polímero/cimento ótimas (RAMACHANDRAN, 1995).

A permeabilidade à água e a absorção de água por capilaridade são reduzidas com a adição de polímeros e copolímeros às argamassas, decorrentes do preenchimento dos poros por

polímeros ou por filmes. Segundo RAMACHANDRAN (1995), algumas dosagens do polímero Poli etileno vinil acetato (EVA), em argamassas modificadas, causam uma redução da permeabilidade numa razão de 10 ou até mais, quando comparadas a argamassas não modificadas. Claramente é observada uma diminuição da permeabilidade conforme o aumento da relação polímero/cimento.

2.3.3 Utilização de Copolímeros na Forma de Pó em Argamassas

Tanto as propriedades no estado fresco quanto endurecido são semelhantes à argamassa modificada com látex em emulsão, diferenciando-se apenas quanto à forma de mistura e praticidade da utilização.

Geralmente os copolímeros na forma de pós redispersáveis estão pré-misturados com o cimento e os agregados constituindo um composto anidro, ao qual, posteriormente, deverá ser acrescentada água para sua utilização.

Os copolímeros em pó, na presença de água e sob agitação, dispersam-se e rapidamente se reemulsionam originando um látex de polímero de tamanhos de partícula na gama de 1 a 10 μ m. Caso necessário, agentes antiespumantes líquidos ou em pó devem ser somados a mistura úmida.

Alguns exemplos de polímeros em pó redispersáveis disponíveis no mercado:

- Poli vinil acetato-vinil versatato (VA/Veova).
- Estireno butadieno (SBR).
- Poli etileno vinil acetato (EVA).
- Poli estireno-acrílico éster (SAE).
- Poli acrilato éster (PAE) – poli (metil metacrilato-butil acrilato).

Na tabela 3 são apresentadas algumas de suas propriedades. (RAMACHANDRAN, 1995).

TABELA 3 Propriedades de alguns polímeros em pó redispersável disponíveis no mercado (RAMACHANDRAN, 1995).

TIPO DE POLÍMERO EM PÓ REDISPERSÁVEL				
MONÔMERO	VA/VEOVA	EVA	PAE	SBR
Aparência	Pó Branco	Pó Branco	Pó Branco	Pó Branco
Tamanho médio de partícula (µm)	10-250	70	45-75	5-50
Densidade (g/cm³)	0.54-0.64	0.40	0.31-0.51	0.40
pH (redispersão com 50% de sólidos)	4	5-6	10-12	7-8

Semelhante para os sistemas de látex em emulsão os polímeros em pó redispersável ocasionam a potencialização das propriedades da argamassa ou do concreto, onde sua intensidade também será decorrente da natureza do polímero e da relação polímero/cimento.

A FIGURA 4 representa resistências obtidas com argamassas modificadas. As resistências à compressão e à flexão são majoradas com o aumento da relação de polímero/cimento, porém as argamassas modificadas com polímero em pó redispersável são inferiores as argamassas modificadas com látex de estireno butadieno (SBR) em algumas das propriedades. As argamassas modificadas Va/Veova desenvolveram melhores características em suas propriedades quando comparadas as argamassas modificadas com EVA. Foram melhoradas as características de formação de filme dos pós como modificadores do cimento, podendo ser achados nestes sistemas filmes de polímero contínuos, resultando no desenvolvimento de resistências melhores.

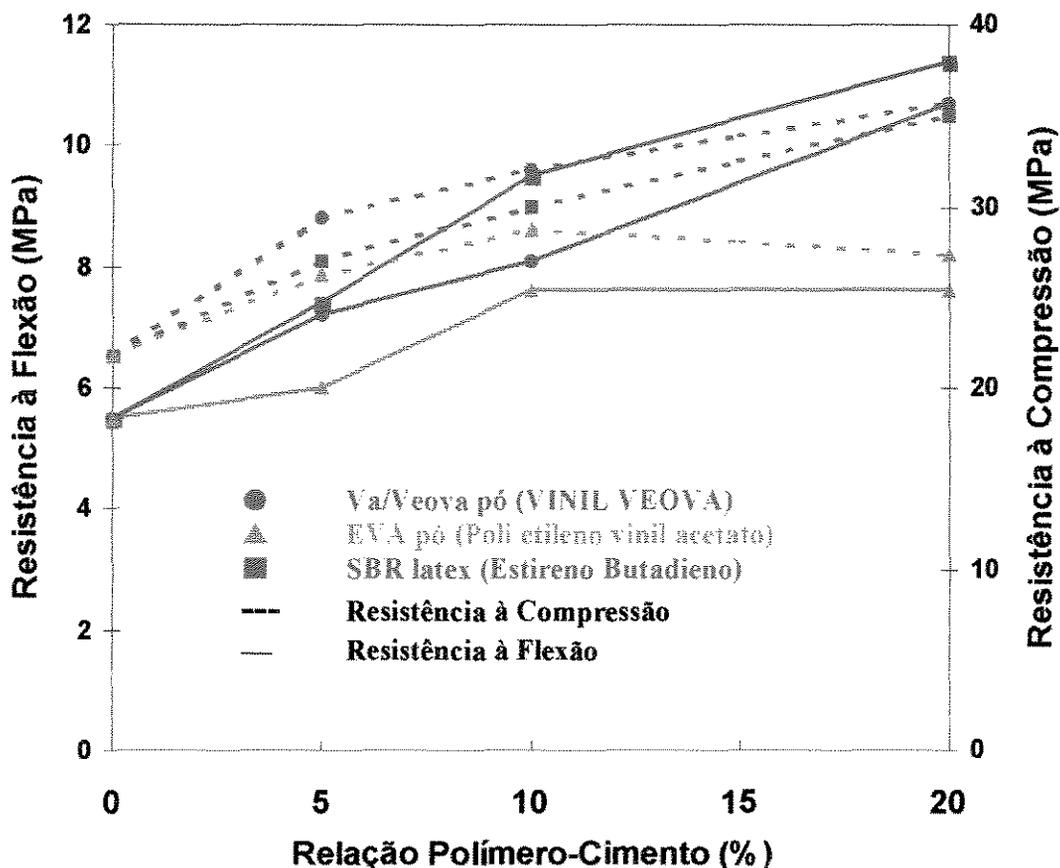


FIGURA 4 Relação polímero/cimento versus resistência à flexão e à compressão em argamassas modificadas com polímero em pó redispersível, RAMACHANDRAN (1995).

As propriedades mecânicas de argamassas modificadas com pó redispersível de Poli etileno vinil acetato (EVA) quando comparadas a várias argamassas modificadas com látex em emulsão, mostraram resultados superiores ou iguais, RAMACHANDRAN (1995).

LAMBE et al. (1992) confirma que o concreto modificado com polímero redispersível mostra alta resistência à difusão de íons cloreto, oxigênio e gás carbônico, como também baixa retração. De acordo com AFRIDI et al. (1990), a modificação pelo polímero redispersível nas argamassas propiciam uma melhora na durabilidade para os ciclos gelo-degelo.

SCHNEIDER (1993) conclui que o EVA em pó, com uma temperatura de transição vítrea de -10°C é mais efetivo para o desenvolvimento das propriedades das argamassas, no que se refere a adesão e a capacidade de absorver deformações, do que um com uma temperatura de transição vítrea de 10°C . Estes pós adicionados nas misturas são usados para produzir produtos de pré-misturados como: revestimentos decorativos de paredes e tetos, argamassas colantes para elementos cerâmicos, revestimentos auto-nivelantes e argamassas de reparos para estruturas de concreto.

CAPÍTULO 03 – REVESTIMENTO DE ARGAMASSA

3.1. Definição

De acordo com MEDEIROS & SABBATINI (1994) os revestimentos de argamassa completam o sistema de vedações das edificações e, a obtenção de um desempenho adequado destes revestimentos deve ser baseada no correto conhecimento de suas funções e propriedades e ainda do conhecimento das argamassas que os constituem e dos substratos que lhes servem de base.

Os revestimentos de argamassa são definidos pela NBR 13529 (ABNT, 1995) como “cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas superpostas de argamassa, apto a receber acabamento decorativo ou constituir-se em acabamento final”. Estes revestimentos podem ser classificados conforme as tabela 04.

TABELA 4 Classificação dos revestimentos de argamassas inorgânicas (NBR - 13530/95).

TIPO	CRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO
Revestimento de camada única	Número de camadas aplicadas
Revestimento de duas camadas	
Revestimento em contato com o solo	Ambiente de exposição
Revestimento externo	
Revestimento interno	
Revestimento comum	Comportamento à umidade
Revestimento hidrófugo	
Revestimento de permeabilidade reduzida	
Argamassa aérea	Natureza do aglomerante
Argamassa hidráulica	
Argamassa de cal	Tipo de aglomerante
Argamassa de cimento	
Argamassa de cimento e cal	
Argamassa simples	Número de aglomerante
Argamassa mista	
Argamassa aditivada	Propriedades específicas
Argamassa colante	
Argamassa de aderência melhorada	
Argamassa hidrófuga	
Argamassa de proteção radiológica	
Argamassa redutora de permeabilidade	
Argamassa termoisolante	
Argamassa de chapisco	Função do revestimento
Argamassa de reboco	
Argamassa de emboço	
Argamassa dosada em central	Forma de preparo ou de fornecimento
Argamassa preparada em obra	
Argamassa industrializada	
Mistura semi-pronta para argamassa	

3.2. FUNÇÕES DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

De acordo com a NBR-7200 (ABNT, 1982) os revestimentos para uso externo devem ser resistentes às intempéries (principalmente a geadas, oscilações de temperatura e teor de umidade), e os para uso interno, além de oferecer uniformidade das características superficiais, deve ser permeável ao vapor de água, possuir absorção capilar e estarem aptos a receber qualquer tipo de acabamento especificado.

Em edifícios estruturados em concreto armado e vedação de alvenaria, os revestimentos de argamassa têm, em geral, a função de proteger os elementos de vedação (paredes e tetos) integrando-se a estes, proporcionando ainda isolamento térmico, acústico, segurança ao fogo, estanqueidade à água e aos gases, regularização da superfície dos painéis e servindo de base para aplicação de acabamento final.

A função de proteção dos revestimentos está intimamente ligada a durabilidade dos elementos estruturais de vedação, evitando a ação direta dos agentes agressivos que atuam sobre as superfícies dos edifícios tais como: umidade, temperatura ambiente, fogo, poeira, microorganismos, ar e gases poluentes, radiações, vibrações, cargas de impacto e forças externas.

Em geral, e principalmente nas regiões com índice de precipitação pluviométrica elevada, a principal função dos revestimentos de argamassa é a proteção contra a umidade de infiltração nos edifícios, considerando que além de causar problemas de ordem higiênica, provoca movimentos higroscópicos do próprio revestimento e patologias, tais como: empolamento e descolamento da camada de reboco, de acordo com CINCOTTO (1983).

Na função de base para o acabamento final das superfícies, os revestimentos devem resultar em um substrato de superfície regular e com características que permitam adequada aplicação e durabilidade do acabamento.

Segundo SELMO (1989), “...nos revestimentos externos de argamassa, a regularização da base é uma finalidade precípua, porém deve ser feita com espessura mais uniforme possível e sem ultrapassar os limites, usualmente, preconizados”. Deve-se salientar, entretanto, que não é função dos revestimentos dissimular imperfeições grosseiras das alvenarias ou das estruturas de concreto armado, apesar de ser freqüente esta situação, ocasionando sérios riscos para a eficácia e durabilidade destes serviços. “Todas as falhas localizadas da base, com profundidade superior a 30mm, precisam ser corrigidas antes do revestimento”, como também devem ser tratadas as regiões onde há transição de bases de materiais diferentes.

Os revestimentos de argamassa convencionais são, portanto, de espessura limitada devido a suas características intrínsecas; devem ter propriedades e composição das camadas compatíveis tanto com as condições de aplicação e exposição quanto com a natureza da base e acabamento final previsto.

Quanto ao acabamento, os revestimentos externos de argamassa, caso tenham função decorativa, podem apresentar uma variedade muito grande de texturas e cores conforme o uso de pigmentos na argamassa e/ou tratamento superficial de emboço ou reboco frescos.

3.3. Propriedades das Argamassas de Revestimento

3.3.1. Trabalhabilidade

A trabalhabilidade das argamassas é uma propriedade complexa e de avaliação subjetiva, sendo resultado da conjugação de diversas outras propriedades do material fresco, tais como: plasticidade, consistência, retenção e exsudação de água, massa específica, coesão interna, adesão, tixotropia, massa volumétrica e velocidade de endurecimento, de acordo com a RILEM (1982).

De acordo com SELMO (1989): "... diz-se que uma argamassa de revestimento tem boa trabalhabilidade quando se deixa penetrar com facilidade pela colher de pedreiro, sem ser fluida; mantém-se coesa sem aderir à colher ao ser lançada contra a base; e permanece úmida o suficiente para ser espalhada, sarrafeada e receber o tratamento final."

A RILEM (1982) conclui que: "compete ao pedreiro definir a quantidade de água de amassamento a ser adicionada numa argamassa, a fim de obter uma trabalhabilidade desejável, pois ele inicialmente ajusta a consistência da argamassa com água para depois fazer o julgamento da sua plasticidade", sendo esta uma forma empírica e perigosa, onde obtém-se como resultado final uma argamassa com desempenho e durabilidade desconhecidos.

De acordo com CAVANI *et al.* (1997) alguns estudos em laboratório fixam a trabalhabilidade expressa na forma do índice de consistência, determinado na mesa de consistência, (NBR 13276 - 1995). No entanto, é questionável esta fixação principalmente quando da utilização de aditivos junto à argamassa, onde a mesma apresenta boa trabalhabilidade e plasticidade mas possui em determinados casos uma alta coesão e obtém um baixo índice de consistência.

As características dos agregados e aglomerantes podem interferir na trabalhabilidade das argamassas. Com relação aos agregados, CINCOTTO *et al.* (1995) descrevem que quanto menor o módulo de finura do agregado e o teor de grãos angulosos, mantendo-se a continuidade da granulometria, melhor será a trabalhabilidade. Sendo assim, influem na trabalhabilidade das argamassas a natureza dos materiais, a proporção de dosagem, o procedimento de preparo, a espessura e a base de aplicação.

3.3.2. Retenção de Água

É a capacidade da argamassa fresca de manter-se consistente e plástica quando sujeita a solicitações que promovam perda de água de sua composição (evaporação, sucção ou absorção pelo substrato). O tempo disponível para o pedreiro aplicar, regularizar e desempenar a camada de revestimento também depende da retenção de água, sendo função da superfície específica dos materiais constituintes da argamassa, uma vez que depende da tensão superficial da pasta aglomerante. As argamassas de cal apresentam características favoráveis de retenção de água pela elevada superfície específica de cal e pela grande capacidade de absorção de seus cristais (até 100% do seu volume), (CINCOTTO *et al.*, 1995).

Segundo SELMO (1989), os fatores que influem na capacidade de retenção de água das argamassas são: a área específica dos materiais constituintes e o número de íons ativos por unidade de superfície; a maturação prévia das argamassas de cal, a natureza da cal, a relação cal/cimento no traço e a relação agregado/aglomerante no traço.

Para MARTINELLI (1989) a capacidade de retenção de água também é afetada pelo módulo de finura do agregado, uma vez que a redução do valor de módulo de finura provoca um crescimento do índice de retenção de água.

Segundo CINCOTTO *et al.* (1995), o aumento da capacidade de retenção de água é obtido ainda pela utilização de aditivos cujas características impedem a perda de água para o substrato, como por exemplo derivados de celulose ou aditivos que impedem a percolação de água capilar (incorporadores de ar).

Além de determinar as condições de manuseio da argamassa, a retenção de água influencia nas propriedades no estado endurecido, na medida em que determina as condições de hidratação do cimento, responsáveis pela evolução do processo de endurecimento. A retenção de água tem influência sobre as condições de contato da argamassa com a base e a retenção da umidade. Estas condições agem sobre a retração de secagem, a resistência mecânica e a aderência do

revestimento. A capacidade de retenção de água da argamassa varia em função do potencial de absorção da base (SABBATINI, 1984).

A RILEM (1982), segundo CINCOTTO *et al.* (1995) afirma, genericamente, que as propriedades das argamassas endurecidas dependem, em grande parte, da retenção de água, para que as reações químicas de endurecimento dos aglomerantes se efetuem durante a cura.

Em resumo, a retenção de água das argamassas interfere não só no trabalho de acabamento do revestimento, mas também em suas propriedades no estado endurecido, por questões de espalhamento, contato com a base e retenção de umidade, fatores influentes para a retração hidráulica e a resistência mecânica final do revestimento (SELMO, 1989).

3.3.3. Teor de Ar Incorporado e Densidade de Massa

A densidade de massa da mistura aglomerante/agregado refere-se ao volume do material sólido, não sendo considerados os vazios, constituindo-se na relação entre a massa de material sólido no vácuo e o volume a uma temperatura estabelecida. Quando o volume do material sólido inclui os vazios impermeáveis é denominada massa unitária.

A massa unitária constitui-se na massa do material que ocupa um recipiente com capacidade unitária, valor utilizado para a conversão de quantidades expressas em massa para quantidades expressas em volume. Os vazios presentes na argamassa são, na realidade, ar aprisionado ou incorporado, ou espaços deixados após evaporação do excesso de água (CINCOTTO *et al.*, 1995).

A densidade de massa e o teor de ar incorporado são propriedades das argamassas que afetam a sua trabalhabilidade. À medida que a densidade de massa das argamassas diminui, produz-se, segundo SELMO (1989), argamassas mais leves e com melhor trabalhabilidade. Para YOSHIDA & BARROS (1995) o teor de ar "serve de lubrificante entre os grãos sólidos da argamassa, dando a esta uma incomparável trabalhabilidade".

Este conceito se aplica sem maiores restrições, com exceção feita às argamassas com aditivo incorporador de ar, cuja dosagem deve ser limitada, pois o alto teor de ar incorporado às argamassas afeta a aderência dos revestimentos endurecidos (ROSELLO, 1976).

Pesquisas desenvolvidas por diversos autores e apresentadas por CARASEK (1996), confirmam a conclusão anterior ao mostrarem que a massa específica e o teor de ar influenciam na trabalhabilidade das argamassas: uma argamassa com menor massa específica apresenta melhor trabalhabilidade, entretanto, uma redução da massa específica através do aumento do teor de ar pode diminuir os pontos de contato da argamassa com o substrato reduzindo a aderência entre os mesmos.

É importante salientar a diferença entre o ar incorporado através de aditivos e o ar aprisionado durante a mistura, onde o primeiro são micro bolhas incorporadas a argamassa que não possuem ligação uma com as outras (poros fechados), enquanto o ar aprisionado constitui-se de macro poros possuindo ligações uns com os outros (poros abertos).

3.3.4. Adesão Inicial

A adesão inicial é a propriedade que define a aderência da argamassa fresca na base a ser revestida.

Como destaca ROSELO (1976), a baixa tensão superficial da pasta aglomerante, sendo função inversa do consumo de aglomerantes, permite a sua adesão física ao substrato e também aos próprios grãos do agregado. "A forma como ocorre essa adesão depende tanto das características de trabalhabilidade da argamassa, quanto das características de porosidade ou rugosidade da base ou de tratamento prévio que aumenta superfície de contato entre os materiais." (CINCOTTO *et al.*, 1995)

Com relação aos poros da base, SABBATINI (1995) explica que os poros capilares muito finos facilitam a penetração da pasta e a ancoragem mecânica durante seu endurecimento,

porém a presença de poucos poros capilares ou de ar incorporado pode interferir negativamente na aderência. A aderência inicial também pode ser prejudicada devido a presença de poeira ou oleosidade no substrato que dificultem a penetração da pasta nos poros.

A argamassa deve permanecer úmida durante o espalhamento e execução do revestimento, de forma a permitir melhor extensão de aderência e conseqüentemente melhor adesão ao longo da interface de contato do revestimento com a base.

CARASEK (1996) comenta que não existem métodos específicos para avaliar a adesão inicial das argamassas de revestimento e que são poucas as pesquisas que relacionam a adesão inicial com a aderência da argamassa.

3.3.5. Capacidade de Absorção de Deformações

A capacidade de absorver deformações é a propriedade que permite ao revestimento deformar-se sem ruptura ou através de microfissuras imperceptíveis, que não comprometam a sua aderência, estanqueidade e durabilidade.

A capacidade de absorver deformações das argamassas é expressa pelo seu módulo de deformação.

SABBATINI (1986) ressalta que o módulo de deformação está relacionado com a resistência mecânica; desta forma, as argamassas com menor teor de aglomerante apresentam uma maior capacidade de absorver deformações.

No entanto, de acordo com LIBÓRIO *et al.* (1995), esta relação direta entre o módulo de deformação e resistência à compressão pode levar a enganos significativos, principalmente quando a resistência à compressão apresenta resultados elevados.

Segundo THOMAZ (1989), o módulo de deformação da argamassa interfere nas fissuras provocadas por movimentações térmicas das paredes, o que significa que a capacidade de deformação do revestimento deve superar a capacidade de deformação da parede propriamente dita. Ou seja, quando o revestimento for aplicado em diversas camadas, o módulo de deformação da argamassa de cada camada deverá ir diminuindo gradativamente de dentro para fora da parede, o que implica também na redução do cimento no mesmo sentido.

Para SABBATINI (1986) os fatores que podem interferir na capacidade de absorver deformação das argamassas são:

- a) características das matérias primas:
 - natureza e qualidade dos aglomerantes.
 - granulometria e natureza dos agregados.
 - teor e natureza de aditivos e adições.

- b) dosagem e técnica de preparo:
 - relação aglomerante/agregado.
 - condição de emprego da cal.
 - maturação da cal e ainda as condições de cura.

A fissuração nos revestimentos é uma situação que deve ser evitada, uma vez que a capacidade de aderência pode ficar comprometida nas adjacências da região fissurada. As tensões tangenciais surgem na interface da base/revestimento próxima às fissuras, podendo ultrapassar o limite de resistência ao cisalhamento na interface, possibilitando assim o descolamento do revestimento.

3.3.6. Resistência Mecânica

É a capacidade que as argamassas de revestimento têm de resistir às tensões de tração, compressão ou cisalhamento, geradas por atrito superficial, impacto e variações volumétricas e, segundo MEDEIROS & SABBATINI (1994), ocasionadas pela umidade e pela temperatura.

Segundo SELMO (1989), resistência mecânica é “a propriedade dos revestimentos de possuírem um estado de consolidação interna, capaz de suportar ações mecânicas das mais diversas naturezas, que se traduz em geral, por tensões simultâneas de tração, compressão e cisalhamento.”

A resistência mecânica e a elasticidade da argamassa devem ser suficientes para suportar as solicitações higroscópicas e térmicas a que possa estar sujeita, caso contrário podem surgir fissuras, comprometendo a durabilidade do revestimento.

GUIMARÃES (1984) ressalta que a resistência à compressão não é considerada como uma propriedade essencial, uma vez que a argamassa está inserida numa estrutura como um todo (conjunto substrato-argamassa), e, portanto, não há como discutir a resistência da argamassa sem levar em consideração o conjunto. No entanto, a resistência à compressão é importante para analisar comparativamente diferentes argamassas.

As propriedades mecânicas das argamassas de cimento são desenvolvidas a partir das reações de hidratação do cimento; já nas argamassas que contenham cal, as propriedades mecânicas resultam do processo de carbonatação do hidróxido de cálcio pela ação do anidrido carbônico do ar.

CINCOTTO *et al.* (1995), ao descreverem as conclusões dos estudos de alguns autores, explanam que altas temperaturas influenciam positivamente nas resistências das argamassas com cal, o mesmo não ocorrendo com as argamassas de cimento que apresentam redução das resistências.

De acordo com MEDEIROS & SABBATINI (1994), os principais fatores que interferem nas resistências das argamassas são:

- a) consumo e natureza dos materiais constituintes;
- b) relação água/aglomerante;
- c) teor de finos;
- d) técnica de execução.

SELMO (1989) observa que as resistências à tração e à compressão variam inversamente com a relação água/cimento das argamassas. Quanto à proporção de agregado na argamassa, a resistência mecânica diminui se esta proporção for reduzida. As resistências mecânicas também variam em função do teor de cimento; segundo CARASEK (1996), quanto mais elevado for, maiores serão as resistências à compressão e de aderência.

A avaliação quantitativa da resistência mecânica dos revestimentos carece de metodologia consagrada e resulta que, na maioria das vezes, é substituída por ensaios de tração ou compressão de corpos-de-prova de argamassa. Entretanto, não mostram correlação com a porosidade e estrutura real dos revestimentos, servindo apenas para efeito de controle da qualidade de argamassas ou de estudos sobre o comportamento do material.

De acordo com EPUSP (1988), um método empírico, mas que apresenta uma melhor avaliação da resistência é o tradicional risco com prego ou objeto pontiagudo similar, adotado em obra para qualificar a resistência dos revestimentos.

Os ensaios normalizados internacionalmente adotam esferas de impacto, escovas elétricas de desgaste superficial ou preconizam o uso de fitas adesivas, com determinação da massa de revestimento descolado. No Brasil, o controle desta natureza é feito através de corpos-de-prova cilíndricos, em analogia a NBR-13276 (ABNT, 1995).

3.3.7. Retração

A retração resulta da variação de volume que ocorre na argamassa devido à perda de água durante o processo de endurecimento, podendo afetar a estanqueidade e durabilidade do revestimento.

KOPSHITZ *et al.* (1997) observam que nas argamassas no estado fresco, a retração é uma questão de contração volumétrica do material pela saída da água de mistura; e nas argamassas endurecidas, após a saída da água livre presente nos vazios capilares, a retração é provocada pela perda da água que está fisicamente aderida à parede dos vazios capilares da pasta.

Quando a taxa de evaporação supera a taxa de exsudação, a rápida saída de água promove a formação de tensões capilares negativas e conseqüente retração (tensões de tração). Caso a superfície da argamassa já tenha atingido alguma rigidez, ela apresentará pouca ou nenhuma capacidade de acomodar tais deformações, gerando fissuras por retração plástica. As fissuras por retração plástica ocorrem poucas horas após o desempenho da argamassa, assim que a água desaparece

Alguns fatores como granulometria do agregado, teor de água, teor de aglomerante e condições ambientais podem reduzir ou aumentar o potencial de retração das argamassas.

3.3.8. Aderência

No revestimento endurecido, a EPUSP (1988) conceitua a capacidade de aderência como a propriedade que permite à camada de revestimento resistir às tensões normais ou tangenciais atuantes na interface com a base.

A capacidade de aderência é definida pela relação entre a área de contato efetivo e a área total da base a ser revestida, sendo resultante da reunião da resistência de aderência à tração, da resistência de aderência ao cisalhamento e da extensão da área de aderência.

O mecanismo de aderência se desenvolve pela ancoragem mecânica da argamassa nas reentrâncias e saliências macroscópicas da superfície a ser revestida, pela ancoragem da pasta aglomerante nos poros da base e pelas reações de interface entre revestimento e substrato.

Conforme SABBATINI (1986), as propriedades das argamassas que mais interferem na aderência são: a capacidade de retenção de água, a consistência (influi na extensão de aderência) e a tensão superficial da pasta. Ainda influenciam na aderência a qualidade do substrato, a mão de obra e as condições de cura.

Quanto às condições de cura, a rápida evaporação da água prejudica a aderência devendo-se portanto, considerar a temperatura ambiente, a umidade relativa do ar, a intensidade das correntes de ar e a insolação direta.

Com relação à retenção de água, CARASEK (1996) observa que esta propriedade, assim como o teor de ar incorporado, não tem relação direta com as variações da resistência de aderência provenientes da argamassa. Porém para argamassas com teores de cimento muito próximos ou iguais, a retenção de água das argamassas pode explicar as variações de resistência de aderência entre elas.

Segundo CINCOTTO *et al.* (1995), a absorção inicial e a textura são características importantes que interferem na aderência. Por sua vez, IOPPI *et al.* (1995) afirmam que o índice de absorção inicial do substrato, isoladamente, não é um bom indicativo da aderência dos revestimentos. Com relação à textura da superfície do substrato ainda existem dúvidas no meio científico, no que se refere a influência das variações de textura na aderência.

CARASEK (1996) constata que à medida que se aumenta a quantidade de cimento nas argamassas obtém-se maiores resistências de aderência. As argamassas de traço em volume 1:3,

de alto teor de cimento, apresentaram as maiores resistências de aderência, enquanto as argamassas de traço 1:2:9, composta de areia, cal e cimento em baixo teor apresentaram as mais baixas resistências. Mesmo tendo apresentado as menores resistências pode-se perceber nas argamassas mistas o efeito positivo da adição da cal hidratada na aderência.

A consideração do traço 1:3 como revestimento, poderá dar origem a patologias diversas decorrentes ao seu elevado módulo de deformação. No entanto, se percebe claramente que as formulações de chapisco em traço 1:3 permitem uma ótima aderência aos substratos.

BOLORINO & CINCOTTO (1997) observaram a partir dos resultados obtidos em seus estudos que a resistência de aderência aumenta gradativamente ao longo do tempo até atingir um patamar. Até alcançar este patamar a ruptura se dá nas argamassas, e, após atingir este patamar, a ruptura passa a se dar na interface revestimento/chapisco, uma vez que as argamassas tornam-se mais rígidas.

Para CARASEK (1996) a resistência de aderência é diretamente proporcional à resistência à tração e à compressão das argamassas. No entanto, apesar da relação constatada entre as resistências intrínsecas da argamassa e a resistência de aderência, o teor de cimento é o parâmetro mais adequado para justificar as variações da resistência de aderência para cada tipo de argamassa, fato não observado quando da utilização de polímeros adicionados a argamassa.

Cabe destacar que esta mesma autora destaca os resultados dos estudos desenvolvidos por Han & Kishitani, onde se verifica uma relação inversa entre as propriedades citadas acima. Estes autores obtiveram melhores resultados de aderência com argamassas mais fluidas, com maior relação água/materiais, e, portanto com menores resistências à compressão.

