

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA AREIA
NAS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO**

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL**

FERNANDO AVANCINI TRISTÃO

FLORIANÓPOLIS, DEZEMBRO DE 1995.

INFLUÊNCIA DA COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DA AREIA NAS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

Fernando Avancini Tristão

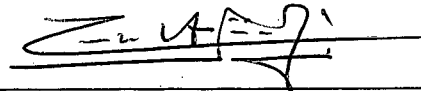
Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de

Mestre em Engenharia

Especialidade **Engenharia Civil** e aprovada em sua forma final pelo programa de
Pós-Graduação em Engenharia Civil



PhD. Humberto Ramos Roman - (Orientador)



Dr. Carlos Alberto Szücs- (Coordenador do Curso)

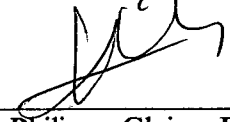
Banca Examinadora



Humberto Ramos Roman, PhD. - (Presidente)



Vicente Coney Campiteli, Dr.



Philippe Gleize, Dr.

"Não é o desafio com que nos deparamos que determina quem somos e o que estamos nos tornando, mas a maneira com que respondemos ao desafio. Somos combatentes, idealistas, mas plenamente conscientes, porque o ter consciência não nos obriga a ter teoria sobre as coisas: só nos obriga a sermos conscientes.

Problemas para vencer, liberdade para provar. E, enquanto acreditarmos no mesmo sonho, nada é por acaso." (**Henfil**)

À Ana, minha esposa
Aos meus filhos João Gabriel, André e Elisa
À minha mãe Glória e toda minha família pelo amor e dedicação que sempre tiveram comigo

Agradecimentos

À Universidade Federal do Espírito Santo por acreditar e apoiar integralmente a realização deste trabalho.

Ao prof. Humberto Ramos Roman, pelo interesse e entusiasmo manifestado na orientação deste trabalho e pela amizade estabelecida.

Aos professores Maccarini e Glicério do Laboratório de Mecânica dos Solos, pela paciência, críticas e incentivo durante a realização deste trabalho.

Ao prof. Luiz Prudêncio pela colaboração e incentivo na execução da parte experimental.

Ao professor Luis Fernando Heineck pela amizade e estímulo pela pesquisa e pela educação.

Ao engenheiro Luis Alberto Gómez pela ajuda na instrumentalização e aferição dos equipamentos.

Ao geólogo Luiz Machado Filho pela ajuda nas análises mineralógicas.

Ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT pela cortesia na realização de ensaios na cal hidratada.

À professora Maria Alba Cincotto pelo incentivo na realização deste trabalho.

Aos laboratoristas Luiz e Renato do Laboratório de Materiais de Construção civil.

Ao estagiário da Escola Técnica Federal de Santa Catarina, Estéfano Pontes de Oliveira.

Aos alunos de graduação do curso de Engenharia Civil, Claudio A. Pereira, Valdemiro A. Filho, Alessandra D. de Menezes e Joanilda W. de Camargo.

À chefia do Laboratório de Conforto Térmico e Acústico, pela colaboração no empréstimo de equipamentos.

Ao CERTI- Centro Regional de Tecnologia em Informática de Santa Catarina, pelo empréstimo de equipamentos.

Ao colega Paulo Roberto Ioppi pelo apoio e ajuda nos ensaios de laboratório.

Ao CNPq pela ajuda financeira.

Ao pessoal dos Laboratórios de Materiais de Construção e Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas, da Engenharia Mecânica.

Aos amigos e colegas do curso de pós-graduação, pela rica convivência e apoio.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

Sumário Geral

Lista de Figuras	x
Lista de Tabelas	xv
Lista de Fotos	xviii
Siglas e Notação	xix
Resumo	xx
Abstract	xxi

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1. Introdução	2
---------------------	---

Capítulo 2

ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

2.1. Funções dos revestimentos	7
2.2. Propriedades no estado fresco	9
2.2.1. Trabalhabilidade	9
2.2.2. Consistência e Plasticidade	10
2.2.3. Retenção de água e de consistência	10
2.2.4. Massa específica aparente e teor de ar	11
2.2.5. Exsudação de água	12
2.3. Propriedades no estado endurecido	12
2.3.1. Resistência mecânica	12
2.3.2. Módulo de deformação	13

2.3.3. Aderência	13
2.3.4. Permeabilidade.....	14
2.3.5. Estabilidade volumétrica	14
2.4. Características dos agregados miúdos	15
2.5. Especificações normalizadas de agregados miúdos	19
2.6. Influência dos materiais constituintes	21
2.6.1. Cimento.....	22
2.6.2. Cal.....	23
2.6.3. Areia.....	26

Capítulo 3

ESTUDO EXPERIMENTAL

3.1. Objetivos	31
3.2. Materiais utilizados	31
3.3. Escolha das granulometrias investigadas	37
3.4. Metodologia de preparo das diferentes granulometrias de areia	48
3.4.1. Obtenção das frações	48
3.4.2. Composição das areias	49
3.4.3. Transformação dos traços	52
3.4.4. Produção das argamassas.....	53
3.4.5. Métodos de ensaio utilizados	53

Capítulo 4

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1. Generalidades	58
4.2. Resultados dos ensaios com argamassa no estado fresco	59
4.2.1. Trabalhabilidade.....	59
4.2.2. Massa específica e teor de ar.....	70
4.2.3. Retenção de água.....	74
4.2.4. Exsudação de água	78
4.3. Ensaios realizados com argamassa no estado endurecido.....	84
4.3.1. Generalidades	84
4.3.2. Resistência à compressão axial.....	85
4.3.3. Resistência à tração por compressão diametral	90
4.3.4. Módulo de deformação estático	96
4.3.5. Absorção de água, massa específica e índice de vazios	102
4.3.6. Absorção de água por capilaridade.....	110
4.3.7. Retração por secagem.....	119
4.4. Comparação das diversas granulometrias analisadas	121

Capítulo 5

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões	125
5.1.1. Métodos de ensaio	125
5.1.2. Influência da composição granulométrica.....	127
5.2. Recomendações para futuros trabalhos.....	129

Referências Bibliográficas

Referências Bibliográficas.....	131
---------------------------------	-----

Anexos

Anexo A - Tabelas dos resultados dos ensaios	137
Anexo B - Tratamento estatístico dos dados	172

Lista de Figuras

Capítulo 2

- Figura 2.1. Curvas granulométricas contínua, descontínua e uniforme 14
- Figura 2.2. Correlação da resistência à compressão com a relação água/cimento 23

Capítulo 3

- Figura 3.1. Curvas granulométricas para emboço especificados pela ASTM e BSI 42
- Figura 3.2. Curvas granulométricas para emboço dos limites especificados pela ASTM, BSI, ABNT e IPT 42
- Figura 3.3. Curvas granulométricas para emboço 43
- Figura 3.4. Curvas granulométricas de areias para emboço 44
- Figura 3.5. Curvas granulométricas de areias para reboco 46
- Figura 3.6. Curvas granulométricas de areias para reboco e emboço 46
- Figura 3.7. Curvas granulométricas investigadas 47

Capítulo 4

- Figura 4.1. Variação do volume de vazios das areias com os coeficientes de uniformidade 60
- Figura 4.2. Variação do volume de vazios das areias com os coeficientes de uniformidade para as areias muito uniformes 61
- Figura 4.3. Variação do volume de vazios das areias com os coeficientes de uniformidade para as areias de uniformidade média ou desuniforme 61
- Figura 4.4. Variação da relação água/materiais secos das argamassas com o volume de vazios das areias 63

Figura 4.5. Variação da relação água/materiais secos das argamassas com o volume de vazios das areias classificadas como muito uniformes.....	63
Figura 4.6. Variação da relação água/materiais secos das argamassas com o volume de vazios das areias classificadas como de uniformidade média ou desuniforme.....	64
Figura 4.7. Variação do índice de consistência com os módulos de finura das areias.....	65
Figura 4.8. Variação do índice de consistência com a relação água/aglomerantes (massa).....	65
Figura 4.9. Variação da relação água/materiais secos com o módulo de finura das areias.....	66
Figura 4.10. Variação da relação água/aglomerantes com o módulo de finura das areias.....	66
Figura 4.11. Variação da relação água/cimento com a relação agregados/aglomerantes em massa.....	67
Figura 4.12. Variação da relação água/cimento com a relação agregados/aglomerantes em massa para as argamassas com traço em volume 1:1:6.....	67
Figura 4.13. Variação da relação água/cimento com a relação agregado/aglomerantes em massa para as argamassas de traço em volume 1:2:9.....	68
Figura 4.14. Variação da relação água/materiais secos (massa) com o teor de finos totais, incluindo os aglomerantes.....	68
Figura 4.15. Variação da relação água/materiais secos (massa) com o teor de finos totais, incluindo os aglomerantes, para as argamassas traço 1:1:6 (volume).....	69
Figura 4.16. Variação da relação água/materiais secos (massa) com o teor de finos totais, incluindo os aglomerantes, para as argamassas traço 1:2:9 (volume).....	69
Figura 4.17. Variação da massa específica das argamassas com o módulo de finura das areias classificadas pelo coeficiente de uniformidade.....	71
Figura 4.18. Variação da massa específica das argamassas com o módulo de finura das areias, para as argamassas que foram produzidas com mesmas areias com traços 1:1:6 e 1:2:9 (volume).....	72
Figura 4.19. Variação do teor de ar com o módulo de finura das areias.....	73
Figura 4.20. Variação da retenção de água com a relação agregado/aglomerante (massa) para as argamassas produzidas com areias muito uniformes.....	75
Figura 4.21. Variação da retenção de água com a relação agregado/aglomerante(massa) para as argamassas produzidas com areias de uniformidade média ou desuniformes.....	76
Figura 4.22. Variação da retenção de água com o módulo de finura das areias.....	77
Figura 4.23. Correlação da quantidade de água exsudada, após 60 minutos de preparada a argamassa, com o coeficiente de uniformidade das areias utilizadas.....	80
Figura 4.24. Variação da quantidade de água exsudada, após 60 minutos de preparação das argamassas, com o coeficiente de uniformidade das areias nos traços A e B.....	80
Figura 4.25. Variação da quantidade de água exsudada com a relação água/materiais secos, em todas as argamassas.....	81
Figura 4.26. Correlação da água exsudada das argamassas de traço em volume 1:1:6 com as relações água/materiais secos. Correlação obtida sem os valores das argamassas 19A e 23A.....	81

Figura 4.27. Variação da água exsudada das argamassas com traço em volume 1:2:9 com as relações água/materiais secos	82
Figura 4.28. Relação da quantidade de água exsudada aos 60 minutos (em massa) com o teor de finos incluindo os aglomerantes	82
Figura 4.29. Relação da quantidade de água exsudada aos 60 minutos (em massa) com o módulo de finura das areias.....	83
Figura 4.30. Variação da resistência à compressão aos 28 dias de idade com o módulo de finura das areias que compõem as argamassas com traço em volume 1:1:6.....	86
Figura 4.31. Variação das resistências à compressão aos 28 dias de idade com o módulo de finura das areias que compõem as argamassas de traço em volume 1:1:6 e 1:2:9	87
Figura 4.32. Variação da resistência à compressão aos 28 dias de idade das argamassas de traço em volume 1:1:6, com o coeficiente de uniformidade da areia.....	87
Figura 4.33. Variação da resistência à compressão aos 63 dias de idade com o coeficiente de uniformidade das areias (traço em volume 1:1:6).....	88
Figura 4.34. Variação da resistência à compressão aos 7 dias de idade com a relação água/cimento(massa) de todas argamassas	88
Figura 4.35. Variação da resistência à compressão aos 28 dias de idade com a relação água/cimento(massa) de todas argamassas	89
Figura 4.36. Variação da resistência à compressão aos 63 dias de idade com a relação água/cimento(massa) de todas argamassas	89
Figura 4.37. Variação da resistência à tração aos 28 dias de idade com o coeficiente de uniformidade das areias utilizadas nas argamassas de traço em volume 1:1:6	91
Figura 4.38. Variação da resistência à tração aos 63 dias de idade com o coeficiente de uniformidade das areias das argamassas de traço em volume 1:1:6.....	91
Figura 4.39. Variação da resistência à tração por compressão diametral aos 28 dias de idade das argamassas de traço em volume 1:1:6 e 1:2:9 com os coeficientes de uniformidade das areias	92
Figura 4.40. Variação da resistência à tração aos 7 dias de idade com a relação água/cimento(massa) de todas argamassas	92
Figura 4.41. Variação da resistência à tração aos 28 dias de idade com a relação água/cimento(massa) de todas argamassas	93
Figura 4.42. Variação da resistência à tração aos 63 dias de idade com a relação água/cimento(massa) de todas argamassas	93
Figura 4.43. Correlação da resistência à tração por compressão diametral das argamassas com a resistência à compressão na idade de 7 dias de todas argamassas	94
Figura 4.44. Correlação da resistência à tração por compressão diametral das argamassas com a resistência à compressão na idade de 28 dias de todas argamassas	94

Figura 4.45. Correlação da resistência à tração por compressão diametral das argamassas com a resistência à compressão na idade de 63 dias de todas argamassas	95
Figura 4.46. Variação do módulo de deformação estático aos 28 dias de idade com o coeficiente de uniformidade das areias das argamassas de traço em volume 1:1:6.....	97
Figura 4.47. Variação do módulo de deformação estático aos 63 dias de idade com o coeficiente de uniformidade das areias	98
Figura 4.48. Variação do módulo de deformação estático aos 28 dias de idade das argamassas de traço em volume 1:1:6 e 1:2:9, com os coeficientes de uniformidade das areias	98
Figura 4.49. Variação do módulo de deformação estático aos 7 dias de idade com a relação água/cimento(massa) de todas argamassas	99
Figura 4.50. Variação do módulo de deformação estático aos 28 dias de idade com a relação água/cimento(massa) de todas argamassas	99
Figura 4.51. Variação do módulo de deformação estático aos 63 dias de idade com a relação água/cimento(massa) de todas argamassas	100
Figura 4.52. Variação do módulo de deformação estático com a resistência à compressão das argamassas aos 7 dias de idade de todas argamassas	100
Figura 4.53. Variação do módulo de deformação estático com a resistência à compressão das argamassas aos 28 dias de idade	101
Figura 4.54. Variação do módulo de deformação estático com a resistência à compressão das argamassas aos 63 dias de idade	101
Figura 4.55. Variação da absorção de água com o módulo de finura das areias.....	104
Figura 4.56. Variação do índice de vazios com o módulo de finura das areias.....	104
Figura 4.57. Variação da massa específica com o módulo de finura das areias em todas as argamassas	105
Figura 4.58. Variação do índice de vazios com a relação água/cimento(massa).....	105
Figura 4.59. Variação da absorção de água com a relação água/cimento(massa) de todas argamassas com 28 dias de idade	106
Figura 4.60. Variação da massa específica com a relação água/cimento(massa) de todas argamassas com 28 dias de idade	106
Figura 4.61. Variação da massa específica com a relação água/materiais secos(massa) de todas argamassas com 28 dias de idade	107
Figura 4.62. Variação do índice de vazios com a relação água/materiais secos(massa) de todas argamassas com 28 dias de idade	107
Figura 4.63. Variação da absorção de água com a relação água/materiais secos(massa) de todas argamassas com 28 dias de idade	108
Figura 4.64. Variação do índice de vazios com o coeficiente de uniformidade das areias nas argamassas de traço 1:1:6 aos 28 dias de idade.....	108
Figura 4.65. Variação da absorção de água com o coeficiente de uniformidade das areias nas argamassas de traço 1:1:6 aos 28 dias de idade.....	109

Figura 4.66. Variação da massa específica com o coeficiente de uniformidade das areias nas argamassas de traço 1:1:6 aos 28 dias de idade.....	109
Figura 4.67. Absorção por capilaridade aos 7 dias de idade das argamassas de traço em volume 1:1:6	110
Figura 4.68. Absorção por capilaridade aos 28 dias de idade das argamassas de traço em volume 1:1:6	111
Figura 4.69. Absorção por capilaridade das argamassas de traço em volume 1:2:9	111
Figura 4.70. Variação do coeficiente de absorção com o coeficiente de uniformidade das areias.....	116
Figura 4.71. Variação do coeficiente de absorção com o módulo de finura das areias	116
Figura 4.72. Variação do coeficiente de absorção das argamassas com a relação água/cimento	117
Figura 4.73. Variação do coeficiente de absorção das argamassas com a relação agregado/aglomerante.....	117
Figura 4.74. Variação do coeficiente de absorção das argamassas com a relação água/materiais secos	118

Lista de Tabelas

Capítulo 1

Tabela 1.1. Classificação das argamassas	4
--	---

Capítulo 2

Tabela 2.1. Propriedades do conjunto argamassa + base.....	9
Tabela 2.2. Limites granulométricos especificados pela ASTM C 897/83	20
Tabela 2.3. Limites granulométricos especificados pela BSI 1199/76	21
Tabela 2.4. Variação das propriedades da argamassa com a alteração da composição relativa de cimento e cal.....	24
Tabela 2.5. Influência das características granulométricas da areia nas propriedades das argamassas de assentamento	27

Capítulo 3

Tabela 3.1. Características dos aglomerantes.....	32
Tabela 3.2. Massas unitárias das areias.....	33
Tabela 3.3. Apreciação petrográfica das frações.....	34
Tabela 3.4. Aspectos de forma e superfície dos grãos.....	35
Tabela 3.5. Cor predominante da fração.....	36
Tabela 3.6. Limites granulométricos da ASTM	37
Tabela 3.7. Composições granulométricas que atendam os limites da ASTM - (%RA)	38
Tabela 3.8. Limites granulométricos da BSI.....	38
Tabela 3.9. Composições granulométricas que atendam os limites da BSI - (%RA).....	39
Tabela 3.10. Limites granulométricos da ABNT.....	40

Tabela 3.11. Limites granulométricos do IPT.....	40
Tabela 3.12. Limites granulométricos do CSTB.....	41
Tabela 3.13. Composições granulométricas de Fuller (%RA).....	41
Tabela 3.14. Composição granulométrica da solução gráfica.....	41
Tabela 3.15. Composições granulométricas para emboço (porcentagem retida).....	43
Tabela 3.16. Limites granulométricos para reboco (porcentagem retida acumulada).....	45
Tabela 3.17. Composições granulométricas para reboco (porcentagem retida).....	45
Tabela 3.18. Composições granulométricas investigadas (porcentagem que passa).....	44
Tabela 3.19. Massa unitária das frações.....	49
Tabela 3.20. Traços em massa.....	52

Capítulo 4

Tabela 4.1. Volume de vazios e coeficiente de uniformidade das areias utilizadas.....	60
Tabela 4.2. Resultados de ensaios na argamassa fresca - traço (volume) 1:1:6.....	62
Tabela 4.3. Resultados de ensaios na argamassa fresca - traço (volume) 1:2:9.....	62
Tabela 4.4. Resultados de ensaios na argamassa fresca - traço (volume) 1:1:6.....	70
Tabela 4.5. Resultados de ensaios na argamassa fresca - traço (volume) 1:2:9.....	70
Tabela 4.6. Resultados de ensaios na argamassa fresca - traço (volume) 1:1:6.....	74
Tabela 4.7. Resultados de ensaios na argamassa fresca - traço (volume) 1:2:9.....	74
Tabela 4.8. Resultados do ensaio de exsudação (medição volumétrica).....	78
Tabela 4.9. Resultados do ensaio de exsudação - medição em massa.....	79
Tabela 4.10. Resistência à compressão axial das argamassas de traço 1:1:6 (volume).....	85
Tabela 4.11. Resistência à compressão axial das argamassas de traço 1:2:9 (volume).....	85
Tabela 4.12. Resistência à tração por compressão diametral das argamassas de traço 1:1:6 (volume).....	90
Tabela 4.13. Resistência à tração por compressão diametral das argamassas de traço 1:2:9 (volume).....	90
Tabela 4.14. Módulo de deformação das argamassas de traço 1:2:9 (volume).....	96
Tabela 4.15. Módulo de deformação das argamassas de traço 1:1:6 (volume).....	97
Tabela 4.16. Ensaio de absorção por imersão.....	103
Tabela 4.17. Correlação obtida no ensaio de absorção por capilaridade.....	112
Tabela 4.18. Ensaio de absorção por capilaridade - Coeficiente de absorção - Traço 1:1:6 (volume).....	113

Tabela 4.19. Ensaio de absorção por capilaridade - Coeficiente de absorção - Traço 1:2:9 (volume).....	114
Tabela 4.20. Ensaio de absorção por capilaridade - Absorção superficial - Traço 1:2:9 (volume).....	114
Tabela 4.21. Resultados do ensaio de absorção por capilaridade Absorção superficial - Traço 1:1:6 (volume)	115
Tabela 4.22. Ensaio de retração por secagem.....	120
Tabela 4.23. Exigências físicas e mecânicas para argamassas industrializadas	122

Lista de Fotos

Capítulo 3

Foto 3.1. Frações antes da mistura.....	50
Foto 3.2. Frações sendo misturadas para obtenção da areia.....	50
Foto 3.3. Areia pronta para ser usada.....	51

Siglas e Notação

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
BSI	- British Standards Institution
ASTM	- American Society for Testing and Materials
IPT	- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.
RILEM	- International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures
CSTC	- Centre Scientifique et Technique de la Construction
CSTB	- Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
DTU	- Document Technique Unifié
NBR	- Norma Brasileira Registrada
NB	- Norma Brasileira
Cun	- Coeficiente de uniformidade
Cc	- Coeficiente de curvatura
d ₁₀	- Diâmetro correspondente a abertura de malha da peneira que passa 10% em massa.
d ₃₀	- Diâmetro correspondente a abertura de malha da peneira que passa 30% em massa.
d ₆₀	- Diâmetro correspondente a abertura de malha da peneira que passa 60% em massa.
r	- Coeficiente de correlação
%RA	- Porcentagem retida acumulada
Å	- Angström
μ	- Micron

Resumo

Este trabalho visa contribuir para a solução de problemas relacionados com as argamassas de revestimento, através do estudo da influência do agregado miúdo nas características das argamassas, pois são grandes as variações regionais das areias utilizadas e também das diferenças nas composições granulométricas especificadas para esse material. Analisa-se através de resultados experimentais a influência da composição granulométrica da areia nas propriedades das argamassas de cimento e cal para revestimento das edificações. Aborda-se as principais funções dos revestimentos, as características e propriedades das argamassas para revestimento e relata-se vários estudos desenvolvidos sobre o tema.

Foram utilizadas dez areias de diferentes composições granulométricas, cujas granulometrias obedecem os limites especificados por diversas instituições tais como: ABNT, ASTM, BSI, IPT. Foram também preparadas areias a partir da teoria de Fuller e de uma solução gráfica. Estas areias foram produzidas em laboratório a partir de frações retiradas de uma areia de rio que foi lavada, peneirada e seca em estufa. Utilizou-se cimento portland CP II - Z - 32 e de cal hidratada classe CH III.

O trabalho experimental foi desenvolvido com quinze argamassas; sendo cinco com traço em volume 1:2:9 e dez argamassas com traço em volume 1:1:6. Em todas as argamassas utilizou-se areia seca.

Foram realizados ensaios nas argamassas no estado fresco e no estado endurecido. Os ensaios no estado fresco foram consistência, massa específica e teor de ar, retenção de água e de consistência e ensaio de exsudação. No estado endurecido as argamassas foram ensaiadas quanto à resistência à compressão, resistência à tração por compressão diametral, retração por secagem, absorção por imersão, absorção por capilaridade e módulo de deformação estático. Fez-se uma avaliação prévia de várias metodologias especificadas onde sugere-se algumas modificações em diversas metodologias de ensaio para argamassas de revestimento.

A análise dos resultados, mostrou que o módulo de finura, que é um parâmetro muito utilizado para caracterização granulométrica das areias, não é suficiente para avaliar a influência da granulometria nas propriedades das argamassas. Uma análise complementar com a utilização do coeficiente de uniformidade, mostrou que este parâmetro, em conjunto com o módulo de finura, permite melhor determinação da variação das propriedades das argamassas com a granulometria da areia utilizada.

Constatou-se ainda que, em geral, as argamassas que apresentaram os melhores resultados foram obtidas quando utilizou-se areias classificadas como de uniformidade média ou desuniforme.

Abstract

This work shows a research programme developed in order to establish the influence of sand grading on the physical and mechanical characteristics of rendering mortars. The results of an extensive experimental programme of several cement:lime:sand mortars are shown. The literature review describes the main functions of the renderings, together with mortars properties and also the previous works carried out on this subject.

Ten different types of sand grades were used, according to specifications of standard codes as ABNT, ASTM, BSI, IPT. Two other sands were also prepared using the Fuller theory and a graphic solution. The sands were prepared in laboratory from a unique river sand which was washed, sieved and dried in an electric oven. Portland cement CP II-Z-32 and lime class CH III were used.

The experimental work was developed with 15 different mortars: 5 of 1:2:9 mix and 10 1:1:6 mix by volume.

The fresh mortars were submitted to the following tests: mortar flow, specific weight, air entrainment, water retention, consistence retention, exsudation. The hardened mortars were tested to compressive strenght, tensile strenght by the Brazilian method, drying shrinkage, water absorption by 72 hours immersion, capilarity and elastic modulus.