Sobre a relação existente entre a consistência e a plasticidade da argamassa com sua capacidade de aderência, CARASEK (1996) cita as conclusões de diversos autores que afirmam que quanto maior a fluidez inicial da argamassa melhor a capacidade de aderência.

A avaliação da capacidade de aderência dos revestimentos é usualmente feita através de ensaios de arrancamento por tração de corpos-de-prova cortados transversalmente no revestimento, ou ainda pode ser feito através do arrancamento por cisalhamento, embora não seja o mais recomendável por ter uma maior dispersão dos resultados quando comparados com o processo anterior.

3.3.9. Permeabilidade a Água

A permeabilidade a água é a propriedade que identifica a possibilidade de passagem da água através de um material podendo ocorrer através de infiltração por pressão, por capilaridade ou ainda por difusão de vapor d'água através dos condutos capilares.

Diversos fatores influem na permeabilidade, podendo ser citados: a natureza da base, o traço e a natureza dos materiais constituintes da argamassa, a técnica de execução, espessura de aplicação e o acabamento final.

A permeabilidade à umidade dos revestimentos de argamassas é uma propriedade que se relaciona tanto com o nível de proteção que podem oferecer à base contra a ação das intempéries quanto com a ocorrência de umidade de condensação nas paredes.

A permeabilidade à água pode ser avaliada através de ensaios prescritos pela ABNT de: absorção de água por imersão (NBR-9778/87) e absorção de água por capilaridade (NBR-9779/87).

Para avaliação da estanqueidade de elementos de parede também se dispõe de métodos mais expeditos como de permeabilidade "*in situ*" do IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas ou o Método do Cachimbo (POLISSENE, 1985)

3.3.10. Durabilidade

A durabilidade pode ser definida como sendo a capacidade da argamassa de manter suas propriedades ao longo do tempo sob condições normais de uso.

A durabilidade está associada à vida útil da argamassa, ou seja, ao período de tempo durante o qual suas propriedades permanecem acima de limites mínimos admissíveis quando submetida aos serviços normais de manutenção.

Dentre os fatores que com mais frequência comprometem a durabilidade dos revestimentos estão as movimentações de origem térmica, higroscópica ou estrutural, a espessura do revestimento; a cultura e proliferação de microorganismos e a qualidade das argamassas.

A avaliação tecnológica da durabilidade dos revestimentos é realizada através de ensaios acelerados de envelhecimento realizados em câmaras climatizadas sendo de difícil correlação com a vida útil dos revestimentos.

3.4. Dosagem de Argamassas de Revestimento

O tipo de aglomerante ou a mistura de tipos diferentes de aglomerantes é determinado através da finalidade para qual a argamassa vai ser elaborada.

As argamassas de cimento são usadas para chapisco devido a sua elevada resistência mecânica a pequenas idades e nos revestimentos onde as condições de impermeabilidade são exigíveis, tais como no interior de reservatórios de água e outras obras hidráulicas.

As argamassas de cal são utilizadas para emboço e reboco, em face sua plasticidade, condições favoráveis de endurecimento, elasticidade e propensão a acabamento esmerado, plano e regular.

As argamassas de cimento são mais resistentes, porém de mais difícil trabalhabilidade. Com a adição de cal elas se tornam mais plásticas, o que facilita o acabamento.

A adição de aditivos como substitutos da utilização das cales é vista de forma duvidosa e complexa sendo por diversas vezes impugnada.

JOHN *et al* (1994) afirmam que os aditivos não podem ser encarados como substitutos da cal hidratada na confecção de argamassas de revestimentos, pois produzem argamassas com comportamento diferentes das argamassas mistas de cimento e cal, gerando por diversas vezes resultados tecnicamente inadequados.

Segundo IOSHIMOTO *et al.* (1994), a falta de pesquisas tecnológicas com a finalidade de indicar as composições mais adequadas para os múltiplos usos das argamassas nos leva a ficar a mercê de traços empíricos e/ou comumente usados na construção civil que nem sempre são os mais adequados ou menos dispendiosos.

Denomina-se traço a proporção relativa entre os constituintes da argamassa (com exceção da água).

O traço pode ser dado em volume ou em massa. O traço em massa oferece ao usuário segurança absoluta quanto a qualidade da argamassa, quantidade de consumo e apropriação de custo, sendo praticamente inviável no canteiro de obras.

Na escolha do traço devem ser considerados as propriedades dos aglomerantes, a granulometria dos agregados, o processo de mistura (manual ou mecânico), os requisitos do revestimento, a qualidade da base do revestimento, o tipo de acabamento e as condições locais. A proporção dos aglomerantes necessários à argamassa depende do processo de mistura. De modo geral, para um mesmo tempo de mistura, há eficiência maior para a mistura mecânica, permitindo, neste caso, o uso de um teor mais baixo de aglomerante.

3.5. Argamassas Pré-Dosadas

As argamassas pré-dosadas são produtos industrializados que chegam às obras acondicionadas em sacos e se constituem em misturas secas de cimento branco ou Portland, cal, aditivos impermeabilizantes, retentores de água, corantes minerais, quartzo ou mármore triturado, entre outros componentes. Estas misturas adquirem condições de emprego pela simples adição de água.

A NBR 13281 (ABNT, 1995) define argamassa industrializada como sendo um produto proveniente da dosagem controlada, em instalação própria, de aglomerantes de origem mineral, agregado(s) miúdo(s) e, eventualmente, aditivo(s) e adições em estado seco e homogêneo, ao qual o usuário somente necessita adicionar a quantidade de água requerida.

O emprego de argamassas pré-dosadas é viável economicamente quando for possível o seu emprego como camada de reboco e principalmente se contiverem pigmentos, eliminando a necessidade de pintura.

Outras vantagens no emprego destas argamassas podem ser citadas: a simplificação e a organização do canteiro de serviços, principalmente quando não se dispõe de espaço físico suficiente, a garantia de qualidade por parte do fabricante, bem como a aquisição que pode ser melhor negociada pela possibilidade de centralização.

CAPÍTULO 4 – PROGRAMA EXPERIMENTAL

Visando analisar o comportamento da adição do copolímero Vinil Veova às argamassas de revestimento foi desenvolvido um projeto do estudo das modificações das propriedades principais tanto no estado fresco quanto endurecido.

Para tanto foram realizados ensaios com referência nas normas brasileiras da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em vigência, exceto para as propriedades de estanqueidade do revestimento (na qual foi utilizada a recomendação do *Centre Scientifique et Technique de la Construction* – NIT 140/1982, método do cachimbo), de módulo de deformação (utilizando-se a metodologia empregada pela norma brasileira para madeira) e de condutividade térmica (pelo Método Fluximétrico – Projeto de Norma 02:135.07-005, 1998).

O projeto experimental dispôs de embasamento estatístico, objetivando assim obter resultados confiáveis e condizentes com o desempenho prático.

4.1. Materiais

Todos os materiais utilizados na pesquisa, com exceção do aditivo – copolímero Vinil Veova, tiveram suas propriedades analisadas através de ensaios realizados com base nas normas da ABNT.

4.1.1. Cimento Portland

O cimento utilizado para o desenvolvimento desta pesquisa foi o CP II-E 32 (Cimento Portland composto com Escória - Classe 32) considerando ser este o produto usualmente mais empregado para a confecção de argamassas de revestimento no estado de São Paulo.

Os ensaios foram realizados com cimento de mesma partida e lote, ocorrendo seu armazenamento em sacos de papel (embalagem de varejo) e embalados dentro de 2 sacos plásticos durante período de uso.

Para a caracterização técnica do cimento utilizado para este estudo foi utilizado como base o projeto de norma preparado pela comissão de estudos 18:101.01- Comissão de Estudos de Especificações de Cimentos do Comitê Brasileiro de Cimento, Concreto e Agregados (CB-18) - Projeto 10:101.01-007 de março de 1991.

A partir das análises para a caracterização tecnológica do cimento utilizado para a pesquisa, conclui-se que o mesmo atende a todos os pré-requisitos de qualidade para sua utilização. Suas características químicas e físicas estão apresentadas no anexo A.

4.1.2. Areia

Foram escolhidos três tipos de areias diferentes, sendo duas quartzosas e uma siltosa. A escolha dessas areias foi definida pelo fato de serem areias de fácil obtenção; a siltosa no interior do estado de São Paulo (ribeirão Bauru) e as quartzosas na Grande São Paulo (Porto de Itapisserra – município de Jundiapéba), com o objetivo de abranger uma maior região para a utilização dos resultados da referente pesquisa.

Para a caracterização e qualificação das areias foram efetuados os ensaios de determinação da massa específica do agregado miúdo por meio do frasco de Chapman, massa

unitária de agregados em estado solto, massa unitária de agregados em estado compactado seco, determinação do inchamento da areia, determinação do teor de materiais pulverulentos, determinação de impurezas orgânicas húmicas em agregado miúdo e composição granulométrica.

TABELA 5 Características físicas da areia fina siltosa proveniente do ribeirão Bauru.

CARACTERÍSTICAS	AREIA FINA QUARTZOSA - ZONA 2
Módulo de finura - NBR 7217	1,12
Dimensão máxima (mm) - NBR 7217	0,6
Massa específica (Kg/dm ³) - NBR 9776	2,66
Massa Unitária (Kg/dm ³) - NBR 7251	1,66
Impurezas Orgânicas Húmicas -	satisfatório
Material pulverulento (%) - NBR 7219	1,2

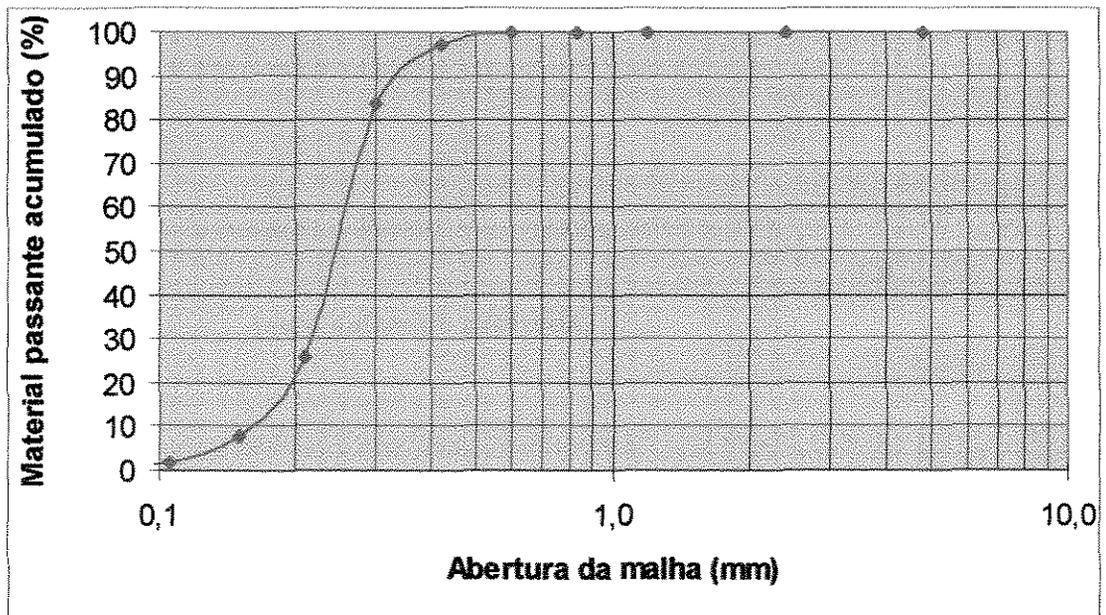


FIGURA 5 Curva granulométrica da areia siltosa proveniente do ribeirão Bauru.

TABELA 6 Características físicas da areia fina quartzosa proveniente de Jundiapéba – SP.

CARACTERÍSTICAS	AREIA FINA QUARTZOSA – ZONA 2
Módulo de finura – NBR 7217	1,33
Dimensão máxima (mm) – NBR 7217	1,20
Massa específica (Kg/dm ³) – NBR 9776	2,60
Massa Unitária (Kg/dm ³) – NBR 7251	1,31
Impurezas Orgânicas Húmicas -	satisfatório
Material pulverulento (%) – NBR 7219	2,90

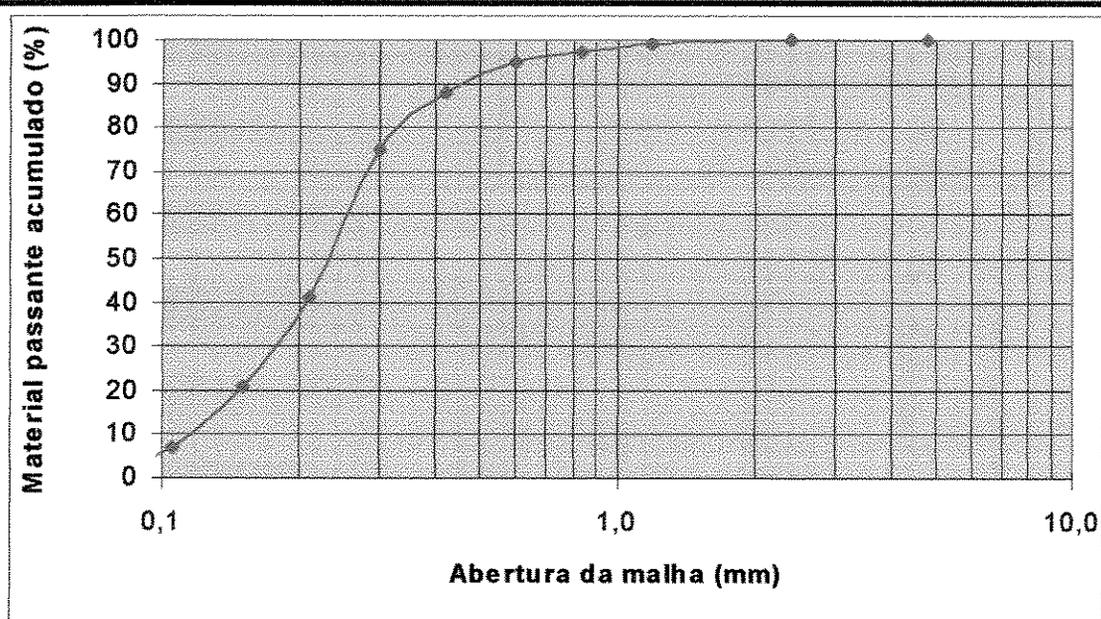


FIGURA 6 Curva granulométrica da areia fina quartzosa proveniente de Jundiapéba

TABELA 7 Características físicas da areia média quartzosa proveniente de Jundiapéba.

CARACTERÍSTICAS	AREIA MUITO FINA SILTOSA – ZONA 1
Módulo de finura – NBR 7217	2,20
Dimensão máxima (mm) – NBR 7217	2,40
Massa específica (Kg/dm ³) – NBR 9776	2,56
Massa Unitária (Kg/dm ³) – NBR 7251	1,41
Impurezas Orgânicas Húmicas -	satisfatório
Material pulverulento (%) – NBR 7219	2,9

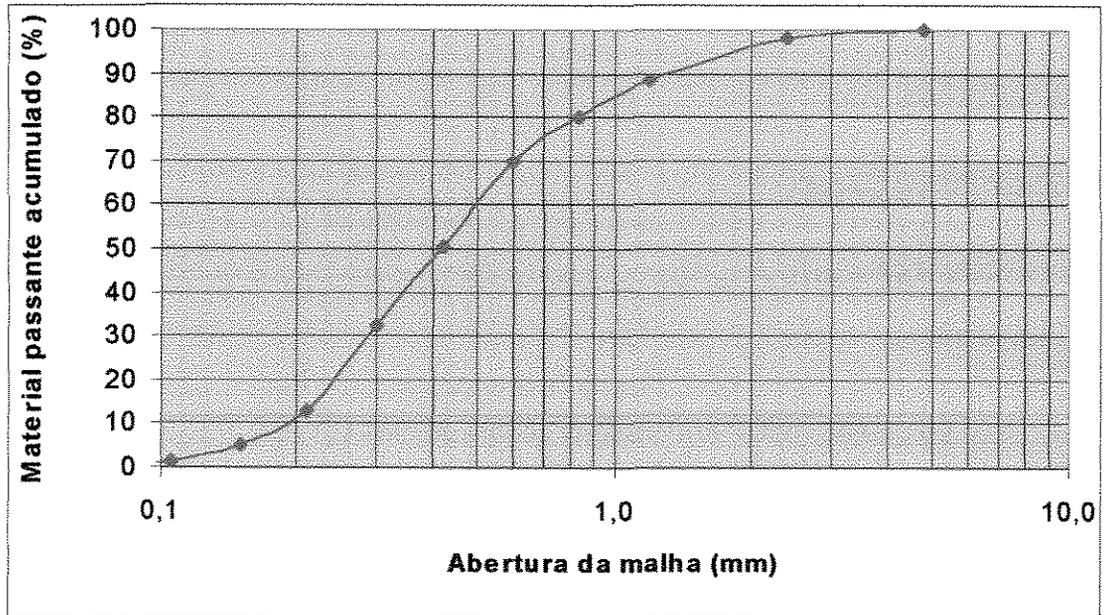


FIGURA 7 Curva granulométrica da areia fina quartzosa proveniente de Jundiapéba

4.1.3. Blocos de Concreto

Os blocos utilizados para a referente pesquisa possuem dimensões de 14 x 19 x 39 cm.

Foram ensaiados 4 (quatro) blocos estruturais obtendo-se os seguintes resultados:.

TABELA 8 Propriedades dos blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural, segundo NBR 6136 (1994).

CARACTERÍSTICAS	VALOR MÉDIO	DESVIO MÉDIO (%)
Resistência à compressão (MPa)	4,50	3,0
Absorção de água (%)	10	1,5

4.1.4. Aditivo

4.1.4.1. Descrição

VINIL VEOVA (acetato de vinila + vinil éster do ácido neodecanóico), na forma de pó redispersável em água

Acetato de vinila - monômero de acetato de vinila (PVAc).

Veova 10:

Nome formal da substância: vinil éster do ácido neodecanoico.

Família química: derivado do ácido de Koch.

Nome comum: éster vinílico de uma mistura de ácidos trialquilacéticos.

Sinônimos: éster vinílico de ácidos carboxílicos terciários C10 saturados.

Número CAS : 51000-52-3.

Formula molecular (teórica): $C_{12}H_{22}O_2$.

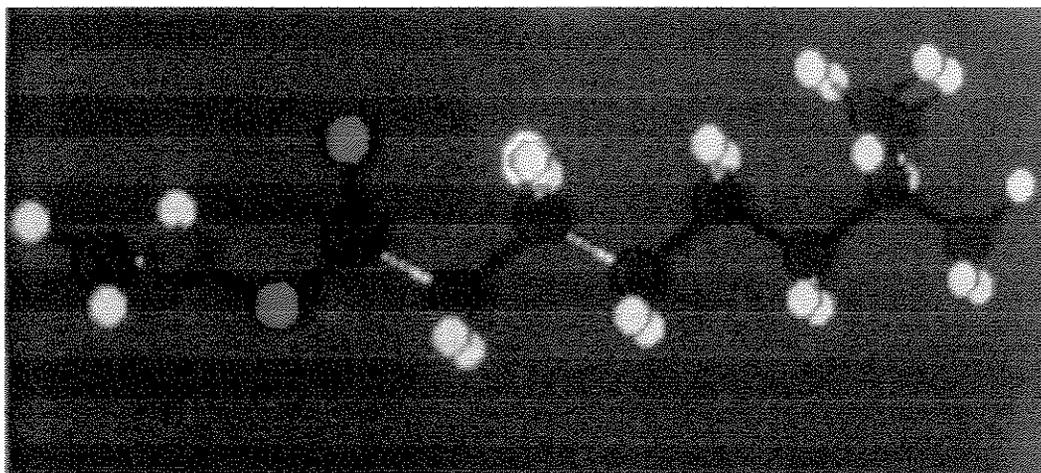


FIGURA 8 Representação espacial da fórmula molecular (teórica): $C_{12}H_{22}O_2$, do Vinil Veova.

Possui características de resistência a alcalinidade devido a um plastificante interno (versatato). Quanto maior o seu teor mais flexível será o polímero.

O termo plastificação interna significa que ocorre uma reação química de união dos dois monômeros (ARAÚJO, 1998).

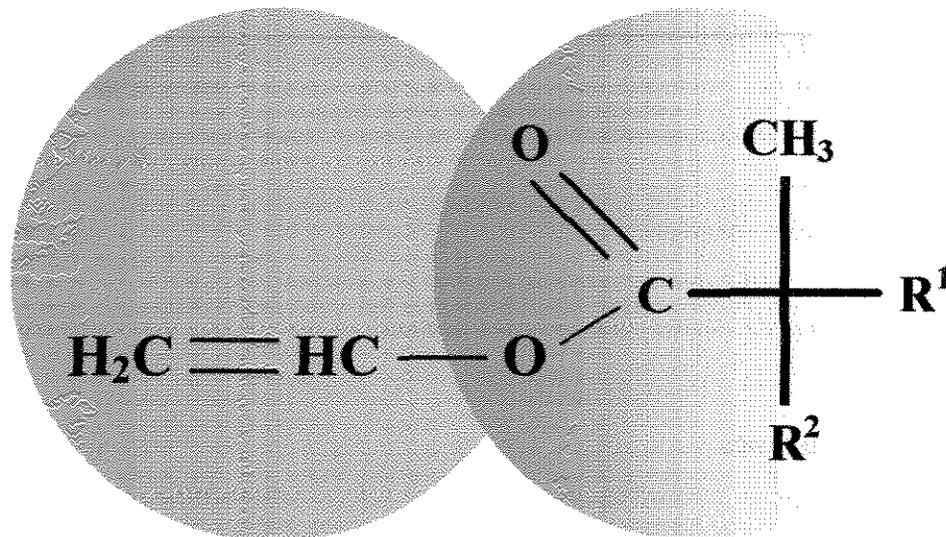


FIGURA 9 Representação da fórmula estrutural do copolímero acetato de vinila + veova 10, respectivamente. Onde R¹ e R² são grupos alkyl, SHELL CHEMICALS (1999).

4.1.4.2. Características do pó*

Cor	branco.
Teor de sólidos (%)	99 ± 1.
Teor de agente anti-blocante (%)	12 ± 2.
Densidade (g/cm ³)	0,45 - 0,60.
Tamanho da partícula do grão (µm)	90 ± 10.

4.1.4.3. Características do pó redispersado em água*

Contendo 50% de sólidos :

<i>Brookfield</i> R.V.T. viscosidade (mPa.s)	200 - 400
pH	5 - 6
Tg (°C)	4 - 5

OBS: (uma elevação do pH até um valor de 12 ou 13 não afeta em nada a dispersão. O polímero permanece totalmente insaponificável sem o comportamento de função carboxílica, podendo suportar elevações bastante fortes de pH sem o menor problema).

Diâmetro da partícula (m) 1 a 5.

Temperatura mínima para formação de filme (°C) em torno de 5.

4.1.4.4. Segurança*

O produto químico não mostra perigo específico nas condições normais de uso.

* As informações aqui contidas foram obtidas em literaturas sobre o produto, doado pela Rhodia Brasil Ltda., sob o nome fantasia de Rhoximat PAV 22 e tendo como base o copolímero Acetato-versatato (acetato de vinila + vinil versatato – sendo este segundo o Veova 10).

4.2. Métodos de Ensaios

Foram acrescentados gradativamente ao traço, percentuais de aditivo em função da massa de cimento.

Foi utilizado o traço 1:3 de argamassa com porcentagens de copolímero de 2, 4, 6 e 8% analisando-se suas características no estado fresco através de ensaios de consistência, retenção de água, densidade de massa e teor de ar incorporado; no estado endurecido, resistência à compressão, à tração na compressão, aderência, densidade de massa aparente e absorção de água por capilaridade, imersão e percolação, em comparação a argamassa padrão sem aditivo.

O traço 1:3 em massa (aglomerante : aglomerado) foi adotado por ser considerado o traço normalmente utilizado para argamassas de revestimento e por este traço proporcionar uma maior evidência de mudanças em suas características, conforme PAULON et al. (1999).

Para compor a referente pesquisa foram adotados três tipos de areias de diferentes procedências, com o objetivo de dar a esta maior exatidão em suas possíveis conclusões e uma maior abrangência dos resultados.

Não contou-se com adição de cal em nenhum dos traços como é normalmente usado em argamassas de revestimentos. A pesquisa é direcionada a argamassas industrializadas, onde seu uso não é praticado. Ainda existe a impossibilidade de controle sobre o grau de hidratação da mesma por ser este um parâmetro imensurável e devido ao fato de não se ter um controle de temperatura e umidade relativa do ar no recinto onde seria realizado o ensaio.

Como as normas brasileiras não contemplam o preparo de argamassas pré-dosadas, estabeleceu-se inicialmente a metodologia para a produção da argamassa anidra a ser utilizada na referente pesquisa, tanto a formulação da mesma quanto o procedimento de mistura dos componentes.

Desenvolveu-se uma metodologia para a fabricação de uma possível argamassa industrializada contendo cimento, areia e aditivo (copolímero Vinil Veova); este por apresentar-se no estado de utilização na forma de pó facilitou a mistura, sendo assim possível a obtenção de uma argamassa anidra com excelente homogeneização dos materiais constituintes.

Adotou-se a mistura dos materiais secos para depois ser acrescentada água, obtendo-se assim uma maior homogeneização da mistura. A homogeneização da argamassa foi realizada através de um argamassadeira com capacidade de vinte litros por um período de dois minutos, tempo este estimado como suficiente para uma total dispersão dos componentes devido a velocidade do equipamento usado e a quantidade produzida.

Todos os ensaios foram realizados em laboratório com temperatura controlada em 25°C e umidade relativa do ar 75%. Os ensaios utilizando painéis de bloco de concreto foram executados através de guias para se manter uma espessura controlada utilizando sempre o mesmo executor.

4.3. Ensaios Realizados

4.3.1. Estado Fresco

Foram avaliadas as mudanças das características das argamassas no estado fresco através dos ensaios abaixo discriminados.

4.3.1.1. Ensaio de determinação do teor de água para obtenção do índice de consistência-padrão

A execução do ensaio foi realizada de acordo com a referida norma - NBR-13276/95. Vale salientar a necessidade de se usar materiais e equipamentos totalmente limpos para o ensaio, não contendo nenhum substrato ou impurezas capazes de interferir nos resultados obtidos.

Foram determinadas três aferições do índice de consistência-padrão de forma a obter maior fidelidade de resultados.

Para a verificação da influência da adição do copolímero Vinil Veova sobre a manutenção da consistência das argamassas estudadas foi estabelecido o índice de consistência sugerido por norma de $255 \pm 5\text{mm}$ (NBR-13276/95), decorrente de seu baixo valor e extrema sensibilidade a pequenas variações.

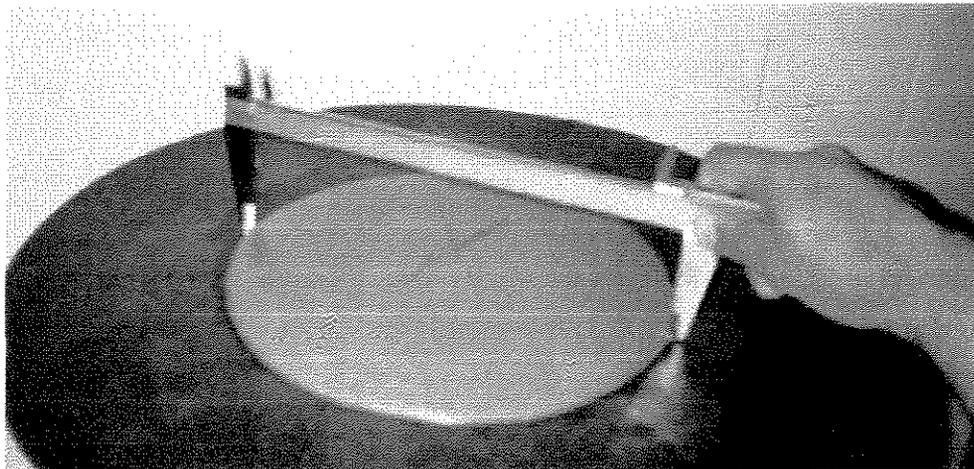


FIGURA 10 Tomada das medidas de consistência.

O teor de água (Acp) para a obtenção da argamassa com índice de consistência-padrão foi calculado pela seguinte equação:

$$\text{Acp} = (\text{Mw} / \text{M}) \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:

Acp = teor de água em porcentagem

Mw = massa total de água acrescentada à mistura em g.

M = massa de argamassa industrializada ou soma dos componentes anidros em g.

4.3.1.2. Ensaio de determinação da retenção de água

Através do dispositivo confeccionado conforme a norma vigente- NBR-13277/95, foram obtidas três leituras, das quais foi retirada uma média, obtendo-se o valor calculado da retenção de água da argamassa.

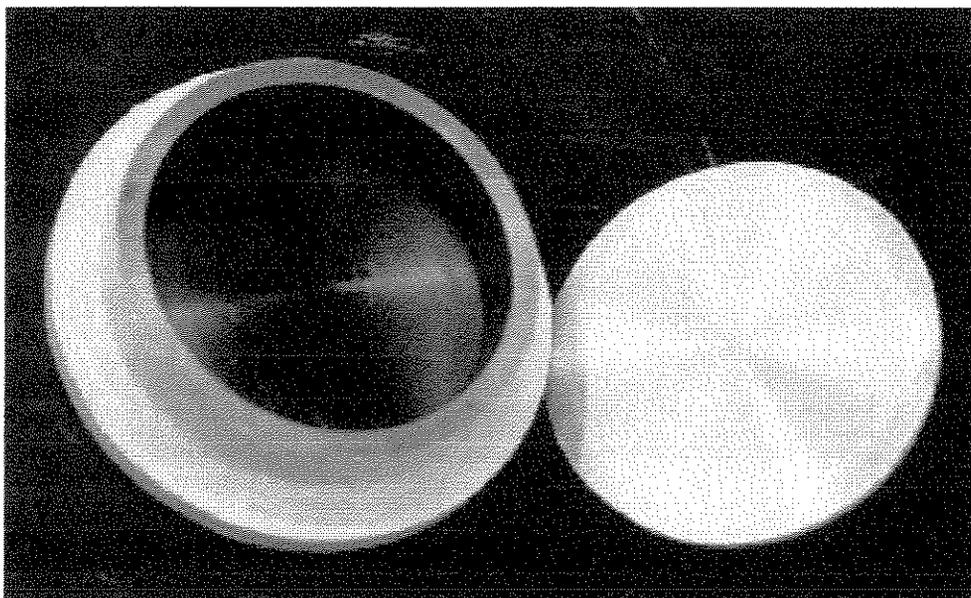


FIGURA 11 Equipamento para a determinação da retenção de água da argamassa.

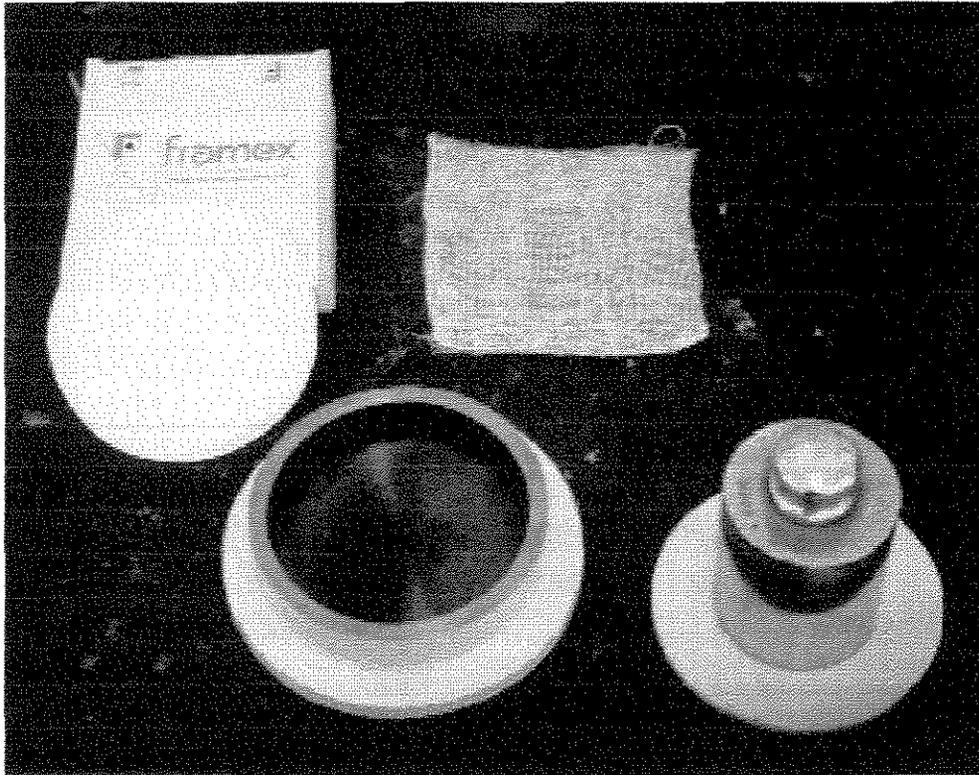


FIGURA 12 Materiais utilizados para a determinação da retenção de água da argamassa de acordo com a norma vigente NBR-13277/95.

A retenção de água (Ra) foi calculada através da seguinte equação:

$$Ra = \left[1 - \frac{(Mf - Mse)}{AF \cdot (Mma - Mm)} \right] \cdot 100 \quad (2)$$

Onde:

Ra = retenção de água em porcentagem.

AF = relação água/argamassa fresca.

$$AF = Mw/(M+Mw) \quad (3)$$

Mw = massa total de água acrescentada à mistura em g.

M = massa de argamassa industrializada em g.

Mf = massa do conjunto de discos malhados de papel-filtro em g.

Mse = massa do conjunto de discos secos em g.

Mma = massa do molde com argamassa em g.

Mm = massa do molde vazio em g.

O rasamento foi adotado na metodologia para a execução do ensaio a partir do meio do molde, devido ao fato de ter sido notado que, ao se rasar o molde a partir de uma extremidade, a espátula empurra a argamassa na direção em que está sendo passada, como pode ser averiguado através da FIGURA 13, provocando assim uma abertura entre a argamassa e a parede interna do molde. Este fato foi suprimido com a forma adotada e colaborou para uma melhor acomodação da argamassa.

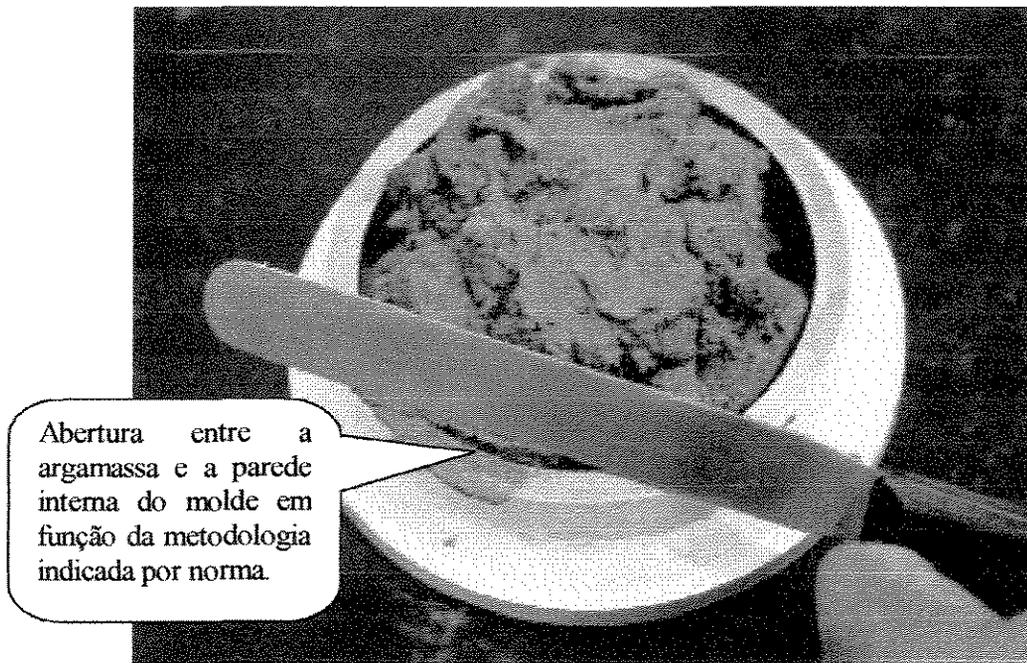


FIGURA 13 Procedimento de rasamento da argamassa dado pela Norma 13277/95.

4.3.1.3. Ensaio de determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado

Através do dispositivo confeccionado conforme a norma vigente- NBR-13278/95, foram obtidas três leituras das quais obteve-se uma média e, através deste valor foi calculada a densidade de massa e do teor de ar incorporado da argamassa.

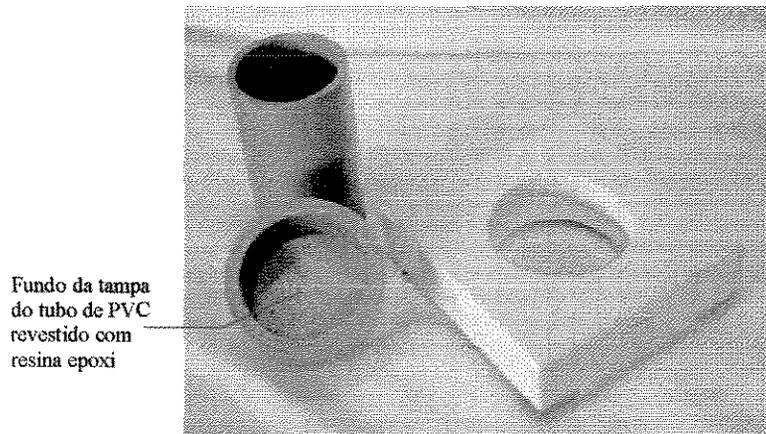


FIGURA 14 Equipamento fabricado para a realização do ensaio.

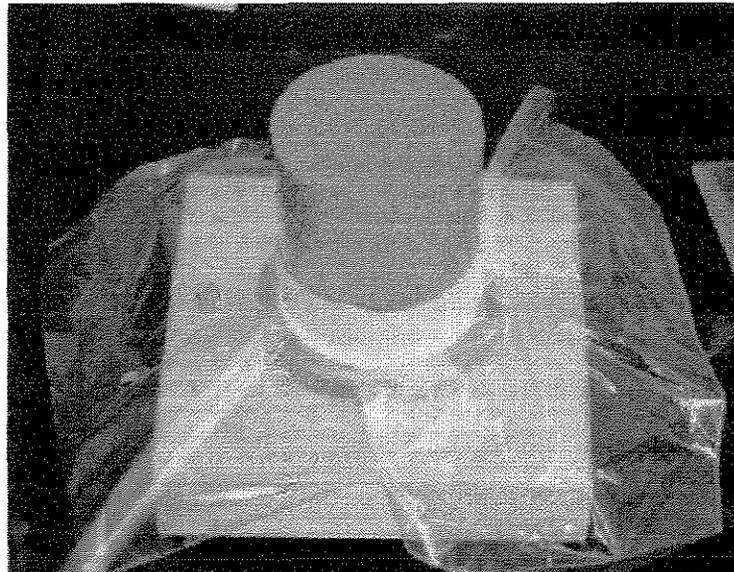


FIGURA 15 Molde protegido por capa de plástico ao ser preenchido com argamassa.

A densidade da massa (A) no estado fresco foi calculada através da seguinte equação:

$$A = \frac{Mc - Mv}{Vr} \quad (4)$$

Onde:

A = densidade da massa (A) no estado fresco em g/cm³.

Mc = massa do recipiente cilíndrico de PVC contendo a argamassa de ensaio em g.

Mv = massa do recipiente cilíndrico de PVC vazio em g.

Vr = volume do recipiente cilíndrico de PVC em cm³.

4.3.2. Estado Endurecido

Todos os corpos-de-prova foram moldados de acordo com a norma vigente NBR 13279/95, porém a desmoldagem não seguiu os padrões sugeridos pela norma devido a baixa resistência das argamassas nas primeiras 24 horas, obtendo-se como solução a padronização da desmoldagem com 48 horas.

Foram avaliadas as mudanças das características das argamassas no estado endurecido através dos seguintes ensaios executados pelo autor da referente pesquisa:

4.3.2.1. Ensaio de determinação da resistência à compressão

Foram moldados 28 corpos-de-prova cilíndricos, 4 por idade e mais 8 testemunhos com a argamassa recém-preparada. Todos os corpos-de-prova permaneceram 48 horas nos moldes, em câmara com umidade relativa do ar em torno de 100%. Passadas as 48 horas, os corpos-de-prova foram desmoldados e imersos em água até a idade de ruptura 3, 7, 28, 63 e 91 dias (FIGURA 16).

Os resultados deste ensaio estão disponíveis no Anexo B – Tabela B1

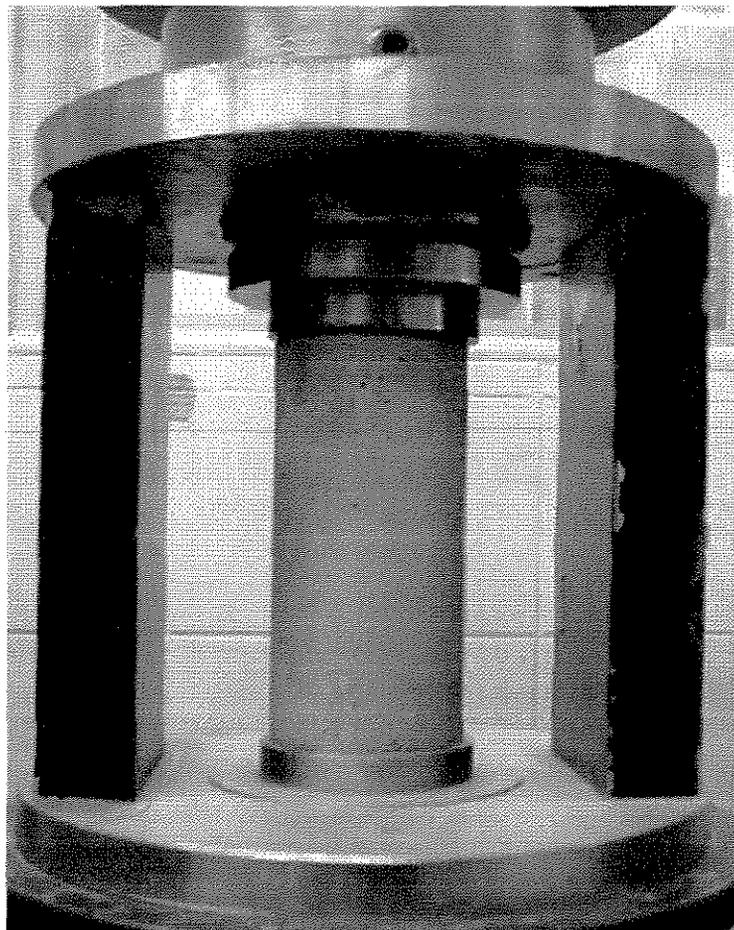


FIGURA 16 Realização do ensaio de resistência à compressão axial de corpos-de-prova 5x10cm, conforme NBR-13279/95.

Como dado comparativo foram realizados ensaios de resistência à compressão axial de corpos-de-prova de dimensões 40mm x 40mm x 70mm para cada argamassa, conforme EN 1015 – Part11, aos 28 dias de idade.

Para tanto foram utilizados quatro corpos-de-prova prismáticos oriundos do ensaio de resistência à tração na flexão, obtidos pela quebra ao meio dos corpos-de-prova de dimensões 40mm x 40mm x 160mm, conforme pode ser observado através da FIGURA 17 e da FIGURA 18:

Os resultados deste ensaio estão disponíveis no Anexo B– Tabela B2.

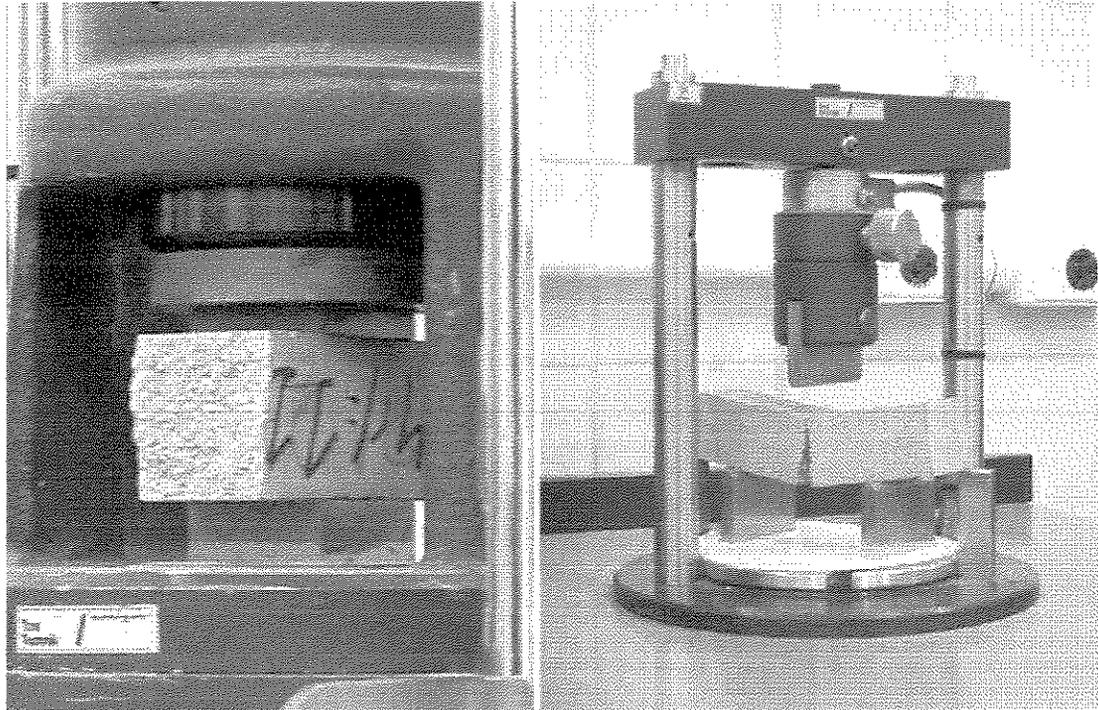


FIGURA 17 Realização do ensaio de resistência à compressão axial, conforme EN 1015 – Part11 e ensaio de resistência à tração na flexão de corpos-de-prova 40mm x 40mm x 160mm, gerando dois corpos-de-prova de 40mm x 40mm x ≈70mm, respectivamente.

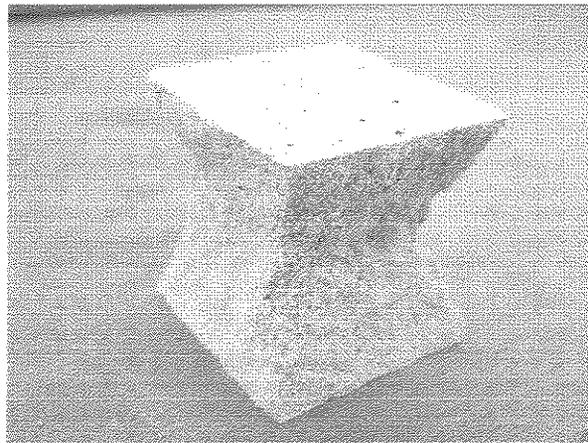


FIGURA 18 Corpo-de-prova de dimensões 40mm x 40mm x ≈40mm, após a realização do ensaio de resistência à compressão axial, conforme EN 1015 – Part11.

4.3.2.2. Ensaio de determinação da resistência à tração na compressão

Foram moldados 24 corpos-de-prova cilíndricos, 4 por idade e mais 8 testemunhos com a argamassa recém-preparada. Todos os corpos-de-prova permaneceram 48 horas nos moldes em câmara com umidade relativa do ar de 100%. Passadas as 48 horas, os corpos-de-prova foram desmoldados e imersos em água até a idade de ruptura 7, 28, 63 e 91 dias (FIGURA 19).

Os resultados deste ensaio estão disponíveis no anexo B- Tabela B3.

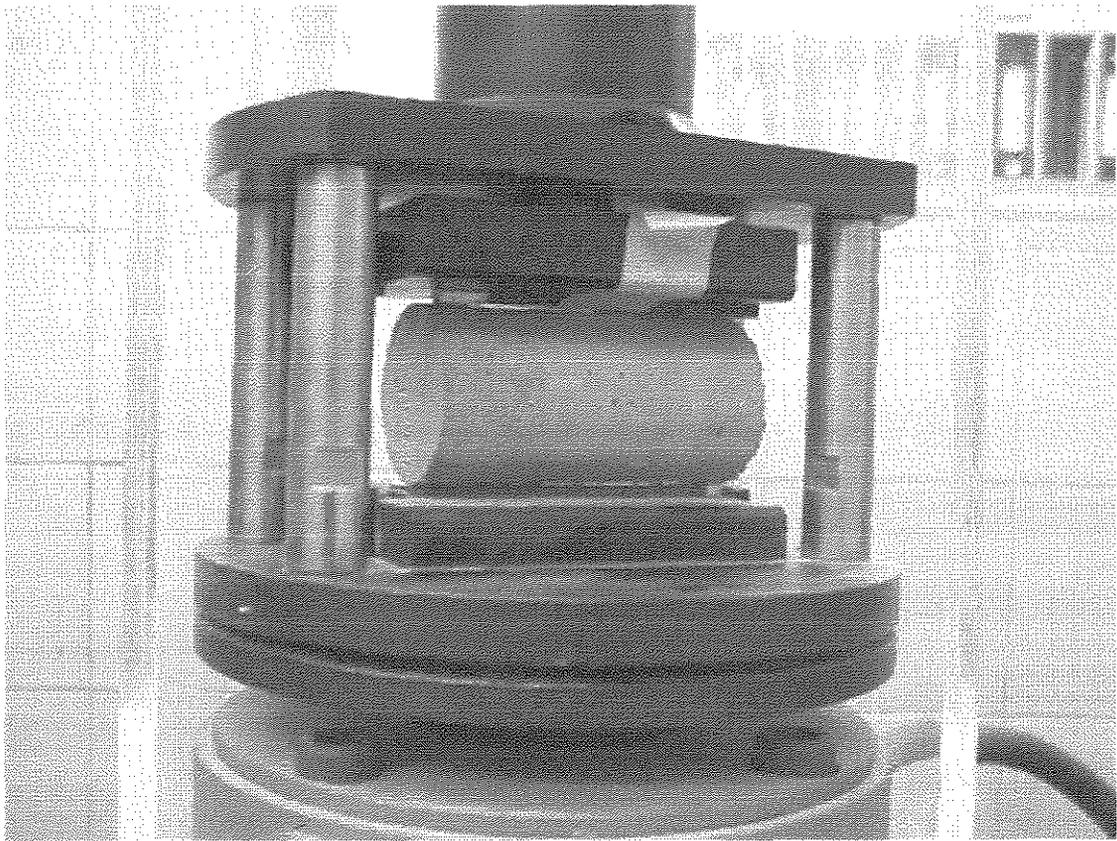


FIGURA 19 Realização do ensaio de resistência à tração na compressão de corpos-de-prova 50mm x 100mm, conforme NBR-07222/93.

4.3.2.3. Ensaio de determinação da resistência à tração na flexão

A resistência à tração foi medida com quatro corpos-de-prova de dimensões de 40mm x 40mm x 160mm para cada traço de argamassa, curados em câmara com umidade relativa do ar em torno de 100% até a idade de ruptura de 28 dias.

Foram ensaiados de acordo com a Norma EN 1015 – Part 11 com velocidade de carregamento de 13 N/s, conforme mostra a FIGURA 20 a seguir.

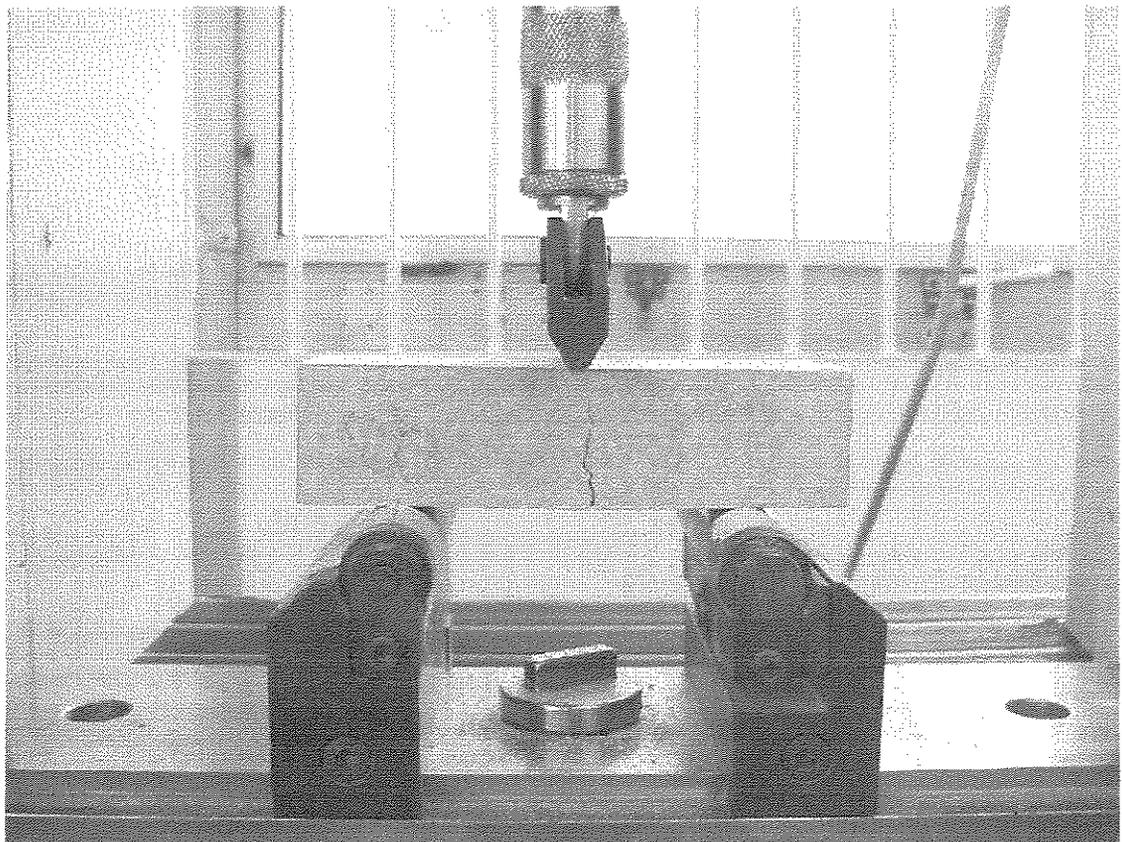


FIGURA 20 Realização do ensaio de resistência à tração na flexão de corpos-de-prova 40mm x 40mm x 160mm gerando dois corpos-de-prova de 40mm x 40mm x \approx 70mm.

Os resultados deste ensaio estão disponíveis no ANEXO B– Tabela B4.

4.3.2.4. Ensaio de determinação do módulo de deformação

Para a determinação do módulo de deformação secante à compressão das argamassas foram utilizados 4 corpos-de-prova prismáticos oriundos do ensaio de resistência à tração na flexão obtida pela quebra ao meio dos corpos-de-prova de dimensões 40mm x 40mm x 160mm que geraram assim corpos-de-prova de 40mm x 40mm x 40mm para a realização deste ensaio, conforme pode ser observado na FIGURA 21; todos ensaiados na idade de 28 dias.

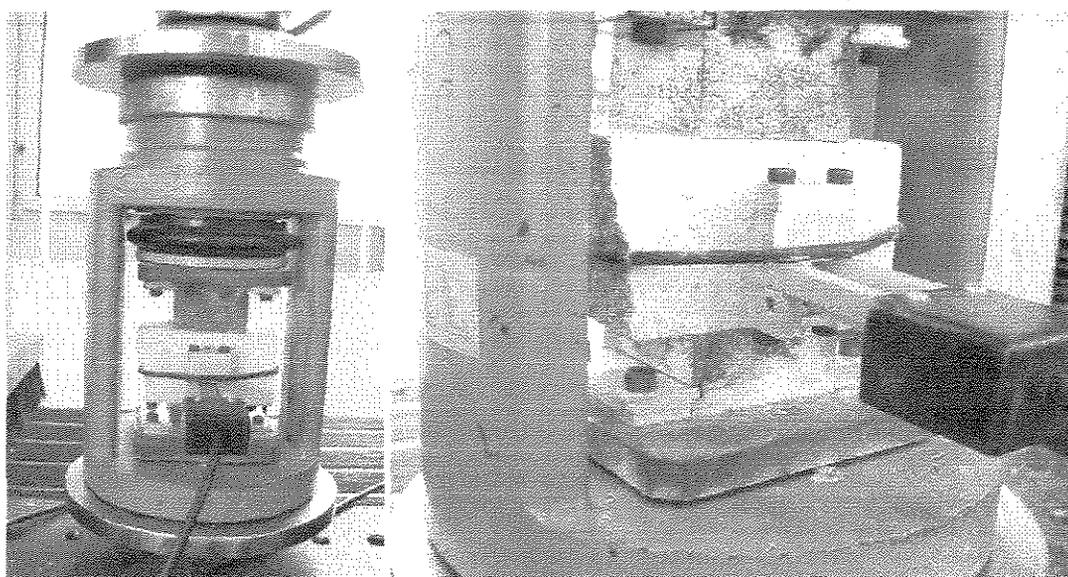


FIGURA 21 Realização do ensaio de módulo de deformação secante à compressão em corpos-de-prova 40mm x 40mm x 40mm e detalhe da disposição e fixação do extensômetro eletrônico utilizado, conforme NBR 7190/96.

De acordo com MIRANDA (2000), os resultados obtidos através da analogia a NBR 7190 (ABNT, 1996) possibilitam uma maior confiabilidade, pois apresentam um menor desvio padrão.

O ensaio foi realizado inicialmente através de dois ciclos de carregamentos, tendo estes uma variação entre 10% e 50% do limite de resistência à compressão. Limite este estimado para cada argamassa através do ensaio de resistência à compressão axial realizado com a outra metade obtida no ensaio de resistência à tração na flexão.

O módulo secante foi calculado para as deformações medidas nesses dois limites 10% e 50%, através de dois extensômetros elétricos acoplados em faces opostas do corpo-de-prova, como mostram a FIGURA 21 e a FIGURA 22.