The results showed that the fineness modulus is not enough to indicate the influence of the sand grading on the mortar properties. The uniformity coefficient, used together with the fineness modulus has proved to be give better correlation between the sand grading and the mortar properties. It was also found that mortars with non uniform sands gave better results.

Capítulo 1

Introdução

1. Introdução.....	2
--------------------	---

1. Introdução

Racionalização, controle do desperdício, economia, competitividade, qualidade e desempenho, são termos que norteiam a nova ordem das construtoras neste final de século. Mas estes termos sugerem várias ações a serem desenvolvidas para atingir-se a plenitude desta nova ordem. Ações que devem desenvolver-se em todas as etapas do processo construtivo.

Neste contexto, as argamassas de revestimento também devem ser objeto de investigações para se poder estabelecer as ações necessárias ao seu desenvolvimento. Como a busca da qualidade passa a ser um dos objetivos dos construtores, não se justifica deixar as argamassas de revestimento relegadas a segundo plano. Sendo elas a "pele das edificações", torna-se necessário considerar a sua durabilidade, já que os custos de manutenção são altos e observa-se constantemente problemas patológicos em diversas obras espalhadas de norte a sul do país. Portanto, as argamassas de revestimento devem ter um tratamento, por parte das construtoras, não mais como um trabalho empírico que o pedreiro resolve, mas como um trabalho técnico que envolva o projeto do sistema de revestimento, os materiais, a execução e as instruções de uso e manutenção.

Para atingir estas metas, Cincotto, Silva, Carasek [1] sugerem que as questões básicas a serem respondidas são:

- . Quais são os referenciais de qualidade?
- . Quais são as características dos materiais?
- . Quais são as propriedades da argamassa de revestimento que influem sobre estes referenciais?

Devido ao grande número de variáveis que envolvem o processo, as argamassas de revestimento apresentam dificuldades para o seu correto uso. Vários autores, tais como Lichstenstein[2], Agopyan[3], Sabbatini[4], Cincotto[5], Pinto[6], atribuem estas dificuldades a diversos fatores tais como deficiência de mão-de-obra, projetos inadequados, equipamentos incompatíveis, falta de controle no recebimento dos materiais, especificação inadequada dos materiais, dosagem empírica, execução deficiente dentre outros fatores. Deve-se considerar também que, no Brasil somente recentemente passaram a ser objetos de trabalhos científicos, faltando portanto aos construtores e engenheiros uma base bibliográfica específica sobre as argamassas de revestimento.

Alguns dos problemas apontados podem ser resolvidos evidentemente com ações que envolvam treinamento de mão-de-obra, conscientização dos profissionais envolvidos no processo, utilização de equipamentos e projetos adequados. Selmo[7] apresenta várias recomendações para

a especificação de traços de argamassas de revestimento externo, nas quais são reforçadas as exigências de definição das condições de exposição, a necessidade ou não de implementar detalhes arquitetônicos e construtivos nas fachadas para melhorar a proteção dos revestimentos e o controle tecnológico dos materiais.

Inicia-se avaliando a conceituação dada pela engenharia civil à argamassa que é a de um produto obtido a partir da mistura homogênea de aglomerante(s), agregado(s) miúdos(s) e água, com ou sem aditivos. Definição esta que não diferencia os diversos usos das argamassas.

As argamassas também devem cumprir diversas funções específicas, possuindo então composições e materiais de diversas formas. Tanto as características dos materiais que são utilizados, quanto as suas proporções, exercem influências sobre as propriedades das argamassas seja no estado fresco como no estado endurecido. Normalmente depara-se com problemas regionais de variação dos materiais, uso de traços com proporções variáveis, inclusive dentro de uma mesma região.

Observando-se a diversidade dos tipos de argamassas e dos materiais constituintes, aliado às variações regionais, torna-se difícil então quantificar a influência destas variabilidades nas propriedades das argamassas. Porém, Sabbatini[8] comenta que apesar da dificuldade é possível esta quantificação desde que se elaborem pesquisas que correlacionem as propriedades das argamassas com as características intrínsecas dos agregados.

Para que a pesquisa pudesse atingir o objetivo dentro do prazo existente, várias limitações foram impostas ao desenvolvimento da mesma. Uma das limitações foi quanto ao tipo de argamassa a ser analisada em função dos aglomerantes utilizados e função no revestimento. Optou-se por avaliar argamassa mista de cimento e cal a ser utilizada como emboço e reboco.

Esta classificação foi baseada no projeto de norma 02:102.17-005[9] preparado pela Comissão de Estudo de Argamassa de Assentamento e Revestimento (CE - 02:102.17) do CB-02 - Comitê Brasileiro de Construção Civil da ABNT, que classifica as argamassas conforme a Tabela 1.1.

TABELA 1.1 . Classificação das argamassas [9]

Tipo	Critério de classificação
Argamassa aérea Argamassa hidráulica	Natureza do aglomerante
Argamassa de cal Argamassa de cimento Argamassa de cimento e cal	Tipo de aglomerante
Argamassa simples Argamassa mista	Número de aglomerantes
Argamassa de chapisco Argamassa de emboço Argamassa de reboco	Função no revestimento

A escolha da argamassa mista de cimento e cal foi baseada nas conclusões de Guimarães, Cincotto, Nóbrega[10] que comprovaram que a adição de cal a uma argamassa de areia e cimento pode ser sempre positiva. Rosello[11] concluiu que a cal diminui a tensão superficial da pasta e Sabbatini[8] indica que fundamentalmente a cal melhora as propriedades ligadas à trabalhabilidade e à capacidade de absorver deformações, além desta argamassa ser tradicionalmente usada em diversas regiões do país.

Entre as propriedades intrínsecas do agregado miúdo optou-se por avaliar a influência da composição granulométrica da areia nas propriedades das argamassas de revestimento pois, vários autores têm sistematicamente alertado de que esta propriedade é fator determinante na variação das propriedades das argamassas, sendo que a norma brasileira NBR 7200/82[12] prescreve que a granulometria dos agregados deva ser considerada na escolha dos revestimentos. Sabbatini[8] apresenta uma tabela com a influência qualitativa das características dos grãos de areia nas propriedades das argamassas, apesar de que este autor refere-se às argamassas de assentamento. Selmo[7] considera que a distribuição granulométrica da areia influencia o índice de vazios que por sua vez interfere no consumo de aglomerante da argamassa.

Cincotto, Marques, Helene[13] comentam que os aglomerantes de boa qualidade contribuem para as propriedades desejadas das argamassas, mas, o que mais contribui segundo os autores é a distribuição granulométrica do agregado e a proporção adequada dos constituintes. Sinha[14] conclui que é muito claro o efeito da granulometria da areia na resistência de aderência entre argamassa de assentamento e o bloco, Davison[15] também conclui que as propriedades das argamassas são seriamente afetadas pela variação da composição granulométrica das areias. Vários outros autores comentam da interferência da composição granulométrica da areia nas

propriedades das argamassas, sendo que, muitos trabalhos referem-se às argamassas de assentamento.

Na definição das composições granulométricas a serem investigadas, resolveu-se não realizar um estudo regional abrangendo somente as composições granulométricas de uma determinada região. Pela revisão bibliográfica verificou-se que as diversas normas de especificação para as areias de argamassas de revestimento (ABNT, BSI, ASTM, IPT) estabelecem intervalos de granulometrias admissíveis bastante diferenciados. Optou-se então em usar granulometrias de areias que estivessem nos extremos destes diferentes limites.

O desenvolvimento desta dissertação é composto de 5 capítulos. No capítulo 2 apresenta-se definições sobre argamassas de revestimento, usos e as funções destas argamassas. De posse destes dados analisa-se as propriedades das argamassas que devam ser investigadas tanto no estado fresco quanto no estado endurecido. Apresenta-se as definições pertinentes às características granulométricas de agregado miúdo bem como as diversas formas de expressão destas características.

No capítulo 3, descreve-se o procedimento adotado na realização do trabalho experimental. Inicia-se com o procedimento adotado para definir as composições granulométricas que foram objeto de estudo. A seguir descreve-se como foram obtidas as diversas areias estudadas. Com as areias definidas, descreve-se a metodologia de transformação dos traços, bem como os diversos ensaios realizados nos materiais utilizados. Um outro aspecto que consta deste capítulo é a análise de diversos métodos de ensaios para argamassas a partir da qual definiu-se uma metodologia para a realização dos mesmos.

No capítulo 4, faz-se a apresentação dos resultados dos ensaios e as análises estatísticas dos mesmos. Os resultados são normalmente apresentados em formas de tabelas com os valores médios obtidos, enquanto os resultados de todos os corpos de prova ensaiados são apresentados no anexo A. Apresenta-se também uma análise comparativa das diversas especificações analisadas.

No Capítulo 5 as diversas correlações obtidas são resumidas e propõe-se uma formulação da análise granulométrica das areias para argamassas, levando-se em consideração os diversos parâmetros granulométricos analisados. Apresenta-se ainda neste capítulo sugestões de novas pesquisas que julga-se necessárias para o desenvolvimento das argamassas.

Capítulo 2

Argamassas de Revestimento

2.1. Funções dos revestimentos	7
2.2. Propriedades no estado fresco	9
2.2.1. Trabalhabilidade	9
2.2.2. Consistência e Plasticidade.....	10
2.2.3. Retenção de água e de consistência.....	10
2.2.4. Massa específica aparente e teor de ar.....	11
2.2.5. Exsudação de água	12
2.3. Propriedades no estado endurecido.....	12
2.3.1. Resistência mecânica	12
2.3.2. Módulo de deformação.....	13
2.3.3. Aderência	13
2.3.4. Permeabilidade	14
2.3.5. Estabilidade volumétrica.....	14
2.4. Características dos agregados miúdos.....	15
2.5. Especificações normalizadas de agregados miúdos.....	19
2.6. Influência dos materiais constituintes	21
2.6.1. Cimento.....	22
2.6.2. Cal	23
2.6.3. Areia	26

2.1. Funções dos revestimentos

As argamassas empregadas na construção de edifícios podem ser de diversos tipos. Azeredo[17], definiu-a como "materiais de construção constituídos por uma mistura íntima de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo e água podendo ainda ser adicionados produtos especiais" e pode-se ter argamassas para assentamento, revestimento, grauteamento e rejuntas. A norma brasileira NBR 7200/82[12] define argamassa como "mistura de aglomerantes e agregados minerais com água, possuindo capacidade de endurecimento e aderência". Esta norma está em revisão e a sugestão para a definição de argamassa de revestimento é a de ser "mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos e adições, com propriedades de aderência e endurecimento". Porém, como esta definição é muito ampla, as argamassas foram classificadas quanto à natureza do aglomerante, tipo de aglomerante, número de aglomerante, propriedades específicas, função no revestimento e forma de preparo ou fornecimento.

Na norma brasileira NBR 7200/82[12], são exigidas algumas condições para as argamassas empregadas em revestimentos e do próprio revestimento acabado. Dos revestimentos externos são exigidos resistência às intempéries e grau de permeabilidade ao vapor de água compatível. Os revestimentos internos devem oferecer uniformidade das características superficiais, serem permeáveis ao vapor de água, possuir absorção capilar e serem aptos a receber o acabamento final.

No projeto de revisão desta norma, projeto 02:102.17-001[18], sugere-se que os revestimentos devem apresentar textura uniforme e ter um mínimo de imperfeições ou falhas, além de satisfazer às seguintes condições:

- ser compatível com o acabamento decorativo;
- ter resistência mecânica decrescente ou uniforme, a partir da primeira camada em contato com a base, sem comprometer a sua durabilidade ou acabamento final;
- ser constituído por uma ou mais camadas superpostas de argamassas contínuas e uniformes
- ter propriedade hidrofugante, em caso de revestimento externo sem pintura e base porosa;
- ter propriedade impermeabilizante, em caso de revestimento externo de superfícies em contato com o solo;
- resistir à ação de variações normais de temperatura e umidade do meio, quando externos;

Em resumo, são atribuídas aos revestimentos as funções principais de regularização, decoração e proteção da base. Cincotto, Silva, Carasek[1] salientam que "embora a função do revestimento seja a de simplesmente cobrir as irregularidades da parede e ser parte constituinte do acabamento estético da edificação, pode, ainda, contribuir para as exigências funcionais de

segurança e habitabilidade da edificação". Então, as funções do revestimento podem ser caracterizadas pela segurança, habitabilidade, compatibilidade com a base e compatibilidade entre materiais. O revestimento deve apresentar estabilidade mecânica e dimensional e resistência ao fogo e deve também constituir-se em uma barreira à penetração de água, além de contribuir para o conforto acústico.

Vários outros autores também, têm discorridos sobre as funções e requisitos de desempenho dos revestimentos argamassados, podendo-se citar os trabalhos de Martinelli[19], Selmo[7], Carneiro[20], Perez[21], Agopyan[3]. Basicamente, todos os autores concordam e salientam que as condições de desempenho são afetadas por vários fatores sendo que alguns destes fatores dizem respeito às propriedades e aos atributos dos materiais utilizados no revestimento.

A NBR 7200/82[12] considera que os revestimentos argamassados sejam constituídos de emboço e reboco. No projeto de revisão desta norma, as argamassas empregadas em revestimento devem satisfazer às seguintes condições:

- os materiais e as respectivas proporções de dosagem devem ser compatíveis com o acabamento e as condições de exposição previstas;
- ter resistência mecânica compatível com o acabamento decorativo selecionado;
- quando coloridas, o pigmento empregado deve resistir à ação da radiação ultravioleta e à alcalinidade das mesmas;

As principais propriedades das argamassas que afetam o desempenho do revestimento tem sido motivo de vários trabalhos técnicos. Selmo[7] apresenta uma lista de propriedades relacionadas pelo Comitê 13-MR da RILEM. Martinelli[19] também relata o estudo de vários autores e apresenta uma tabela com as propriedades das argamassas de emboço e reboco, dentre outras argamassas.

Cincotto, Silva, Carasek[1] assinalam que para estabelecimento das propriedades das argamassas que atuam sobre o desempenho do conjunto revestimento + base deve-se considerar o período em que se encontra: se no estado fresco, se após a aplicação sobre a base onde a argamassa encontra-se em endurecimento, se no período de uso da edificação onde o revestimento está sob a ação dos usuários e das condições de exposição. A partir desta análise sintetiza-se na Tabela 2.1 as propriedades ou características em função dos requisitos básicos. Pode-se distinguir algumas propriedades que são relatadas pelos diversos autores, tanto das argamassas no estado fresco quanto no estado endurecido.

TABELA 2.1. Propriedades do conjunto argamassa + base.[1]

Requisitos básicos	Propriedades ou características do conjunto argamassa e base.
Segurança	resistência mecânica (resistência à tração e compressão, resistência ao desgaste superficial - abrasão; resistência ao impacto; resistência ao fogo)
Habitabilidade	estanqueidade à água; isolamento térmico e isolamento acústico
Compatibilidade com a base	consistência; plasticidade; trabalhabilidade; aderência; permeabilidade; índice de sucção
Compatibilidade entre materiais	durabilidade

2.2. Propriedades no estado fresco

2.2.1. Trabalhabilidade

A RILEM no documento MR-3[22] considera trabalhabilidade como a facilidade do pedreiro trabalhar com a argamassa, isto é, pode ser entendida como o conjunto de fatores da argamassa que conferem boa qualidade e produtividade na sua aplicação. Para argamassas de revestimento, traduz-se em uma adequada aderência ao substrato e facilidade de acabamento superficial. Trabalhabilidade é pois uma propriedade resultante, de várias outras tais como consistência, plasticidade, retenção de água, coesão e tixotropia. Acrescenta-se a estas propriedades, outras tais como exsudação, tempo de pega e adesão inicial.

Selmo[7] acrescentou uma definição do ponto de vista prático muito expressiva onde, diz que "uma argamassa de revestimento tem boa trabalhabilidade quando se deixa penetrar com facilidade pela colher do pedreiro, sem ser fluida; ao ser transportada para a desempenadeira e lançada contra a base mantém-se coesa, porém sem aderir à colher; e permanece úmida o suficiente para ser espalhada, sarrafeada e ainda receber o tratamento superficial previsto".

Esta propriedade é considerada muito importante porém de difícil quantificação. Vários métodos de ensaios tem sido propostos. Porém, nenhum dos métodos é capaz de fornecer um número que possa expressar a trabalhabilidade pois esta não depende só das características intrínsecas das argamassas, mas também das propriedades do substrato e da habilidade do pedreiro.

2.2.2. Consistência e plasticidade

A RILEM no documento MR-3[22] admite que a consistência e a plasticidade são as propriedades reológicas básicas que caracterizam a trabalhabilidade das argamassas e define consistência como "a propriedade da argamassa pela qual esta tende a resistir à deformação", isto é, a maior ou menor facilidade da argamassa deformar-se sob ação das cargas. A plasticidade por sua vez, é a propriedade pela qual, a argamassa tende a reter a deformação, após a redução do esforço de deformação.

Os métodos de ensaio que empregam a penetração de um corpo no interior da argamassa, avaliam a sua consistência e os métodos que utilizam de vibração ou choque para introduzir uma deformação à argamassa, medem a consistência e a plasticidade ao mesmo tempo, como é o caso do "flow table test".

Geralmente, classificam-se as argamassas segundo a consistência em argamassas secas, plásticas ou fluidas. Carasek, Djanikian[23] explicam que "normalmente o pedreiro corrige primeiramente a trabalhabilidade da argamassa alterando a quantidade da água de amassamento e que esta adição de mais ou menos água diz respeito à consistência ou fluidez. Depois de ajustada a consistência é que o pedreiro faz novo julgamento, onde avalia a plasticidade da argamassa em ásperas, pobres ou magras e plástica ou macia".

2.2.3. Retenção de água e de consistência

Define-se retenção de água como a capacidade da argamassa em reter a água de amassamento quando em contato com uma superfície absorvente. Ou ainda, é a capacidade da argamassa no estado fresco em manter sua consistência quando submetida a solicitações que

provocam perda de água de amassamento seja por evaporação, sucção ou absorção por uma superfície.

A retenção de água nas argamassas de revestimento interfere no tempo disponível de aplicação, regularização e desempenho da argamassa. Esta propriedade também influi em algumas propriedades do estado endurecido pois afeta as condições de hidratação do cimento e a carbonatação da cal que são os responsáveis pela evolução do endurecimento da argamassa. Como a retenção interfere na velocidade de evaporação da água de amassamento, também influi na retração por secagem das argamassas. Selmo[7] resume que a retenção de água das argamassas "interfere não só no trabalho de acabamento do revestimento, mas também em propriedades no estado endurecido, seja por questões de espalhamento, contato com a base e retenção de umidade".

A retenção de consistência é determinada após o ensaio de retenção de água. Isto porque com a perda da água de amassamento, a argamassa terá sua consistência afetada que, interferirá por sua vez, na trabalhabilidade da argamassa. Davison[15] concluiu que a "perda substancial de água das argamassas quando em contato com uma base absorvente, ocorre nos primeiros cinco minutos e, a maior perda ocorre nos dois primeiros minutos".

2.2.4. Massa específica aparente e teor de ar

A massa específica aparente constitui-se na relação entre a massa do material e o volume incluindo os vazios a uma temperatura estabelecida. Os vazios presentes na argamassa contêm ar aprisionado ou espaços deixados pela evaporação do excesso de água de amassamento.

Para argamassas produzidas com materiais de mesma massa específica, porém com diferentes volume de vazios, a que apresentar o menor volume de vazios apresentará a maior massa específica. Sabe-se ainda que o teor de ar tem influência sobre a trabalhabilidade e também na resistência de aderência dos revestimentos.

2.2.5. Exsudação de água

O fenômeno de separação de parte da água de amassamento de uma argamassa fresca mantida em repouso sem vibrações ou choques, é definido como exsudação de água. Em geral, nas argamassas de consistência plástica a fluida manifesta-se a exsudação da água. Esta propriedade interfere na trabalhabilidade pois, exige remisturas frequentes para homogeneização da argamassa e segundo Selmo[7] pode interferir na capacidade de adesão da argamassa ao ser lançada contra a base.

Um dos métodos de ensaio para determinação desta exsudação da água é proposto pela RILEM no documento MR-6[24] que determina a tendência de separação da água de amassamento das argamassas, também definida como "Bleeding".

2.3. Propriedades no estado endurecido

2.3.1. Resistência mecânica

A resistência mecânica das argamassas pode variar dependendo das diferentes solicitações a que estará submetida. A argamassa deverá ter resistência para suportar a movimentação da base que poderá ocorrer por recalques ou por variação dimensional por umedecimento e secagem ou ainda pela dilatação e contração do revestimento devido às variações de temperatura. Estas solicitações poderão provocar fissuras ou falha na aderência entre a argamassa e a base ou entre as camadas de argamassa, que deverão ser combatidas pela resistência mecânica das argamassas.

Apesar da resistência mecânica não ser uma propriedade fundamental como o é para concreto, justifica-se a análise desta propriedade pois, está relacionada com várias outras propriedades como por exemplo com a elasticidade das argamassas que interferem na durabilidade dos revestimentos argamassados.

2.3.2. Módulo de deformação

O módulo de deformação representa a capacidade das argamassas de dissiparem as tensões a que estão submetidas. Selmo[7] comenta que "os revestimentos devem apresentar capacidade de deformação para poder deformar-se sem ruptura ou através de microfissuras que não comprometam a aderência, estanqueidade e sua durabilidade".

A elasticidade das argamassas pode ser expressa pelo seu módulo de elasticidade quando submetida a esforços de compressão. Observa-se que durante a retração das argamassas por perda de umidade aliada aos efeitos de retração térmica ou de esforço de natureza externa, a argamassa estará sob um estado de tensões internas de tração e cisalhamento. Porém, devido a dificuldade de quantificar os módulos de deformação à tração e ao cisalhamento, usa-se o módulo de deformação à compressão.

2.3.3. Aderência

Conceitua-se aderência como a capacidade da argamassa de resistir à tensões normais ou tangenciais à superfície de interface entre camadas. Segundo Martinelli[19], a aderência deve ser analisada quanto à sua resistência, isto é, capacidade mecânica de resistir a esforços normais de tração e tangenciais de cisalhamento, e também quanto à extensão de aderência que é definida pela relação entre a área de contato efetivo e a área total da base a ser revestida.

Cincotto, Silva, Carasek[1] esclarecem que "a aderência é significativamente influenciada pelas condições da base, como a porosidade e absorção de água, resistência mecânica, textura superficial e pelas próprias condições de execução" onde exige-se um assentamento homogêneo sem descontinuidades excessivas. Deve entretanto ser enfatizada também a influência da capacidade de retenção de água da argamassa na aderência do revestimento.

2.3.4. Permeabilidade

A permeabilidade, ligada à estanqueidade, influencia a habitabilidade da edificação conforme mostrado na Tabela 2.1. A permeabilidade à água caracteriza a passagem de água através da argamassa ocasionada por infiltração sob pressão, por capilaridade onde a água é absorvida pelos materiais quando em contato superficial com a água, mas com baixa pressão hidrostática, ou ainda por difusão de vapor d'água.

Da permeabilidade ao vapor d'água depende a velocidade de secagem do revestimento após um período de chuva ou da umidade de condensação interna. A permeabilidade à água de argamassas ou de sistemas de revestimento pode ser avaliada por ensaios tecnológicos, sendo que Selmo[7] ressalta que para efeitos práticos, são considerados os ensaios relativos à medição da absorção de água capilar.

A absorção de água capilar de um revestimento deve ser inferior à da base a revestir e quanto menor esta permeabilidade, melhor a proteção da base contra as intempéries, desde que possua permeabilidade ao vapor d'água. Nos revestimentos permeáveis, as camadas de revestimento devem ter uma capacidade mínima de permeabilidade ao vapor d'água para permitir a evaporação da água provenientes de condensação ou umidade de infiltração que penetra através de fissuras[25]. Estas deverão ser facilmente eliminadas o que diminui a possibilidade de descolamento dos revestimentos, além de outras patologias.

2.3.5. Estabilidade volumétrica

Nas argamassas ocorrem diminuição volumétrica devido a influência das reações químicas de hidratação do cimento portland ou pelas variações de umidade e temperatura. Durante a aplicação da argamassa, esta perde água de amassamento para a base e também por evaporação, ocasionada pela incidência solar, velocidade do ar, temperatura e umidade relativa.

Esta propriedade tem papel fundamental no desempenho do revestimento, pois afeta a estanqueidade e a durabilidade do mesmo. Porém, a retração depende, em muito, da base a ser revestida e os ensaios realizados nas argamassas isoladamente, não conseguem reconstituir todos os complexos fenômenos dos quais decorrem a retração, tornando-se portanto uma propriedade de difícil quantificação.

2.4. Características dos agregados miúdos

A definição de agregado miúdo proposta no projeto de norma da ABNT 02:102.17-004[26] é a mesma da NBR 7211/82[27] na qual o agregado miúdo é "uma areia de origem natural ou resultante do britamento de rochas estáveis, ou a mistura de ambos, cujos grãos passam pela peneira ABNT 4,8mm e ficam retidos na peneira ABNT 0,075mm".

Uma das características dos agregados miúdos é a sua composição mineralógica. Esta composição pode ser analisada segundo os procedimentos recomendados na NBR 7389/82[28] - "Apreciação Petrográfica de Agregados" que informa sobre a forma dos grãos, a composição mineralógica e petrográfica essencial, presença de elementos mineralógicos nocivos. Como minerais nocivos entende-se aqueles que reagem ou possam vir a apresentar reação com a pasta de cimento. Além destes, devem ser identificados também os grãos friáveis que são aqueles que apresentam resistência mecânica inadequada, podendo ser desagregados sob pressão manual.