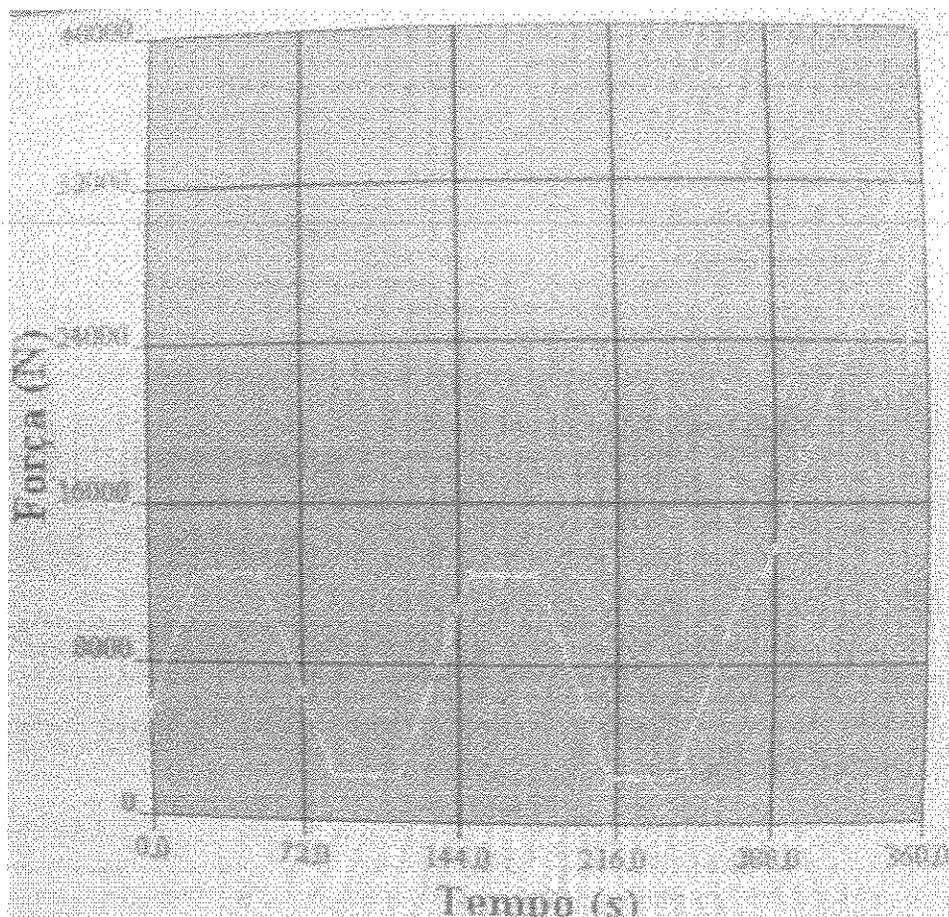


FIGURA 22 Gráfico gerado pelo programa do ensaio de módulo de deformação secante à compressão em corpos-de-prova 40mm x 40mm x 40mm, onde pode-se observar os dois ciclos de carregamento e descarregamento tendo como limites inferior 10% e superior 50% da resistência à compressão.

Conforme MIRANDA (2000), a velocidade de carga a ser adotada para a realização deste ensaio foi de 100N/s e após atingir 50% da carga de ruptura no terceiro ciclo os extensômetros devem ser retirados e o corpo-de-prova levado à ruptura.

Os resultados deste ensaio estão disponíveis no anexo B- Tabela B5.

4.3.2.5. Ensaio de determinação da resistência de aderência à tração

Para a realização deste ensaio foram confeccionadas paredes com três blocos de concreto de dimensões 14cm x 19cm x 39 cm colocados de forma a obter uma área de aplicação de argamassa de aproximadamente 2400 cm² e sobre esta área foi aplicada uma camada de 1cm de argamassa visando priorizar a avaliação da adesividade da mesma ao invés de sua resistência intrínseca à tração.

Os ensaios foram realizados e analisados de acordo com a NBR13528 (ABNT, 1995) sendo extraídos 15 resultados de resistência de aderência de cada parede (FIGURA 23 e FIGURA 24). Teve-se a precaução de não realizar os ensaios em regiões de juntas de assentamento da alvenaria, conforme recomendação de CARASEK (1999).

Os resultados deste ensaio estão disponíveis no anexo B- Tabela B6.

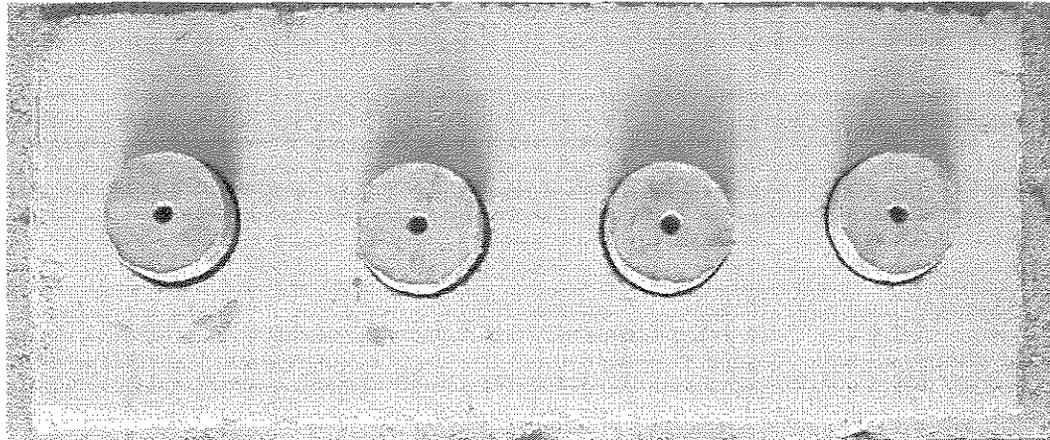


FIGURA 23 Pastilhas de alumínio coladas para o ensaio de resistência de aderência.

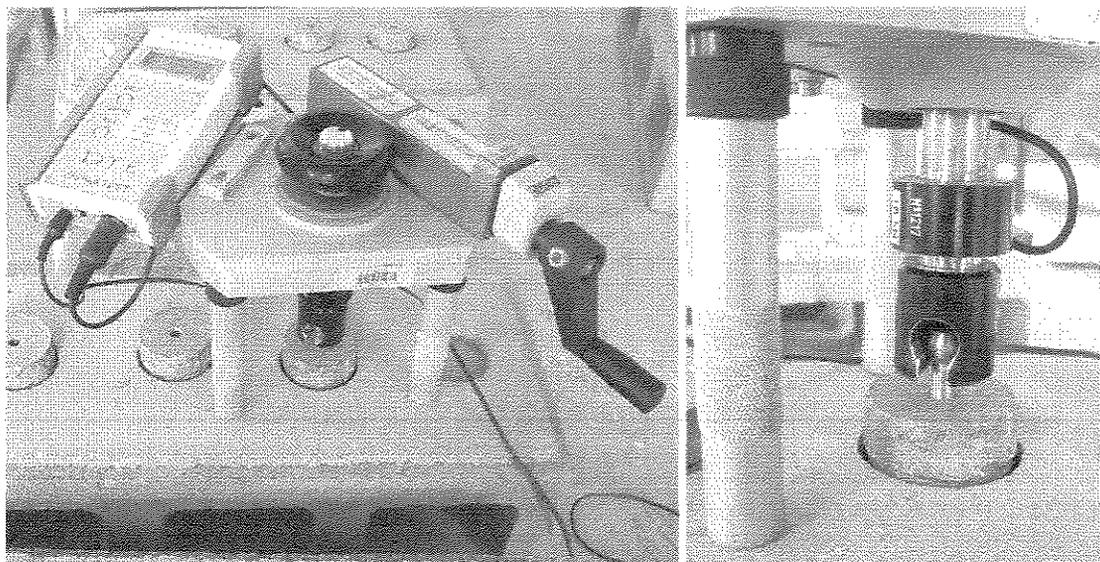


FIGURA 24 Equipamento de arrancamento utilizado para o ensaio (precisão 0,1 KN). Detalhe da pastilha colada sobre a argamassa e o equipamento acoplado.

4.3.2.6. Ensaio de determinação da absorção de água por capilaridade

O ensaio foi realizado de conforme a NBR 9779 (ABNT,1995). Os resultados estão descritos no item 5.2.6 e representam a média aritmética de seis determinações por argamassa (FIGURA 25).

Todos os corpos-de-prova a serem utilizados no ensaio receberam uma lavagem externa prévia com o auxílio de espuma e detergente com a finalidade de retirar resquícios de óleo ou outro material qualquer aderidos na moldagem.

A superfície lateral dos corpos-de-prova recebeu uma imprimação com um selante acrílico, de modo a não permitir troca de umidade com o ambiente, induzindo o fluxo de água absorvida apenas pela base e a saída de vapor d'água pelo topo do corpo-de-prova.

Os resultados deste ensaio estão disponíveis no anexo B– Tabela B7.

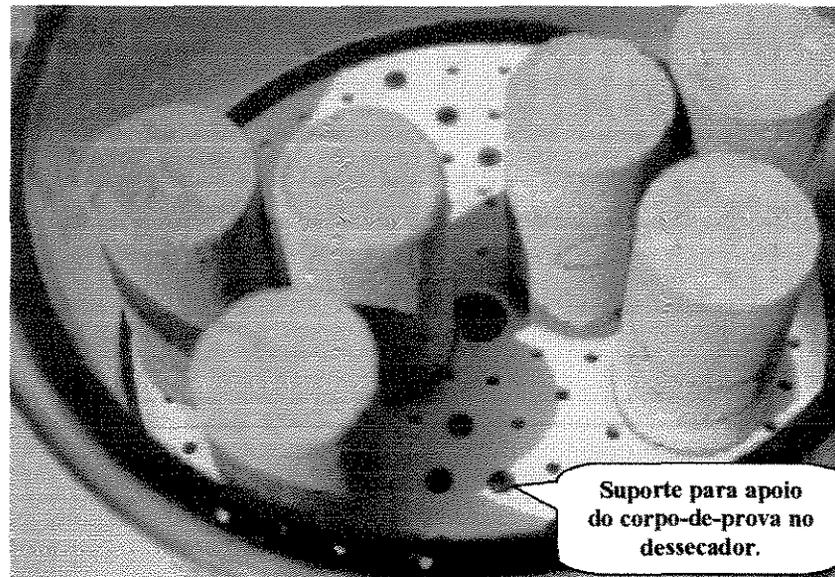


FIGURA 25 Realização do ensaio de absorção de água por capilaridade. Corpos-de-prova com suas bases imersas numa lamina d'água de 5mm de altura.

4.3.2.7. Ensaio de determinação de permeabilidade à água pelo Método do Cachimbo

O ensaio foi realizado de conforme a CSTC NIT 140/82. Foram confeccionadas paredes com três blocos de concreto (140mm x 190mm x 390mm) colocados de forma a obter uma área de aplicação de argamassa de aproximadamente 2400cm²; sobre esta foi aplicada uma camada de 20mm de argamassa visando não ter uma interferência da absorção do bloco de concreto nos resultados obtidos.

O ensaio consiste na fixação de um cachimbo de vidro graduado (FIGURA 26) através de massa de calafetar ou mastique sobre o revestimento de argamassa aplicado a uma base vertical (parede de blocos de concreto).

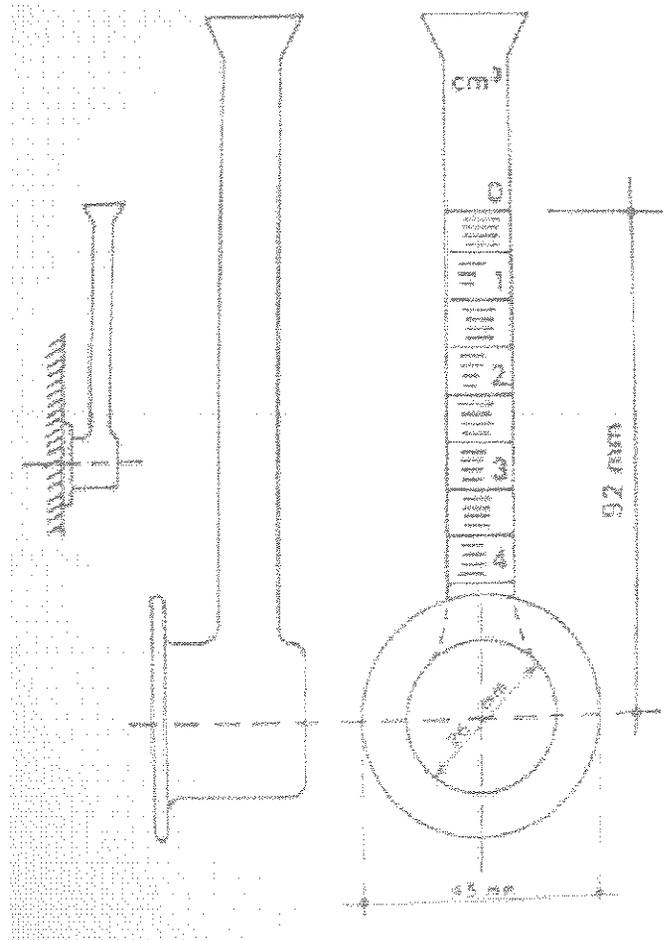


FIGURA 26 Representação do cachimbo de vidro e suas dimensões

O cachimbo é preenchido até o nível de referência com água e registra-se a cada minuto o decréscimo do nível através da leitura da graduação até completar quinze minutos, como pode ser observado na FIGURA 27.

Os resultados podem ser apresentados através de um gráfico da absorção de água versus o tempo decorrido e ensaio estão disponíveis no anexo B— Tabela B8.

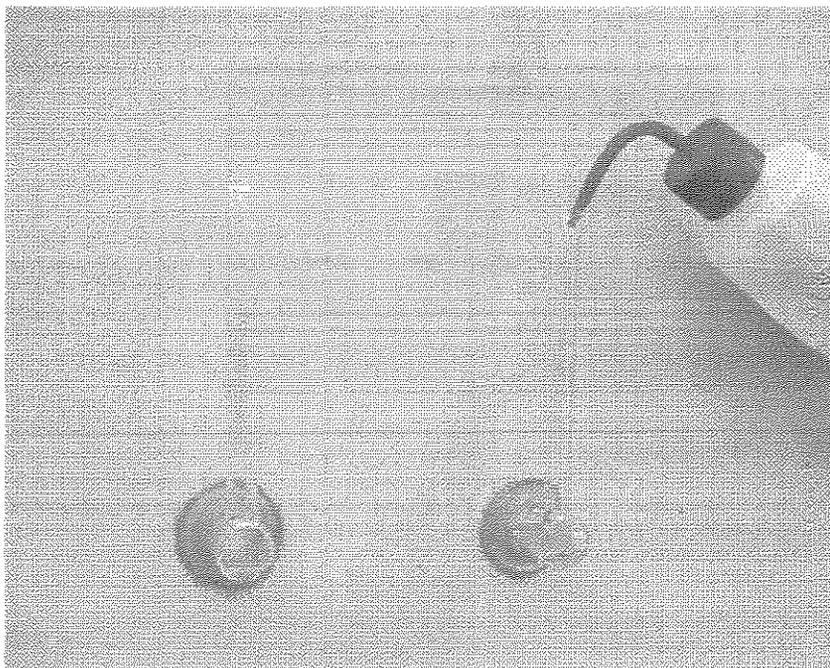


FIGURA 27 Ensaio de absorção de água pelo Método do Cachimbo

4.3.2.8. Determinação da condutividade térmica pelo Método Fluximétrico

Para a verificação da influência indireta da adição do copolímero às argamassas de revestimento quanto à capacidade de condução térmica foi escolhido o método fluximétrico, Projeto de Norma 02:135.07-005 (1998), pela sua praticidade de execução e preparação dos corpos-de-prova.

De acordo com STANCATTO (2001), utiliza-se um sistema composto por duas placas com temperaturas distintas e constantes, sendo uma placa com temperatura elevada e outra nas condições ambientes, ambas monitoradas por fluxímetros com disposição horizontal e estando o fluxo de calor vertical descendente em relação à amostra (FIGURA 28).

A FIGURA 29 apresenta o diagrama gráfico para determinação da condutividade térmica e esta calculada através do valor médio (λ -médio) dos fluxos registrados pelos transdutores superior (λ - TFC-sup) e inferior (λ - TFC-inf), de acordo com GÜTHS (1990).

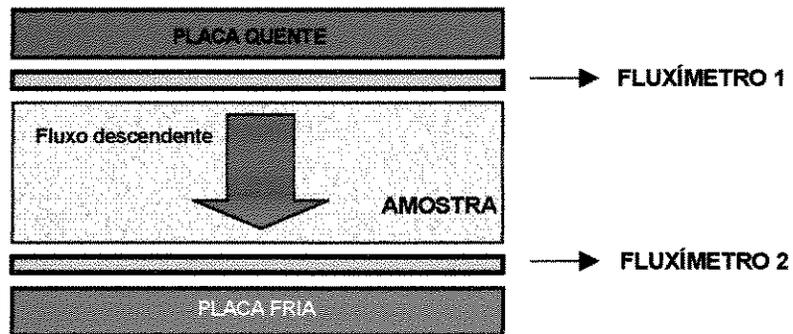


FIGURA 28 Dispositivo do método Fluximétrico (2 fluxímetros e 1 amostra)

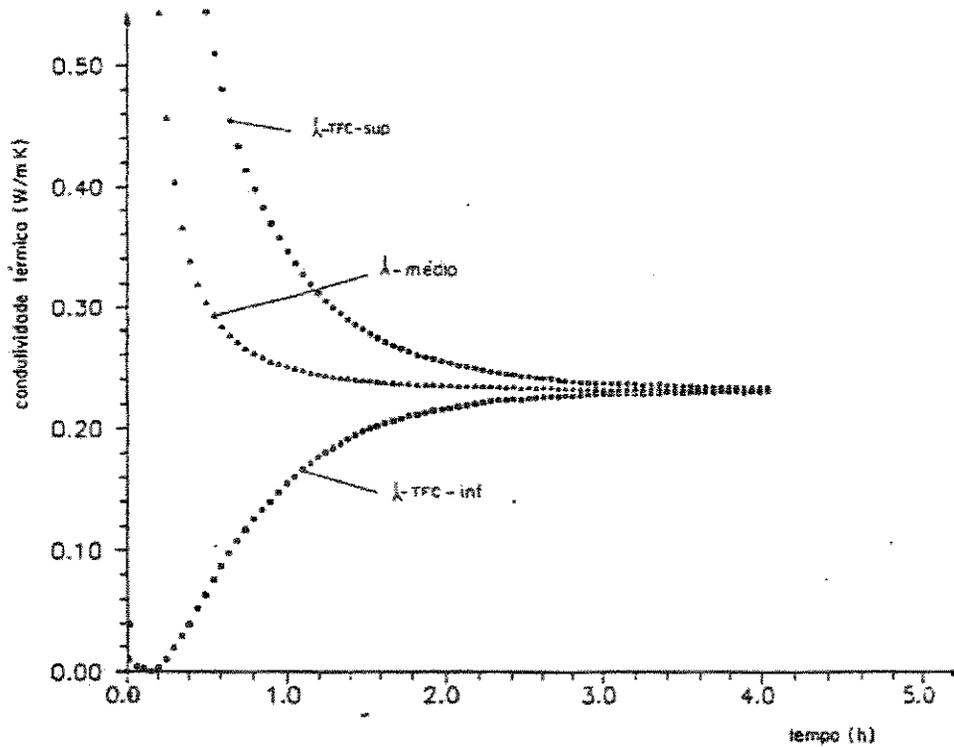


FIGURA 29 Medição da condutividade térmica ao longo do ensaio calculada pela média dos fluxos superior e inferior GÜTHS (1990).

Conforme STANCATTO (2001), ao se atingir o regime permanente fica caracterizado o comportamento assintótico da curva em ambos os fluxímetros evidenciando-se assim, o valor da condutividade térmica determinado através do cálculo pela média.

Foram realizados ensaios em três corpos-de-prova para cada traço de argamassa sendo as determinações da condutividade térmica feitas após 28 dias da moldagem dos corpos-de-prova.

As amostras permaneceram em câmara úmida (U.R. acima de 90%) até a idade de ensaio e, em seguida, em estufa a 80°C até constância de peso.

As dimensões 100mm x 100mm x 30mm foram definidas de acordo STANCATTO (2001), de modo a obter espessuras uniformes e superfícies com alta planicidade obtendo-se assim melhor leitura de contato dos fluxímetros, como pode ser observado na FIGURA 30.

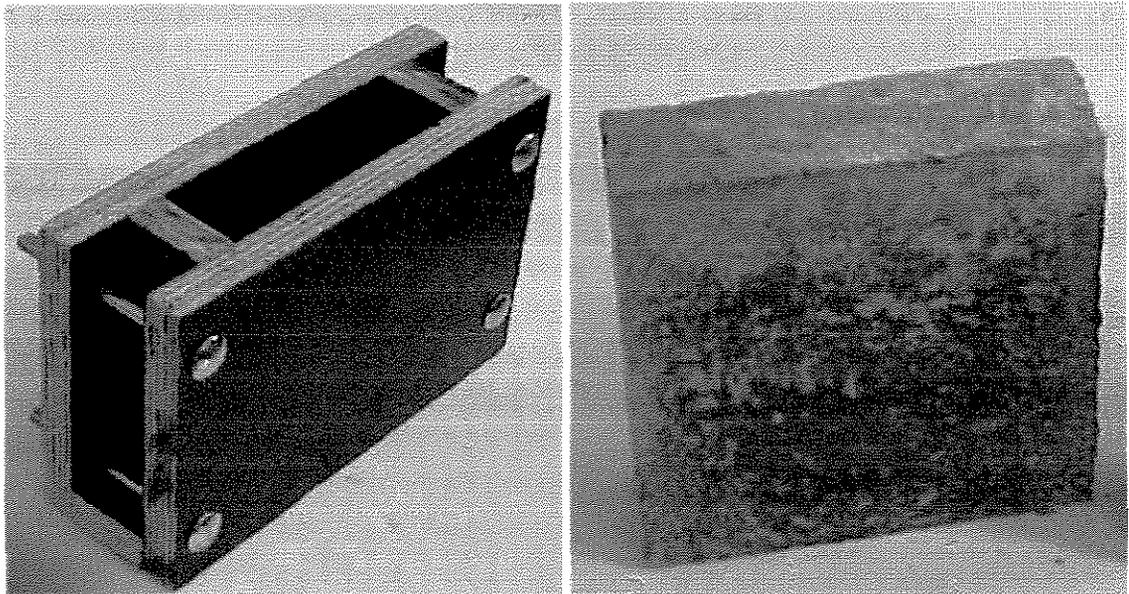


FIGURA 30 Detalhe da forma utilizada e corpo-de-prova 100mm x 100mm x 30mm utilizado para a determinação da condutividade térmica pelo Método Fluximétrico

Os resultados deste ensaio estão disponíveis no anexo B– Tabela B9.

A condutividade térmica foi calculada através fórmula:

$$R = \frac{\Delta T}{q''} \quad (5)$$

Onde:

R = Resistência térmica em m².K/W.

ΔT = Diferença de temperatura entre as faces da amostra, correspondente à curva de condutividade térmica média intermediária (FIGURA 29) em K.

q'' = Densidade de fluxo térmico em W/m².

A densidade de fluxo térmico (q'') que atravessa a amostra é determinada a partir do sinal (f.e.m) fornecido pelo fluxímetro e da constante de calibração, sendo o cálculo da resistência térmica (R) feito pelo quociente entre a diferença de temperatura entre as faces da amostra (ΔT) pela densidade de fluxo térmico.

Calcula-se a condutividade térmica através da seguinte equação:

$$\lambda = \frac{e}{R} \quad (6)$$

Onde:

λ = Condutividade térmica em W/m K.

e = Espessura da amostra ensaiada em m.

R = Resistência térmica em m².K/W.

CAPÍTULO 5 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS

A apresentação e análise dos resultados obtidos para a caracterização das argamassas e revestimentos estão descritos nos itens 5.1. e 5.2., onde serão apresentados, respectivamente, os resultados dos desempenhos tanto no estado fresco quanto no estado endurecido.

5.1. Estado Fresco

A TABELA 9 apresenta de forma resumida a média dos resultados dos ensaios realizados nas argamassas para sua caracterização no estado fresco, tendo sido os mesmos analisados nos itens 5.1.1 a 5.1.3..

TABELA 9 Resumo das características das argamassas no estado fresco e as propriedades avaliadas como descrito no item 4.3.1..

Argamassa		Propriedades – Valores Médios			
Aditivo (%)	Areia Procedência	Relação A/C	Densidade g/cm ³	Retenção de água %	Incorporação de ar %
0	Fina quartzosa	0,80	2,06	87	1,70
2	Fina quartzosa	0,78	2,03	88	3,80
4	Fina quartzosa	0,74	1,95	89	7,25
6	Fina quartzosa	0,73	1,96	90	7,10
8	Fina quartzosa	0,71	1,96	91	7,46
0	Média quartzosa	0,63	2,04	86	6,43
2	Média quartzosa	0,62	1,95	86	10,25
4	Média quartzosa	0,57	1,94	90	11,61
6	Média quartzosa	0,53	1,92	92	13,66
8	Média quartzosa	0,53	1,92	93	13,30
0	Fina Siltosa	0,62	2,12	86	3,39
2	Fina Siltosa	0,59	1,99	86	9,26
4	Fina Siltosa	0,59	1,90	89	13,05
6	Fina Siltosa	0,57	1,85	91	15,31
8	Fina Siltosa	0,54	1,82	92	17,13

5.1.1 Ensaio de Determinação do Teor de Água para Obtenção do Índice de Consistência-Padrão

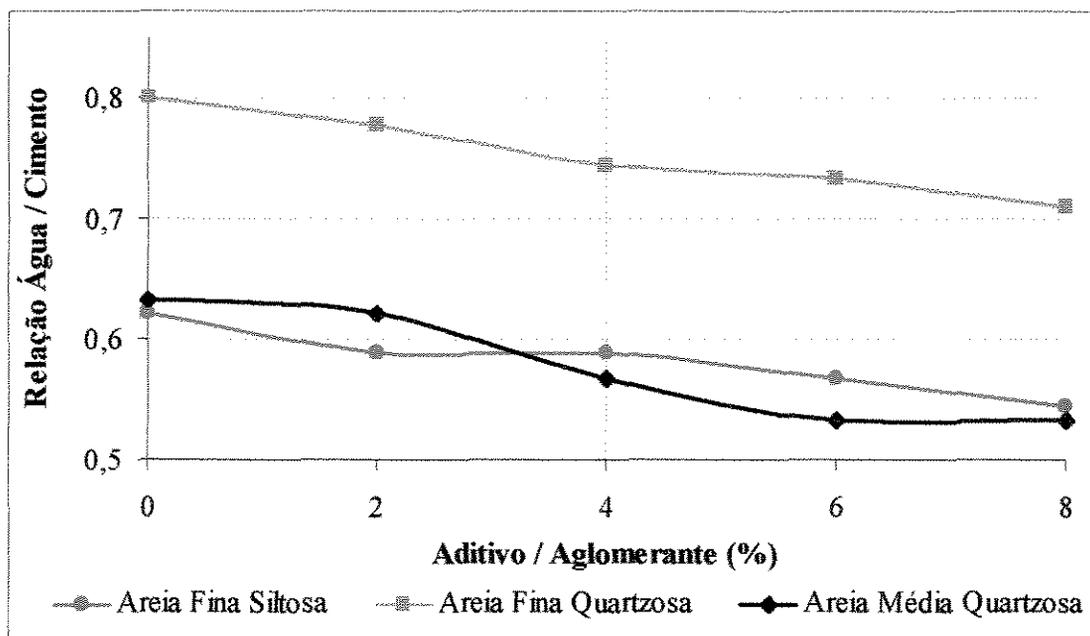


FIGURA 31 Efeito do acréscimo do copolímero Vinil Veova sobre a manutenção do índice de consistência padrão das argamassas, em função da relação a/c necessária para obtê-lo. O índice de consistência padrão é caracterizado pelo intervalo correspondido entre 255 ± 5 mm.

É verificado inicialmente que as argamassas elaboradas com areia fina quartzosa, necessitaram de um maior teor de água para a obtenção do índice de consistência estabelecido para os ensaios. Isso explica-se por consequência de um alto teor de finos e uma má distribuição granulométrica.

Apesar da areia fina siltosa possuir também um elevado teor de finos e ainda um módulo de finura menor que a areia fina quartzosa, as argamassas confeccionadas com esta areia apresentaram teores de água muito próximo aos das com areia média quartzosa. Isto ocorreu provavelmente devido ao silte existente em sua composição mineralógica, o que ocasionou uma maior plasticidade da argamassa.

Com a adição gradativa do copolímero Vinil Veova às argamassas ocorreu uma melhoria significativa na trabalhabilidade, sendo verificada em todos os traços estudados, não importando a origem ou a composição granulométrica das areias utilizadas no estudo. Tendo diminuído consideravelmente a relação *a/c* para a obtenção do mesmo índice de consistência padrão, conforme pode ser observado na FIGURA 31 e na FIGURA 32.

Para todos os traços de argamassas analisados ocorreu um aumento gradativo da plasticidade e da fluidez conforme o aumento do teor de copolímero adicionado.

Através da avaliação prática de pedreiros a argamassa ganhou trabalhabilidade e, visualmente, uma diminuição da água exsudada, porém permanecendo sempre coesa.

O aumento da fluidez e uma menor taxa de exsudação da água de amassamento para as argamassas aditivadas com o copolímero Vinil Veova ocasionou uma maior manutenção da trabalhabilidade, portanto, não exigiu freqüentes misturas para a homogeneização do material com o decorrer do tempo. Permitindo constatar que a adição do copolímero influenciará positivamente na capacidade de adesão inicial das argamassas ao serem lançadas contra um substrato aumentando a extensão da área de aderência.

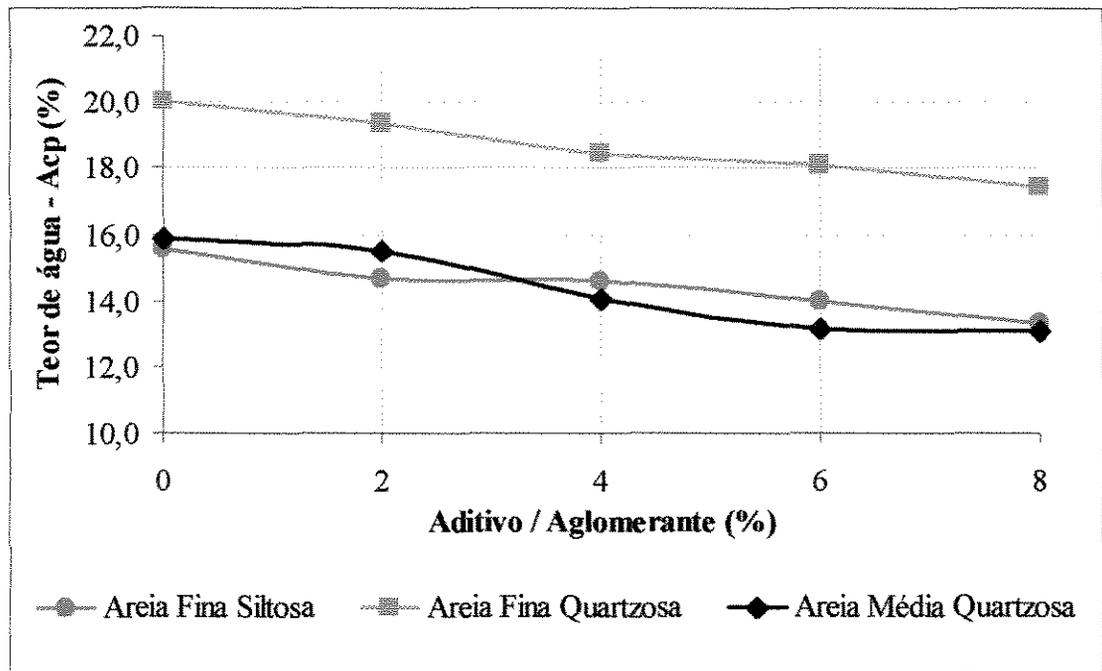


FIGURA 32 Efeito do acréscimo de aditivo no Teor de Água Acp. Os pontos na figura compreendem todos os resultados obtidos no ensaio.

Através da FIGURA 32 pode ser observado que o teor de água teve um decréscimo gradativo para a obtenção do índice de consistência estabelecido para os ensaios reduzindo assim a água livre da mistura.

O copolímero Vinil Veova ao ser adicionado as argamassas em teores acima de 4% demonstra uma redução da água de amassamento aproximadamente em 10% do volume total (não importando a composição da areia).

5.1.2 Ensaio de Determinação da Retenção de Água

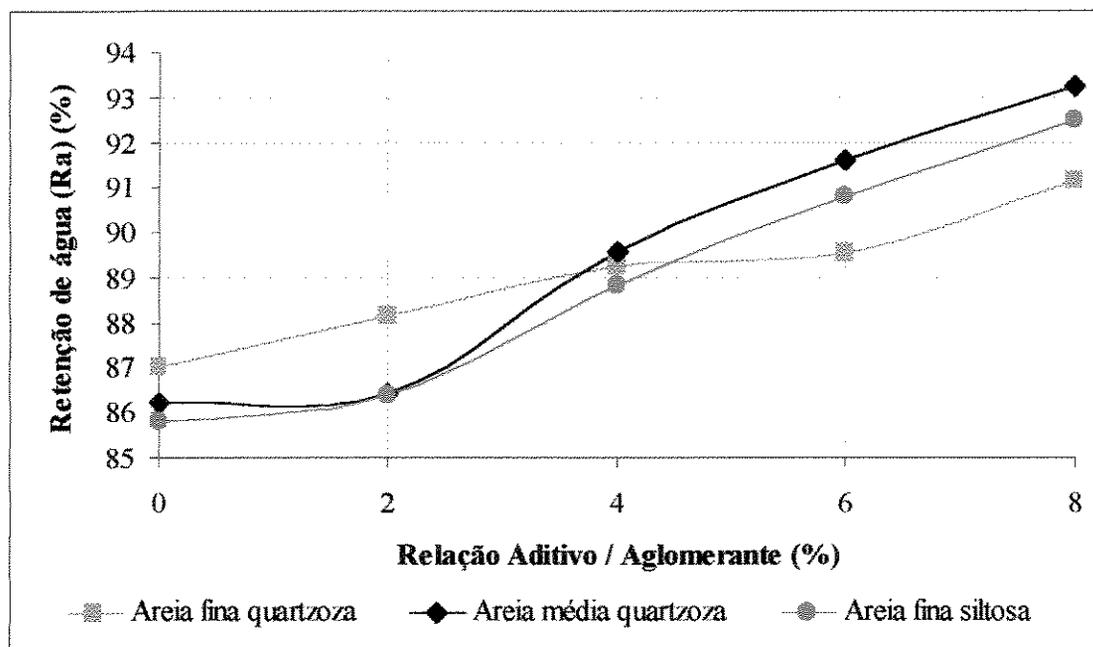


FIGURA 33 Efeito do acréscimo de aditivo na retenção de água. Os pontos na figura compreendem todos os resultados obtidos no ensaio.

Através da FIGURA 33, é possível observar o aumento progressivo da retenção de água com o acréscimo do copolímero Vinil Veova não importando a origem ou a composição granulométrica da areia utilizada.

Para as argamassas confeccionadas com areia fina quartzosa a grande quantidade de finos em sua composição granulométrica permite inicialmente uma maior retenção de água em comparação aos outros tipos de areia utilizados.

A adição do copolímero em teores abaixo de 6% não demonstra uma melhoria significativa, apenas 3% em comparação a argamassa testemunho deste traço.

Os traços com areia fina siltosa e média quartzosa demonstraram um comportamento semelhante quanto ao aumento da retenção de água advindo da adição do copolímero à composição. Notou-se um acréscimo de retenção maior para a areia fina siltosa, no teor de 2%, que provavelmente ocorre pelo fato desta possuir uma maior concentração de finos, potencializando assim os valores obtidos com a adição do copolímero.

5.1.3 Ensaio de Determinação da Densidade de Massa e do Teor de Ar Incorporado

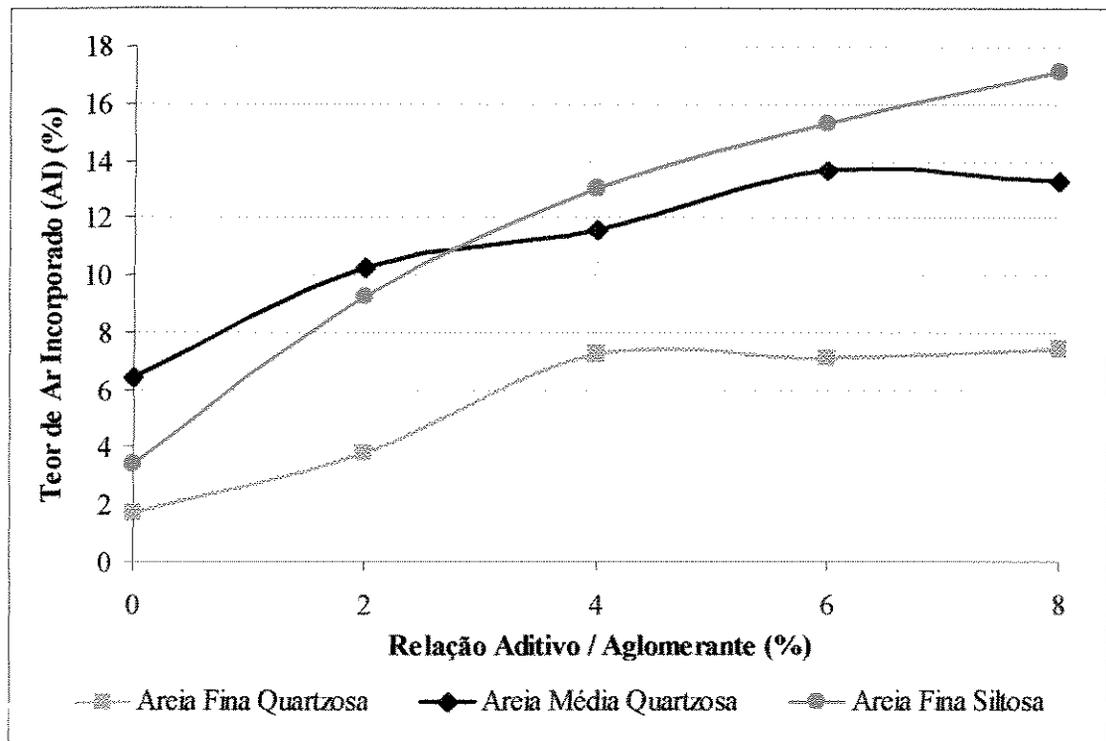


FIGURA 34 Efeito do acréscimo de aditivo no teor de ar incorporado da argamassa. Os pontos na figura compreendem todos os resultados obtidos no ensaio.

Os resultados de ar incorporado obtidos pelas argamassas testemunhos (0% de aditivo) devem ser visualizados com cautela; essas argamassas não possuem qualquer aditivo em sua

composição e, sendo assim, os valores remetem a uma quantidade de vazios oriundos de um aprisionamento de ar no instante da execução da mistura.

Notou-se uma elevação dos teores de ar incorporado decorrente do aumento da porcentagem do copolímero Vinil Veova na argamassa, não importando a origem ou a composição granulométrica da areia utilizada, conforme mostra a FIGURA 34.

Assim copolímero mostrou ser um ótimo aditivo para argamassas de revestimento para interiores, onde as isolações térmicas e acústicas são fundamentais e decorrentes dessa propriedade.

Novamente o fato da areia fina quartzosa não possuir uma granulometria mais continua, quando comparada com as outras areias utilizadas no estudo, ocasionou um menor desempenho do aditivo.

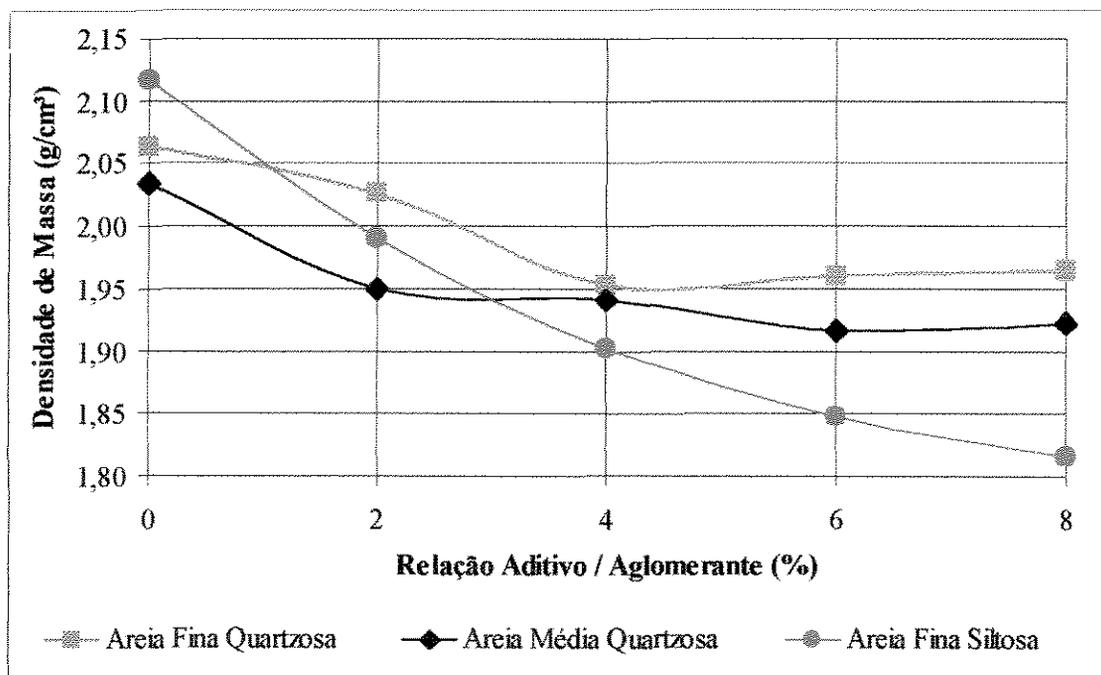


FIGURA 35 Efeito do acréscimo de aditivo na densidade de massa da argamassa. Os pontos na figura compreendem todos os resultados obtidos no ensaio

Quanto à densidade de massa notou-se que ocorreu um decréscimo gradativo e uma aproximação dos valores dos dois traços confeccionados com areia quartzosa, conforme FIGURA 35.

Como esperado, ocorreu uma diminuição elevada das densidades de massa das argamassas em decorrência da elevação do teor de ar incorporado com a adição do copolímero, sendo ainda mais potencializada pela argamassa confeccionada com areia fina siltosa.

Ocorreu uma queda da densidade de massa entre 5 a 15% em comparação com as argamassas testemunho, sendo observada uma correlação direta com a quantidade de ar incorporado, mas não de mesma grandeza.

5.2. Estado Endurecido

A TABELA 10 apresenta de forma resumida as médias dos resultados dos ensaios realizados nas argamassas para sua caracterização no estado endurecido, sendo os mesmos analisados nos itens 5.2.1. a 5.2.7..

TABELA 10 Resumo das características das argamassas no estado endurecido, sendo as propriedades avaliadas como descrito no item 4.3.2..

Argamassa		Propriedades – Valores Médios				
Aditivo (%)	Areia Procedência	Compressão Axial (MPa)	Tração na compressão diametral (MPa)	Tração na flexão (MPa)	Módulo de deformação (GPa)	Aderência à tração (MPa)
0	Fina quartzosa	19,77	2,55	4,74	19,00	1,99
2	Fina quartzosa	18,73	2,40	3,83	19,46	1,72
4	Fina quartzosa	18,55	2,40	3,65	22,49	1,72
6	Fina quartzosa	16,02	2,15	3,45	18,84	2,67
8	Fina quartzosa	15,09	2,20	3,29	15,80	3,17
0	Média quartzosa	33,49	2,60	4,40	28,27	3,45
2	Média quartzosa	26,10	2,55	4,05	28,26	3,50
4	Média quartzosa	25,98	2,60	4,22	26,08	2,62
6	Média quartzosa	23,44	2,50	4,19	24,28	2,76
8	Média quartzosa	20,33	2,40	5,22	19,45	3,91
0	Fina Siltosa	24,93	3,45	4,83	31,20	3,36
2	Fina Siltosa	19,61	3,05	4,20	34,86	2,36
4	Fina Siltosa	19,60	2,60	3,83	27,43	3,77
6	Fina Siltosa	20,61	2,45	3,30	27,33	4,35
8	Fina Siltosa	19,17	2,25	4,07	20,96	4,46

5.2.1. Ensaio de Determinação da Resistência à Compressão

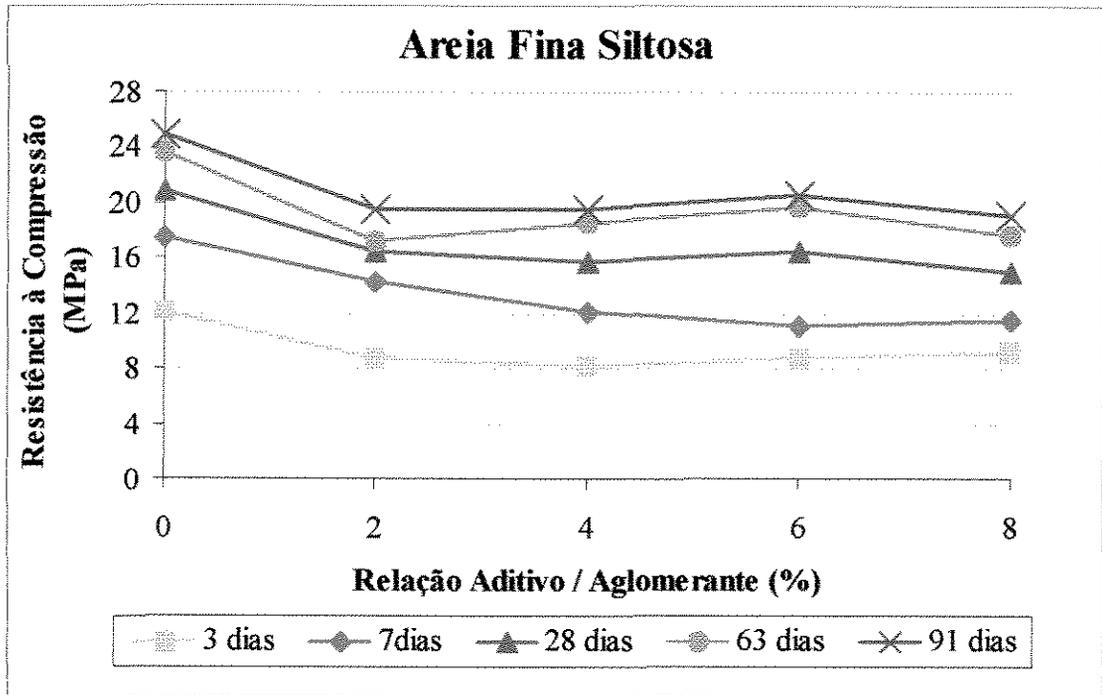


FIGURA 36 Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência à compressão axial das argamassas confeccionadas com areia fina siltosa, conforme NBR 13279/95. A figura apresenta as médias dos valores obtidos com índice de variância menor que 5%, de acordo com a NBR 7200/82.

Para todas as argamassas estudadas ocorreram diminuições nos valores da resistência à compressão axial com a adição do copolímero, conforme FIGURA 36, FIGURA 37 e FIGURA 38. (Obs.: corpos-de-prova cilíndricos 50mm x 100mm).

Notou-se também um aumento das resistências à compressão de acordo com as idades de forma uniforme, não importando o teor de copolímero adicionado.

As argamassas confeccionadas com areia média quartzosa foram as que sofreram maior queda de resistência devido ao acréscimo do Vinil Veova à sua composição. Demonstraram um

comportamento decrescente conforme o aumento do teor de copolímero adicionado. O mesmo ocorreu para as argamassas de areia fina quartzosa, porém de forma mais branda.

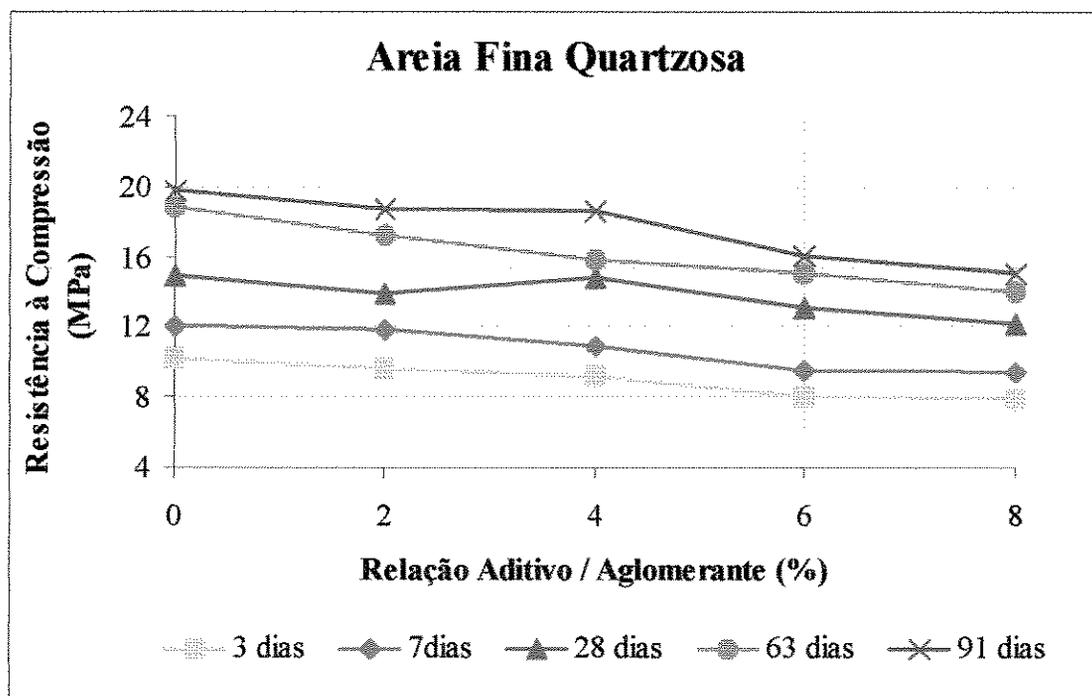


FIGURA 37 Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência à compressão axial das argamassas confeccionadas com areia fina quartzosa, conforme NBR 13279/95. A figura apresenta as médias dos valores obtidos com índice de variância menor que 5%, de acordo com a NBR 7200/82.

Para as argamassas de areia fina siltosa o acréscimo do copolímero também ocasionou uma queda da resistência à compressão. Contudo, não ocorreu um aumento da perda de resistência com a elevação da concentração de copolímero na argamassa, característica notada em todas as idades (FIGURA 36).

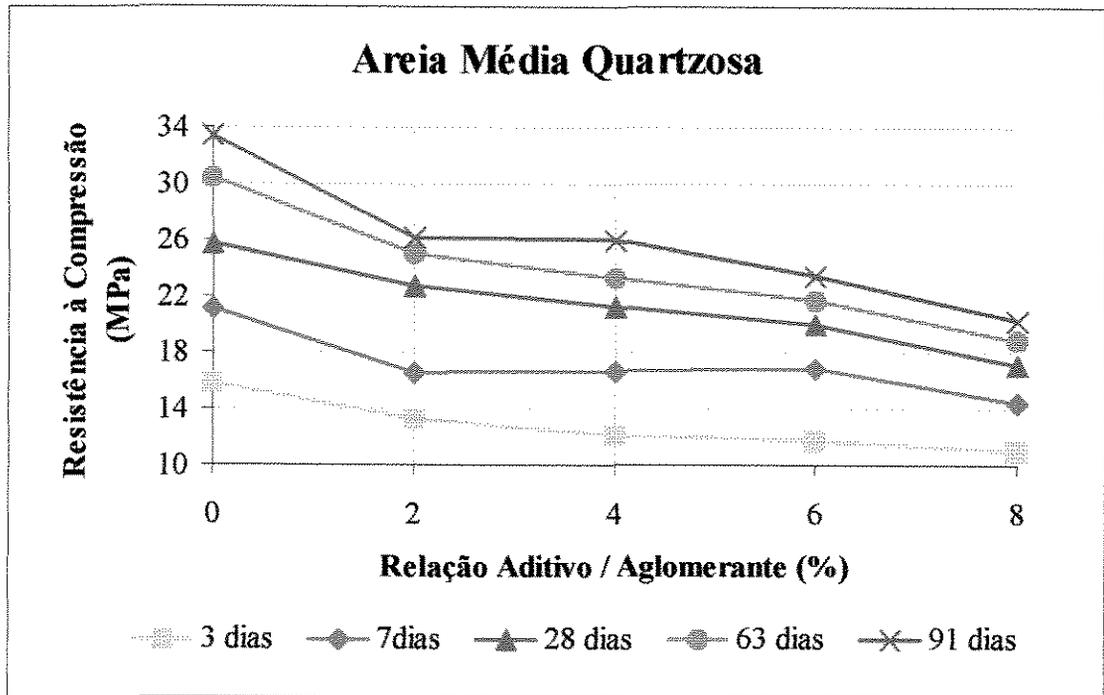


FIGURA 38 Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência à compressão axial das argamassas confeccionadas com areia média quartzosa, conforme NBR 13279/95. A figura apresenta as médias dos valores obtidos com índice de variância menor que 5%, de acordo com a NBR 7200/82.

Notou-se que para areias com módulo de finura menores a diminuição da resistência à compressão não é brusca conforme a adição de teores maiores de Vinil Veova; como também para todas as areias os resultados finais aos 28 dias são mais que satisfatórios para argamassas de revestimento.

Como era previsto, não ocorreu diminuição da resistência com o decorrer das idades; característica esta observada com relação a outros tipos de polímeros nos quais uma degradação do material polimérico minora com o tempo esta propriedade.

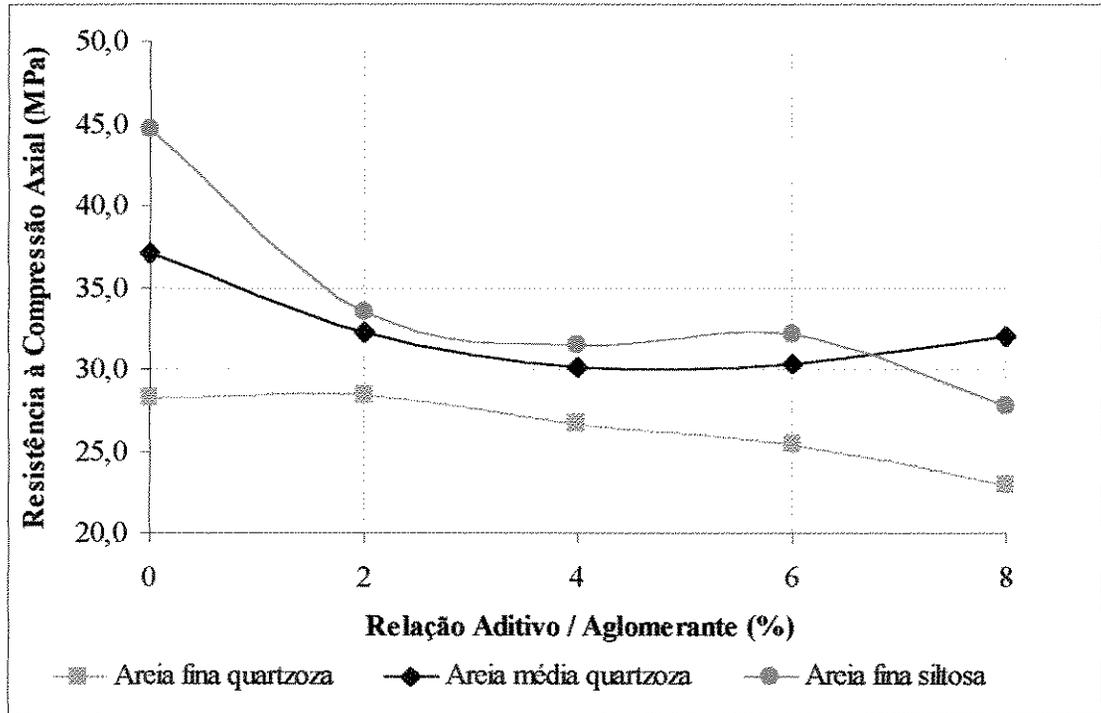


FIGURA 39 Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência à compressão axial, conforme EN 1015 – Part11. A figura apresenta as médias dos valores obtidos com índice de variância menor que 5%, de acordo com a NBR 7200/82.

Notou-se que o ensaio realizado através da EN 1015 – Part11, aos 28 dias de idade, apresentou uma menor variância de resultados quando comparado à metodologia indicada pela NBR 13279 (ABNT, 1995), FIGURA 39.

Os valores obtidos pelos corpos-de-prova prismáticos (40mm x 40mm x 40mm) foram normalmente o dobro do valor encontrado para os corpos-de-prova cilíndricos (50mm x 100mm); como a realização do ensaio é de caráter comparativo entre as dosagens de copolímero e a origem das areias utilizadas na confecção das argamassas, torna-se irrelevante esta diferença de valores.

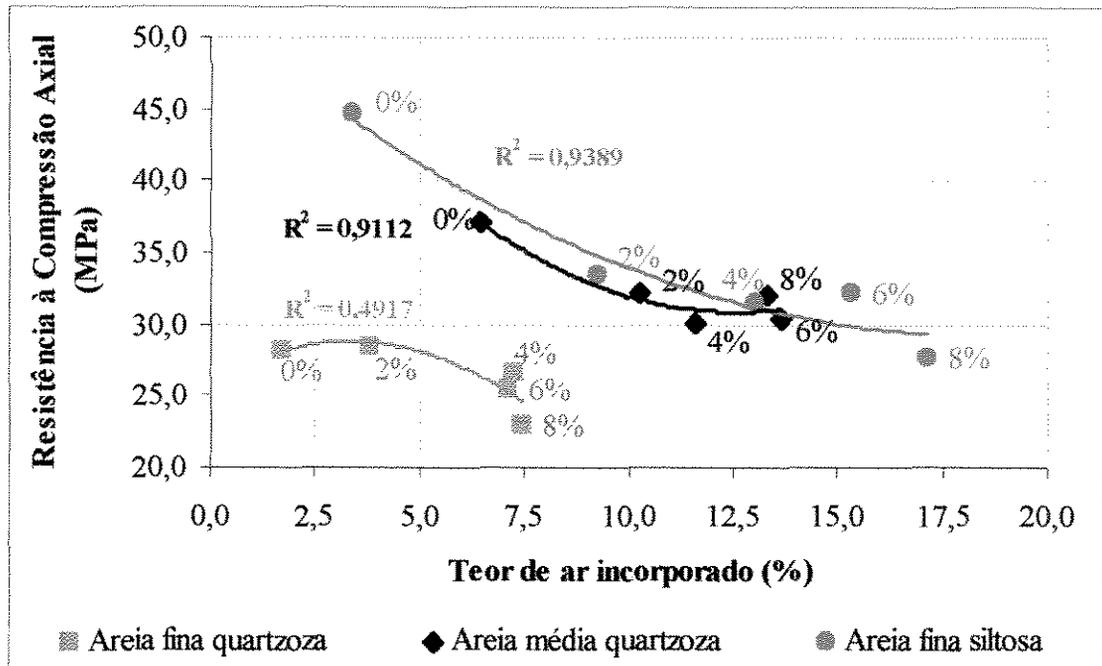


FIGURA 40 Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência à compressão axial (EN 1015 – Part11) versus teor de ar incorporado.

A diminuição da resistência à compressão devido o acréscimo de polímeros é um fato comumente observado em concretos e argamassas. A elevada incorporação de ar na argamassa advinda do incremento do copolímero Vinil Veova na mistura é fator preponderante na redução de sua resistência à compressão axial, conforme mostra a FIGURA 40. Foi observado durante os ensaios que a incorporação de ar em demasia por parte da mistura da argamassa pode ser facilmente controlada e minorada com a utilização de agentes antiespumantes.

Pode-se notar também que, quanto maior a resistência à compressão da argamassa testemunho, maior é o efeito da incorporação de ar através da adição do copolímero à argamassa, conseqüentemente maior é a queda da resistência.

A diminuição da relação a/c com o aumento do teor de polímero adicionado ao traço torna-se irrelevante quanto ao aumento ou manutenção da resistência à compressão das argamassas devido ao alto índice de ar incorporado.