Esta caracterização indica a aproveitabilidade ou não do material sob o ponto de vista petrográfico. Vários autores como Bucher[29] e Agopyan[30] têm descrito a ação de materiais deletérios dos agregados nos concretos e argamassas.

Selmo[16] apresenta uma tabela identificando os efeitos sobre o revestimento devidos a presença de grãos deletérios e friáveis na areia empregada na produção da argamassa. A recomendação das normalizações é que a areia seja composta de grãos minerais duros, limpos e não devem conter substâncias de natureza e em quantidade que possam afetar a hidratação e o endurecimento do cimento, a durabilidade e o aspecto visual dos revestimentos.

Outro aspecto que deve ser avaliado é quanto à superfície dos grãos. São poucos os trabalhos que quantificaram a interferência da forma dos grãos nas propriedades das argamassas. Sabbatini[8] apresenta a influência qualitativa da forma dos grãos nas propriedades das argamassas no estado fresco e no estado endurecido. Selmo[7] também comenta que a influência da forma dos grãos é muito acentuada nas propriedades das argamassas.

Quanto à forma dos grãos, o projeto de revisão da NB 47/92[31], os classifica quanto ao grau de esfericidade em alto ou baixo e o grau de arredondamento em anguloso, subangulosos, subarredondado ou arredondado. Este mesmo projeto de norma também descreve as superfícies dos grãos classificando-os em polidos, foscos ou rugosos.

Devido à grande variedade de forma e composição mineralógica das areias existentes, torna-se difícil a quantificação da variação destas características dos agregados miúdos nas propriedades das argamassas de revestimento. Então, com o intuito de não acrescentar estas variáveis neste trabalho, utilizou-se uma única areia da qual foram obtidas as diversas frações.

Outra característica considerada de grande importância é a composição granulométrica do agregado. Por definição, granulometria de uma areia é a proporção dos vários tamanhos de partículas presentes nesta areia. Uma análise granulométrica é realizada quando se deseja obter informações quantitativas da distribuição de tamanhos de grãos presentes. Esta análise é realizada a partir do peneiramento do material empregando-se peneiras de diferentes dimensões de malha. No Brasil, estas peneiras estão especificadas na NBR 5734/80[32] onde utilizam-se malhas quadradas, cuja abertura é caracterizada pela menor distância entre os bordos de dois fios paralelos que formam os lados opostos do quadrado da malha. Nesta norma estão especificadas as diversas aberturas das malhas das peneiras.

A representação gráfica mais adequada de um material fragmentado envolve a distribuição do tamanho das partículas por massa. Esta distribuição é obtida no peneiramento através das massas das frações retidas ou passantes numa série de peneiras. De posse desta distribuição pode-se traçar as referidas curvas granulométricas que representam a função diâmetros de partículas e porcentagens de ocorrência de um dado material. Nesta análise, nada se pode inferir sobre a forma e o arranjo geométrico de suas partículas.

As leituras das curvas granulométricas podem indicar diferentes tipos de granulometrias. Uma granulometria contínua é aquela que contém todos os tamanhos de grãos, isto é, existe uma distribuição normal de tamanhos de grãos e a curva granulometria apresenta-se contínua, conforme pode ser visualizado na Figura 2.1. Uma granulometria descontínua, também denominada granulometria aberta, é aquela em que faltam certas frações granulométricas, e a curva então apresenta patamares conforme pode ser visualizado na Figura 2.1.

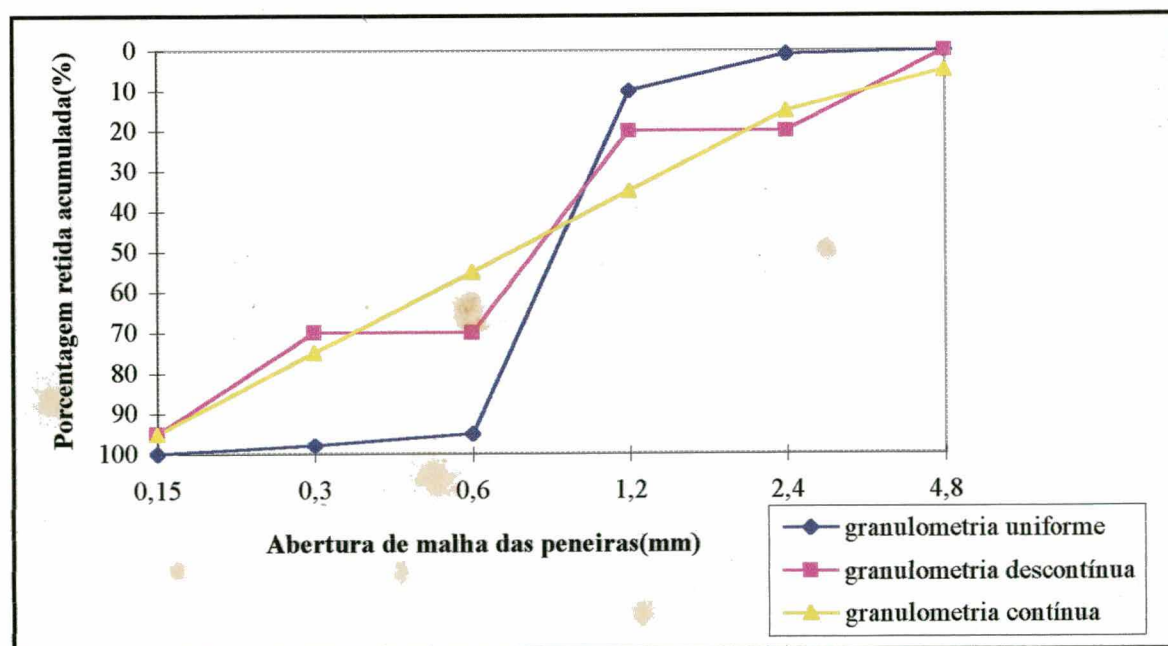


FIGURA 2.1. Curvas granulométricas contínua, descontínua e uniforme.

Estas granulometrias podem ainda ser classificadas como bem graduadas ou mal graduadas, conforme apresentem, ou não, predomínio de determinadas frações em detrimento de outras frações. Pode-se ter ainda granulometrias denominadas de uniforme que são as formadas por grãos que, aproximadamente, apresentam os mesmos tamanhos. Uma curva uniforme apresenta-se muito inclinada, isto é, com grande coeficiente de declividade, significando uma predominância de poucos tamanhos de grãos. Segundo Hummel[33], ao dizer de grão único, entende-se como a fração que fica retida entre duas peneiras cujas aberturas de malhas apresentem uma relação de 2 ou de $\sqrt{2}$.

Observa-se entretanto que, as definições para caracterizar uma distribuição granulométrica em contínua, descontínua, bem ou mal graduada ou ainda uniforme, são qualitativas deixando margem de dúvida quando de suas interpretações. Assim uma areia que apresentar todos os tamanhos de grãos, porém, com porcentagens distintas poderá não ser uma granulometria contínua. Ainda, se uma areia apresentar uma concentração de grãos em duas frações granulométricas poderá ser caracterizada como uma granulometria uniforme.

No intuito de tentar quantificar, isto é, encontrar parâmetros que auxiliem nestas classificações, encontrou-se na mecânica dos solos, conceitos que auxiliam nesta análise quantitativa das curvas granulométricas. Caputo[34] e Taylor[35], utilizam-se dos parâmetros definidos por Allen Hazen que são o diâmetro efetivo e o grau de uniformidade. Inicialmente estes parâmetros foram utilizados por Allen Hazen para estudar a permeabilidade das areias usadas para filtros.

Estes parâmetros são utilizados para calcular o Coeficiente de Uniformidade e o Coeficiente de Curvatura. O Coeficiente de Uniformidade (C_u) é a relação entre os diâmetros correspondentes a abertura de malha que passa 60% e 10% em massa. Considera-se na mecânica dos solos, como granulometria muito uniforme aquela com $C_u < 5$, granulometria com uniformidade média se $5 < C_u < 15$ e desuniforme quando $C_u > 15$. O Coeficiente de Curvatura (C_c) é definido pela expressão (1), onde d_{30} é o diâmetro correspondente a 30% da porcentagem que passa. Para granulometria bem graduada, o coeficiente de curvatura está compreendido entre 1 e 3.

$$C_c = (d_{30})^2 / (d_{60} \times d_{10}) \quad (1)$$

A norma brasileira NBR 7217/87[36] especifica o método de ensaio para determinação da composição granulométrica de agregados para concreto. Nesta norma, o resultado é expresso em porcentagem retida e retida acumulada em cada peneira. Além disto, determina-se também a dimensão máxima característica e o módulo de finura do agregado. Por dimensão máxima característica entende-se a abertura nominal, em mm, da malha da peneira na qual o agregado

apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa. O módulo de finura é calculado como a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100

O módulo de finura foi definido inicialmente por Abrams[37] quando estudou os efeitos na resistência dos concretos proveniente da granulometria dos agregados. Abrams[37] em sua análise concluiu que existe uma íntima relação entre a curva granulométrica dos agregados com o módulo de finura. O autor classificou como areia bem graduada, passando na peneira de malha 4,78mm, aquela com módulo de finura em torno de 3,00 e areia fina com módulo de finura menor do que 1,50. Este autor definiu o módulo de finura como a medida da área abaixo da curva granulométrica obtida, plotando-se nas ordenadas as porcentagens que passam nas peneiras, em escala aritmética, e nas abcissas as aberturas das malhas das peneiras em escala logarítmica. Concluiu o autor que qualquer agregado que após análise granulométrica apresentar a mesma área, terão aos mesmos módulos de finura e então necessitam da mesma quantidade de água de amassamento para produzir concretos de mesma plasticidade e portanto de mesma resistência, contanto que não seja muito grosso para a quantidade de cimento usada.

A relação matemática em cada fração, entre o módulo de finura e o diâmetro das partículas é definida pela expressão (2), onde m = módulo de finura e d = diâmetro das partículas em polegadas. Foram utilizadas as peneiras da série Tyler de 100 até 1½ polegadas de aberturas de malhas onde cada peneira tinha o dobro da abertura de malha da anterior.

$$m = 7,94 + 3,32 \log d \quad (2)$$

Hummel[33] afirma que os agregados equivalentes, apesar de terem iguais índices de finura estão sujeitos a cumprir com outras condições secundárias. Para o autor, na mistura dos agregados com cimento, tem importante papel o volume de poros. Afirma também que a área específica dos grãos desempenham papel muito mais importante. Ensaios realizados pelo autor confirmaram que, com agregados que apresentam o mesmo módulo de finura, somente correspondem a concretos de iguais resistências no caso dos agregados apresentarem pelo menos três frações granulométricas sendo que, uma destas frações deve ser de grãos finos.

Apesar destes estudos terem sido realizados para concretos, a classificação das areias para argamassas de revestimento, também considera o módulo de finura em areias grossas, médias e finas. Selmo[16] apresenta uma tabela de classificação onde areia grossa apresenta módulo de finura maior que 3,00; areias médias o módulo de finura varia de 2,00 à 3,00 e areias finas apresentam módulo de finura menor que 2,00.

Convém comentar que na determinação do módulo de finura das areias, o cálculo é realizado até os grãos de diâmetro 0,150mm inclusive, porque para diâmetros abaixo deste valor, obter-se-ia valores negativos para o módulo de finura, adotando-se sempre que a próxima peneira tenha a metade da abertura de malha da anterior. Observa-se então que entre as peneiras de abertura de malha 0,150mm e 0,075mm, nenhuma consideração é feita pelos autores citados. Além disso, nas argamassas, o agregado miúdo concorre em maior proporção na mistura total dos materiais do que no concreto, evidenciando talvez que, como o teor de material abaixo da peneira 0,150mm na argamassa seja maior do que para concreto, o comportamento das argamassas em relação ao módulo de finura não seja o mesmo observado para concretos.

2.5. Especificações normalizadas de agregados miúdos

Existem diversas normas nacionais e estrangeiras que especificam os agregados miúdos para as argamassas de revestimento. No Brasil, as principais especificações são provenientes da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. A norma de ABNT, NBR 7200/82[12] especifica que o agregado deve ser uma areia natural ou areia artificial resultante do britamento de rochas estáveis, de granulometria controlada. Esta norma especifica que o teor de materiais finos de natureza argilosa não deve ultrapassar 5% em massa, onde materiais finos são os grãos de granulometria inferior à 0,09mm.

Quanto à forma dos grãos é recomendada a forma arredondada. A granulometria das areias para revestimento é especificada em função do seu emprego, sendo que para emboço a dimensão nominal máxima deve ser de 3mm e para reboco de 1mm. Esta norma considera como areias próprias para revestimento aquelas em que a fração com diâmetro de grão de até 0,2mm represente entre 10 e 25% em massa.

A especificação ES-5/81[38] do IPT sugere areias de granulometrias contínuas e limita os teores de argila em 1,0% e 0,5% para emboço e reboco respectivamente. Esta especificação também limita o teor de materiais pulverulentos em 5% para emboço e 8% para reboco. Quanto a granulometria das areias para emboço, estas devem ter uma porcentagem retida acumulada na peneira ABNT 9,5mm menor ou igual a 1%, na peneira ABNT 4,8mm a porcentagem retida acumulada pode variar de 5 a 25% e na peneira ABNT 0,150mm a porcentagem retida acumulada deve ser maior do que 85%. Para reboco não é admitido material retido na peneira ABNT 4,8mm,

enquanto a porcentagem retida acumulada na peneira ABNT 2,4mm deve ser no máximo 5% e na peneira ABNT 0,150mm maior do que 75%.

A norma americana da American Society for Testing and Materials - ASTM C 897/83[39] especifica que o teor de materiais pulverulentos deve ser no máximo 3% e as partículas friáveis no máximo 1%. Quanto à granulometria, a composição granulométrica das areias para emboço e reboco devem variar conforme os limites apresentados na Tabela 2.2, sendo que para reboco não pode ter material retido na peneira de abertura de malha 2,36mm. Especifica ainda que, além destes limites, não pode ter mais do que 50% retido entre duas peneiras consecutivas e não mais do que 25% retido entre as peneiras de aberturas de malha 0,300mm e 0,150mm. Admite também que o módulo de finura das areias possa variar de 2,05 a 3,05.

TABELA 2.2. Limites granulométricos especificados pela ASTM C 897/83

Abertura de malha da peneira(mm)	% Retida acumulada
4,75	0
2,36	0 - 10
1,18	10 - 40
600 μm	30 - 65
300 μm	70 - 90
150 μm	95 - 100

A norma inglesa BSI 1199/76[40] especifica que o teor máximo de materiais pulverulentos deva ser de 5% e que os grãos da areia sejam duros, limpos, livres de impregnações superficiais como argila e isentas de torrões de argila. Especifica ainda que as areias tenham granulometria uniformemente distribuída ou contínua. A granulometria para emboço e reboco deve atender os limites apresentados na Tabela 2.3, sendo que estes limites podem ser ultrapassados, no somatório, em até 5% com exceção da primeira peneira da série.

TABELA 2.3. Limites granulométricos especificados pela BSI 1199/76

Abertura de malha da peneira(mm)	Porcentagem que passa em massa (%)	
	Emboço	Reboco
5,00	100	100
2,36	90 - 100	100
1,18	70 - 100	90 - 100
600 μm	40 - 80	55 - 100
300 μm	5 - 40	5 - 50
150 μm	0 - 10	0 - 10

O Centre Scientifique et Technique du Batiment - CSTB especifica no DTU 26-1/1978[41] que as areias devem ser compostas de grãos de rochas estáveis, não devem conter teores elevados de grãos lamelares e ter granulometria contínua. Esta norma especifica que para emboço, a porcentagem retida acumulada na peneira de abertura de malha 3,15mm deve ser no máximo de 15% e na peneira de abertura de malha 0,10mm a porcentagem retida acumulada pode variar de 85 a 100%. Para reboco a areia deve ser rica em grãos finos, a porcentagem retida acumulada na peneira de abertura de malha 2,0mm pode variar de 0 a 15% e na peneira de abertura de malha 0,10mm a porcentagem retida acumulada pode variar de 85 a 100%.

Pode-se observar que normalmente são recomendados, na maioria das especificações, areias compostas por grãos de minerais duros, inertes, compactos, limpos e baixos teores de impurezas orgânicas e inorgânicas e a granulometria deve ser contínua. Algumas especificações sugerem também que sempre que o agregado não atender integralmente os limites especificados, deve-se verificar a possibilidade de utilização dos mesmos a partir de análises comparativas de ensaios laboratoriais com areias que atendam as especificações.

2.6. Influência dos materiais constituintes

Várias pesquisas tecnológicas correlacionam as principais propriedades das argamassas com os materiais usados na sua produção. Como estão sendo avaliadas somente as argamassas mistas de cal e cimento, analisa-se a influência em separado da cal, do cimento e da areia. A água é avaliada em conjunto com os materiais citados pois, a plasticidade e consistência adequada da

argamassa demanda uma quantidade ótima de água que por sua vez é função do proporcionamento e natureza dos materiais.

Cincotto, Silva, Carasek[1] apresentam uma tabela que relaciona as prováveis causas para diversas manifestações de desempenho inadequado dos revestimentos de argamassa. Destas causas muitas referem-se ao proporcionamento dos materiais. Então, nestas análises procura-se verificar a influência do proporcionamento e das características físicas dos materiais, apesar das outras influências advindas do processo de mistura, da qualidade da base a ser revestida, das condições ambientais e processos de execução.

2.6.1. Cimento

Os cimentos que se apresentam com maior finura podem tornar as argamassas mais trabalháveis pois, sendo a consistência um dos principais fatores na trabalhabilidade das argamassas (RILEM- MR-3 [22]) que por sua vez é determinada pela película de pasta que envolve os grãos do agregado[11], verifica-se assim que quanto mais fino o aglomerante, maior o volume de pasta e por conseguinte sua influência na trabalhabilidade.

A retenção de água também é influenciada pela finura do aglomerante pois, a retenção de água acha-se intimamente relacionada com a área específica das partículas e quanto mais fino um cimento maior a sua área específica. Carneiro[20] salienta que a retenção de água é proporcional ao teor de finos que é influenciada pela finura do cimento e acrescenta que a retração da argamassa aumenta com o teor de finos, em idades superiores a 24 horas, e coloca como alternativa a utilização da cal hidratada que aumenta o teor de finos.

O cimento exerce grande influência nas resistências mecânicas das argamassas. Sabbatini[8] evidencia o emprego de cimentos de diferentes classes de resistência que irão produzir variações nas resistências mecânicas das argamassas mas no entanto, com pouca influência na trabalhabilidade e na resiliência. O autor também comenta que os cimentos de endurecimento mais lento podem produzir argamassas mais resilientes.

Selmo[7] cita o trabalho de Vargas & Comba que constataram que também nas argamassas mistas de cal e cimento, a resistência à compressão depende da relação água/cimento. Sinha[44] ao avaliar a influência da areia na resistência da argamassa encontrou uma correlação muito forte entre a resistência mecânica da argamassa com a relação água/cimento utilizada na produção da mesma, conforme Figura 2.2.

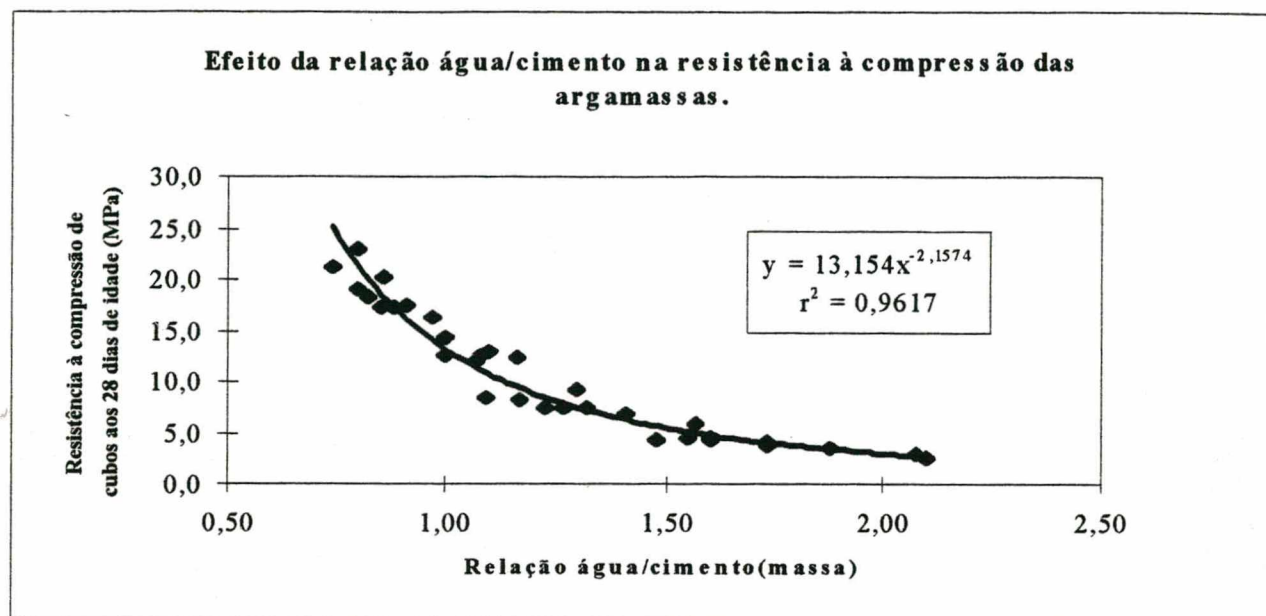


FIGURA 2.2. Correlação da resistência à compressão com a relação água/cimento. [44]

Porém, para as argamassas de revestimento, altas resistências mecânicas implicam na redução da capacidade de deformação e prejuízo para a resistência ao impacto (baixa resiliência) e até da aderência. Deve-se portanto, ter sempre em mente que para as argamassas de revestimento são importantes a capacidade de deformação, resiliência e resistências mecânicas dentre outras propriedades.

As argamassas apresentam um aumento da resistência inicial e uma diminuição da permeabilidade à água quando aumenta-se o teor relativo de cimento. Porém, há um aumento também da retração por secagem. Segundo Martinelli[19], a diminuição da permeabilidade se dá em função de que uma maior dosagem de cimento implica num aumento da massa específica aparente no estado fresco das argamassas e conseqüentemente no estado endurecido.

2.6.2. Cal

Sabbatini[8] apresenta um quadro de variação nas propriedades das argamassas com o teor de aglomerantes conforme mostrado na Tabela 2.4.

Observa-se nesta tabela que as propriedades de trabalhabilidade, plasticidade e retenção de água são influenciadas favoravelmente com o aumento do teor relativo de cal, bem como a

capacidade da argamassa de absorver deformação. Sabbatini[8] comenta que "a retenção de água de uma argamassa é melhorada com o aumento do teor de cal pois esta além de possuir grande área específica, os seus cristais apresentam grande capacidade adsorviva, de até 100% do seu volume". Rosello[11] indica que a tensão superficial da pasta aglomerante é diminuída com o uso da cal melhorando assim a coesão interna.

TABELA 2.4 . Variação das propriedades da argamassa com a alteração da composição relativa de cimento e cal.[8]

Propriedade	Aumento na proporção de cal no aglomerante	
Resistência à compressão	Decresce	Propriedades melhoradas com maior teor relativo de cimento
Resistência à tração	Decresce	
Capacidade de aderência	Decresce	
Durabilidade	Decresce	
Impermeabilidade	Decresce	
Resistência à altas temperaturas	Decresce	
Resistências iniciais	Decresce	
Retração na secagem inicial	Cresce	
Retenção de água	Cresce	Propriedades melhoradas com maior teor relativo de cal
Plasticidade	Cresce	
Trabalhabilidade	Cresce	
Resiliência	Cresce	
Módulo de elasticidade	Decresce	
Retração na secagem reversível	Decresce	
Custo	Decresce	

Cincotto[5] analisando as propriedades das argamassas mistas de cal e cimento chegou a resultados cujas análises permitiram concluir, dentre outras, que:

- a cal dolomítica apresentou melhor retenção de água do que a cal alto-cálcio e que um aumento significativo da retenção de água das argamassas só é conseguido à custa de adições elevadas de cal, pelo menos em volume iguais ao volume de cimento.
- a mistura cimento:areia apresenta baixa retenção de água comparativamente às misturas contendo cal.

- a retenção de água de argamassas mistas 1:1:6 e 1:2:9 são praticamente iguais no caso de cales com elevada retenção de água, e significativamente diferentes no caso de cales com baixa retenção de água.
- a absorção de água e o volume de vazios permeáveis decresce com a adição de pequenos volumes de cal; para teores elevados, a absorção e o volume de vazios aumenta significativamente em cerca de 1,2 vezes.
- a massa específica das argamassas acompanha o inverso da evolução do volume de vazios, sendo maior no caso de pequena adição de cal.
- o módulo de deformação longitudinal das argamassas decresce, forte e continuamente, à medida que aumenta o volume de cal.
- a resistência à tração e à compressão aumentam com pequenos volumes de cal; com volumes mais elevados as resistências decrescem significativamente.

Cincotto[5] também salienta que em "uma argamassa com grande consumo de aglomerante, a retenção de água é elevada independentemente do teor de cal e que para argamassas com menores consumos, a retenção de água melhora com o aumento da relação cal/cimento".

Guimarães, Cincotto[45] apresentam como o mais importante predicado da cal a sua capacidade de comunicar às argamassas uma resistência maior à penetração de água. Oliveira[46] analisando a permeabilidade de várias argamassas concluiu que "ainda que a cal não possa ser responsabilizada pela impermeabilidade de uma argamassa, a relação material ativo/material inerte, apresenta uma correlação com a permeabilidade e que esta aumenta com a diminuição da relação citada". O autor também encontrou que a relação cimento/areia esboça uma proporcionalidade inversa com a permeabilidade. Porém, analisando os resultados de Oliveira[46] verifica-se que a argamassa 1:6:12 apresentou sensível redução na permeabilidade quando comparada com a argamassa 1:2:12, o que vem corroborar com Martinelli[19] que indica uma redução substancial na tendência de percolação de água em argamassas mistas com elevada dosagem de cal.

Como a cal aumenta a plasticidade da argamassa e este aumento tem influência direta na capacidade de espalhamento da argamassa sobre uma superfície, deduz-se que a cal melhora a extensão de aderência das argamassas. Esta extensão de aderência resulta na durabilidade adequada do revestimento além do que com o aumento da capacidade de deformação, as argamassas contendo cal ficam menos sujeitas ao fissuramento.

Outro aspecto na durabilidade do revestimento em função da utilização da cal na argamassa é o restabelecimento autógeno. Este é o restabelecimento de minúsculas fissuras devido a recarbonatação da cal com os ciclos de umedecimento e secagem. Porém, Selmo[7] observa que a

extensão de aderência dos revestimentos, no caso de aplicação manual, não ocorre em caráter contínuo e homogêneo.

Guimarães, Cincotto, Nóbrega[10] avaliando a evolução da recarbonatação, resistência de aderência e microestrutura em argamassas de cal, chegaram as seguintes conclusões:

- a partir do assentamento, à medida que aumenta a perda de água de amassamento, aumenta o grau de recarbonatação (em relação ao anidrido carbônico máximo teórico), sendo ao sétimo dia de cura já bastante elevado, cerca de 68% para as argamassas com cal hidratada cálcica e 39% para as argamassas com cal hidratada dolomítica. Concluem ainda que esta diferença é devido a recarbonatação atingir primeiramente o hidróxido de cálcio e só após vários meses o hidróxido de magnésio.
- após o sétimo dia e até 358 dias, não houve aumento significativo dos componentes carbonáticos das argamassas.
- após 15 dias de idade, aumentaram, em número e tamanho, os macro e microcristais de carbonato de cálcio. Constatou-se uma ampliação da corrosão superficial dos grãos dos agregados e, conseqüentemente surgem néo-formados cimentantes à base de silicato de cálcio.
- nas argamassas com cal hidratada dolomítica estão presentes macro-cristais, enquanto que na argamassa com cal hidratada cálcica, a pasta é constituída exclusivamente por micro-cristais e que este aspecto influi na resistência mecânica. A resistência de aderência por tração foi maior nos revestimentos com cal dolomítica do que com cal cálcica.

Selmo[7] avaliando a influência da natureza e dosagem dos materiais sobre a resistência mecânica dos revestimentos salienta que, em princípio, a adição de cal nas argamassas aumenta a capacidade de deformação que poderá absorver melhor as cargas de impacto do que os de alta resistência, com baixos teores de cal ou nenhuma adição de cal. As argamassas de baixo consumo de aglomerante ou com excesso de cal ou de areia fina podem diminuir a resistência à abrasão dos revestimentos.

2.6.3. Areia

São atribuídas à areia as funções de redução dos custos e também a de conferir às argamassas propriedades que a pasta não possui. Azeredo[17] comenta que a adição do agregado miúdo à pasta, no caso das argamassas mistas de cal e cimento, barateia o produto pois diminui o

consumo de cimento e cal, além de eliminar em parte as modificações de volume e facilitar a passagem de anidrido carbônico do ar necessário na recarbonatação do hidróxido de cálcio.

Cowper[47] também descreve que a areia é usualmente mais barata do que os aglomerantes que entram na mistura e portanto é mais econômico introduzir uma alta proporção de areia na mistura e que a proporção limite deve ser determinada em função das propriedades exigidas para a argamassa. Acrescenta ainda que, a areia reduz os movimentos de retração da argamassa e que as areias bem graduadas podem ser usadas em maior quantidade do que as areias mal graduadas.

Muitos autores têm escrito sobre a influência da areia nas propriedades das argamassas sendo exemplos Selmo[16] e Sabbatini[8]. Este último autor apresenta uma sinopse qualitativa desta influência, conforme mostrado na Tabela 2.5.

TABELA 2.5. Influência das características granulométricas da areia nas propriedades das argamassas de assentamento.[8]

Propriedades	Características da areia		
	Quanto menor o módulo de finura	Quanto mais descontínua for a granulometria	Quanto maior o teor de grãos angulosos
Trabalhabilidade	Melhor	Pior	Pior
Retenção de água	Melhor	Variável	Melhor
Resiliência	Variável	Pior	Pior
Retração na secagem	Aumenta	Aumenta	Variável
Porosidade	Variável	Aumenta	Variável
Aderência	Pior	Pior	Melhor
Resistências mecânicas	Variável	Pior	Variável
Impermeabilidade	Pior	Pior	Variável

Variável - quando não existe uma influência definitiva ou quando esta influência depende de outros fatores.

Rosello[11] considera que os fatores que interferem na trabalhabilidade das argamassas sejam as relações água/aglomerante, agregado/aglomerante e a granulometria da areia. Cincotto, Silva, Carasek[1] consideram que "a trabalhabilidade é alterada, de forma positiva, à medida em que decresce o módulo de finura do agregado, mantém-se a continuidade da granulometria e decresce o teor de grãos angulosos".

Selmo[7] comenta que "o índice de vazios da areia e a área específica dos grãos são características que relacionam-se diretamente com o consumo de aglomerantes e água de amassamento das argamassas e quanto maior o valor destas variáveis, maior o consumo de aglomerantes e água". A autora encontrou que as areias de granulometria contínua apresentaram menores volume de vazios em relação as areias de granulometrias descontínuas e estas por sua vez volume de vazios menores do que as areias uniformes. Observa-se que esta classificação de contínua, descontínua ou uniforme não se baseou em nenhum parâmetro quantitativo.

Martinelli[19] salienta que a quantidade de água de amassamento depende apenas do tipo (módulo de finura) e da quantidade de areia presente na argamassa. Mas acrescenta que, também "a forma dos grãos influir na trabalhabilidade na medida em que facilitem ou dificultem a "rolagem" entre as partículas". Este autor apresenta uma tabela que demonstra a influência do agregado miúdo na retenção de água da argamassa onde, a retenção de água aumenta com a diminuição do módulo de finura do agregado, com pouca influência da relação agregado/aglomerante. Porém, isto é contraditório ao que Selmo[7] cita sobre trabalho de Szilag'yi, onde explica que a área específica dos agregados é relativamente pequena, de modo que, salvo havendo um teor significativo de argila, os aglomerantes são os principais responsáveis pela capacidade de retenção de água das argamassas.

A influência da areia sobre a retração das argamassas é marcante na medida em que, a granulometria do agregado define o volume de vazios que por sua vez determina o volume de pasta necessário e com isto o potencial de retração da argamassa. Oliveira[48] descreve que a areia atua como um esqueleto sólido que evita em parte as variações volumétricas e sugere uma areia com granulometria que possibilite uma estrutura compacta e que tenha menor superfície específica pois, isto vem diminuir o volume de pasta na argamassa. Joisel[25] também recomenda utilizar uma areia de granulometria contínua.

Selmo[7] descreve que a utilização de areia fina pode melhorar a resistência de aderência de uma argamassa, quando aplicada em substratos de baixa absorção de água capilar. Cincotto, Silva, Carasek[1] também comentam que "ao contrário da retração, a aderência da argamassa é influenciada favoravelmente pela granulometria fina do agregado".

Selmo[7] analisando a influência dos materiais sobre a resistência mecânica dos revestimentos salienta que os finos de natureza argilosa são prejudiciais ao endurecimento e consolidação dos revestimentos e desta forma, quando se apresentam em teor excessivo na areia, podem prejudicar, principalmente, a resistência ao desgaste superficial. A autora também descreve que as argamassas de baixo consumo de aglomerante ou com excesso de cal ou de areia fina podem diminuir a resistência à abrasão dos revestimentos.

Como descrito no item 2.6.1, a relação água/cimento é a grande responsável pela resistência mecânica das argamassas. Como a quantidade de água de amassamento, conforme descrito anteriormente, relaciona-se diretamente com o índice de vazios e a área específica dos grãos, deduz-se que a composição granulométrica e forma dos grãos são as principais propriedades das areias que interferem nas resistências mecânicas das argamassas.

Martinelli[19] apresenta uma tabela na qual estabelece que, indiretamente, as argamassas que apresentam as melhores condições de estanqueidade são aquelas que apresentam maior massa específica, maior retenção de água e menor retração. Completa a análise de que, como tendência, os agregados de maior módulo de finura constituem argamassas mais estanques.

Yunes[49] ao estudar a distribuição de poros de uma argamassa de cimento e cal, salienta que "os poros com diâmetro inferior a 2000\AA são susceptíveis à condensação capilar quando em contato com umidade relativa ambiente inferior a 99,9% e portadores de, grande área específica, são os responsáveis pelo razoável teor de higroscopicidade da argamassa". Obteve também a distribuição em volume dos poros com diâmetros entre 200\AA e $13\mu\text{m}$, onde poros com diâmetro inferior a 2000\AA representam aproximadamente 40% da porosidade total. Uma participação fraca na porosidade de poros entre 2000 e 30000\AA de diâmetro e por último, poros de diâmetro superior a 30000\AA , que são na sua maioria poros compreendidos nas distintas fissuras apresentadas pelo meio(pasta) e fortemente participante na porosidade total da argamassa.

Capítulo 3

Estudo Experimental

3.1. Objetivos.....	31
3.2. Materiais utilizados.....	31
3.3. Escolha das granulometrias investigadas	37
3.4. Metodologia de preparo das diferentes granulometrias de areia.....	48
3.4.1. Obtenção das frações.....	48
3.4.2. Composição das areias.....	49
3.4.3. Transformação dos traços.....	52
3.4.4. Produção das argamassas.....	53
3.4.5. Métodos de ensaio utilizados	53

3.1. Objetivos

No trabalho experimental pesquisou-se argamassas com a utilização de várias areias de maneira a verificar a influência da composição granulométrica nas propriedades físicas e mecânicas das argamassas no estado fresco e no estado endurecido. Sabe-se que a granulometria, forma dos grãos e natureza mineralógica da areia influenciam o desempenho das argamassas de revestimento, porém, são muito restritas as pesquisas que sistematicamente quantificaram esta influência. Então, julgou-se oportuno realizar este trabalho onde a influência foi avaliada através de estudo comparativo dos diversos resultados dos ensaios realizados. Quantificada esta influência pode-se então sugerir granulometrias para as areias utilizadas nas argamassas de revestimento das edificações, bem como contribuir para a definição de parâmetros de desempenho.

Durante a realização do estudo fez-se necessário o desenvolvimento de alguns métodos de ensaio para caracterização de algumas propriedades. Isto é, a adaptação de métodos de ensaio às argamassas mistas de cal e cimento usadas como revestimento das edificações.

3.2. Materiais utilizados

Utilizou-se cimento portland CP II-Z-32 e cal hidratada da classe CH III. A areia da qual foram separadas as diversas frações, é de barranco de rio, provenientes do rio Tijucas - Santa Catarina. As diversas frações foram analisadas quanto à composição mineralógica e os aspectos mineralógicos de forma, textura e cor. Os resultados de caracterização dos materiais utilizados encontram-se nas Tabelas 3.1 a 3.5.

Na determinação da massa unitária, adotou-se como referência o procedimento descrito na NBR 7251/82[50] para determinação da massa unitária de agregado em estado solto. Utilizou-se recipiente paralelepípedo de material metálico, com volume de aproximadamente 15 litros para determinação da massa unitária em agregado com $D_{\text{máx.}} \leq 4,8\text{mm}$ e o resultado é a média de 03 determinações. Adotou-se este procedimento devido ao fato de que em obra a medida da cal e cimento é realizada em padiolas cujo modo de preenchimento provoca uma energia de compactação bem maior do que a energia utilizada quando do preenchimento de um recipiente menor, como por exemplo, o procedimento adotado pelo IPT na determinação da massa unitária de gesso no qual, utiliza-se um recipiente com volume de 1 litro. Na determinação da massa

específica adotou-se o procedimento descrito na NBR 6474/84[51] que é utilizado para determinação da massa específica de cimento portland e outros materiais em pó.

A finura da cal foi determinada conforme procedimento recomendado pela NBR 9289/86[52] que descreve o método a ser utilizado para o ensaio de finura de cal hidratada para argamassas através do resíduo em peneiras. A finura do cimento foi determinada conforme metodologia descrita na NBR 11579/91[53].

O estudo da composição mineralógica baseou-se no projeto de revisão da NB-47/56[31] com auxílio de lupa de mão e microscópio tipo lupa binocular, em duas amostras de cada fração, que foram amostradas conforme procedimento recomendado pelo NBR 7216/87[55] e constam nas Tabelas 3.3 a 3.5.

TABELA 3.1. Características dos aglomerantes

ENSAIOS FÍSICOS	Cal Hidratada (CH III)	Cimento Portland (CP II - Z - 32)
Massa Unitária (g/cm ³)	0,753	1,170
Massa Específica (g/cm ³)	2,529	3,061
Finura (% Retida)		
- peneira nº 30	0,03	-
- peneira nº 200	15,6	3,06
Estabilidade (NBR 9205/85)	OK!	-
Plasticidade (NBR 9206/86)	147	-
Retenção de água (NBR 9290/86)	74 %	-
Capacidade de incorporação de areia (NBR 9207/85)		-
traço (cal:areia) em massa	1:2,25	
ENSAIOS QUÍMICOS (NBR 7175/92)	Cal Hidratada (CH III)	-
Anidrido Carbônico (CO ₂)	7,87 %	-
Na base do material original- óxidos não hidratados	17,6 %	-
Na base de não voláteis- óxidos totais (CaO + MgO)	88,4 %	-

TABELA 3.2. Massas unitárias das areias

AREIA		Massa Unitária (g/cm ³)
Número	Identificação	
2	BSI 2E	1,437
3	BSI 1E	1,440
4	ASTM 1E	1,489
5	DTU 1E	1,654
6	IPT 2E	1,628
19	Fuller 0,3	1,377
23	Gráfica	1,462
31	Fuller 9,5	1,735
33	BSI 1R	1,401
34	ABNT 1R	1,565

TABELA 3.3. Apreciação petrográfica das frações.

Frações(mm)	Composição mineralógica
9,5 - 4,8	55% de grãos de feldspatos inalterados a levemente alterados, cor predominantemente bege e rosa. 40% de grãos de quartzo de cor variando entre translúcido, leitoso e cinza. 5% de fragmentos de rocha formados basicamente de feldspato alterado e quartzo, com poucos minerais pretos também alterados (óxidos ou minerais ferromagnesianos e micas).
4,8 - 2,4	80% de grãos de quartzo com cor variando entre translúcido e leitoso com raros grãos cinza. 20% de grãos de feldspatos inalterados a levemente alterados, cor predominantemente bege e rosa. Raros fragmentos de rocha basicamente de feldspato, quartzo e minerais ferromagnesianos, em parte semialterados.
2,4 - 1,2	80% de grãos de quartzo de cor translúcido e leitoso. 20% de grãos de feldspatos inalterados a levemente alterados, cor predominantemente bege e rosa. Raros fragmentos de rocha compostos de quartzo e feldspatos, com alguma mica preta e raras micas claras. Ocorrem raros grãos achatados (placóides) de xisto ou filito, prateados. Ocorrem também raros grãos bem arredondados de argiloso ou siltico de cor bege e avermelhado, friáveis.
1,2 - 0,6	75 a 70% de grãos de quartzo de cor predominantemente translúcido. 25 a 30% de grãos de feldspatos inalterados com cor branco, bege e rosa. Ocorrem diversas plaquetas de xisto ou filito prateado, algumas de mica dourada (vermiculita) e raros grãos bem arredondados de material argiloso ou siltico de cor branca, bege e vermelha, friáveis.
0,6 - 0,3	70% de grãos de quartzo translúcidos a transparentes. 30% de grãos de feldspatos de cor predominantemente branco. Ocorrem de 1 a 5% de plaquetas de mica incolor (muscovita), dourada (vermiculita) e verde (clorita?) e plaquetas de xisto ou filito prateado. Ocorrem raros grãos pretos de óxidos metálicos e raros de material argiloso bem arredondados.
0,3 - 0,15	Devido a semelhança dos grãos de quartzo e feldspato nesta fração, ficou difícil estimar as porcentagens, porém, os grãos de quartzo são altamente predominantes e são transparentes. Os grãos de feldspatos, ainda em porcentagem elevada, estão inalterados e são translúcidos. Ocorrem de 1 a 5% de palhetas de micas e filito prateado e grãos pretos de óxidos metálicos, em parte magnéticos. Ocorrem inúmeros grãos bem arredondados, brancos e bege, bem polidos, brilhantes e friáveis parecendo de rocha argilosa. Ocorrem também raros grãos de granada rosa e zircão transparente.
0,15 a 0,075	90 a 95% de grãos de quartzo transparentes. Menos que 5% de grãos de feldspatos de cor branca, inalterados e de difícil distinção do quartzo. Ocorrem de 1 a 3% de óxidos metálicos pretos, em parte magnéticos. Ocorrem numerosas palhetas de mica transparente e dourada, e inúmeros silicatos coloridos (granada, zircão, etc.)
abaixo 0,075mm	Mais de 95% de grãos de quartzo transparentes. Os grãos de feldspatos somam menos de 3%, em grãos brancos, poucos de cor rosa, inalterados. De 1 a 3% de óxidos metálicos pretos, palhetas de mica dourada e transparente e silicatos coloridos.

TABELA 3.4. Aspectos de forma e superfície dos grãos.

Frações (mm)	Forma e Superfície dos grãos
9,5 - 4,8	Os grãos de feldspatos apresentam-se facetados e com quinas e arestas levemente arredondadas. A superfície dos grãos é esburacada devido ao desprendimento de grãos menores. Ocorre leve impregnação de material pulverulento. Os grãos de quartzo são sub-arredondados e em pequena parte angulosos. Os fragmentos de rocha são angulosos.
4,8 - 2,4	Os grãos de quartzo são sub-arredondados e em pequena parte angulosos. A superfície dos grãos é em parte esburacada, sem impregnação de material pulverulento. Os grãos de feldspatos são facetados e com quinas e arestas levemente arredondadas. Os fragmentos de rocha são angulosos.
2,4 - 1,2	Os grãos de quartzo são sub-arredondados e em pequena parte angulosos. Os grãos de feldspatos são facetados e apresentam arestas e quinas arredondadas. Os fragmentos de rocha são angulosos.
1,2 - 0,6	Os grãos de quartzo são sub-arredondados e em pequena parte angulosos. Numerosos grãos estão impregnados por hidróxido de ferro ou argila vermelha. Os grãos de feldspatos são facetados a sub-arredondados.
0,6 - 0,3	Os grãos de quartzo são angulosos, praticamente sem nenhum arredondamento e numerosos deles estão impregnados por hidróxido de ferro ou argila vermelha. Os grãos de feldspatos são angulosos e pouco facetados.
0,3 - 0,15	Quartzo em grãos angulosos a bem arredondados, numerosos deles impregnados por material de cor vermelha. Os grãos de feldspato são angulosos.
0,15 - 0,075	Os grãos de quartzo variam de angulosos a arredondados, muitos deles impregnados de material de cor vermelha. Os grãos de feldspato são angulosos.
Abaixo 0,075mm	Os grãos de quartzo variam de angulosos a arredondados, muitos deles impregnados por material de cor vermelha. Os grãos de feldspato são angulosos.

Obs.: Os grãos de quartzo das frações abaixo de 0,3mm, em parte são angulosos e em menor parte bem arredondados demonstrando a existência de dois padrões, parecendo representar diferentes origens, com diferentes graus de trabalho ao longo do tempo geológico.

TABELA 3.5. Cor predominante da fração

Frações(mm)	Cor, forma e superfície dos grãos
9,5 - 4,8	A cor varia de bege a rosada. A forma dos grãos é de baixo grau de esfericidade, grãos subangulosos. Os grãos apresentam superfície rugosa com leve impregnação de material pulverulento.
4,8 - 2,4	A cor varia de bege a rosada. Os grãos maiores apresentam baixa esfericidade e os grãos menores alta esfericidade, todos variando de subangulosos a subarredondados. Os grãos apresentam superfície rugosa.
2,4 - 1,2	A cor varia de bege a rosada. Os grãos apresentam alto grau de esfericidade, variando de subangulosos a subarredondados. A superfície dos grãos é rugosa.
1,2 - 0,6	A fração apresenta cor bege. Os grãos menores, predominantes, apresentam alta esfericidade e os grãos maiores uma baixa esfericidade. A superfície dos grãos é predominantemente rugosa, com o quartzo apresentando-se em parte fosco e em parte polido.
0,6 - 0,3	A cor predominante é bege. Os grãos apresentam baixo grau de esfericidade e angulosos. A superfície dos grãos varia de fosca a polida.
0,3 - 0,15	Cor bege. Predominam grãos de baixo grau de esfericidade porém, com expressiva quantidade de grãos com alta esfericidade(quartzo). Predominam grãos angulosos porém, com expressiva quantidade de grãos bem arredondados (quartzo). Os grãos angulosos apresentam superfície fosca e os bem arredondados superfície polida
0,15 - 0,075	Cor bege. Como na fração anterior, ocorrem dois padrões distintos, um de grãos angulosos, em parte com boa esfericidade e em parte com baixa esfericidade. O outro padrão com grãos bem arredondados e bem esféricos, este só ocorre com quartzo e é bem menos expressivo. A superfície varia de fosca a polida nos grãos angulosos e bem polida nos grãos arredondados.
Abaixo da peneira 0,075mm	A fração apresenta cor bege. A forma e superfície dos grãos apresenta-se do mesmo modo que a fração anterior.

3.3. Escolha das granulometrias investigadas

As variáveis utilizadas no estudo experimental foram a granulometria da areia e o proporcionamento da argamassa. Utilizou-se traços em volume nas proporções de 1: 1: 6 e 1: 2: 9 (cimento: cal: areia) que são proporções recomendadas pela NBR 7200/82[12], ASTM C926/87[42] e BS 5262/76[43]. Para evitar a introdução de outras variáveis, utilizou-se areia seca e os traços foram transformados para massa.

Estabeleceu-se que as composições granulométricas objeto do estudo seriam os limites superior e inferior das granulometrias especificadas pelas normas NBR 7200/82[12], ASTM C926/87[42] e BS 5262/76[43] e as granulometrias sugeridas pelo IPT, pelos estudos de Fuller e da solução gráfica.

A definição das composições granulométricas das areias utilizadas, obedeceu ao seguinte procedimento:

- a - Levantamento das diversas granulometrias especificadas pelas normas técnicas.
- b - Representação gráfica dos limites destas composições granulométricas.
- c - Utilização das granulometrias cujos limites contivessem outras granulometrias. Ao produzir-se argamassas com estas areias, verificava-se os resultados. Quando estes mostravam-se muito diferentes, utilizava-se outras areias dentro da faixa inicialmente analisada e assim por diante.

Foram analisados primeiramente as granulometrias recomendadas para emboço e posteriormente para reboco. Nas especificações normalizadas de areias para argamassas de revestimento, a ASTM, no documento ASTM C897/83[39] especifica que a granulometria da areia para emboço deve ser contínua e devem ser observadas que entre duas peneiras consecutivas não deve ter mais que 50% de material retido; entre as peneiras de aberturas de malhas 0,300 e 0,150mm não deve ter mais que 25% de material retido e que o módulo de finura deve variar de 2,05 a 3,05. Além disso, a norma especifica que o teor de material pulverulento deve ser no máximo de 3% e que a distribuição granulométrica deve variar conforme os intervalos fixados na Tabela 3.6.

TABELA 3.6. Limites granulométricos da ASTM.

Peneiras (mm)	4,75	2,36	1,18	0,600	0,300	0,150
% RA	0	0 - 10	10 - 40	30 - 65	70 - 90	95 - 100

Destas condições impostas pela norma, pode-se ter várias composições granulométricas que atendam as condições, como por exemplo pode ser observado na Tabela 3.7

TABELA 3.7. Composições granulométricas que atendam os limites da ASTM - (%RA).

Peneiras (mm)	4,75	2,36	1,18	0,600	0,300	0,150	0,075	< 0,075
numero 1	0	0	10	30	70	95	100	100
número2	0	10	40	65	90	100	100	100
numero 3	0	0	10	30	70	95	97	100
numero 4	0	0	10	30	70	95	98	100
numero 5	0	0	10	30	70	95	99	100

Destas composições, trabalhou-se inicialmente somente com as composições limites, isto é, com as de número 2 e 3, pois, as outras composições encontram-se no interior da faixa definida pelas granulometrias de número 2 e 3. As outras composições granulométricas foram ou não avaliadas dependendo dos resultados obtidos com estas areias. Este mesmo procedimento foi estabelecido para definir quais as curvas a serem investigadas nas diversas especificações.