5.2.2. Ensaio de Determinação da Resistência à Tração na Compressão Diametral

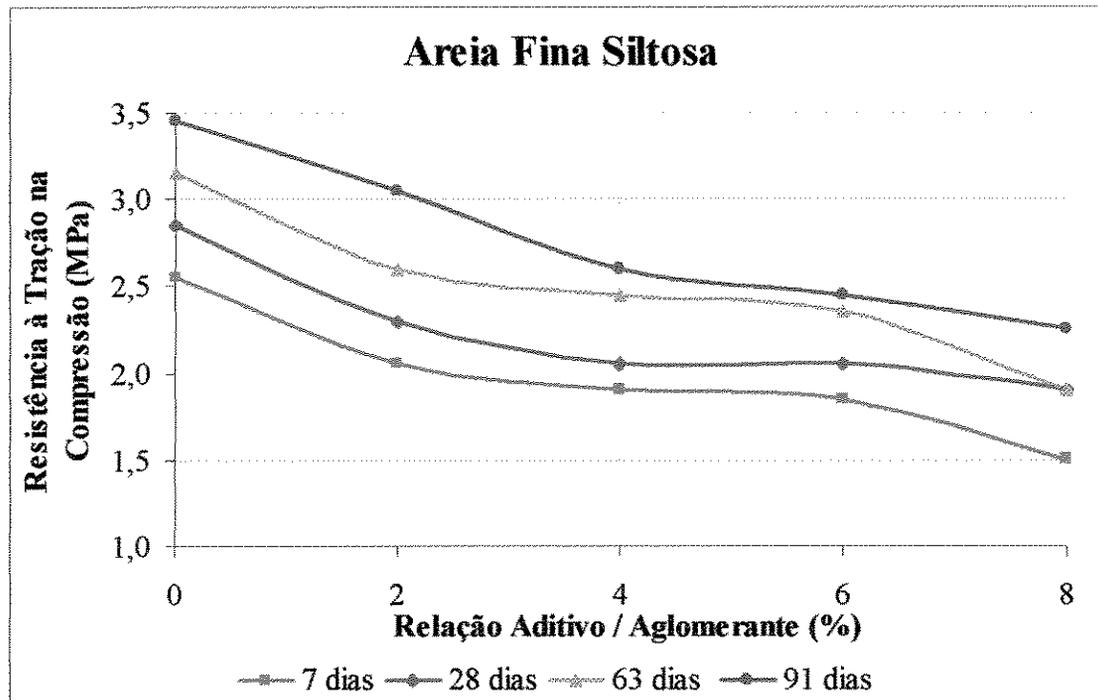


FIGURA 41 Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência à tração na compressão diametral em argamassas confeccionadas com areia fina siltosa. A figura apresenta as médias dos valores obtidos com índice de variância menor que 5%, de acordo com a NBR 7200/82.

Através da FIGURA 41, da FIGURA 42 e da FIGURA 43 é possível observar que, com o aumento da idade dos corpos-de-prova a resistência à tração na compressão diametral tende a aproximar-se estatisticamente aos resultados obtidos pelos testemunhos (0% de aditivo). O crescimento lento da resistência pode ser causado por uma diminuição da velocidade de hidratação do cimento devido à adição do copolímero Vinil Veova as argamassas.

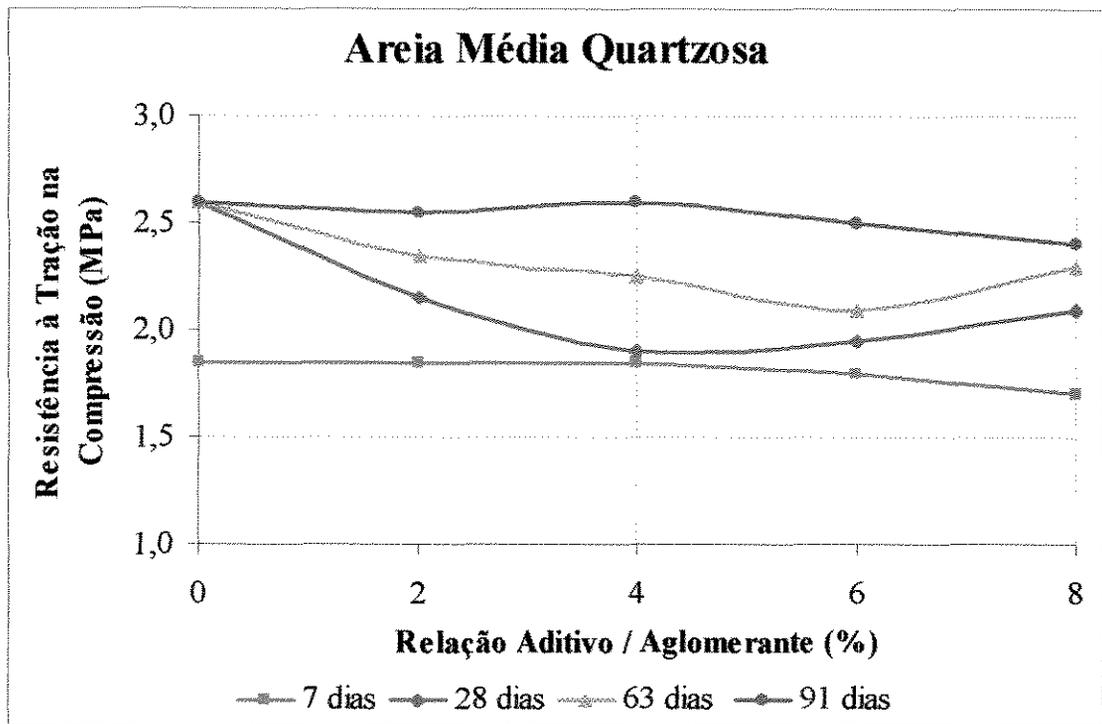


FIGURA 42 Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência à tração na compressão diametral em argamassas confeccionadas com areia média quartzosa. A figura apresenta as médias dos valores obtidos com índice de variância menor que 5%, de acordo com a NBR 7200/82.

Esperava-se que tivesse ocorrido um aumento da resistência à tração por compressão diametral, conforme tem sido obtido em estudos com outros polímeros, mas tal fato não sucedeu com o produto estudado. Com a ampliação de seu teor na mistura ocorreu uma redução nesta propriedade quando comparada com a argamassa padrão, porém para as areias quartzosas são restabelecidos valores de resistência semelhantes ao da argamassa padrão passada a idade de 91 dias.

As argamassas continuam ganhando acréscimos em sua resistência à compressão com o decorrer das idades, fato que ocorre de forma insignificante para a argamassa padrão que continua com seu valor máximo próximo ao obtido aos 28 dias.

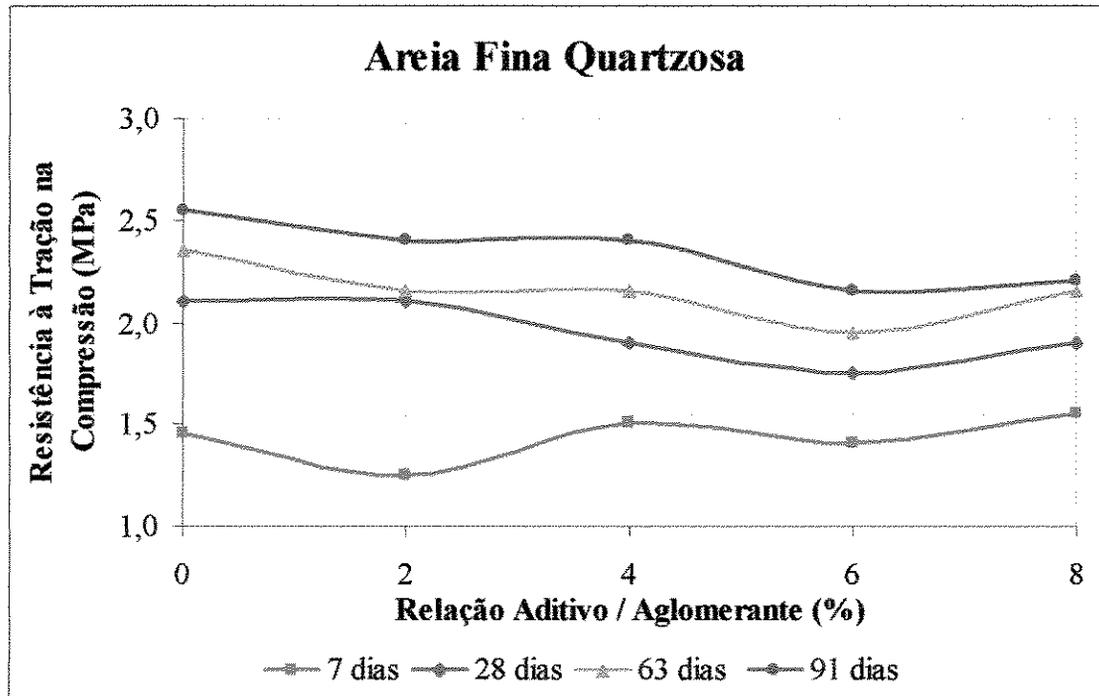


FIGURA 43 Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência à tração na compressão diametral em argamassas confeccionadas com areia fina quartzosa. A figura apresenta as médias dos valores obtidos com índice de variância menor que 5%, de acordo com a NBR 7200/82.

Notou-se também uma elevação maior da resistência à tração com a adição do teor de 4% de Vinil Veova, fato ocorrido para as argamassas confeccionadas com areia quartzosa.

A incorporação de ar causada pela adição do copolímero aos traços causou influência significativa apenas para os resultados obtidos para as argamassas confeccionadas com areia fina siltosa.

5.2.3. Ensaio de Determinação da Resistência à Tração na Flexão

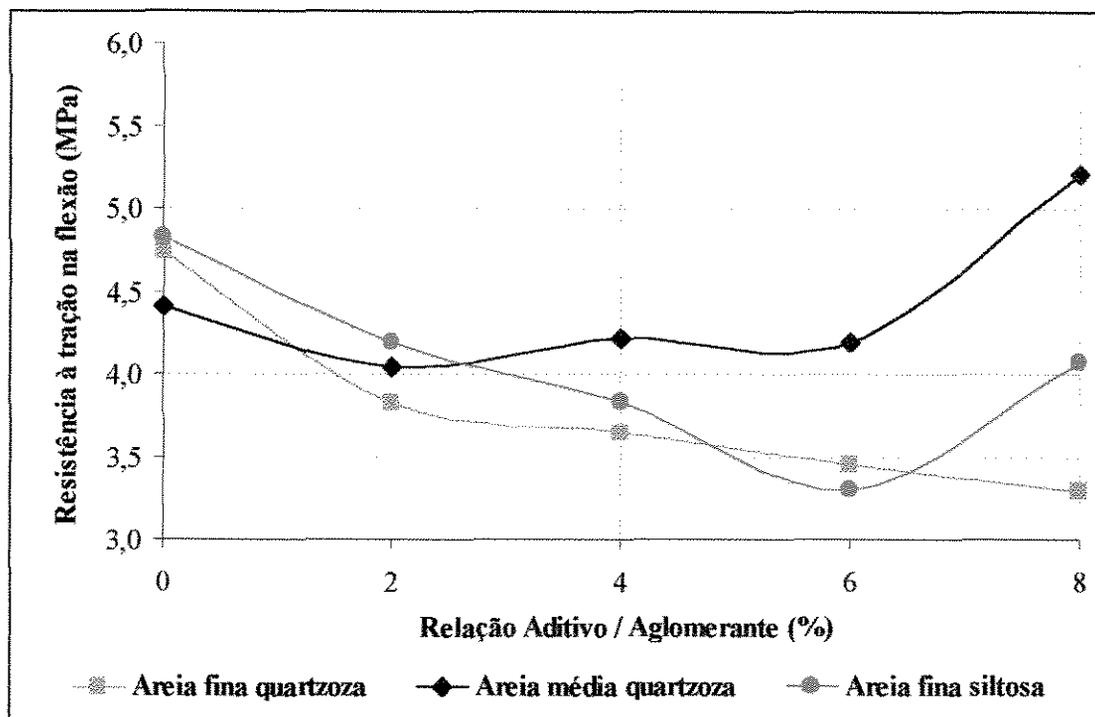


FIGURA 44 Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência à tração na flexão. A figura apresenta as médias dos valores obtidos com índice de variância menor que 5%.

Para as argamassas confeccionadas com areia fina quartzosa o acréscimo do copolímero ao compósito ocasionou a queda de sua resistência à tração na flexão. Ocorrendo inicialmente uma maior diminuição dos valores da resistência com o incremento do copolímero e em seguida uma diminuição constante com o aumento gradativo de maiores teores do mesmo.

O mesmo ocorreu para as argamassas confeccionadas com areia fina siltosa diferenciando-se no aspecto de apresentar uma elevação da resistência na adição de 8% de copolímero, como pode ser observado na FIGURA 44.

Porém, as argamassas de areia média quartzosa apresentaram pequena variação na resistência à tração na flexão com o acréscimo gradativo do copolímero Vinil Veova. Ocorreu também uma elevação da resistência com a adição de 8% de copolímero superando em 18% a obtida pela argamassa padrão desta mesma areia.

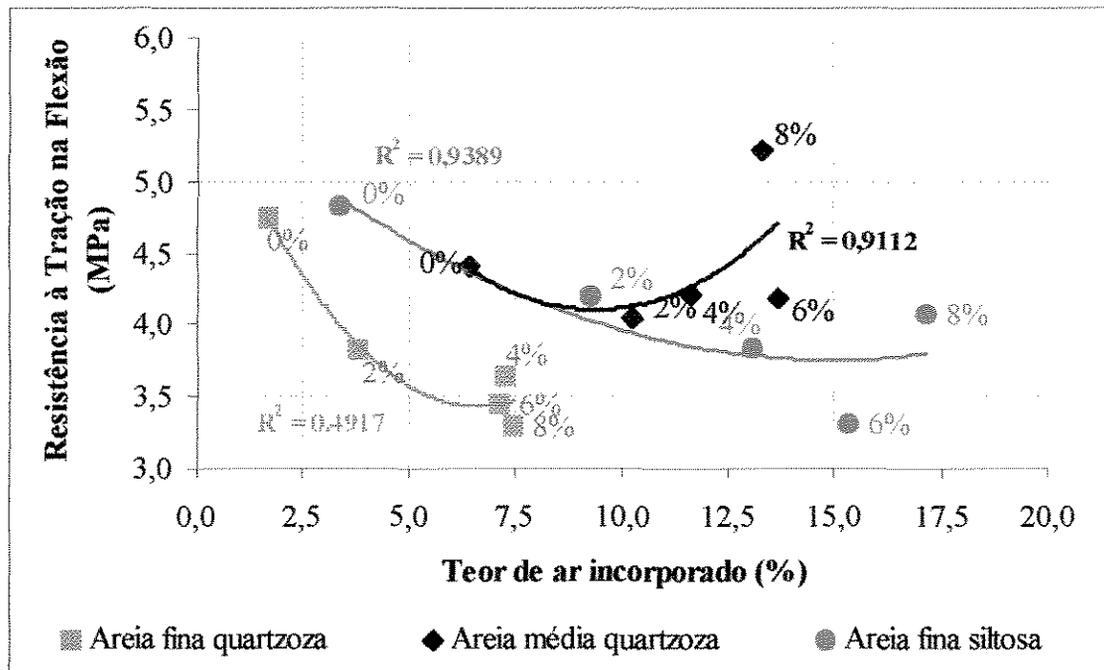


FIGURA 45 Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência à tração na flexão versus teor de ar incorporado. A figura apresenta as médias dos valores obtidos com índice de variância menor que 5%.

Pode-se notar através da FIGURA 45 a influência direta sobre a resistência à tração na flexão da incorporação de ar ocasionada pelo acréscimo do copolímero à argamassa.

Para as argamassas confeccionadas com areia média quartzosa ocorreu uma estabilização da redução da resistência com a adição de teores de copolímero entre 2% e 6%, porém notou-se um aumento da mesma com o teor de 8%, ainda que este apresentasse valores de ar incorporado estatisticamente parecidos com o teor 6%.

Para as areias finas, tanto quartzosa quanto siltosa, ocorreu uma queda gradativa com a elevação do teor de copolímero, porém com a diferença da areia fina quartzosa apresentar uma estabilização do teor de ar incorporado em torno de 7,5%.

5.2.4. Ensaio de Determinação do Módulo de Deformação

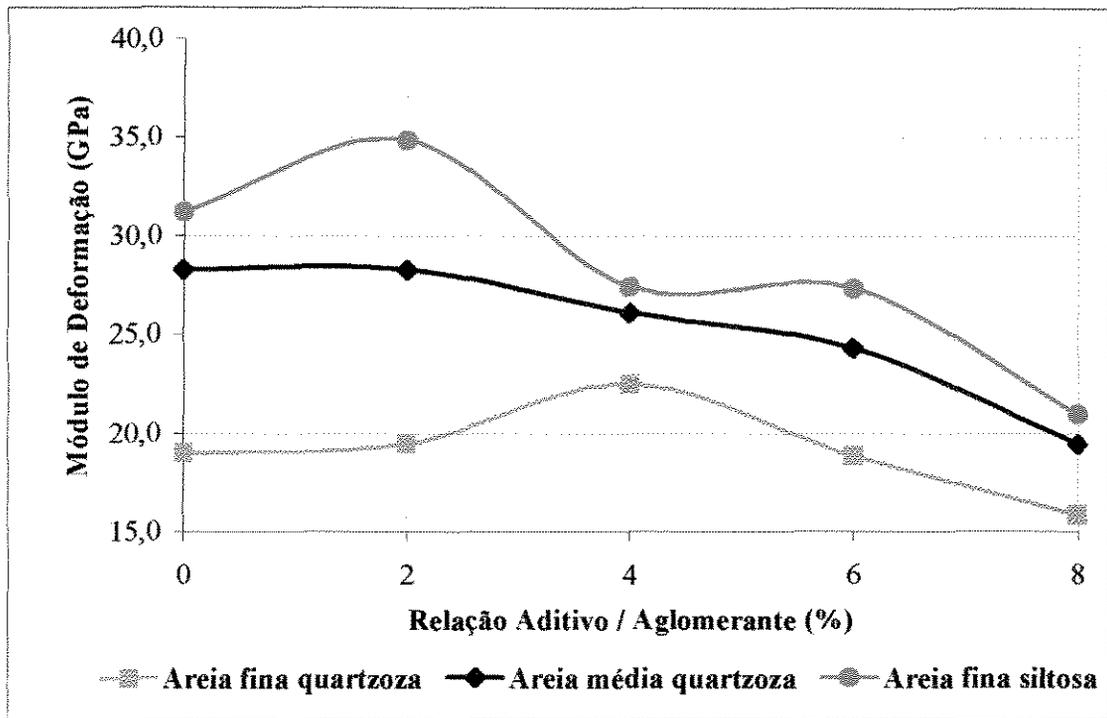


FIGURA 46 Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre o módulo de deformação. A figura apresenta as médias dos valores obtidos com índice de variância menor que 10%.

O comportamento do módulo de deformação para as argamassas padrão foi de acordo com o esperado. As argamassas confeccionadas com areia fina siltosa, por apresentarem em seu traço uma menor relação a/c e uma melhor distribuição granulométrica, apresentaram resultados de maior grandeza em comparação as argamassas confeccionadas com outras areias (FIGURA 46).

As argamassas de areia fina quartzosa apresentam menores valores desta propriedade tanto pelo fato de possuírem uma distribuição granulométrica mais uniforme e fina como também uma maior relação a/c e, conseqüentemente, maior quantidade de vazios.

Para todas as argamassas o acréscimo de 2% do copolímero não influenciou nos resultados obtidos para o módulo de deformação das argamassas estudadas.

Acima de 2%, as argamassas de areia fina siltosa e de areia média quartzosa apresentaram uma diminuição do módulo de deformação com o acréscimo do copolímero, como já estava previsto, porém de forma aleatória e inconstante. Para as argamassas confeccionadas com areia fina quartzosa a diminuição dos valores do módulo foi constante conforme o aumento dos teores de copolímero adicionados.

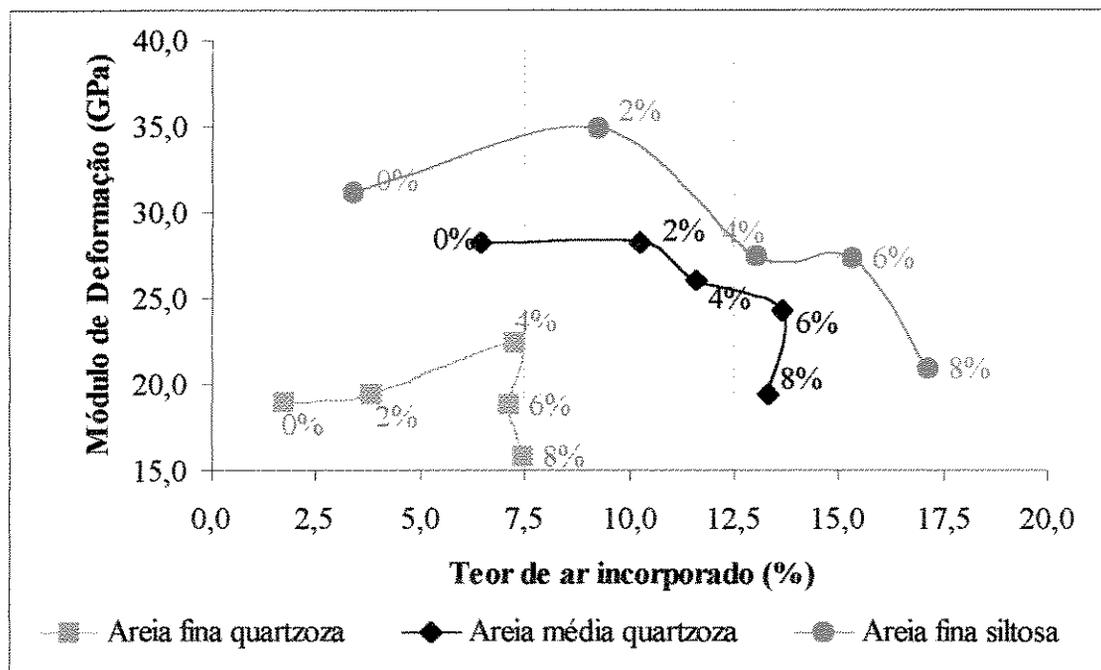


FIGURA 47 Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre o módulo de deformação versus teor de ar incorporado. A figura apresenta as médias dos valores obtidos com índice de variância menor que 5%.

Novamente notou-se uma influência direta do ar incorporado sobre as propriedades no estado endurecido das argamassas estudadas, e também dos agregados utilizados.

A influência direta do copolímero sobre a redução do módulo de deformação das argamassas foi notada apenas para teores acima de 6%, como pode ser observado através da FIGURA 47. A redução desta propriedade para teores entre 2% e 6% provavelmente ocorre devido ao alto teor de ar incorporado a argamassa, reduzindo assim sua compacidade.

Porém, para teores inferiores a 2% o polímero influencia de forma a compensar a incorporação de ar, fato observado para todas as areias empregadas no estudo.

5.2.5. Ensaio de Determinação da Resistência de Aderência à Tração

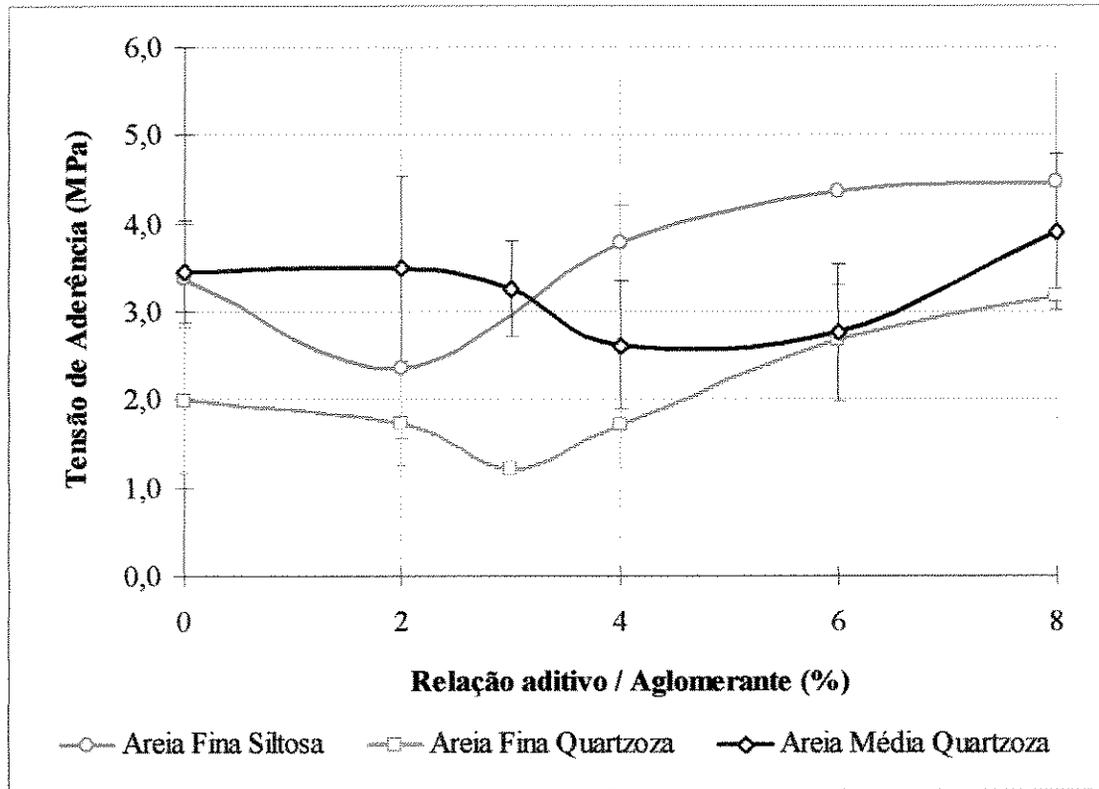


FIGURA 48 Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência de aderência das argamassas. A figura apresenta a média dos valores com seus respectivos desvios médios dos valores obtidos.

Inicialmente o reduzido acréscimo do copolímero aparentemente nada afeta a resistência de aderência das argamassas preparadas com areia quartzosa. Notou-se uma queda a partir de 2% de copolímero adicionado à argamassa provavelmente pelo fato de uma diminuição de área da superfície de contato entre a argamassa e sua base (blocos de concreto) decorrente de uma elevada incorporação de ar pela adição do mesmo.

A partir de 4% de copolímero acrescido a argamassa, notou-se um aumento do valor da resistência de aderência para todos os traços utilizados em consequência de um aumento de adesão da argamassa e em função da adição do copolímero.

Vale ressaltar que a norma brasileira NBR 13749 – “Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas” - julga necessário para argamassas de revestimento em paredes externas de camada única uma resistência mínima de 0,30 MPa, devido aos ensaios realizados com o copolímero Vinil Veova apresentarem como menor valor 1,22 MPa para a areia fina quartzosa e 2,62 MPa para a areia quartzosa média, cerca de 8 vezes mais que o limite mínimo. (FIGURA 48)

Propõem-se o aumento da resistência de aderência das argamassas decorrente da elevação da adesividade das mesmas com a adição do copolímero Vinil Veova, como também da influência positiva na capacidade de adesão inicial devido ao aumento da trabalhabilidade ocasionado pela sua adição, conforme analisado no item 4.3.1.1..

As argamassas aditivadas, ao serem lançadas contra um substrato, por apresentarem maior trabalhabilidade, obtiveram melhor desempenho quanto à aplicação e execução do revestimento aumentando assim sua extensão da área de aderência e, portanto, segundo CARASEK (1996), o aumento da resistência de aderência.

5.2.6. Ensaio de Determinação da Absorção de Água por Capilaridade

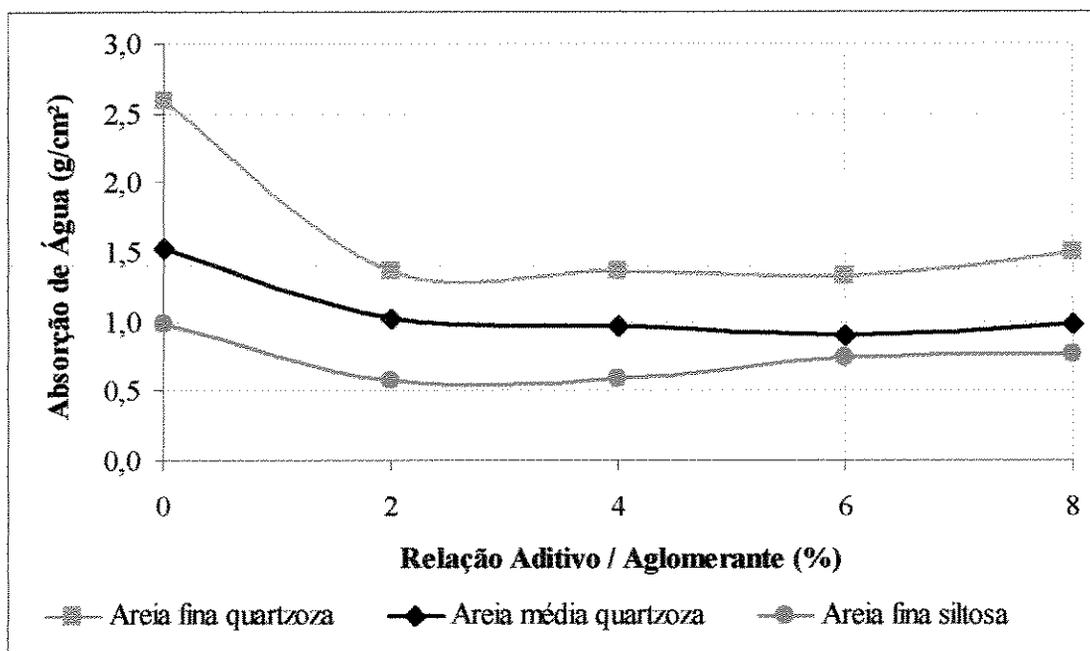


FIGURA 49 Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a resistência de aderência das argamassas. A figura apresenta a média dos valores com seus respectivos desvios médios dos valores obtidos.