A BSI estabelece que as areias usadas no emboço, devem ter granulometria contínua, o teor de material pulverulento deve ser no máximo de 5% e que a distribuição granulométrica deve variar conforme os intervalos fixados na Tabela 3.8, sendo que os limites podem ser ultrapassados, no somatório, em até 5%.

TABELA 3.8. Limites granulométricos da BSI.

Peneiras (mm)	5,0	2,36	1,18	0,600	0,300	0,150
% RA	0	0 - 10	0 - 30	20 - 60	60 - 95	90 - 100

Para atender as condições impostas pela norma, pode-se ter várias composições granulométricas, como está mostrado na Tabela 3.9.

TABELA 3.9. Composições granulométricas que atendam os limites da BSI - (%RA).

Peneiras (mm)	4,8	2,36	1,18	0,600	0,300	0,150	0,075	< 0,075
numero 1	0	0	0	20	60	90	100	100
número2	0	10	30	60	95	100	100	100
numero 3	0	0	0	20	60	90	95	100
numero 4	0	0	0	20	60	90	96	100
numero 5	0	0	0	20	60	90	97	100
numero 6	0	0	0	20	60	90	98	100
numero 7	0	0	0	20	60	90	99	100
numero 8	0	0	0	20	60	95	100	100
numero 9	0	0	0	20	60	95	95	100

Destas granulometrias os limites superior e inferior são as de número 2 e 3, que foram as composições avaliadas.

A norma NBR 7200/82[12] especifica que as areias para emboço tenham grãos arredondados, granulometria contínua, a dimensão máxima característica deve ser de 3mm e que a fração de materiais finos seja $\leq 5\%$, sendo que a fração fina mencionada nesta norma são os grãos de granulometria inferior a 0,09mm. Além disso, especifica que na peneira com abertura de malha de 0,2 mm, a porcentagem retida varie de 10 a 25% em peso.

Como pode ser observado esta normalização limita basicamente as peneiras de aberturas de malha 3 mm, 0,2mm e 0,09 mm sendo que nas peneiras normalizadas pela NBR 5734/80[32] não constam as peneiras especificadas. Adotou-se então as peneiras mais próximas das especificadas que são 2,4 ; 0,15 e 0,075mm respectivamente. Como a NBR 7200/82[12] especifica para chapisco a dimensão nominal máxima da areia em 5mm, admitiu-se também que para emboço não exista material retido na fração com diâmetro de grão de até 4,8mm.

As suposições que foram feitas de forma a atender as exigências da norma, conduziram a um grande número de composições granulométricas pois, para atender a exigência da dimensão máxima característica, significa que na peneira 2,4mm deve ficar retida acumulada uma porcentagem igual ou imediatamente inferior a 5% e que na peneira imediatamente inferior, isto é a peneira 1,2mm, não pode haver menos do que 6% de material retido acumulado. Como a norma também não menciona a respeito dos limites admissíveis para as demais peneiras, o espectro de possibilidades de composições granulométricas que atendam a estas condições é muito amplo, tendo sido adotado o procedimento abaixo descrito.

Se plotados num gráfico os diversos limites granulométricos e unidos os pontos partindo do princípio que se deve ter uma granulometria contínua, pode-se obter as porcentagens nas peneiras cujos limites não foram especificadas. Adotando este procedimento, os limites obtidos para as areias de emboço especificadas pela ABNT estão descritos na Tabela 3.10.

TABELA 3.10. Limites granulométricos da ABNT.

Peneiras (mm)	4,8	2,4	1,2	0,600	0,300	0,150	0,075
% RA	0	0 - 5	6 - 28	27 - 50	48 - 72	61 - 87	95 - 100

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo especifica na ES-5/81[38] que a areia para emboço deve ter granulometria contínua, o teor de materiais pulverulentos $\leq 5\%$, na peneira 9,5mm a porcentagem retida acumulada $\leq 1\%$, na peneira 4,8mm a porcentagem retida acumulada deve ser no máximo de 15% e no mínimo de 5% e que na peneira 0,15mm a porcentagem retida acumulada $\geq 85\%$.

Se plotados num gráfico os diversos limites granulométricos e unidos os pontos partindo do princípio que se deve ter uma granulometria contínua, pode-se obter as porcentagens nas peneiras cujos limites não foram especificadas. Adotando este procedimento, os limites obtidos para as areias de emboço especificadas pelo IPT foram os descritos na Tabela 3.11.

TABELA 3.11. Limites granulométricos do IPT.

Peneiras (mm)	12,5	9,5	4,8	2,4	1,2	0,600	0,300	0,150	0,075
% RA	0	0-1	5-15	21-33	37-51	53-68	67-85	85-100	95-100

A norma francesa do Centre Scientificque e Technique du Batiment DTU 26.1/78[41] estabelece que as areias usadas para emboço, devem apresentar uma porcentagem retida acumulada de 0 a 15% na peneira 3,15mm, na peneira 0,10mm a porcentagem retida acumulada deve ser de 85 a 100%, granulometria contínua e EA normalizado $\geq 85\%$. EA significa o equivalente em areia que é a relação percentual entre o volume de areia pelo volume de areia mais o volume de finos. Finos significa material que passa na peneira 0,05mm, e que deve ser $\leq 15\%$ em volume.

Ao determinar-se a massa unitária da fração abaixo da peneira 0,075mm, a média de três determinações foi de 1,130 Kg/dm³. Como a massa unitária é a relação da massa pelo volume de

material solto, o volume de 15% representa aproximadamente 17%. Isto nos leva aos seguintes limites granulométricos mostrados na Tabela 3.12.

TABELA 3.12. Limites granulométricos do CSTB.

Peneiras (mm)	12,5	9,5	4,8	2,4	1,2	0,600	0,300	0,150	0,075
% RA	0	0	0	6-22	24-39	41-56	58-73	75-90	85-100

Hummel[33] comenta que Fuller, ao estudar a composição granulométrica para concreto, sugeriu uma parábola para representar as curvas ideais, a partir da fórmula $A = 100 \sqrt{d/D}$, onde A é a porcentagem que passa pela peneira de abertura de malha d e D é a maior dimensão do agregado. Na definição das curvas de Fuller adotou-se as curvas obtidas a partir dos diâmetros máximos ($\varnothing_{\text{máx.}}$) 9,5 e 0,3mm, sendo que a granulometria com diâmetro máximo de 0,3mm pode ser utilizada como reboco e não como emboço, obtendo-se então as granulometrias especificadas na Tabela 3.13.

TABELA 3.13. Composições granulométricas de Fuller (%RA).

Peneiras (mm)	9,50	4,75	2,36	1,18	0,600	0,300	0,150	0,075
$\varnothing_{\text{máx.}}=9,5\text{mm}$	0	29	50	64,5	75	82	88	94
$\varnothing_{\text{máx.}}=0,3\text{mm}$	0	0	0	0	0	0	29	50

Na solução gráfica, adotou-se esferas em uma disposição cúbica octaédrica, com diâmetro inicial máximo 2,4mm obtendo-se a composição granulométrica mostrada na Tabela 3.14.

TABELA 3.14. Composição granulométrica da solução gráfica.

Peneiras (mm)	2,36	1,18	0,300	0,150	0,075
% RA	99,4	99,4	99,8	99,95	100

Ao serem plotadas as curvas granulométricas definidas pelos limites das diversas especificações, observa-se que há curvas que estão integralmente dentro de outros limites. Assim por exemplo, um dos limites da ASTM está contido nos limites definidos pela BSÍ e portanto não foi objeto de estudo. Estas considerações podem ser visualizadas nas Figuras 3.1 a 3.3.

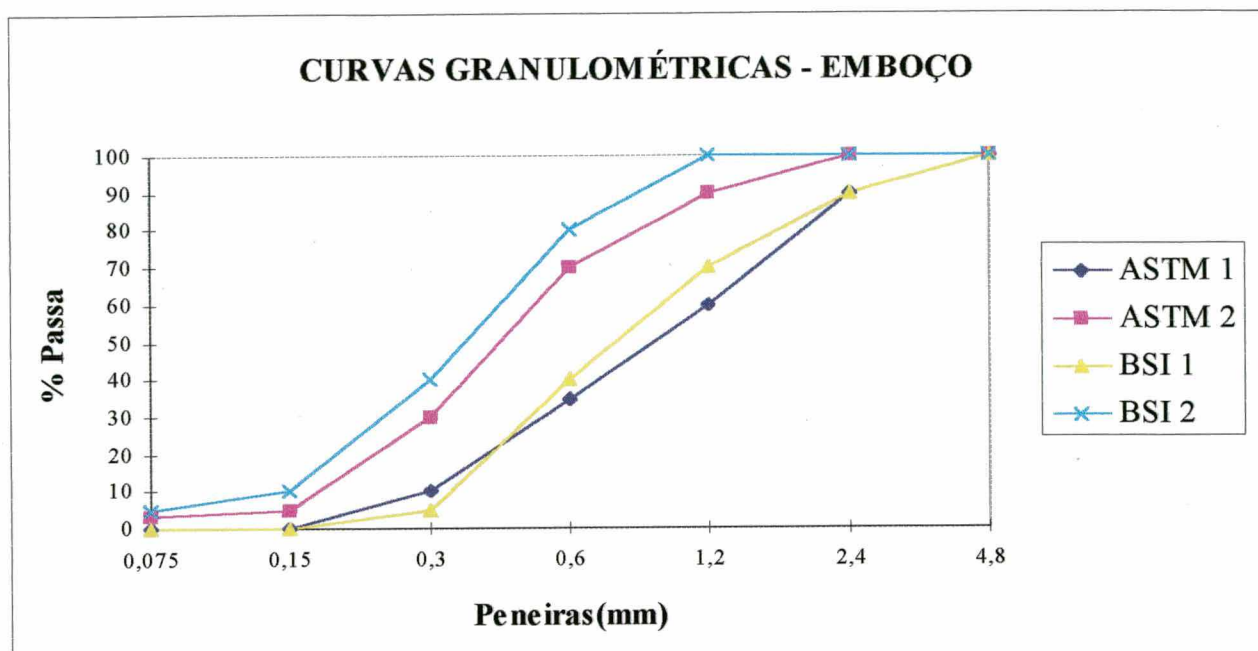


FIGURA 3.1. Curvas granulométricas para emboço especificados pela ASTM e BSI.

Observa-se na Figura 3.2 que as curvas granulométricas dos limites da ASTM 2, ABNT 1 e IPT 1, ficam no interior de outras curvas limites e portanto, não foram inicialmente analisadas.

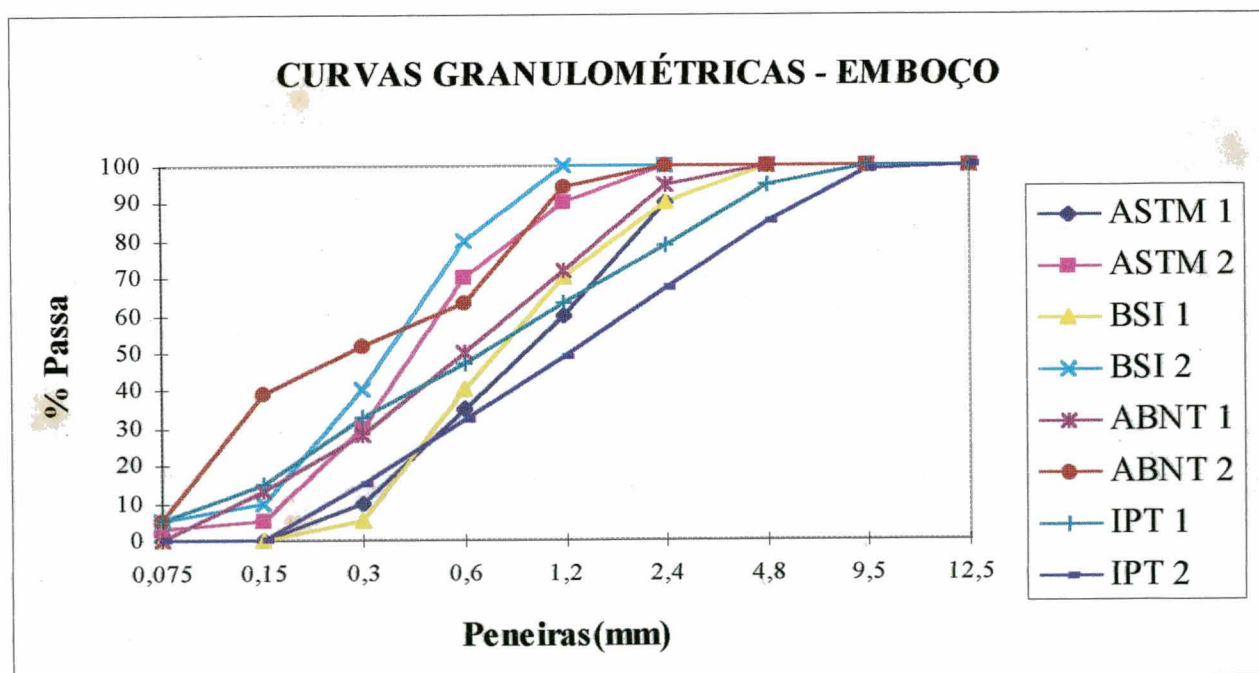


FIGURA 3.2. Curvas granulométricas para emboço dos limites especificados pela ASTM, BSI, ABNT e IPT

Observa-se na Figura 3.3 que a curva granulométrica DTU 2 se insere nos limites de outras curvas e portanto não foi analisada. Eliminando-se as curvas que se inserem nos limites das faixas definidas por outras curvas, as granulometrias que foram objeto de estudo para as argamassas de emboço estão demonstradas na Tabela 3.15 e Figura 3.4.

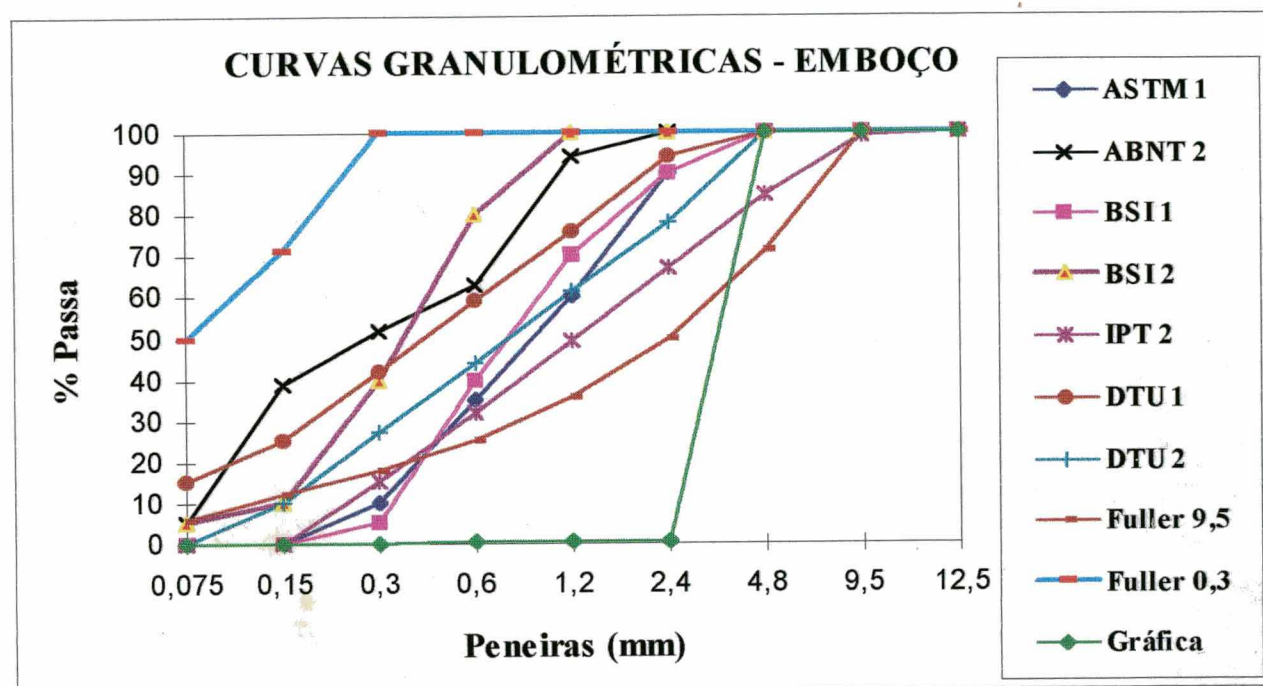


FIGURA 3.3. Curvas granulométricas para emboço.

TABELA 3.15. Composições granulométrias para emboço (porcentagem retida)

nº.	Identificação	peneiras(mm)									
		12,5	9,5	4,8	2,4	1,2	0,6	0,3	0,15	0,075	< 0,075
2	BSI 2	0	0	0	0	0	20	40	30	5	5
3	BSI 1	0	0	0	10	20	30	35	5	0	0
4	ASTM 1	0	0	0	10	30	25	25	10	0	0
5	DTU 1	0	0	0	6	18	17	17	17	10	15
6	IPT 2	0	1	14	18	18	17	17	15	0	0
19	Fuller 0,3	0	0	0	0	0	0	0	29	21	50
23	Gráfica	0	0	0	99,4	0	0	0,4	0,15	0,05	0
31	Fuller 9,5	0	0	29	21	14,5	10,5	7	6	6	6
34	ABNT 2	0	0	0	0	0	17	27	10	41	5

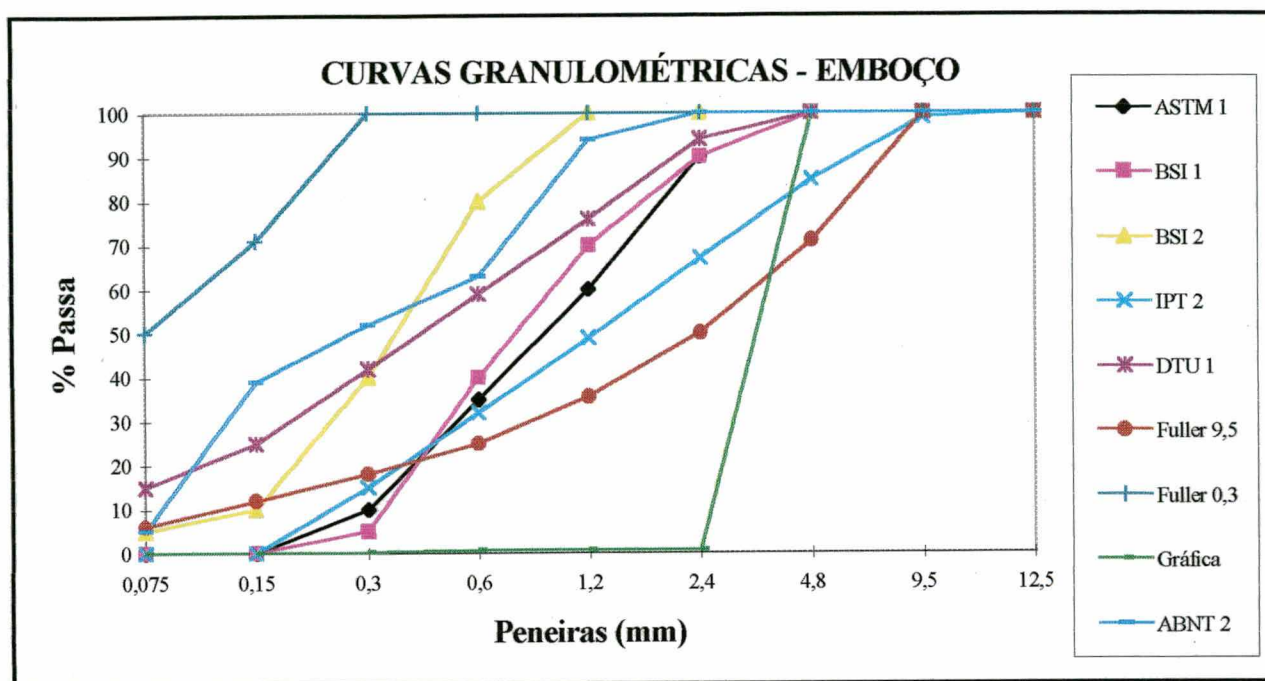


FIGURA 3.4. Curvas granulométricas de areias para emboço

As especificações das areias para serem usadas no reboco, também foram obtidas das mesmas instituições anteriormente citadas. A ASTM especifica para reboco a mesma granulometria da areia para emboço, exceto na peneira 2,36mm que a porcentagem retida acumulada deve ser 0.

A BSI estabelece que as areias usadas no reboco, devem ter granulometria contínua, o teor de material pulverulento deve ser no máximo de 5% e os limites podem ser ultrapassados, no somatório, em até 5%.

A ABNT especifica para a areia a ser empregada no reboco as mesmas condições para a areia de emboço, exceto quanto ao diâmetro máximo que deve ser de 1mm.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, estabelece que para as areias utilizadas nos rebocos, a composição granulométrica deve ser contínua, o teor de materiais pulverulentos $\leq 8\%$ e na peneira 4,8mm a $\%RA = 0$; na peneira 2,4mm a $\%RA \leq 5\%$ e na peneira 0,15mm a $\%RA \geq 75\%$.

A norma francesa do Centre Scientifique e Technique du Batiment DTU 26.1/78[41] estabelece que as areias usadas para reboco, devem apresentar uma $\%RA$ de 0 a 15% na peneira 2,0mm; na peneira 0,10mm a $\%RA$ deve ser de 85 a 100% e deve ser rica em grãos finos. Observa-se que não está explícito o que vem a ser uma granulometria rica em finos, admitiu-se então que a $\%RA$ na peneira 0,075mm seja também de 85% o que implica num teor de material pulverulento de 15%. Reunindo-se os limites definidos pelas diversas normas, obteve-se a Tabela 3.16.

TABELA 3.16. Limites granulométricos para reboco (porcentagem retida acumulada)

Instituição	Peneiras (mm)					
	2,4	1,2	0,600	0,300	0,150	0,075
ASTM	0	10 - 40	30 - 65	70 - 90	95 - 100	97 - 100
BSI	0	0 - 10	0 - 45	50 - 95	90 - 100	95 - 100
ABNT	0	0	17 - 22	44 - 49	54 - 74	95 - 100
IPT	0 - 5	18 - 28	37 - 52	56 - 77	75 - 100	92 - 100
DTU	0	15 - 30	34 - 49	54 - 69	74 - 89	85 - 100

Ao se agrupar os diversos limites granulométricos estabelecidos, verifica-se que muitos estão contidos em outros limites. Isto pode ser visualizado na Tabela 3.17 e Figura 3.5.

TABELA 3.17. Composições granulométrias para reboco (porcentagem retida)

Identificação	Peneiras(mm)							
	4,8	2,4	1,2	0,6	0,3	0,15	0,075	< 0,075
BSI 1	0	0	0	0	50	40 ⁹⁰	5 ⁹⁵	5 ¹⁰⁰
BSI 2	0	0	10	35	50	5	0	0
ASTM 1	0	0	10	20	40	25	2	3
ASTM 2	0	0	40	25	25	10	0	0
ABNT 1	0	0	0	17	27	10	41	5
ABNT 2	0	0	0	22	27	25	26	0
IPT 1	0	0	18	19	19	19	17	8
IPT 2	0	5	23	24	25	23	0	0
DTU 1	0	0	15	19	20	20	11	15
DTU 2	0	0	30	19	20	20	11	0

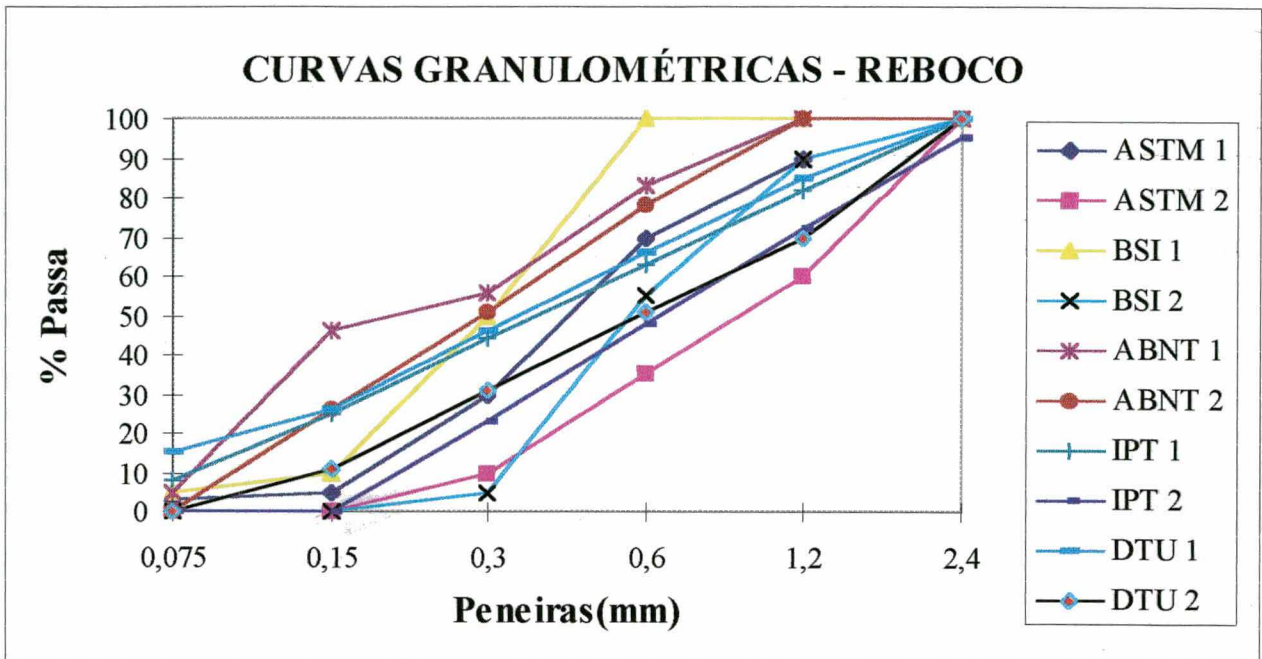


FIGURA 3.5. Curvas granulométricas de areias para reboco

Então excluídas as granulometrias identificadas como ASTM 1, IPT 1, ABNT 2 e DTU 2 por estarem contidas nos limites delimitados pelas outras curvas e comparadas com as granulometrias para as argamassas de emboço, verifica-se que muitas também estão inseridas dentro de alguns limites estabelecidos para emboço. Na Figura 3.6 estão agrupadas todas as curvas que foram selecionadas para emboço e para reboco, para visualização das granulometrias que foram objeto do estudo, onde a letra E significa emboço e R reboco.