Para todas as argamassas estudadas ocorreu uma diminuição da absorção de água por capilaridade com o acréscimo do copolímero.

Conforme a FIGURA 49, a adição de teores de copolímero acima de 2% não modifica significativamente a quantidade de água absorvida, pois a variação observada mantém-se dentro da variância obtida individualmente para os corpos-de-prova estudados para cada traço.

Tal fato pode ser explicado devido à correlação existente entre a absorção de água capilar e o teor de ar incorporado para as argamassas. A presença de ar incorporado, isto é, de poros não interligados, impede a ascensão capilar da água. A suposição do fechamento da ligação

entre os poros capilares pelo polímero é descartada, pois não ocorre uma minoração da absorção capilar com o aumento dos teores de polímero, como pode ser observado através da FIGURA 50.

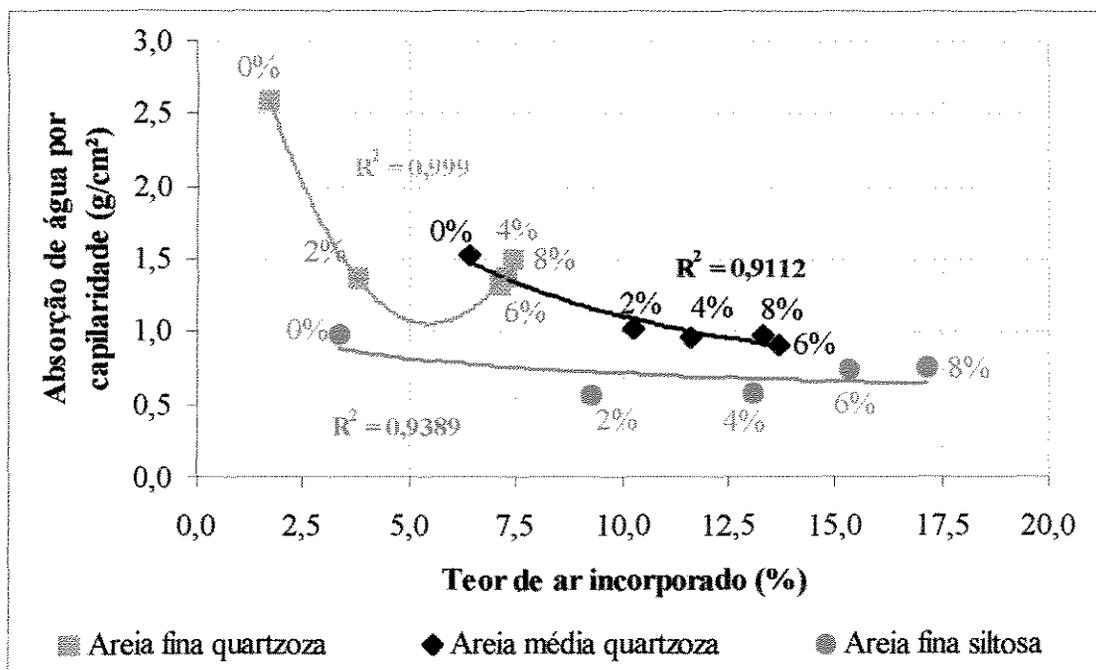


FIGURA 50 Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a absorção de água por capilaridade versus teor de ar incorporado.

Para as argamassas de areia fina quartzosa ocorreu uma redução de aproximadamente 42% da absorção, enquanto que para as areias média quartzosa e fina siltosa ocorrem reduções de 35% e 22%, respectivamente. A ocorrência de uma diminuição maior sobre as argamassas de areia fina quartzosa é devido ao fato destas apresentarem uma maior quantidade de vazios capilares como consequência de sua má distribuição granulométrica e sua elevada relação a/c, evidenciando assim um maior efeito sobre este tipo de argamassa.

5.2.7. Ensaio de Determinação de Água pelo Método do Cachimbo

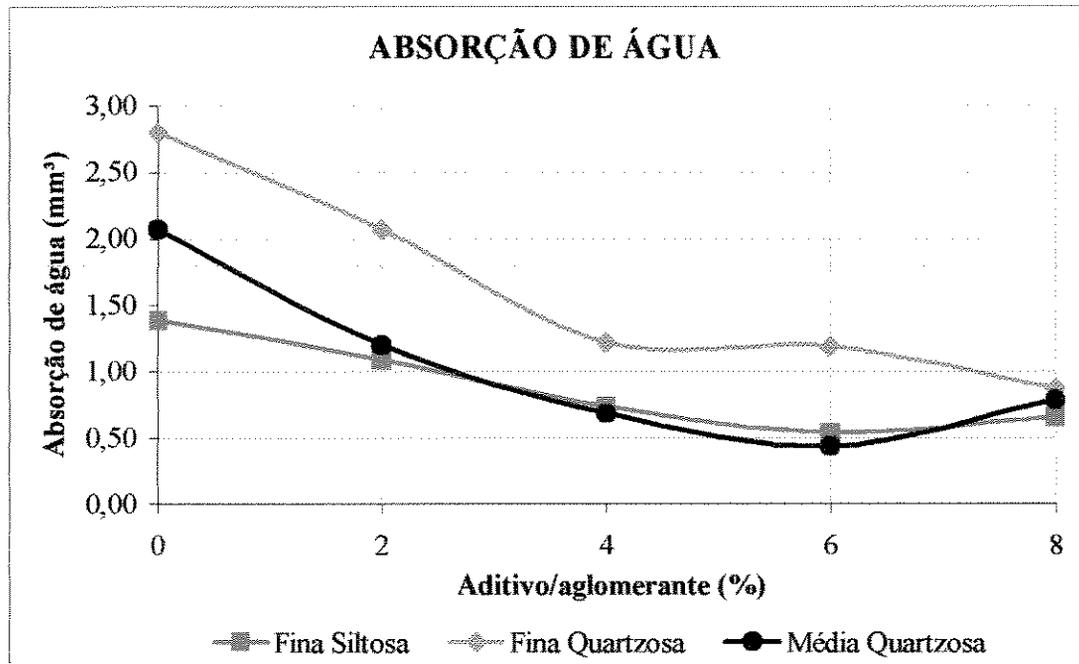


FIGURA 51 Absorção de água pelo Método do Cachimbo – CSTC/82. Os pontos na figura compreendem todos os resultados obtidos no ensaio.

Os resultados obtidos nos ensaios de absorção de água do revestimento pelo “método do cachimbo” mostram, de forma nítida a diferença de absorção de água conforme o acréscimo do copolímero. Para todos os traços utilizados ocorreu uma diminuição significativa da absorção com a adição, apresentando valores de uma redução em comparação da argamassa padrão sem aditivo de 47% para a areia fina siltosa, 57% areia fina quartzosa e 67% areia média quartzosa, de acordo com a FIGURA 51.

Os resultados tendem a um limite máximo de absorção em torno de $0,75\text{mm}^3$, conforme o aumento dos teores de copolímero, ocorrendo para todos os tipos de areias utilizados na pesquisa.

Através das FIGURA 52, FIGURA 53 e FIGURA 54 é possível observar uma diminuição da velocidade de absorção de água conforme a adição do copolímero a massa.

É possível também observar que, para teores acima de 4%, ocorre uma aproximação das taxas de absorção em função do tempo para todas as argamassas estudadas.

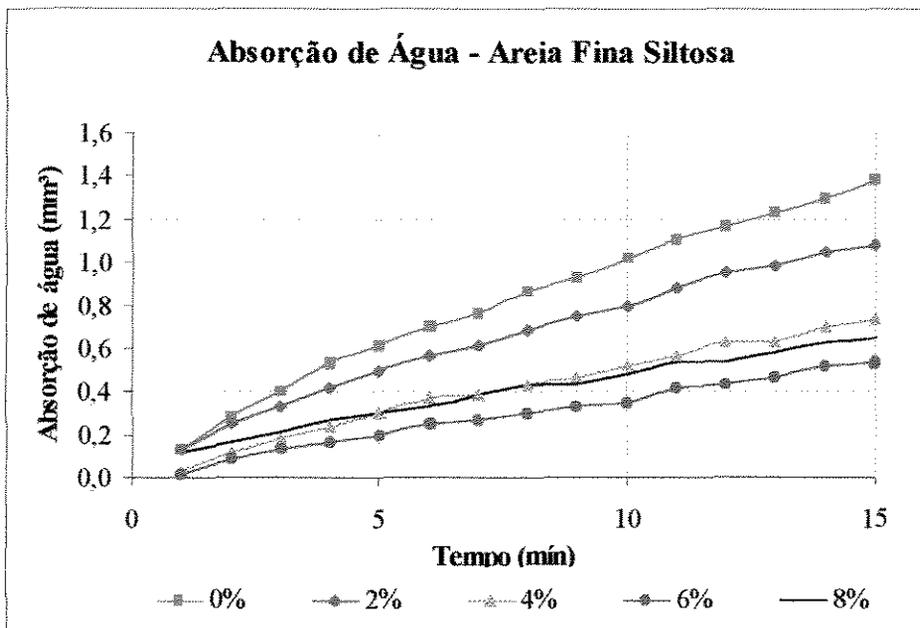


FIGURA 52 Absorção de água através do método do cachimbo em função do tempo para as argamassas confeccionadas com areia fina siltosa. Os pontos na figura compreendem todos os resultados obtidos no ensaio.

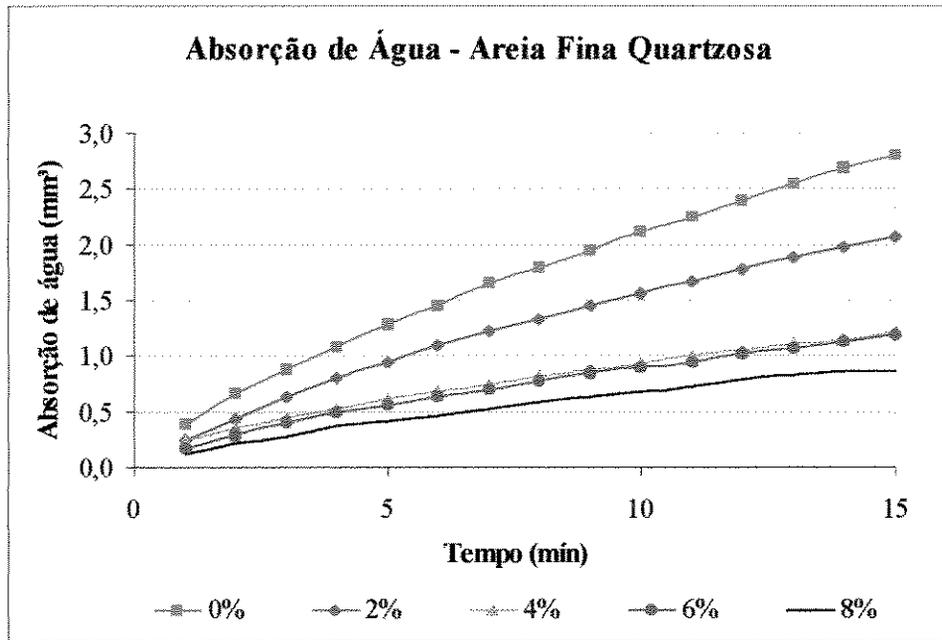


FIGURA 53 Absorção de água através do método do cachimbo em função do tempo para as argamassas confeccionadas com areia fina quartzosa.

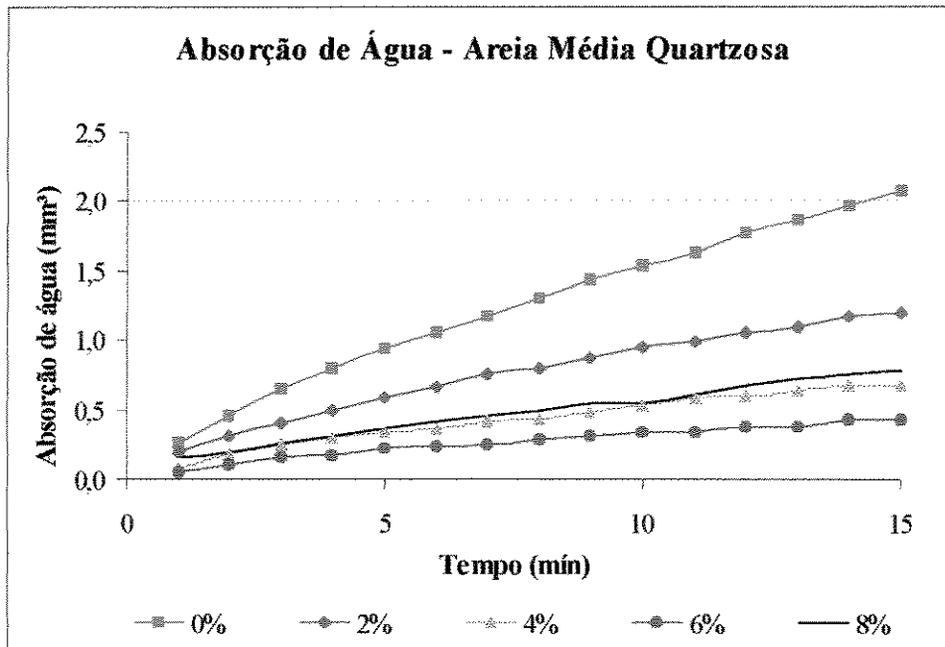


FIGURA 54 Absorção de água através do método do cachimbo em função do tempo para as argamassas confeccionadas com areia média quartzosa.

5.2.8. Determinação da Condutividade Térmica pelo Método Fluximétrico

Optou-se pela realização de ensaios de condutividade térmica para uma avaliação do desempenho desta propriedade, tendo em vista a alta incorporação de ar causada pela a adição do copolímero Vinil Veova às argamassas.

Observou-se uma pequena redução da condutividade térmica com a adição do copolímero as argamassas sendo influenciada geralmente pelo teor de ar incorporado.

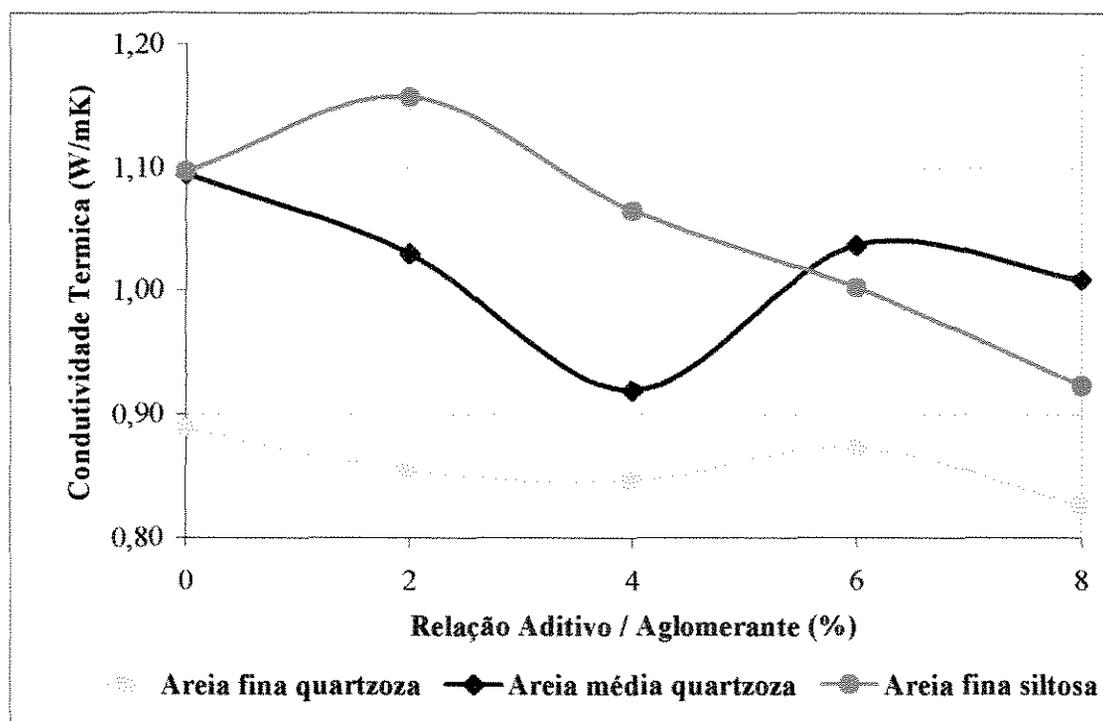


FIGURA 55 Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a condutividade térmica das argamassas conforme projeto de norma 02:135.07-005 (1998).

Para as argamassas confeccionadas com areia fina quartzosa notou-se uma estabilidade dos valores estatísticos da condutividade térmica (FIGURA 55), onde a diferença entre valores obtidos para diferentes teores de copolímero incluem-se dentro do desvio padrão das amostras de mesmo traço. Provavelmente esta constância decorre da reduzida variação ocorrida no teor de ar incorporado, como pode ser observado na FIGURA 56.

Notou-se também que, o ar aprisionado facilita a dissipação do calor enquanto o ar incorporado dificulta, uma vez que os poros e capilares das argamassas com alto teor de ar incorporado não são interligados.

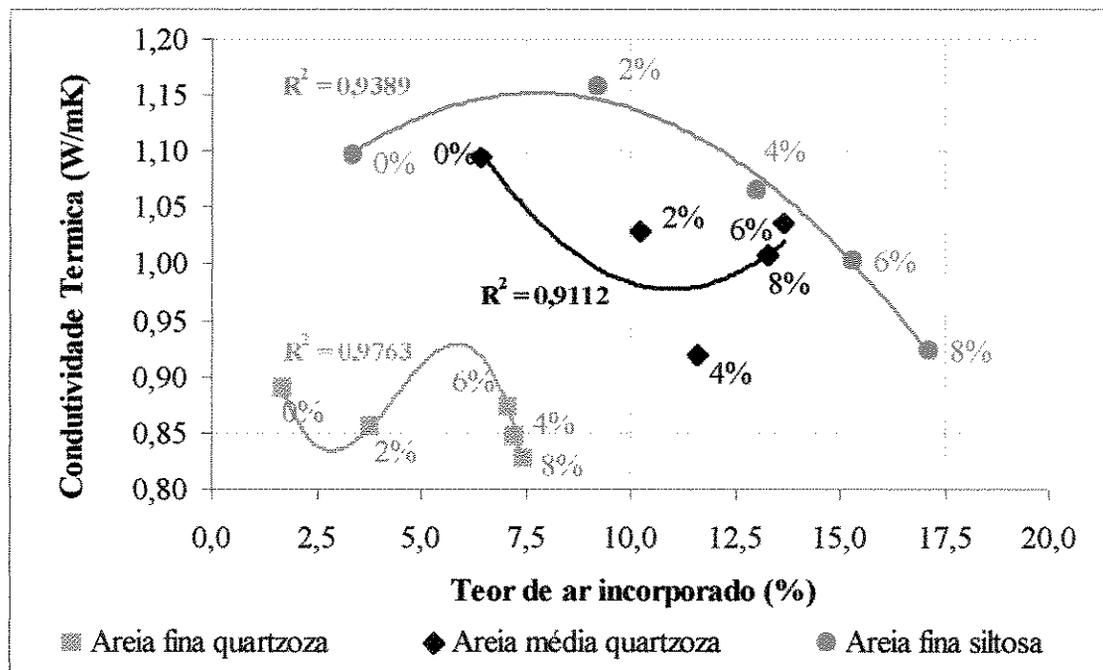


FIGURA 56 Efeito da adição do copolímero Vinil Veova sobre a absorção de água por capilaridade versus teor de ar incorporado.

CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES

Após a análise dos resultados obtidos no capítulo 5, pode-se chegar as seguintes conclusões quanto ao emprego da adição do copolímero vinil veova às argamassas de revestimento estudadas:

a) Quanto à natureza do agregado:

A composição mineralógica do agregado foi fator crucial para o desenvolvimento das propriedades mecânicas e das características no estado fresco das argamassas. Como era esperado, as areias provenientes exclusivamente de quartzo na composição apresentaram resultados diferenciados comparados à areia que continha uma parcela de silte. A areia fina siltosa e a areia média quartzosa, por diversas vezes, demonstraram características comportamentais semelhantes estatisticamente com a adição do copolímero vinil veova, mas em magnitude diferentes.

A presença de silte na areia fina proveniente do ribeirão Bauru proporcionou uma argamassa mais coesa e revestimentos de argamassa de melhor desempenho sofrendo, portanto, maiores efeitos sobre suas propriedades com a adição do copolímero em sua formulação. O silte também acarretou uma maior retenção de água e plasticidade às argamassas.

A areia quartzosa média, decorrente sua distribuição granulométrica apresentar módulo de finura e dimensão máxima maiores, proporcionou também maiores variações com a elevação dos teores de vinil veova adicionados.

A areia fina quartzosa, por necessitar de uma relação a/c maior, decorrente do elevado teor de finos de sua composição, obteve, tanto para as argamassas estudadas, quanto para os revestimentos confeccionados, resultados estatisticamente inferiores sendo disfarçado o efeito da adição do copolímero vinil veova na composição das argamassas.

Os estudos com vários tipos de areias foram importantes, pois notou-se uma diferença no comportamento da atuação do copolímero Vinil Veova ao se utilizar areias de diferentes composições mineralógicas e granulométricas. Buscou-se também tornar os resultados da pesquisa o mais abrangente possíveis para uma utilização por parte de novas pesquisas ou usuários.

b) Quanto às propriedades no estado fresco:

O copolímero Vinil Veova comprovou ser um ótimo aditivo a ser utilizado pelas indústrias de argamassas pré-dosadas podendo ser utilizado como substituto parcial dos aditivos incorporadores de ar e retentores de água, não importando as características ou procedência da areia utilizada; propiciou um aumento da adesão inicial, melhora no lançamento e adensamento das argamassas sobre o substrato padrão estipulado (blocos de concreto) e conseqüentemente causou uma elevação do desempenho dos revestimentos formados.

c) Quanto às propriedades no estado endurecido:

Pode-se concluir que o copolímero Vinil Veova influi positivamente em uma elevação da durabilidade e vida útil das argamassas destinadas ao revestimento de paredes devido a uma maior estanqueidade advinda da diminuição da relação água/cimento e da redução da permeabilidade com o incremento do copolímero.

O aumento substancial da aderência é devido primeiramente ao efeito plastificante do copolímero aumentando a área de contato com a superfície e seguido de uma característica adesiva muito forte. A diminuição do módulo de deformação com o aumento dos teores de Vinil Veova nos traços de argamassa incidem em uma maior capacidade de absorção de deformações advindas de mudanças de volume por parte do substrato ou de interações com o meio ambiente.

d) Quanto às características gerais:

A adição do copolímero Vinil Veova (acetato de vinila + vinil éster do ácido neodecanóico) às argamassas destinadas a revestimentos de paredes causou uma elevação do desempenho com relação as suas propriedades no estado fresco, todavia não corroborou para uma queda significativa nos valores das resistências mecânicas.

Confirmando os resultados obtidos por PAULON et al. (1999), o teor de adição de 4% no caso das argamassas estudadas foi o que reuniu os melhores resultados quanto às propriedades necessárias para uma argamassa de revestimento: trabalhabilidade, densidade de massa, adesão inicial, retenção de água, capacidade de absorver deformações, aderência e durabilidade.

A elevada incorporação de ar advinda pelo incremento do copolímero Vinil Veova às argamassas pode ser facilmente controlada ou exaurida através da utilização de agentes antiespumantes adicionados à mistura.

O copolímero Vinil Veova não tem a pretensão de substituir a cal e, sim, adicionar às propriedades das argamassas industrializadas um maior desempenho, pois que a cal praticamente não é adicionada devido a fatores de performance, qualidade e uniformidade. É impraticável também uma comparação de custos entre a aditivação com copolímero e a adição de cal, pois o copolímero não pode ser comprado em lojas de materiais de construção e sua adição deve ser muito precisa não podendo ser adicionado em obra, necessitando uma pré-homogeneização com os componentes anidros da argamassa.

As porcentagens utilizadas na pesquisa são empíricas para argamassas de revestimento devido ao custo do aditivo e por este ser sempre utilizado em união com outros aditivos como incorporadores de ar e celulósicos, porém a caracterização do desempenho do copolímero apenas pode ser notada com uma dosagem acima de 2% (porcentagem habitual em argamassas de revestimento) e tendo seu máximo entre 6 a 8% (utilização em argamassas colantes).

É importante salientar que a apresentação na forma de pó do copolímero não influi nos processos de produção, aplicação ou regularização das argamassas pré-dosadas industrialmente.

No Brasil, o copolímero Vinil Veova (ou seu contra-tipo etileno vinil acetato - EVA) vem sendo empregado em praticamente todas as formulações de argamassas anidras e argamassas para recuperação.

Recomendações

Recomenda-se uma avaliação mais aprofundada sobre o copolímero Vinil Veova em conjunto com outros aditivos em argamassas de revestimentos; por exemplo, retentores de água, incorporadores de ar, plastificantes, sílicas e aceleradores e retardadores de pega, obtendo-se assim um quadro de compatibilidade entre os aditivos e dosagens ideais para seu uso.

Uma avaliação do efeito do copolímero Vinil Veova no desempenho dos revestimentos de argamassa aplicados sobre diferentes substratos.

E também um estudo mais elaborado com relação à influência causada pela natureza e granulometria dos agregados utilizados sobre a performance dos aditivos nas argamassas de revestimento, notando-se uma carência de literaturas técnicas sobre este aspecto.

ANEXO A

Caracterização Química e Física do Cimento CP II-E 32

TABELA A1 – Composição química do cimento CP II-E 32 usado nos experimentos.

Propriedades Químicas do CP II-E – classe 32			
Propriedade	Método de ensaio	Resultados (%)	Limite da NBR 11578/91 (%)
Perda ao fogo	NBR 5743/89	4,32	≤ 6,5
Dióxido de silício (SiO ₃)	NBR 9203/85	19,45	
Óxido de ferro (Fe ₂ O ₃)	NBR 9203/85	3,29	
Óxido de cálcio (CaO)	NBR 9203/85	57,91	
Óxido de magnésio (MgO)	NBR 9203/85	5,80	≤ 6,5
Trióxido de enxofre (SO ₃)	NBR 5745/89	2,65	≤ 4,0
Óxido de potássio (K ₂ O)	NBR 5745/89	0,58	
Óxido de sódio (Na ₂ O)	NBR 5745/89	0,21	
Anidrido carbônico (CO ₂)	NBR 5745/89	3,98	≤ 5,0
Cal livre	NBR 7227/89	1,18	
Resíduo insolúvel	NBR 5744/89	1,11	≤ 2,5

Fonte: Ciminas S/A para o cimento em estudo.

TABELA A2 – Composição física do cimento CP II-E 32 usado nos experimentos.

Propriedades Físicas do CP II E – classe 32				
Propriedade		Resultados	Método de ensaio	Limites da NBR 11578/91
Massa específica (Kg/dm ³)		3,13	NBR - 6474	-
Tempo de pega (min)	Início	190	NBR - 11581	≥ 60 minutos
	Fim	290		≤ 600 minutos
Consistência normal (%)		27,20	NBR - 7215/82	
Blaine (m ² /Kg)		389	NBR - 7224	≥ 260
Finura (%)	# 200	1,00	NBR - 11579	≤ 12
	# 325	5,11		
Expansibilidade à quente*		0,50	NBR - 11582	≤ 5
Resistência à compressão (MPa)	3 dias	21,20	NBR - 7215	≥ 10
	7 dias	32,40		≥ 20
	28 dias	42,60		≥ 32

* Fonte: Ciminas S/A para o cimento em estudo.

ANEXO B

TABELA B 1 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão realizados aos 3, 7, 28, 63, 91 dias em corpos de prova cilíndricos de 50 mm x 100 mm, conforme a NBR 13279/95 e análise dos resultados descrita no item 5.2.1.

Argamassa	Teor de aditivo (%)	Resistência Média (MPa) e coeficiente de variação – CV (%)									
		3	CV	7	CV	28	CV	63	CV	91	CV
AZUL	0	12,0	0,23	17,4	1,62	20,9	0,30	23,7	1,17	24,9	1,12
AZUL	2	8,7	0,76	14,3	3,13	16,5	0,63	17,2	1,17	19,6	1,28
AZUL	4	8,1	0,17	12,1	1,06	15,8	0,48	18,6	2,08	19,6	1,32
AZUL	6	8,8	0,13	11,1	0,39	16,4	0,81	19,7	1,96	20,6	0,49
AZUL	8	9,1	0,35	11,5	0,19	15,0	0,37	17,6	0,43	19,2	0,11
PRETO	0	15,8	0,04	21,2	1,15	25,7	2,25	30,4	3,81	33,5	1,58
PRETO	2	13,3	0,17	16,6	0,07	22,6	0,72	25,0	0,68	26,1	0,12
PRETO	4	12,2	0,27	16,7	0,48	21,3	0,31	23,3	4,04	26,0	2,76
PRETO	6	11,7	0,14	16,9	0,25	20,0	0,42	21,7	0,24	23,4	0,36
PRETO	8	11,0	0,41	14,5	0,30	17,2	0,19	18,8	0,43	20,3	0,90
VERDE	0	10,2	0,48	12,1	0,09	14,9	0,35	18,8	0,13	19,8	0,74
VERDE	2	9,6	0,37	11,9	0,42	13,9	0,16	17,3	0,20	18,7	0,09
VERDE	4	9,2	0,32	10,9	0,44	14,8	0,48	15,8	0,26	18,6	0,13
VERDE	6	8,1	0,21	9,5	0,01	13,1	2,51	15,1	0,04	16,0	0,06
VERDE	8	7,9	0,04	9,4	2,37	12,1	1,77	14,0	0,27	15,1	0,39

Azul – Argamassa confeccionada com areia fina siltosa.

Preto – Argamassa confeccionada com areia média quartzosa.

Verde – Argamassa confeccionada com areia fina quartzosa.

ANEXOS

TABELA B2 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão realizados aos 28 dias em corpos de prova prismáticos de 40 mm x 40 mm x 40 mm, conforme EN 1015 – Part 11 e análise dos resultados descrita no item 5.2.1.

Argamassa	Teor de aditivo (%)	Resistência (MPa)			Média (MPa)	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
		1	2	3			
AZUL	0	43,30	45,93	44,60	44,61	1,32	1,73
AZUL	2	36,50	31,00	32,80	33,43	2,80	7,86
AZUL	4	27,00	25,40	42,00	31,47	9,16	83,85
AZUL	6	31,40	33,60	31,40	32,13	1,27	1,61
AZUL	8	27,70	25,80	29,60	27,70	1,90	3,61
PRETO	0	37,40	33,50	40,20	37,03	3,37	11,32
PRETO	2	30,90	30,40	35,40	32,23	2,75	7,58
PRETO	4	34,90	28,80	26,60	30,10	4,30	18,49
PRETO	6	32,90	25,90	32,20	30,33	3,86	14,86
PRETO	8	30,90	33,00	32,20	32,03	1,06	1,12
VERDE	0	28,30	31,20	25,00	28,17	3,10	9,62
VERDE	2	30,10	28,80	26,40	28,43	1,88	3,52
VERDE	4	25,40	27,00	27,50	26,63	1,10	1,20
VERDE	6	22,00	27,20	27,00	25,40	2,95	8,68
VERDE	8	23,30	25,60	19,90	22,93	2,87	8,22

Azul – Argamassa confeccionada com areia fina siltosa.

Preto – Argamassa confeccionada com areia média quartzosa.

Verde – Argamassa confeccionada com areia fina quartzosa.

ANEXOS

TABELA B3 – Resultados dos ensaios de resistência à tração na compressão diametral, realizado aos 7, 28, 63, 91 dias em corpos de prova cilíndricos de 50mm x 100 mm, conforme a NBR 7222/93 e análise dos resultados descrita no item 5.2.2.

Argamassa	Teor de aditivo (%)	Resistência Média (MPa) e coeficiente de variação – CV (%)							
		7	CV	28	CV	63	CV	91	CV
AZUL	0	2,55	0,88	2,85	0,90	3,15	2,92	3,45	0,18
AZUL	2	2,05	0,21	2,3	0,27	2,6	0,96	3,05	0,58
AZUL	4	1,9	0,65	2,05	2,20	2,45	0,35	2,6	2,56
AZUL	6	1,85	0,46	2,05	0,62	2,35	3,20	2,45	0,27
AZUL	8	1,5	1,09	1,9	0,49	1,9	0,40	2,25	0,38
PRETO	0	1,85	3,65	2,6	0,08	2,6	0,80	2,6	3,13
PRETO	2	1,85	0,51	2,15	2,28	2,35	0,63	2,55	0,06
PRETO	4	1,85	0,47	1,9	0,09	2,25	0,35	2,6	1,01
PRETO	6	1,8	1,09	1,95	1,56	2,1	2,93	2,5	0,26
PRETO	8	1,7	0,58	2,1	0,81	2,3	1,31	2,4	0,65
VERDE	0	1,45	0,59	2,1	2,15	2,35	0,69	2,55	1,31
VERDE	2	1,25	0,15	2,1	1,87	2,15	0,40	2,4	1,77
VERDE	4	1,5	0,20	1,9	1,71	2,15	0,74	2,4	1,91
VERDE	6	1,4	0,06	1,75	0,52	1,95	0,35	2,15	0,89
VERDE	8	1,55	0,70	1,9	1,07	2,15	1,32	3,2	1,44

Azul – Argamassa confeccionada com areia fina siltosa.

Preto – Argamassa confeccionada com areia média quartzosa.

Verde – Argamassa confeccionada com areia fina quartzosa.

ANEXOS

TABELA B 4 – Resultados dos ensaios de resistência à tração na flexão, realizado aos 28 dias em corpos de prova de 40mm x 40 mm x 160mm, conforme a EN 1015 – Part 11 e análise dos resultados descrita no item 5.2.3.

Argamassa	Teor de aditivo (%)	Resistência (MPa)			Média (MPa)	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
		1	2	3			
AZUL	0	5,28	4,49	4,71	4,83	0,41	8,50
AZUL	2	5,50	4,01	3,09	4,20	1,21	28,91
AZUL	4	5,47	3,00	3,02	3,83	1,42	37,07
AZUL	6	3,28	3,30	3,33	3,30	0,02	0,67
AZUL	8	4,03	3,89	4,30	4,07	0,21	5,05
PRETO	0	4,55	4,41	4,26	4,40	0,14	3,26
PRETO	2	4,30	4,07	3,77	4,05	0,27	6,56
PRETO	4	4,66	4,33	3,66	4,22	0,51	12,01
PRETO	6	4,85	3,99	3,73	4,19	0,58	13,94
PRETO	8	4,92	5,29	5,45	5,22	0,27	5,20
VERDE	0	5,52	4,36	4,35	4,74	0,67	14,15
VERDE	2	3,49	4,16	3,82	3,83	0,34	8,75
VERDE	4	3,73	3,92	3,29	3,65	0,32	8,90
VERDE	6	3,34	3,49	3,52	3,45	0,10	2,86
VERDE	8	3,21	3,47	3,19	3,29	0,16	4,78

Azul – Argamassa confeccionada com areia fina siltosa.

Preto – Argamassa confeccionada com areia média quartzosa.

Verde – Argamassa confeccionada com areia fina quartzosa.

TABELA B5 – Resultados dos ensaios de módulo de deformação, realizados aos 28 dias em corpos de prova prismáticos de 40 mm x 40 mm x 40 mm, conforme NBR 7190/96 e análise dos resultados descrita no item 5.2.4.

Argamassa	Teor de aditivo (%)	Resistência (MPa)			Média (MPa)	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
		1	2	3			
AZUL	0	29,57	29,65	34,36	31,20	2,74	7,52
AZUL	2	35,97	32,87	35,73	34,86	1,73	2,99
AZUL	4	32,00	25,51	24,80	27,43	3,97	15,76
AZUL	6	27,38	27,27	27,34	27,33	0,05	0,00
AZUL	8	21,41	16,11	25,36	20,96	4,64	21,53
PRETO	0	30,32	24,21	30,28	28,27	3,52	12,38
PRETO	2	29,92	27,28	27,59	28,26	1,44	2,08
PRETO	4	23,87	26,22	28,15	26,08	2,14	4,60
PRETO	6	23,80	25,14	23,89	24,28	0,75	0,56
PRETO	8	16,59	23,00	18,76	19,45	3,26	10,61
VERDE	0	18,60	21,36	16,90	18,95	2,25	5,07
VERDE	2	15,72	20,85	21,80	19,46	3,27	10,68
VERDE	4	20,33	22,81	24,33	22,49	2,02	4,07
VERDE	6	15,92	19,25	21,36	18,84	2,74	7,52
VERDE	8	14,34	17,28	15,79	15,80	1,47	2,17

Azul – Argamassa confeccionada com areia fina siltosa.

Preto – Argamassa confeccionada com areia média quartzosa.

Verde – Argamassa confeccionada com areia fina quartzosa.

ANEXOS

TABELA B6 – Resultados dos ensaios de resistência de aderência à tração, realizado aos 28 dias, conforme a NBR 13528/95 e análise dos resultados descrita no item 5.2.5.

Argamassa	Teor de aditivo (%)	Carga Média (N)	Tensão Média (MPa)	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
AZUL	0	1926	3,36	0,70	0,82
AZUL	2	1355	2,36	0,81	1,06
AZUL	4	2163	3,77	0,44	0,28
AZUL	6	2495	4,35	1,05	1,67
AZUL	8	2557	4,46	1,26	2,33
PRETO	0	1143	1,99	0,83	1,30
PRETO	2	989	1,72	0,48	0,40
PRETO	3	698	1,22	0,40	0,23
PRETO	4	984	1,72	0,49	0,36
PRETO	6	1531	2,67	0,69	0,71
PRETO	8	1816	3,17	0,76	1,18
VERDE	0	1979	3,45	0,58	0,66
VERDE	2	2005	3,50	1,05	1,65
VERDE	3	1869	3,26	0,54	0,59
VERDE	4	1504	2,62	0,72	0,73
VERDE	6	1582	2,76	0,77	1,01
VERDE	8	2243	3,91	0,88	1,26

Azul – Argamassa confeccionada com areia fina siltosa.

Preto – Argamassa confeccionada com areia média quartzosa.

Verde – Argamassa confeccionada com areia fina quartzosa.

TABELA B7 – Resultados dos ensaios de absorção de água por capilaridade, conforme NBR 9779/87, realizado aos 28 dias, e análise dos resultados descrita no item 5.2.6.

Argamassa	Teor de aditivo (%)	Absorção (g/cm ²)				Média (g/cm ²)	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
		1	2	3	4			
AZUL	0	1,02	1,06	1,00	0,84	0,98	0,10	0,01
AZUL	2	0,56	0,63	0,51	0,57	0,57	0,05	0,00
AZUL	4	0,67	0,49	0,68	0,48	0,58	0,11	0,01
AZUL	6	0,74	0,76	0,65	0,81	0,74	0,07	0,00
AZUL	8	0,82	0,76	0,82	0,63	0,76	0,09	0,01
PRETO	0	2,08	1,22	1,31	1,50	1,53	0,39	0,15
PRETO	2	1,01	1,04	1,02	0,99	1,02	0,02	0,00
PRETO	4	1,15	1,08	0,74	0,91	0,97	0,18	0,03
PRETO	6	0,90	0,99	0,76	0,97	0,91	0,10	0,01
PRETO	8	0,88	1,02	1,08	0,93	0,98	0,09	0,01
VERDE	0	2,56	2,62	2,52	2,63	2,59	0,05	0,00
VERDE	2	1,27	0,94	1,88	1,34	1,36	0,39	0,15
VERDE	4	1,14	1,19	1,62	1,53	1,37	0,24	0,06
VERDE	6	1,63	1,38	1,18	1,11	1,32	0,23	0,05
VERDE	8	1,51	1,47	1,50	1,51	1,50	0,02	0,00

Azul – Argamassa confeccionada com areia fina siltosa.

Preto – Argamassa confeccionada com areia média quartzosa.

Verde – Argamassa confeccionada com areia fina quartzosa.

ANEXOS

TABELA B8 – Resultados dos ensaios de absorção capilar dos revestimentos pelo método do cachimbo – CSTC/82, realizado aos 28 dias, e análise dos resultados descrita no item 5.2.7.

Argamassa	Teor de aditivo (%)	Absorção (mm ³)			Média (mm ³)	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
		1	2	3			
AZUL	0	1,35	1,30	1,50	1,38	0,10	0,01
AZUL	2	1,25	1,10	0,90	1,08	0,18	0,03
AZUL	4	1,00	0,60	0,60	0,73	0,23	0,05
AZUL	6	0,60	0,50	0,50	0,53	0,06	0,00
AZUL	8	0,60	0,75	0,60	0,65	0,09	0,01
PRETO	0	3,00	2,60	2,80	2,80	0,20	0,04
PRETO	2	1,90	2,00	2,30	2,07	0,21	0,04
PRETO	4	1,30	1,05	1,30	1,22	0,14	0,02
PRETO	6	1,10	1,30	1,15	1,18	0,10	0,01
PRETO	8	0,90	0,80	0,90	0,87	0,06	0,00
VERDE	0	2,05	2,30	1,85	2,07	0,23	0,05
VERDE	2	1,20	1,25	1,15	1,20	0,05	0,00
VERDE	4	0,65	0,80	0,60	0,68	0,10	0,01
VERDE	6	0,50	0,40	0,40	0,43	0,06	0,00
VERDE	8	1,05	0,70	0,60	0,78	0,24	0,06

Azul – Argamassa confeccionada com areia fina siltosa.

Preto – Argamassa confeccionada com areia média quartzosa.

Verde – Argamassa confeccionada com areia fina quartzosa.

ANEXOS

TABELA B9 – Resultados dos ensaios de condutividade térmica pelo método fluximétrico, Projeto de Norma 02:135.07-005 (1998), realizado aos 28 dias, e análise dos resultados descrita no item 5.2.8.

Argamassa	Teor de aditivo (%)	Condutividade Térmica (W/mK)		Média (W/mK)	Desvio Padrão	Coeficiente de Variação (%)
		1	2			
AZUL	0	1,10E+00	1,09E+00	1,10	0,01	0,00
AZUL	2	1,082937	1,23E+00	1,16	0,10	0,01
AZUL	4	1,06E+00	1,071742	1,07	0,01	0,00
AZUL	6	1,04E+00	9,62E-01	1,00	0,06	0,00
AZUL	8	9,03E-01	9,43E-01	0,92	0,03	0,00
PRETO	0	1,13E+00	1,06E+00	1,09	0,05	0,00
PRETO	2	1,07E+00	9,94E-01	1,03	0,05	0,00
PRETO	4	8,57E-01	9,82E-01	0,92	0,09	0,01
PRETO	6	1,00E+00	1,07E+00	1,04	0,05	0,00
PRETO	8	1,03E+00	9,88E-01	1,01	0,03	0,00
VERDE	0	8,88E-01	0,890235	0,89	0,00	0,00
VERDE	2	8,44E-01	8,67E-01	0,86	0,02	0,00
VERDE	4	8,32E-01	8,61E-01	0,85	0,02	0,00
VERDE	6	0,847402	9,00E-01	0,87	0,04	0,00
VERDE	8	8,18E-01	8,35E-01	0,83	0,01	0,00

Azul – Argamassa confeccionada com areia fina siltosa

Preto – Argamassa confeccionada com areia média quartzosa

Verde – Argamassa confeccionada com areia fina quartzosa

BIBLIOGRAFIA

- ABRAFATI, *Tintas e vernizes - Ciência e tecnologia*. Associação Brasileira dos Fabricantes de Tinta, 1995 vol.1.
- AFRIDI, M. U. K., et al.- *Water retention and adhesion of powdered and aqueous polymer-modified mortars*. Cement and Concrete Composities, vol. 17, pp. 113-118. 1995.
- AFRIDI, M. U. K., et al.- *Freeze-thaw durability of powdered and aqueous polymer-modified mortars and effects of freezing and thawing cycles on their pore structure*. Cong. On Polymers in Concrete, pp 253-260. Beijing, 1990.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE – ACI – *Guide for use of polymers in concrete*. ACI Committee 548. *Manual concrete of practice*. Detroit. 1991.
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE – ACI – *Guide for use of polymers in concrete*. ACI Committee 548. *Manual concrete of practice*. Detroit. 1993. Part 5.
- ARAÚJO, P. H. H.; de La Cal, J. C.; ASUA, J. M.; PINTO, J. C. – *Copolimerização em emulsão de acetato de vinila e Veova 10 em emulsão em um reator Loop contínuo – modelagem da distribuição de pesos moleculares*. Artigo do 13º COBEQ. Águas de São Pedro, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT -. *Cimento Portland composto – Avaliação de desempenho em concreto*. São Paulo, ABNT. 1993.
- _____. NBR 6467 - Agregados: Determinação do inchamento do agregado miúdo, especificação, Rio de Janeiro, 5p., 1987.

BIBLIOGRAFIA

- _____ NBR 6474 *Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica - Método de ensaio*. Rio de Janeiro, ABNT. 1984.
- _____ NBR 6508 – Grãos de Solo que passam na peneira 4,8mm : determinação da massa específica, especificação, Rio de Janeiro, 2p., 1984.
- _____ NBR 7200 *Revestimento de paredes e tetos com argamassas - Materiais, preparo, aplicação e manutenção - Procedimento*. Rio de Janeiro, ABNT. 1982.
- _____ NBR 7211 *Agregado para concreto - Especificação*. Rio de Janeiro, ABNT. 1983.
- _____ NBR 7214 *Areia normal para ensaio de cimento - Especificação*. Rio de Janeiro, ABNT. 1982.
- _____ NBR 7215 *Ensaio de cimento Portland - Especificação*. Rio de Janeiro, ABNT. 1979.
- _____ NBR 7217 *Agregados - Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio*. Rio de Janeiro, ABNT, 1987.
- _____ NBR 7218 *Agregados - Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis - Método de ensaio*. Rio de Janeiro, ABNT, 1987.
- _____ NBR 7219 *Agregados - Determinação do teor de materiais pulverulentos - Método de ensaio*. Rio de Janeiro, ABNT, 1987.
- _____ NBR 7222 - *Argamassas e concretos - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos*, São Paulo, 1982.
- _____ NBR 7251 - *Agregado em estado solto: determinação da massa unitária, especificação*, Rio de Janeiro, ABNT, 1982.
- _____ NBR 7810 - *Agregado em estado compactado seco: determinação da massa unitária, especificação*. Rio de Janeiro, ABNT, 1982.

BIBLIOGRAFIA

- _____. NBR 9776 – *Agregados: determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do Frasco de Chapman, especificação*. Rio de Janeiro, ABNT, 1987.
- _____. NBR 9779 *Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade - Método de ensaio*. Rio de Janeiro, ABNT. 1987.
- _____. NBR 13276 *Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação do teor de água para obtenção do índice de consistência padrão - Método de ensaio*. Rio de Janeiro, ABNT. 1995.
- _____. NBR 13277 *Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água - Método de ensaio*. Rio de Janeiro, ABNT. 1995.
- _____. NBR 13278 *Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado - Método de ensaio*. Rio de Janeiro, ABNT. 1995.
- _____. NBR 13279 *Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à compressão - Método de ensaio*. Rio de Janeiro, ABNT. 1995.
- _____. NBR 13280 *Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido - Método de ensaio*. Rio de Janeiro, ABNT. 1995.
- _____. NBR 13281 *Argamassa industrializada para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Rio de Janeiro, ABNT. 1995.*
- _____. NBR 13528 *Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas- Determinação da resistência de aderência à tração - Método de ensaio*. Rio de Janeiro, ABNT. 1995.
- _____. NBR 13529 *Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Rio de Janeiro, ABNT. 1995.*

BIBLIOGRAFIA

- _____. NBR 13530 *Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas* - Rio de Janeiro, ABNT. 1995.
- _____. NBR 13549 *Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas-Especificações*. Rio de Janeiro, ABNT. 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE CAL. - *A situação das argamassas em alguns países do mundo*. Nota técnica nº 66.
- ASTM-C 270 - *Mortar for unit masonry*. 1983.
- BOLORINO, H.; CINCOTTO, M. A. – *Influência do tipo de cimento nas argamassas*. In: *Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2.*, Salvador, 1997. Anais.
- BOLSHAUSER, J. - *História da arquitetura*. Belo Horizonte, Escola de Arquitetura da UFMG, 1963.
- CARASEK, H. – *Aderência de argamassas à base de cimento portland a substratos porosos-avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação*. São Paulo. 254p. Tese (doutorado) – Escola Politécnica, USP, 1996.
- CARASEK, H.; SCARTEZINI, L. M. B.– *Evolução da resistência de aderência dos revestimentos de argamassa mista*. In: *III Simpósio Brasileiro de Argamassas – SBTA*, Vitória. 1999. Anais.
- CARNEIRO, M. P. A.; CINCOTTO, M. A. - *Distribuição granulométrica para argamassas*. *TÉCHNE*, revista de tecnologia da construção, Pini. Mar/abr 1997.
- CAVANI, G. R.; ANTUNES, R. P. N.; JOHN, V. M. – *Influência do teor de ar incorporado na trabalhabilidade das argamassas mistas*. In: *II Simpósio Brasileiro de Argamassas – SBTA*, Salvador. 1997. Anais.

BIBLIOGRAFIA

- CESTARI, D. J. - *Efeito da Adição do Copolímero Acetato Versatato em Argamassas de Revestimentos*. Monografia. Faculdade de Engenharia e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista, UNESP. Bauru, 1997.
- CINCOTTO, M. A. - *Argamassa de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio*. Instituto de Pesquisas do Estado de São Paulo – IPT. São Paulo. (publicação IPT-2378). 1995.
- CINCOTTO, M. A. - *Patologia das argamassas de revestimento - análise e recomendações*. Pini. São Paulo. IPT, 1983.
- CINCOTTO, M. A. - *Patologia das argamassas de revestimento - análise e recomendações*. Pini. 2 edição. São Paulo. IPT, 1989.
- CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENTE – CSTB – *Définition et classification des ouvrages de revêtement extérieur de façades em maçonnerie ou em béton*. Cahiers du CSTB, Paris. 1982.
- CRESSON, L. British Patent 191; 474, jan 12 1923.
- ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. *Pesquisa sobre argamassas de assentamento e revestimento*. São Paulo, Dep. de Eng. de Construção Civil da EPUSP, 1986.
- ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - *Recomendações para a execução de revestimentos de argamassas para paredes de vedação e tetos*. São Paulo, Dep. de Eng. de Construção Civil da EPUSP, 1988.
- ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - *Diretrizes para a produção e controle de dosagem das argamassas de assentamento e revestimento*. São Paulo, Dep. de Eng. de Construção Civil da EPUSP, 1989.
- FIORITO, A. J. S. I. - *Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução*. São Paulo: Pini, 1992, 223p.

BIBLIOGRAFIA

- FIORITO, A. J. S. I. - *Manual de argamassas e revestimentos*. São Paulo: Pini, 1994.
- GUIMARÃES, J. E. P., CINCOTTO, M. A., NÓBREGA, M. T. de. - *A evolução da consolidação dos revestimentos das alvenarias com argamassas contendo cal hidratada*. Associação Brasileira dos Produtores de Cal. Nota técnica nº 79. São Paulo, agosto, 1986.
- GÜTHS, S. - *Um método transiente para medição de propriedades térmicas* – Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Santa Catarina, 1990.
- HELENE, Paulo R. L. - *Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto*. Pini. São Paulo. 1992.
- IOPPI, P. R.; PRUDÊNCIO, L. R.; IRIYAMA, W. J. - *Estudo da absorção inicial de substratos de concreto: metodologias de ensaio e influência na aderência das argamassas de revestimento*. SBTA, Goiânia 1995 anais. ANTAC p 93-102.
- IOSHIMOTO, E., HELENE, P. R. L., AGOPYAN, V. - *Argamassas*. São Paulo. Escola Politécnica - USP. 1994.
- JOHN, V., CINCOTTO, M. A., GUIMARÃES, J. E. P. - *Cal x aditivos orgânicos*. TÉCNICE, revista de tecnologia da construção, Pini. Jul/ago 1994.
- KATTAR, José Eduardo, ABREU, José Vandelei de, Cruz, Luiz O. Maia. *Concreto de alto desempenho modificado com polímero para pisos industriais*. Anais. I Simpósio de Argamassas . Goiânia. 1995.
- KOPSCHITZ, P.; et al. – *Estudo da retração e do desenvolvimento de propriedades mecânicas de argamassas mistas para revestimento*. In: Simpósio Brasileiro de tecnologia das Argamassas, 2. Salvador. 1997.
- LAMBE, R. W. – *Development of materials for repair and protection of reinforced concrete, corrosion of reinforcement in concrete*. Elsevier Science Publishers. England, 1990.

BIBLIOGRAFIA

- LARA, D., et al. - *Dosagem das argamassas*. Anais. I Simpósio brasileiro de tecnologia das argamassas. Goiânia. Agosto, 1995.
- LIBORIO, J. B. L.; BORTOLUZZO, C. W. – *Correlações entre propriedades mecânicas em argamassas mistas e aditivadas*. In: III Simpósio Brasileiro de tecnologia das Argamassas. Vitória. 1999.
- MANO, E. B. - *Introdução a Polímeros*. Ed. Edgard Blücher Ltda. 1985.
- MARILO, C. - *Considerações sobre a argamassa de cal e argamassa de cimento e cal*. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 1980.
- MARTINELLI, F.A., HELENE, P. R.L. - *Usos, Funções e Propriedades das Argamassas Mistas Destinadas ao Assentamento e Revestimento de Alvenarias*. Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 1991. BT/PCC/47.
- MARTINELLI, F. A. – *Contribuição ao estudo de dosagem das argamassas mistas destinadas ao assentamento e revestimento de alvenarias*. Dissertação. Escola Politécnica – USP. 1989.
- McCRUM, N. G. et al. *Principies of polymer engineering*. 1988.
- MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. – *Estudos sobre a técnica executiva de revestimentos de argamassa sobre paredes de alvenaria*. In: 5º International Seminar on Structural Mansonry for Developing Countries. Florianópolis. 1994. Anais.
- MIRANDA, L. F. R. – *Estudos de fatores que influem na fissuração de revestimento de argamassa com entulho reciclado*. Dissertação (mestrado). Escola de Politécnica de São Paulo, USP. 2000.
- NEVILLE, A. M. - *Propriedades do concreto*. Pini. São Paulo. 1982.
- NOVO DICIONÁRIO AURÉLIO DE LÍNGUA PORTUGUESA. Edição, 2. 1986.

BIBLIOGRAFIA

- OHAMA, Y. - *Recent research and development in polymer-modified mortar and concrete*. International Congress on Polymer in Concrete. Salvador, Brazil. 1993.
- OHAMA, Y. - *Pore size distribution and oxygen diffusion resistance of polymer-modified mortars*. Cement and Concrete Research. 1991. Vol. 21, pp 309-315.
- OHAMA, Y. - *Principle of latex modification and some typical properties of latex-modified of latex-modified mortars and concrete* - ACI Materials Journal, pp. 1987 - 511-518, n^o 84, nov./dec.
- OHAMA, Y. - *Study on properties and mix proportioning of polymer-modified mortars for buildings*. Rep. Build. Res. Inst., pp 65-81, 1973.
- OHAMA, Y. - *Improvement in properties of vinyl acetate- type polymer-modified mortars*. Rep. Build. Res. Inst., pp 212-215, 1970.
- PAULON, V. A.; CESTARI, D. J. - *Efeito da Adição do Copolímero Acetato Versatato em Argamassas de Revestimentos*. Simpósio Brasileiro de Argamassas, 2. Anais. Vitória, 1999.
- POLISSENI, A. E. - *Método de campo para avaliar a capacidade impermeabilizante de revestimentos de parede*. Dissertação de mestrado UFRS. Porto Alegre, 1985.
- PROJETO 02:135.07-005 - *Desempenho térmico de edificações : Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico* - Proposta para norma de desempenho térmico em edificações submetida ao Comitê Brasileiro de Construção Civil (CB-02) e à Comissão de Estudo de Desempenho Térmico para Edificações (CE-02:135.07), 1998.
- RAMACHANDRAN, V. S. - *Concrete Admixtures Handbook – Properties, science and technology*. Noyes Publications, second edition. Ottawa, 1995.
- RENTON, K. H., LEE, H.N. - *Argamassas e rebocos na moderna construção*. ABPC. Nota técnica n^o72. Tradução por José E. P. Guimarães. Setembro, 1978.

BIBLIOGRAFIA

- RÉUNION INTERNATIONALE DES LABORATOIRES D'ESSAIS ET MATÉRIAUX, RILEM
– *Recommendations MRI-21: Testing methods of mortar and renderings*. Paris, 1982.
- ROSELLO, M.; T. V. - *Morteros de cemento para albanileria*. Madrid, Instituto Eduardo Torroja, 1976.55p.
- SABBATINI, F. H. – *O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílico-calcária*. Dissertação. São Paulo. Escola Politécnica - USP. 1984.
- SABBATINI, F. H. – *Patologia das argamassas: aspectos físicos*. Simpósio Nacional de Tecnologia da Construção das Edificações, 3. São Paulo. Escola Politécnica - USP. 1986.
- SCHNEIDER, S. I., Et al – *Redispersible polymer powders for tough, Flexible cement mortars, Polymers-modified hydraulic cement mixtures*. STP 1176:76-89, American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 1993.
- SELMO, S. M. S. - *Dosagem de argamassas de cimento Portland e cal para revestimento externo de fachada dos edifícios* : Tese. São Paulo. Escola Politécnica - USP. 1989. 206p.
- SILVA, I. J. – *Contribuição ao estudo da utilização da resina poliuretana a base de óleo de mamona na construção civil*. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, USP. 1996.
- STANCATO, A. C. - *Determinação da condutividade térmica e da resistência mecânica em argamassas leves*. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP. Campinas, 2000.
- STORTE, M. – *Látex estireno butadieno: aplicações em concretos de cimento e polímero*. Palanca Editora Técnica Ltda. São Paulo. 1991.
- TANGO, C. E. S. - *Materiais: tecnologia e controle* ,Divisão de Construção Civil do IPT, pgs 143-176, São Paulo.

BIBLIOGRAFIA

- TATEYASHIKI, H.; INOUE, T.; YOKOE, S. – *Fluidity of acrylic polymer modified cement and shape of polymer particles in cement paste*. Japan Cement Assoc, Tokyo, 1993.
- TECHNICAL BULLETIN - *Coatings, Inks, Adhesives, and Construction Technology*
RHOXIMAT® PAV 22 .RHÔNE-POULENC. 9/93. 8p.
- TECHNICAL BULLETIN – *VEOVA 10®* – *Datasheet*. SHELL CHEMICALS, 1999. 85p.
- TEZUKA, Y - *Concreto de cimento e polímero* ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland. São Paulo, nov. 1988.
- TEZUKA, Y. - *Concretos Polímeros*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - ITP. São Paulo. 1979.
- TEZUKA, Y. - *Trabalhabilidade de concreto de resina poliéster*. Tese (doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 1977.
- THOMAZ, E. – *Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação*. Ed. Pini. São Paulo. 1989.
- TORRES, F. A. - *Resumo da historia dos aglomerantes*. Notas de aula. Boletim SNJC. ABPC. São Paulo. Setembro. 1957.
- TRISTÃO, F. A., ROMAN, H. - Ramos. *Análise de métodos de ensaio para caracterização das argamassas de revestimento das edificações*. Anais. I Simpósio brasileiro de tecnologia das argamassas. Goiânia. Agosto, 1995.
- YOSHIDA, A. T.; BARROS, M.M.S.B. – *Caracterização de argamassas no estado fresco-peculiaridades na análise de argamassas industrializadas*. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 1. Goiânia 1995. Anais.
- WILLS, John H. - *Inorganic Adhesives and Cements*, Philadelphia Quartz Company.