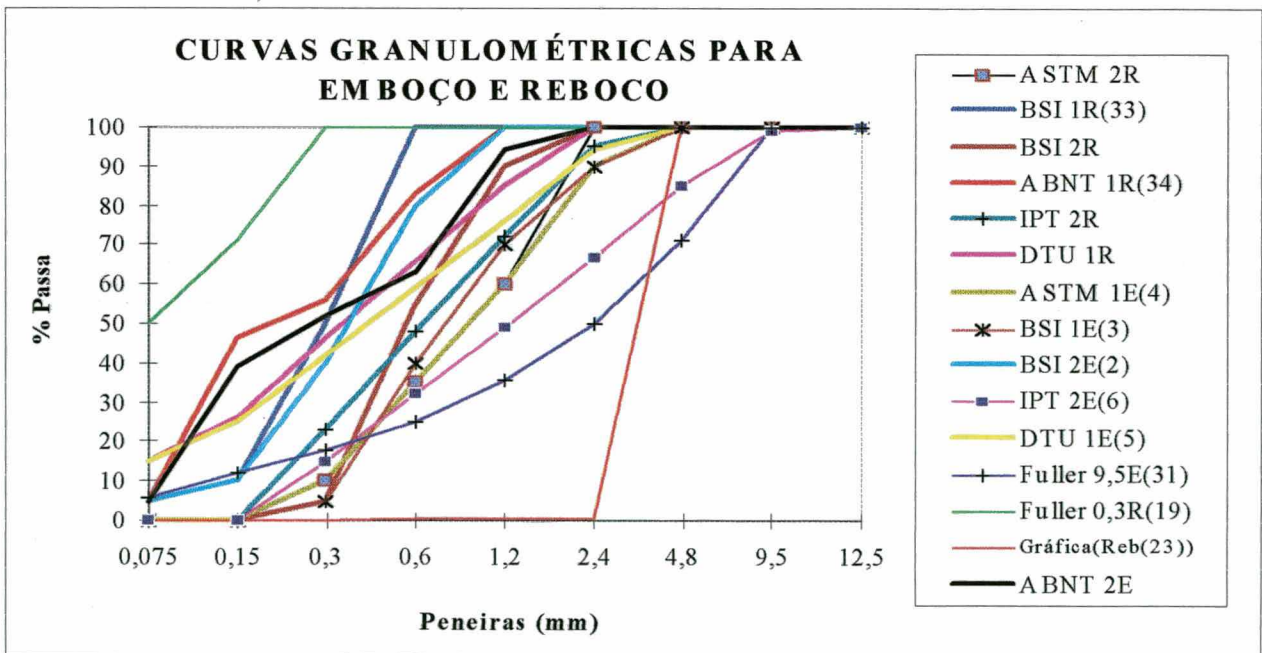


FIGURA 3.6. Curvas granulométricas de areias para reboco e emboço.

Eliminando-se as curvas contidas nos limites definidos por outras curvas granulométricas, as granulometrias objeto de estudo foram as da Tabela 3.18 e Figura 3.7.

TABELA 3.18. Composições granulométricas investigadas (porcentagem que passa)

Identificação	33	34	4	3	2	6	5	31	19	23
Peneiras (mm)	BSI 1R	ABNT 1R	ASTM 1E	BSI 1E	BSI 2E	IPT 2E	DTU 1E	Fuller 9,5E	Fuller 0,3R	Gráfica (Reb)
12,5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
9,5	100	100	100	100	100	99	100	100	100	100
4,8	100	100	100	100	100	85	100	71	100	100
2,4	100	100	90	90	100	67	94	50	100	0,6
1,2	100	100	60	70	100	49	76	35,5	100	0,6
0,6	100	83	35	40	80	32	59	25	100	0,6
0,3	50	56	10	5	40	15	42	18	100	0,2
0,15	10	46	0	0	10	0	25	12	71	0,05
0,075	5	5	0	0	5	0	15	6	50	0

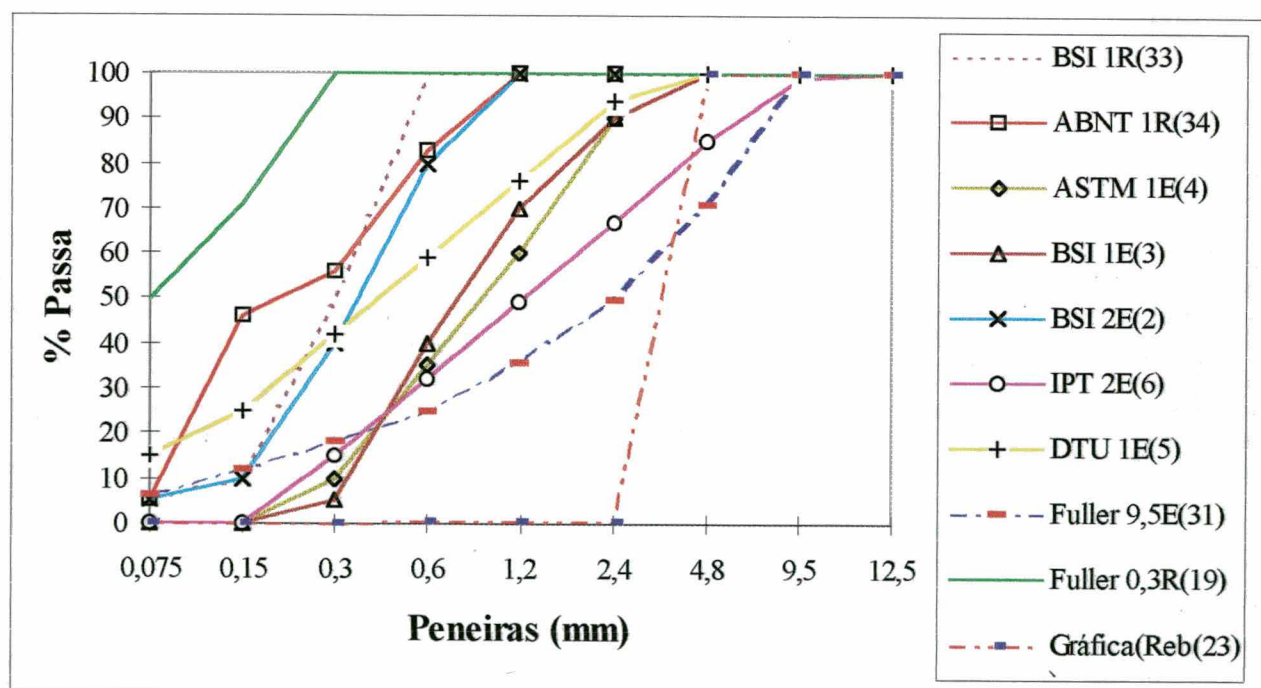


FIGURA 3.7. Curvas granulométricas investigadas.

3.4. Metodologia de preparo das diferentes granulometrias de areia

3.4.1. Obtenção das frações

Para evitar a influência de outras variáveis tais como a forma dos grãos e a composição mineralógicas das areias, optou-se por utilizar uma única areia, e a partir desta, compor as diversas areias com composições granulométricas diferentes. As frações foram obtidas por peneiramento utilizando-se as peneiras normalizadas pela NBR de abertura de malha 12,5 mm a 0,075 mm. Então obteve-se as frações 12,5 - 9,5; 9,5 - 4,8; 4,8 - 2,4; 2,4 - 1,2; 1,2 - 0,60; 0,60 - 0,30; 0,30 - 0,15; 0,15 - 0,075mm. Após a separação das frações, estas foram lavadas utilizando-se água, com objetivo de eliminar impurezas tais como torrões de argila, materiais pulverulentos, materiais carbonosos e sais solúveis em água. Após a lavagem as frações eram secas em estufa à temperatura de $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ e após resfriamento submetidas a novo peneiramento.

Para verificar a eficiência dos peneiramentos procedeu-se ao teste de 1 minuto de peneiramento contínuo em amostras retiradas das frações após homogeneização e quarteamento das mesmas. Percebeu-se então a necessidade de novos peneiramentos em todas as frações para garantir que no teste de 1 minuto de peneiramento contínuo a porcentagem passante fosse menor que 1%, sendo que este procedimento foi realizado em todas as frações até obter-se a condição desejada.

Após a homogeneização das areias, foram retiradas amostras para apreciação petrográfica. A retirada das amostras foi realizada baseada nos procedimentos da NBR 7216/87[55] e depois foram reduzidas para ensaio de laboratório conforme procedimento da NBR 9941/87[56].

As frações foram então armazenadas em baldes plásticos com capacidade de aproximadamente 50 litros que eram depositados sobre estrado de madeira dentro de silos de madeira cobertos. Os baldes também tinham tampas plásticas e estes cuidados tiveram a intenção de evitar contaminação e umidificação das frações. Em cada fração determinou-se a massa unitária utilizando-se do procedimento descrito na NBR 7251/82[50]. Foi usado um recipiente paralelepípedo com volume de aproximadamente 15 litros, com exceção da fração abaixo da peneira 0,075mm. Neste caso, devido ao volume obtido ser insuficiente para determinação da massa unitária utilizando-se o recipiente detalhado anteriormente, foi utilizado então um recipiente metálico indeformável, com dimensões internas de aproximadamente (150 X 150 X 150)mm com volume de 3,395 litros. A colocação do material foi feita utilizando-se uma concha e altura de queda de 10 cm da boca da borda do recipiente. Os resultados estão demonstrados na Tabela 3.19.

TABELA 3.19. Massa unitária das frações.

FRAÇÕES	Massa Unitária (Kg.dm ⁻³)			
	1ª determinação	2ª determinação	3ª determinação	Média
4,8 - 2,4mm	1,465	1,459	1,465	1,463
2,4 - 1,2mm	1,405	1,418	1,425	1,416
1,2 - 0,6mm	1,351	1,357	1,337	1,348
0,6 - 0,3mm	1,287	1,276	1,283	1,282
0,3 - 0,15mm	1,269	1,269	1,276	1,271
0,15 - 0,075mm	1,384	1,378	1,381	1,381
< 0,075mm	1,131	1,125	1,133	1,130

3.4.2. Composição das areias

As areias foram sendo obtidas a partir da mistura das frações estabelecidas. As frações foram pesadas, nas proporções definidas e colocadas sobre uma lona plástica de aproximadamente 2,0 X 2,5 m, que era estendida sobre a superfície do piso do laboratório. Procedia-se então a mistura das frações onde o material era revolvido totalmente por três vezes. Na última virada, com a ajuda da pá, juntava-se a areia formando um cone. A quantidade de material preparado era de aproximadamente 20 Kg para cada areia.

As fotos 1 a 3 mostram as frações antes e depois da mistura e a areia pronta para ser usada. Esta mistura era realizada no dia em que haveria a produção da argamasa com cal. Imediatamente após a mistura determinava-se a massa unitária conforme procedimento recomendado pela NBR 7251/82[50].



Foto 1 - Frações antes da mistura

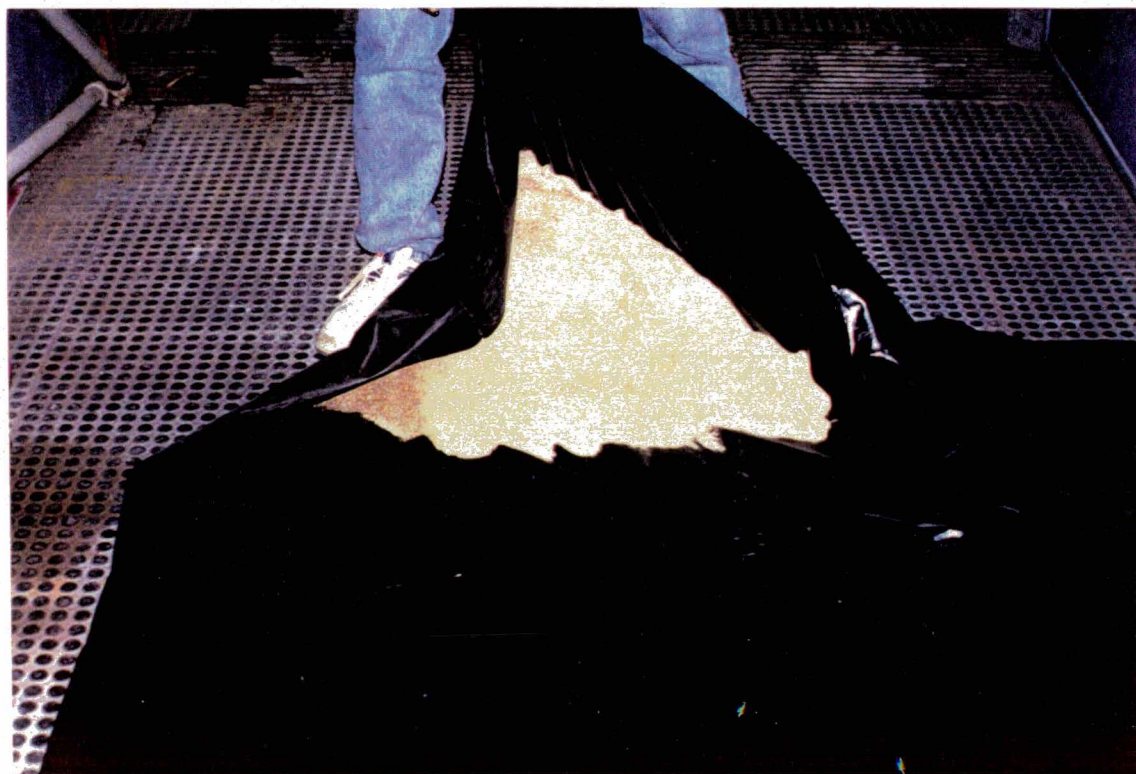


Foto 2 - Frações sendo misturadas para obtenção da areia.



Foto 3 - Areia pronta para ser usada.

3.4.3. Transformação dos traços

Conforme citado anteriormente, utilizou-se dois traços em volume (areia seca) de 1: 1: 6 e 1: 2: 9. Porém, estes traços foram convertidos para massa, como forma de garantir a não introdução de outras variáveis no processo. Utilizou-se as massas unitárias do cimento, cal e areia já determinadas anteriormente. Na Tabela 3.20 descreve-se os traços transformados em massa.

TABELA 3.20. Traços em massa

ARGAMASSAS		Traço Unitário (cimento:cal:areia)
Número	Identificação	
2A	BSI 2E	1: 0,644: 6,878
3A	BSI 1E	1: 0,644: 7,384
4A	ASTM 1E	1: 0,644: 7,636
5A	DTU 1E	1: 0,644: 8,484
6A	IPT 2E	1: 0,644: 8,349
19A	Fuller 0,3	1: 0,644: 7,060
23A	Gráfica	1: 0,644: 7,498
31A	Fuller 9,5	1: 0,644: 8,897
33A	BSI 1R	1: 0,666: 7,183
34A	ABNT 1R	1: 0,644: 8,026
2B	BSI 2E	1: 1,287: 11,057
3B	BSI 1E	1: 1,287: 11,077
4B	ASTM 1E	1: 1,287: 11,452
5B	DTU 1E	1: 1,287: 12,727
6B	IPT 2E	1: 1,287: 12,525

As argamassas tiveram a numeração das areias, acrescentada da letra A ou B , para identificar os traços em volume, sendo que a letra A identifica os traços 1: 1: 6 e a letra B os traços 1: 2: 9 .

3.4.4. Produção das argamassas

As argamassas foram produzidas a partir da mistura dos materiais que foram pesados obedecendo a proporção entre os materiais estabelecidas na conversão dos traços em volume, sendo que o volume de argamassa produzida era de aproximadamente 15 litros. A produção das argamassas teve início com a mistura da areia com a cal hidratada e água, utilizando-se uma betoneira de eixo inclinado, com capacidade nominal de 120 litros, durante 5 minutos. Esta argamassa de cal permaneceu em repouso dentro da betoneira por 24 horas, sendo que a boca da cuba da betoneira foi tapada com sacos plásticos. Após este período, misturou-se por mais 2 minutos a argamassa de cal e então acrescentou-se o cimento e novamente ligou-se a betoneira por mais 3 minutos. Adicionava-se ou não mais água para obter-se argamassas com índice de consistência de 265 ± 15 mm, sendo que as argamassas produzidas a partir da areia com granulometria especificada pela DTU (areia 5), da ABNT (areia 34) e a da solução gráfica (areia 23) apresentaram índices de consistência fora destes limites.

3.4.5. Métodos de ensaio utilizados

Utilizou-se uma argamassa piloto para verificação dos procedimentos dos ensaios a serem utilizados, dos equipamentos, da sequência a ser adotada para realização dos ensaios no menor tempo possível e da quantidade de material necessário para a realização dos ensaios. Nesta fase do trabalho detectou-se que vários dos procedimentos recomendados deveriam ser alterados, o que será descrito abaixo.

Para avaliar a adequação dos ensaios foram realizados ensaios na argamassa no estado fresco e no estado endurecido. Os ensaios realizados no estado fresco foram: o Índice de Consistência baseado no procedimento recomendado pela NBR 7215/91[57], Massa Específica conforme procedimento descrito na BS 4551[58], Retenção de Água conforme projeto de norma da ABNT 18:406.03-002[59], Retenção de Consistência baseada na BS 4551[58] e o Ensaio de Exsudação baseado no MR - 6[24].

No estado endurecido as seguintes propriedades da argamassa foram verificadas: a Resistência à Tração por Compressão Diametral conforme procedimento descrito na NBR 7222/94[60], Retração por Secagem baseado na NBR 8490/84[61], Determinação da Absorção de água por Capilaridade em analogia a NBR 9779/87[62], Resistência à Compressão axial conforme projeto de norma da ABNT 18:406.03-004[63], Determinação da Absorção por

Imersão conforme NBR 9778/86[64], Determinação do Módulo de Deformação Estática em analogia a NBR 8522/84[65].

Existem diversos métodos de ensaio para determinação de algumas propriedades das argamassas e observa-se que muitos não fazem referência à quais argamassas são aplicáveis. Desta forma, observou-se, em alguns casos, a impossibilidade da realização do ensaio ou mesmo a inadequação da metodologia para as argamassas de revestimento utilizadas.

No ensaio de exsudação a execução do mesmo é de extrema facilidade necessitando de poucos equipamentos. Introduziu-se nesse ensaio, além da medição volumétrica da quantidade de água exsudada, a medição em massa desta água exsudada. Pesava-se o frasco com a argamassa no início do ensaio e nos tempos determinados, após a retirada da água exsudada com o auxílio de uma pipeta graduada, pesava-se o frasco com a argamassa. Uma outra verificação realizada durante o ensaio foi a medição em cada frasco correspondente a todo os tempos determinados, isto é, em cada frasco fazia-se a leitura aos 15 min, 30 min, 1 hora, 2 horas e 4 horas. No procedimento normalizado em cada frasco faz-se somente uma leitura, daí dispor-se de 5 frascos para o ensaio.

Na determinação da resistência à tração por compressão diametral, os corpos de prova foram moldados e curados conforme NBR 7215/91[57] e NBR 5738/83[66]. Utilizando-se esta metodologia, deparou-se inicialmente com a ineficiência do adensamento previsto para a moldagem em 04 camadas com 30 golpes por camada. Este adensamento se aplica para as argamassas com consistência seca e não para as argamassas de consistências plásticas, como são as argamassas mistas de cal e cimento para revestimento. Adotou-se então a moldagem em 03 camadas e 20 golpes por camada.

Adotou-se que no processo de cura, os corpos de prova permaneceriam nas formas por 48 horas dentro da câmara úmida e após a desforma, os corpos de prova ficariam em sala climatizada com temperatura de $(24 \pm 4) ^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar maior que 50%.

Outro item modificado na metodologia foi a velocidade de carregamento que é recomendada com crescimento constante da tensão de tração de $(0,05 \pm 0,02)$ MPa/s. Observou-se na argamassa piloto, que a tensão média de ruptura foi de 0,15 MPa/s aos 14 dias de idade. Se adotada a velocidade recomendada, a duração do ensaio seria de 3 segundos, tornando-se portanto um ensaio com aplicação de carga instantânea, caracterizando-se quase como um ensaio dinâmico e não estático. Adotou-se então como velocidade máxima de carregamento a taxa de 0,005 MPa/s.

Na metodologia recomendada no projeto de norma 18:406.03-004/93[63] para determinação da resistência à compressão axial, as observações quanto a moldagem e cura dos corpos de prova são as mesmas feitas para o ensaio de resistência à tração por compressão diametral. A velocidade de carregamento de $(0,25 \pm 0,05)$ MPa/s foi muito elevada pois a

argamassa piloto apresentou resistência média aos 14 dias de 1,30 MPa/s, com duração do ensaio de aproximadamente 6 segundos. Adotou-se então a velocidade máxima de carregamento de 0,05 MPa/s.

Na determinação do módulo de deformação estática em analogia a NBR 8522/84[65], utilizou-se corpos de prova que foram moldados e curados conforme os procedimentos utilizados no ensaio de compressão axial e diametral. Foram utilizadas duas bases de medidas para as deformações longitudinais, ao longo de geratrizes igualmente espaçadas no perímetro da seção transversal do corpo de prova. As bases de medida tiveram um comprimento de 40 mm, pois de acordo com a NBR 8522/84[65], as bases de medida devem ter comprimento mínimo de três vezes a dimensão máxima do agregado ou $2/3$ do diâmetro do corpo de prova, prevalecendo o que for maior, e o comprimento máximo igual a metade da altura do corpo de prova. Estas relações para corpo de prova 5 X 10 cm e um agregado miúdo (areia) com diâmetro máximo de 9 mm fornecem valores variando de 33 a 50 mm , daí ter-se adotado o comprimento de 40 mm.

O plano de carga adotado foi composto de cinco ciclos sucessivos de carga e descarga entre os limites de 0 a 10% da resistência à compressão prevista numa velocidade de 0,05 MPa/s. Após este ajuste do corpo de prova , o procedimento foi o mesmo descrito para o plano de carga tipo II da NBR 8522/94[65], adotando-se porém , como tensão inferior 10% da resistência à compressão prevista, pois, a tensão de 0,5 MPa conforme descrito na norma é extremamente elevada para os ensaios das argamassas de revestimento em estudo.

No ensaio para determinação da absorção de água por capilaridade, algumas modificações foram introduzidas após os resultados obtidos durante a realização do ensaio em corpos de prova da argamassa piloto. Ao se iniciar o ensaio verificou-se que a ascensão capilar atingia a altura total do corpo de prova. Como no escopo da norma existe uma nota que informa que o teste não tem significado se a ascensão capilar atingir a altura do corpo de prova, fez-se então mudanças nos tempos em que se realizavam as leituras, que passaram a ser efetuadas a cada 10 minutos até atingir o tempo de 100 minutos e de 20 em 20 minutos a partir de então. Na tentativa de diminuir a evaporação da água absorvida, foram traçadas ao longo de 4 geratrizes diametralmente opostas do corpo de prova retas com divisões de 5 em 5cm para facilitar a leitura das alturas da mancha de umidade na superfície do corpo de prova e diminuir o tempo no qual o corpo de prova ficava sem a imersão parcial. No resultado do ensaio acrescentou-se também o traçado da curva de capilaridade onde a abcissa é a raiz quadrada do tempo e a ordenada a absorção e definiu-se como coeficiente de absorção capilar a declividade da curva no seu trecho retilíneo.

O método de ensaio para determinação da retração por secagem NBR 8490/84[61], apesar de ser padronizado para as argamassas de alvenaria estrutural, foi utilizado para as argamassas de revestimento. Esta opção baseou-se no fato de que se pode ter argamassas para alvenaria

estrutural com traços em volume de 1: 1: 6 e 1: 2: 9 que são recomendados tanto na Inglaterra quanto na Alemanha Ocidental e Estados Unidos.

Na tentativa da realização do ensaio pode-se destacar que não foi possível a desforma dos corpos de prova com $(23 \pm 0,5)$ h pois, os mesmos se rompiam e mesmo após 48 horas a fragilidade dos corpos de prova era evidente com quebras frequentes. Como se utilizou argamassa mista de cal e cimento, a cura dos corpos de prova foi realizada da seguinte forma: após a leitura inicial com 48 horas, os corpos de prova eram colocados em câmara de secagem que ficava numa sala climatizada com temperatura de (23 ± 2) °C e umidade relativa do ar de 54%. Na tentativa de manter a câmara de secagem nesta umidade relativa, utilizou-se um sal (bicromato de sódio $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) que era depositado no fundo da câmara de forma a constituir-se um corpo de fundo que na temperatura especificada manteria a umidade constante em 54%.

Vale salientar que devido à grande quantidade de água evaporada dos corpos de prova, inclusive com taxas diferenciadas entre as diversas argamassas, não se conseguiu manter a umidade relativa sob controle efetivo, sendo este um detalhe de relevante importância que ainda precisa ser resolvido pois, para uma umidade relativa maior a retração diminui e vice-versa.

As leituras foram realizadas em idades diferentes das normalizadas pois, segundo Fiorito[67], as argamassas mistas de cal e cimento perdem de 80 a 90% de água evaporável já aos 7 dias de idade e que a retração já é da ordem de 60 a 80% da retração aos 28 dias. Portanto, as leituras ocorrem somente até a idade de 28 dias.

Capítulo 4

Apresentação e Análise dos Resultados

4.1. Generalidades	58
4.2. Resultados dos ensaios com argamassa no estado fresco	59
4.2.1. Trabalhabilidade	59
4.2.2. Massa específica e teor de ar	70
4.2.3. Retenção de água	74
4.2.4. Exsudação de água	78
4.3. Ensaio realizados com argamassa no estado endurecido	84
4.3.1. Generalidades	84
4.3.2. Resistência à compressão axial	85
4.3.3. Resistência à tração por compressão diametral	90
4.3.4. Módulo de deformação estático	96
4.3.5. Absorção de água, massa específica e índice de vazios	102
4.3.6. Absorção de água por capilaridade	110
4.3.7. Retração por secagem	119
4.4. Comparação das diversas granulometrias analisadas	121

4.1. Generalidades

Para melhor compreensão e visualização e para evitar tabelas muito grandes que pudessem dificultar sua edição, os resultados foram separados para os dois traços em volume analisados, isto é, tabelas com os resultados dos ensaios nas argamassas traço 1: 1: 6 e traço 1: 2: 9.

Alguns dos resultados dos ensaios, por exemplo no ensaio de exsudação, são apresentados na forma de planilhas, sempre utilizando-se os valores médios. No anexo A apresenta-se as tabelas contendo todos os valores obtidos nos ensaios. A Tabela A.1 mostra os resultados dos ensaios de consistência, massa específica e teor de ar; a Tabela A.2 os resultados dos ensaios de retenção de água e retenção de consistência. Nas Tabelas A.3 e A.4 apresentam-se os resultados do ensaio de exsudação, enquanto que os resultados dos ensaios na argamassa no estado endurecido são apresentados nas Tabelas A.5 à A.16 - b..

Para a análise dos resultados, utilizaram-se parâmetros estatísticos de forma tal que a análise fosse comparativa, sendo que para caracterizar a composição granulométrica, adotou-se o módulo de finura e o Coeficiente de Uniformidade, além do volume de vazios e o teor de finos. Definiu-se como teor de finos a fração da areia abaixo da peneira de abertura de malha 0,075mm. O teor de finos totais foi definido como a relação percentual do somatório do teor de finos da areia com os aglomerantes (em massa) pela massa anidra total da argamassa. Usou-se também da análise de variância, comparação de médias entre os grupos e comparações de funções lineares para as diversas argamassas.

4.2. Resultados dos ensaios com argamassa no estado fresco

4.2.1. Trabalhabilidade

Conforme descrito no Capítulo 2, a água é o meio direto que o pedreiro dispõe para mexer na trabalhabilidade das argamassas e vários pesquisadores tem descrito que a água é realmente um dos fatores que interferem na trabalhabilidade.

Selmo[16] considera que quanto maior o índice de vazios e área específica da areia, maior o consumo de aglomerantes e água de amassamento, sendo portanto estas características que regem a quantidade de água. Para verificar esta influência, calculou-se o índice de vazios e o volume de vazios das areias utilizando-se as equações (3) e (4), cujos resultados estão na Tabela 4.1.

$$I_v = 1 - \gamma / \delta \quad (3)$$

$$V_v = I_v \cdot V_a \quad (4)$$

onde, I_v - índice de vazios;
 γ - massa unitária da areia;
 δ - massa específica da areia;
 V_v - volume de vazios da areia;
 V_a - volume de areia.

Calculou-se igualmente o Coeficiente de uniformidade das areias pela equação (5).

$$Cun = d_{60} \div d_{10} \quad (5)$$

onde, Cun - coeficiente de uniformidade
 d_{60} - abertura de malha da peneira na qual passa 60% do material (em mm).
 d_{10} - abertura de malha da peneira na qual passa 10% do material (em mm).

TABELA 4.1. Volume de vazios e coeficiente de uniformidade das areias utilizadas.

Identificação	Areia	Massa unitária (Kg.dm ⁻³)	Volume Vazios (l.m ⁻³)	Coeficiente de uniformidade	Módulo de finura
BSI 2E	2	1,437	458	2,8	1,70
BSI 1E	3	1,44	457	2,9	2,95
ASTM 1E	4	1,489	438	4	3,05
DTU 1E	5	1,654	376	12,2	2,04
IPT 2E	6	1,628	386	7,68	3,53
Fuller 0,3	19	1,377	480	10,74	0,29
Gráfica	23	1,462	448	1,4	4,98
Fuller 9,5	31	1,735	345	18,92	3,89
BSI 1R	33	1,401	471	2,3	1,40
ABNT 1R	34	1,565	409	4,2	1,15

Ao ser correlacionado o volume de vazios com o coeficiente de uniformidade das areias (Figuras 4.1 a 4.3) obteve-se bons coeficientes de correlação. Nas correlações obtidas para as areias muito uniformes e de uniformidade média ou desuniformes, eliminou-se as areias 19 e 23 por produzirem argamassas com dificuldade de manuseio. Devido a grande quantidade de finos na areia 19 esta tornou-se extremamente coesa e a falta de finos na areia 23 tornou-a muito áspera e sem coesão.

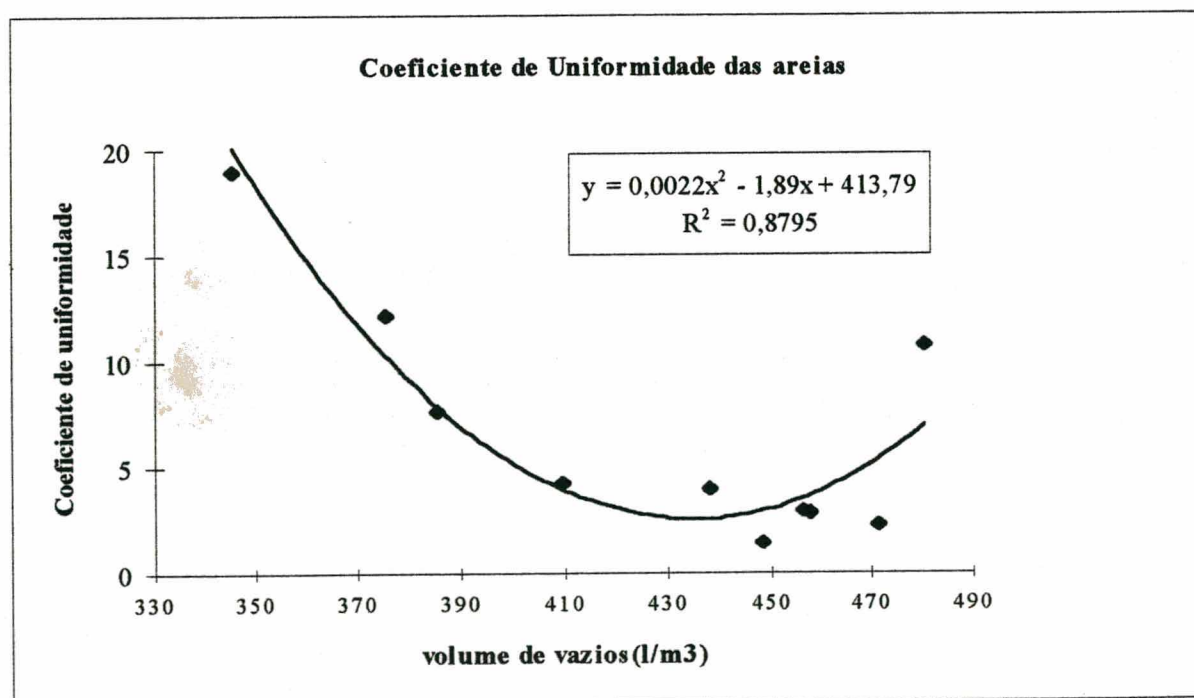


FIGURA 4.1. Variação do volume de vazios das areias com os coeficientes de uniformidade.

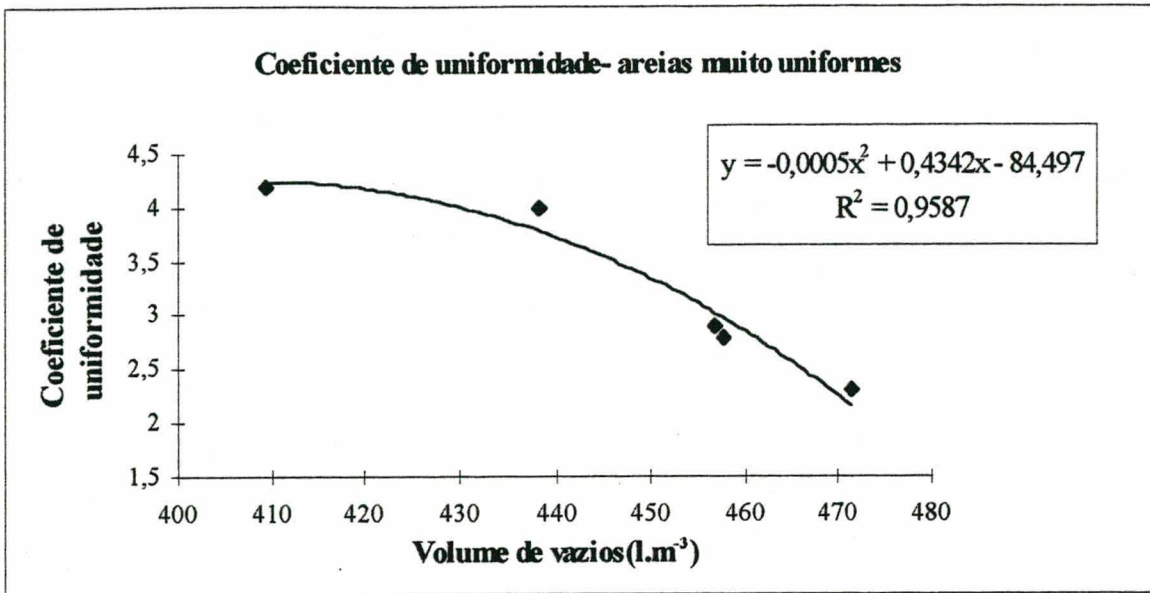


FIGURA 4.2. Variação do volume de vazios das areias com os coeficientes de uniformidade para as areias muito uniformes.

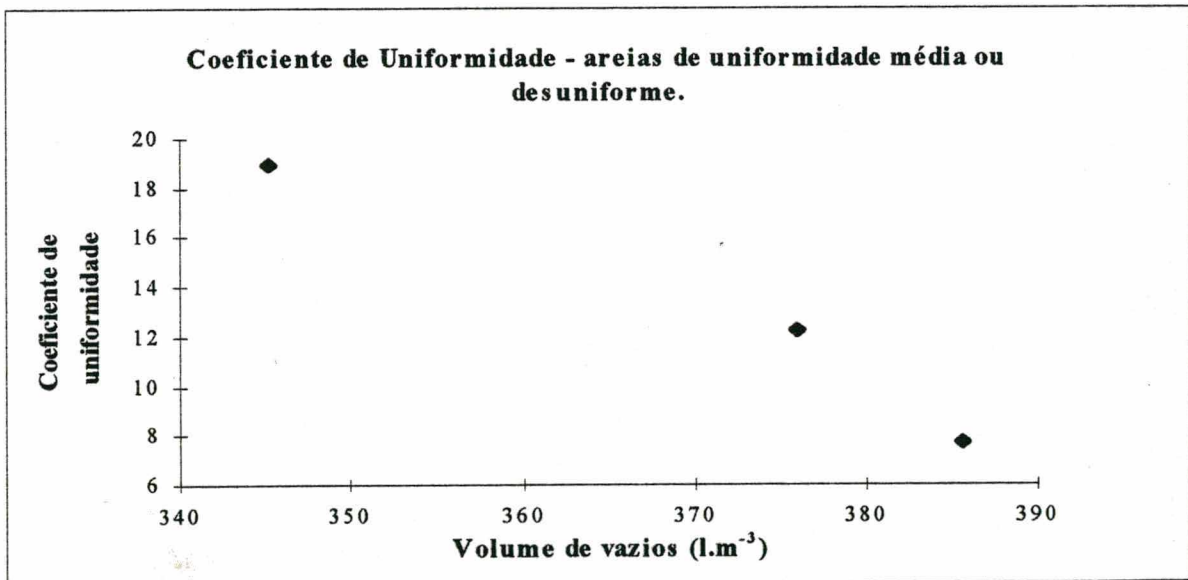


FIGURA 4.3. Variação do volume de vazios das areias com os coeficientes de uniformidade para as areias de uniformidade média ou desuniforme.

Observa-se que existe uma boa correlação entre o volume de vazios das areias e os coeficientes de uniformidades das mesmas. As areias classificadas como de uniformidade média ou desuniformes apresentam menores volumes de vazios do que as areias classificadas como muito uniformes.

Desta correlação encontrada, e baseado no fato de que quanto maior o volume de vazios da areia, maior o consumo de aglomerantes e de água de amassamento, as argamassas produzidas com as areias classificadas como desuniformes ou de uniformidade média serão mais econômicas

pois terão o menor consumo de aglomerantes, além do que, quanto menor o volume de vazios menor o volume de pasta necessário que, corresponde então à menor retração potencial da argamassa.

Apresenta-se nas Tabela 4.2 e 4.3 os índices de consistência obtidos nas diversas argamassas, o teor de finos totais e a quantidade de água utilizada na produção de cada argamassa. Esta quantidade de água está expressa sob a forma das relações água/materiais secos e água/aglomerantes. Acrescenta-se a esta tabela, dados referentes à areia utilizada para análise de uma série de relações entre os parâmetros, de maneira a verificar quais características interferem na quantidade de água de produção das argamassas.

TABELA 4.2. Resultados de ensaios na argamassa fresca - traço (volume) 1: 1: 6.

Identificação	Índice de Consistência (mm)	Relação água/materiais secos (massa)	Relação água/aglomerantes (massa)	Volume Vazios ($l.m^{-3}$)	Módulo de finura	Teor de finos totais (%)
BSI 2E - 2A	260	0,240	1,245	458	1,70	21,8
BSI 1E - 3A	253	0,206	1,129	457	2,95	16,8
ASTM 1E - 4A	279	0,205	1,157	438	3,05	16,3
DTU 1E - 5A	284	0,176	1,084	376	2,04	27,5
IPT 2E - 6A	278	0,182	1,105	386	3,53	15,1
Fuller 0,3 - 19A	273	0,226	1,195	480	0,29	57,9
Gráfica - 23A	241	0,127	0,708	448	4,98	16,6
Fuller 9,5 - 31A	272	0,140	0,897	345	3,89	19,4
BSI 1R - 33A	279	0,237	1,274	471	1,40	21,2
ABNT 1R - 34A	294	0,220	1,296	409	1,15	19,8

TABELA 4.3. Resultados de ensaios na argamassa fresca - traço (volume) 1: 2: 9.

Identificação	Índice de Consistência (mm)	Relação água/materiais secos (massa)	Relação água/aglomerantes (massa)	Volume Vazios ($l.m^{-3}$)	Módulo de finura	Teor de finos totais (%)
BSI 2E - 2B	266	0,248	1,449	458	1,70	19,5
BSI 1E - 3B	266	0,217	1,266	457	2,95	15,4
ASTM 1E - 4B	275	0,205	1,229	438	3,05	15,0
DTU 1E - 5B	265	0,185	1,216	376	2,04	26,4
IPT 2E - 6B	280	0,187	1,211	386	3,53	13,9

Na Figura 4.4 observa-se a variação das relações água/materiais secos usadas nas argamassas com o volume de vazios das areias. Observa-se uma tendência que confirma a suposição feita de que, quanto menor o volume de vazios da areia menor a quantidade de água de amassamento.

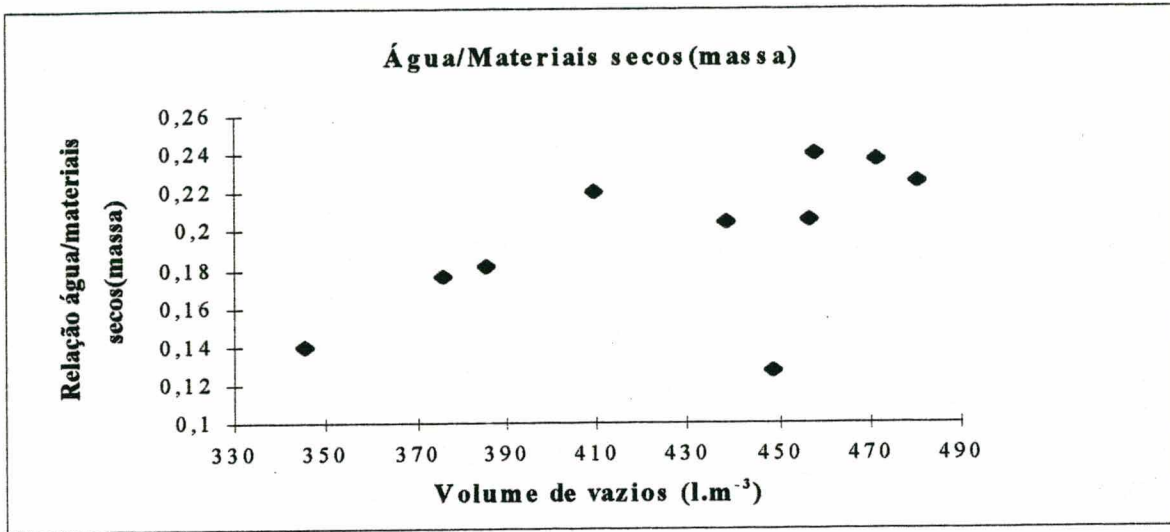


FIGURA 4.4. Variação da relação água/materiais secos das argamassas com o volume de vazios das areias.

Conforme pode ser visto nas Figuras 4.5 e 4.6, aparentemente a variação da relação água/materiais secos com o volume de vazios das areias é mais evidente nas argamassas produzidas com as areias de uniformidade média e desuniformes do que as argamassas produzidas com as areias uniformes.

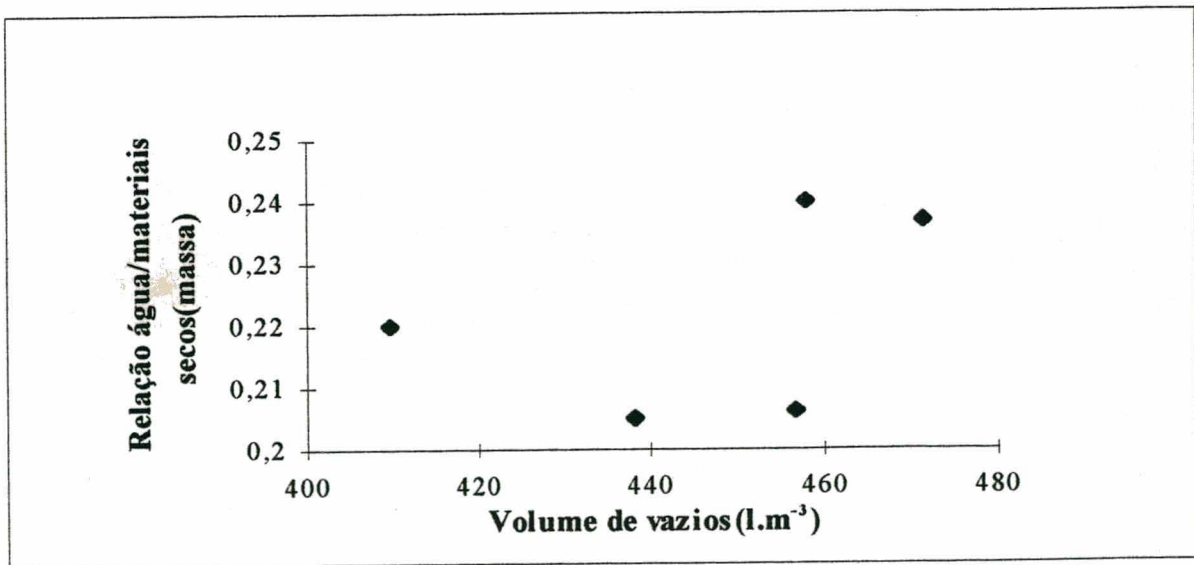


FIGURA 4.5. Variação da relação água/materiais secos das argamassas com o volume de vazios das areias classificadas como muito uniformes.

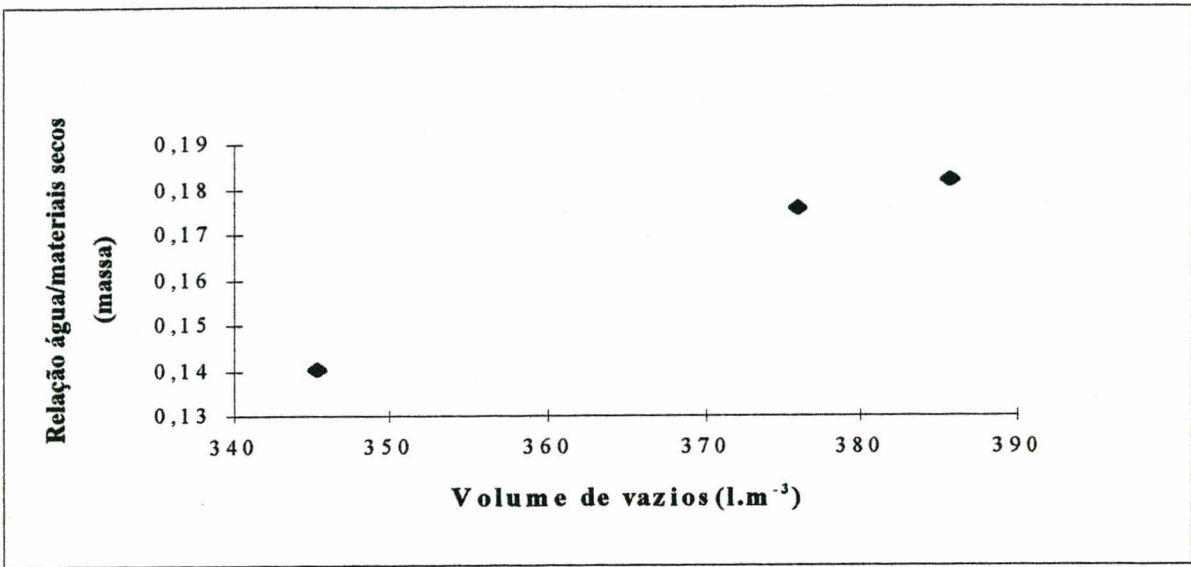


FIGURA 4.6. Variação da relação água/materiais secos das argamassas com o volume de vazios das areias classificadas como de uniformidade média ou desuniformes.

Conforme visto no Capítulo 2, Martinelli[19] sugere que a quantidade de água de amassamento depende apenas do módulo de finura e da quantidade de areia presente. Sabbatini[8] também descreve que quanto menor o módulo de finura das areias melhor a trabalhabilidade. Como normalmente verifica-se a trabalhabilidade medindo a consistência das argamassas, analisa-se os resultados obtidos correlacionando-se a quantidade de água de amassamento com o módulo de finura e com o índice de consistência obtido nas argamassas. Estas variações são apresentadas nas Figuras 4.7 a 4.10. Não se encontrou uma correlação bem definida do índice de consistência das argamassas com o módulo de finura das areias utilizadas, e nem com a relação água/aglomerantes.

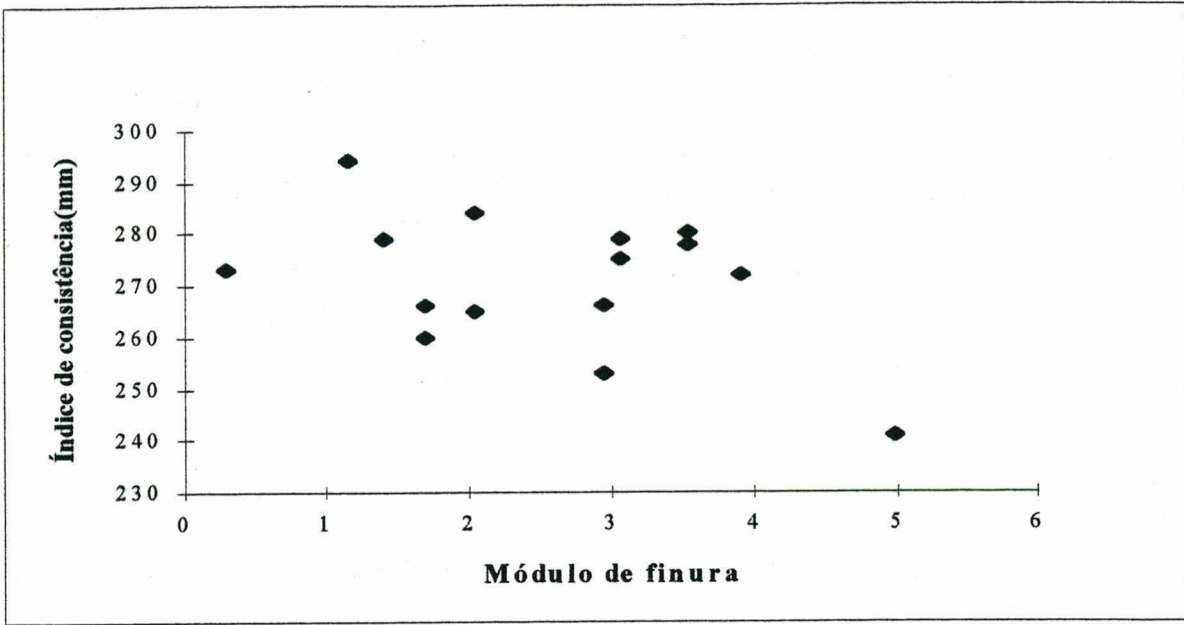


FIGURA 4.7. Variação do índice de consistência com os módulos de finura das areias.

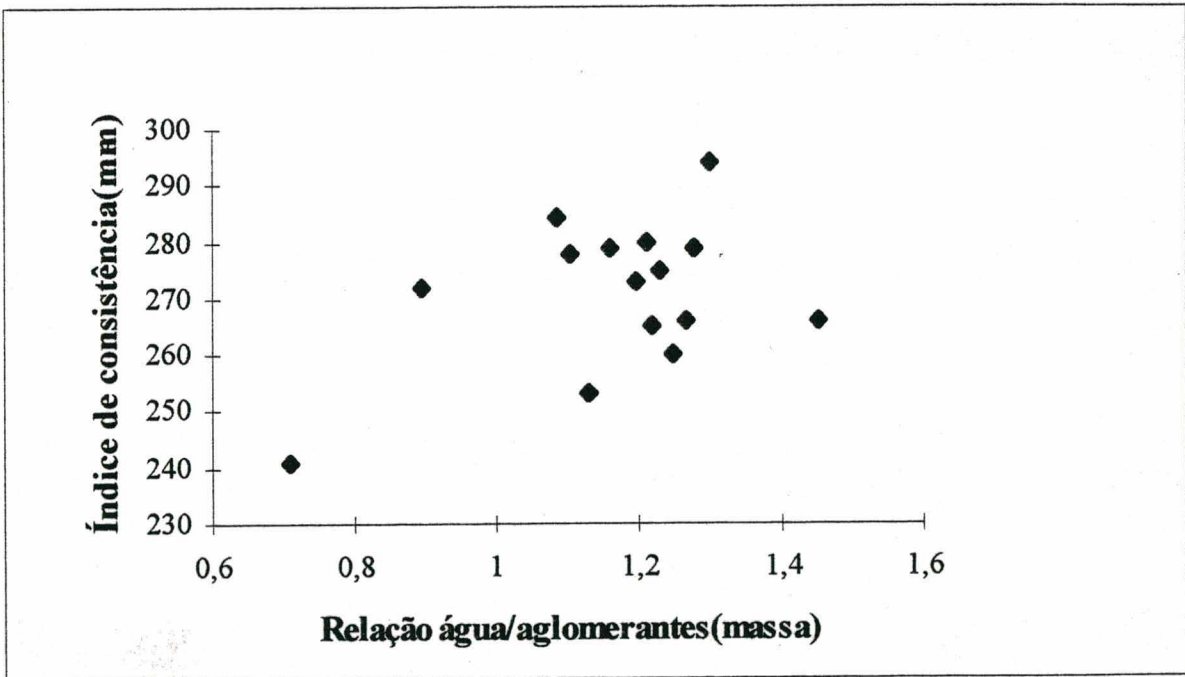


FIGURA 4.8. Variação do índice de consistência com a relação água/aglomerantes(massa).

Observa-se uma tendência de decréscimo da relação água/materiais secos e da relação água/aglomerantes com o módulo de finura das areias. Isto é, quanto maior o módulo de finura das areias, menor a relação água/materiais secos. As argamassas preparadas com areias muito uniformes necessitaram de mais água do que as argamassas produzidas com as areias de uniformidade média ou desuniforme.

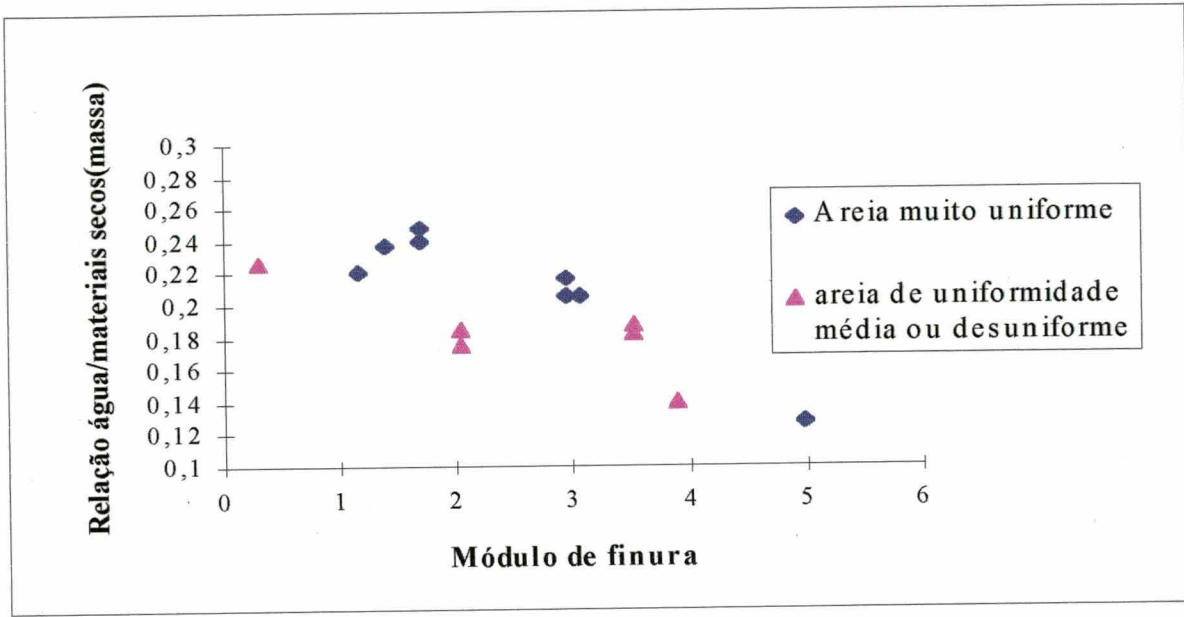


FIGURA 4.9. Variação da relação água/materiais secos com o módulo de finura das areias

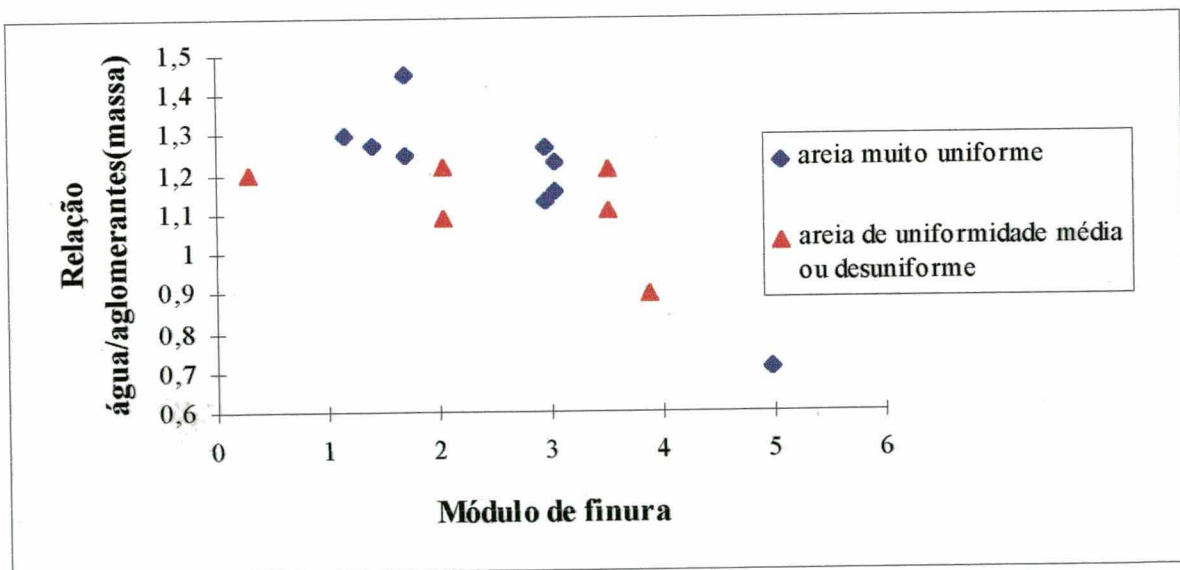


FIGURA 4.10. Variação da relação água/aglomerantes com o módulo de finura das areias

Ao se avaliar a variação da quantidade de água com a relação agregado/aglomerantes, verifica-se que para os traços em volume 1:1:6 existe uma tendência de diminuição da relação água/cimento quando se aumenta a relação agregado/aglomerante. Isto vem confirmar Selmo[7] que concluiu que a relação água/aglomerante aumenta conforme diminui o consumo de aglomerante na argamassa. No entanto, o mesmo não se verifica para os traços em volume 1:2:9, conforme pode ser observado nas Figuras 4.11 a 4.13. Na Figura 4.11 pode ser igualmente observado que as argamassas 1:2:9 exigiram maiores quantidades de água para se obter a mesma consistência.

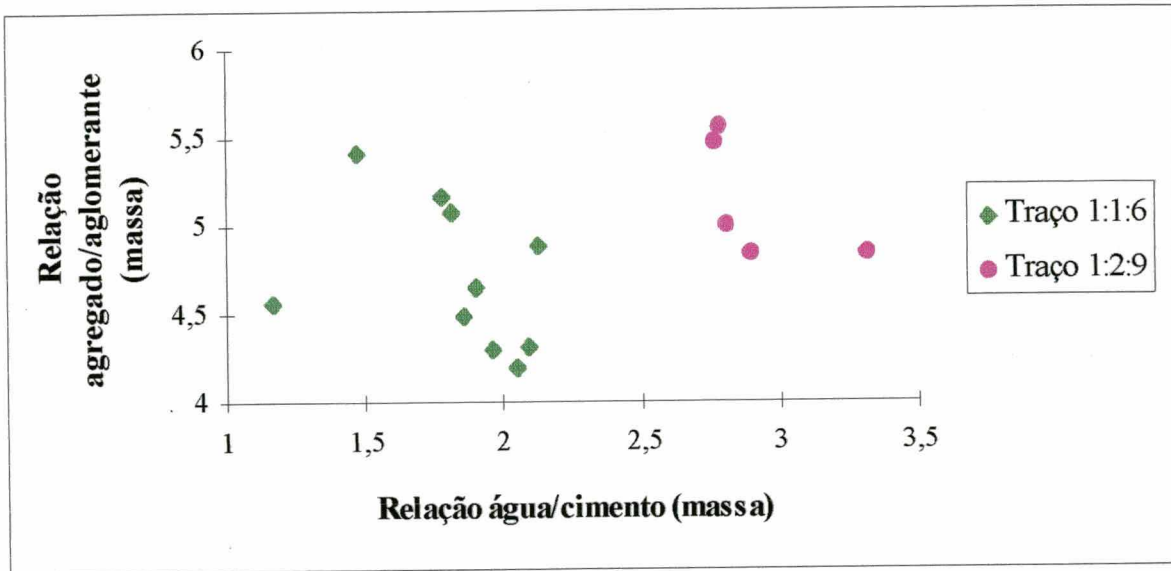


FIGURA 4.11. Variação da relação água/cimento com a relação agregados/aglomerantes em massa.

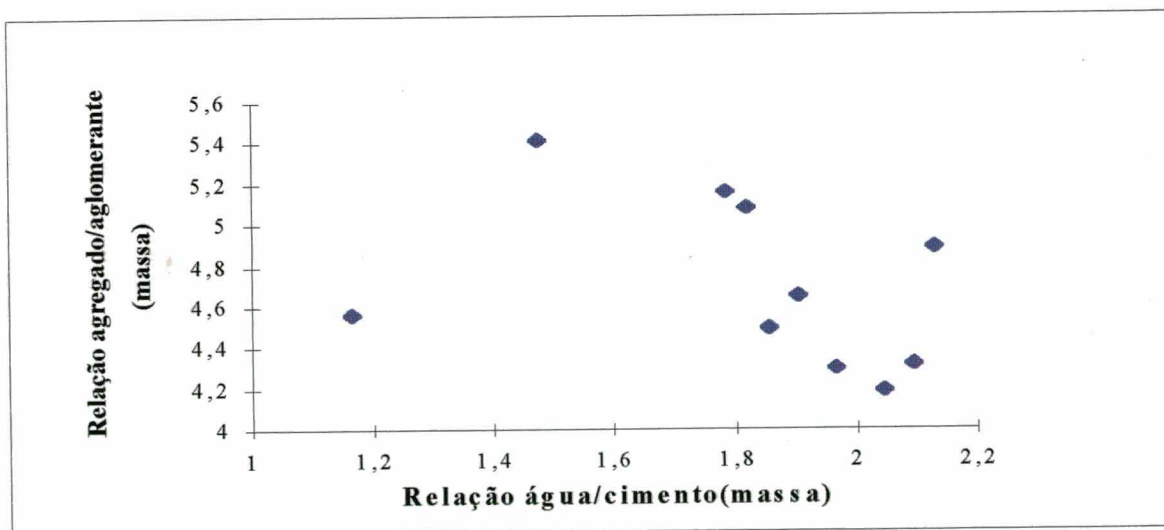


FIGURA 4.12. Variação da relação água/cimento com a relação agregados/aglomerantes em massa para as argamassas com traço em volume 1:1:6.

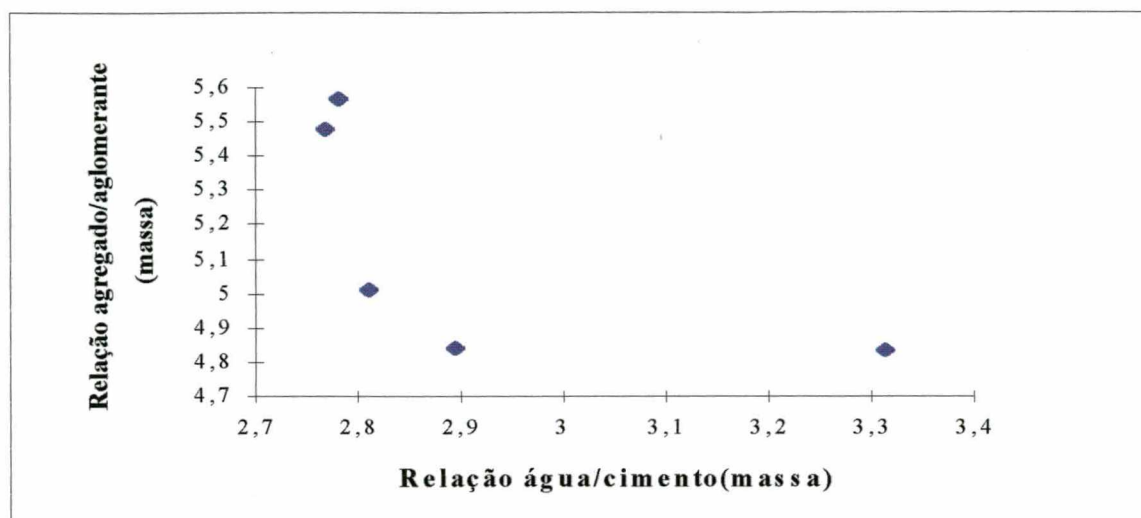
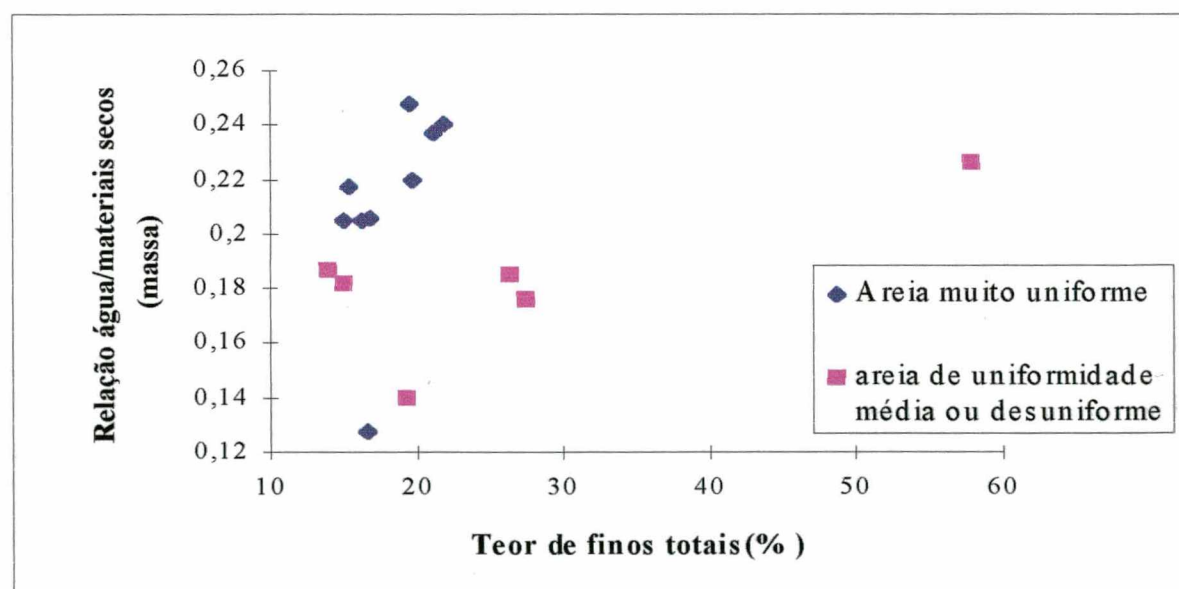


FIGURA 4.13. Variação da relação água/cimento com a relação agregado/aglomerantes em massa para as argamassas de traço em volume 1:2:9.

Quando se analisa a relação água/materiais secos com o teor de finos nas argamassas (Figura 4.14), observa-se a tendência de correlação tanto para as areias muito uniformes quanto para as de uniformidade média ou desuniforme. As exceções foram as argamassas 23 e 19, provavelmente pela falta total de finos na argamassa 23 e pelo excesso de finos na argamassa 19.



A 4.14. Variação da relação água/materiais secos(massa) com o teor de finos totais, incluindo os aglomerantes.

Observa-se na Figura 4.15 que para as argamassas com traço 1:1:6(volume), quanto maior o teor de finos maior a relação água/materiais secos. Verifica-se ainda que as argamassas 5 e 31 que apresentam os maiores coeficientes de uniformidade consumiram menor quantidade de água para atingirem a consistência desejada. Porém, também nelas, verifica-se a mesma tendência de

crescimento da relação água/materiais secos com o teor de finos. Para as argamassas de traço 1:2:9(volume), também valem as mesmas considerações anteriores, como demonstra a Figura 4.16.

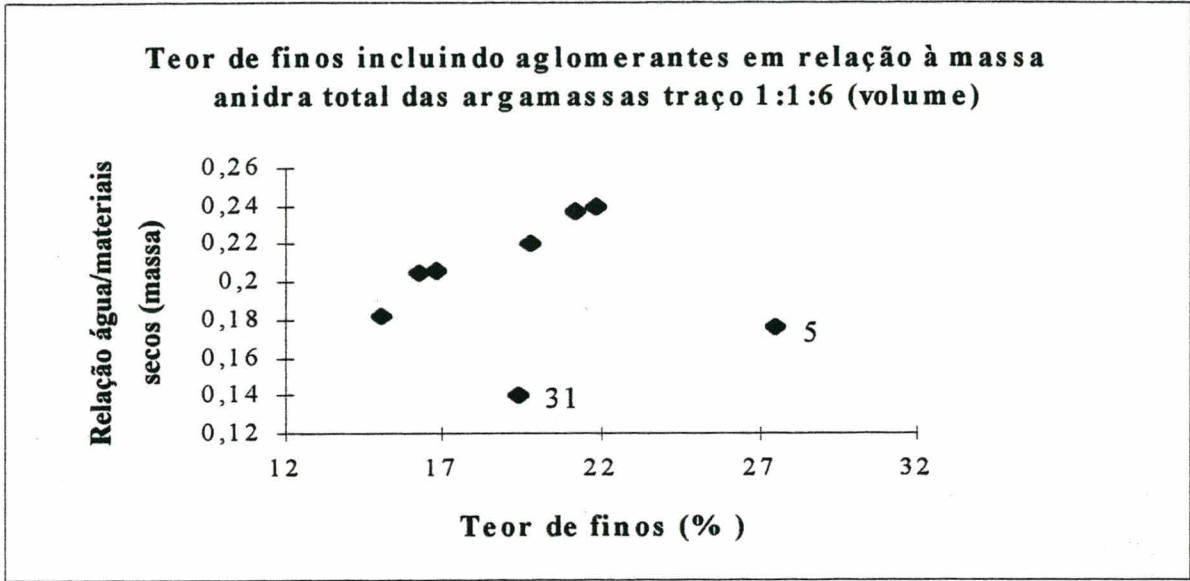


FIGURA 4.15. Variação da relação água/materiais secos(massa) com o teor de finos totais, incluindo os aglomerantes, para as argamassas traço 1:1:6(volume).

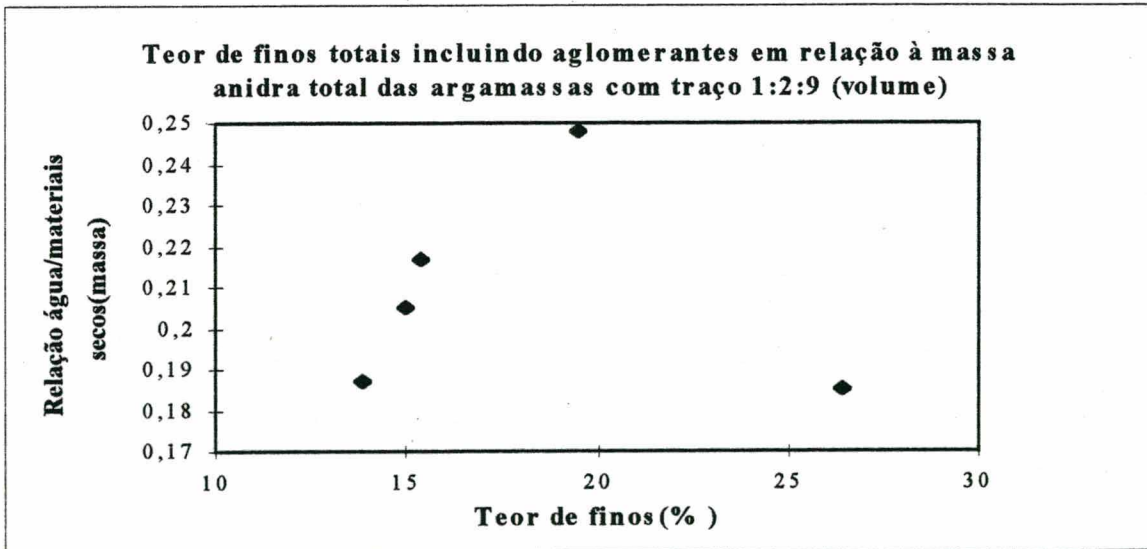


FIGURA 4.16. Variação da relação água/materiais secos(massa) com o teor de finos totais, incluindo os aglomerantes, para as argamassas traço 1:2:9(volume).

4.2.2. Massa específica e teor de ar

Apresenta-se nas Tabelas 4.4 e 4.5 os resultados médios obtidos. A massa específica e o teor de ar são a média dos resultados de três corpos de prova. Acrescenta-se alguns parâmetros relativos as areias utilizadas.

TABELA 4.4. Resultados de ensaios na argamassa fresca - traço (volume) 1: 1: 6.

Identificação	Argamassa	Módulo de finura	Volume Vazios (l.m ⁻³)	Índice de Consistência (mm)	Massa Específica (Kg/dm ³)	Teor de ar (%)
BSI 2E	2A	1,70	458	260	1,965	3,9
BSI 1E	3A	2,95	457	253	2,038	2,2
ASTM 1E	4A	3,05	438	279	2,068	0,8
DTU 1E	5A	2,04	376	284	2,114	1,2
IPT 2E	6A	3,53	386	278	2,111	0,8
Fuller 0,3	19A	0,29	480	273	1,990	2,8
Gráfica	23A	4,98	448	241	1,967	12,7
Fuller 9,5	31A	3,89	345	272	2,222	-
BSI 1R	33A	1,40	471	279	1,956	3,5
ABNT 1R	34A	1,15	409	294	2,002	2,6

TABELA 4.5. Resultados de ensaios na argamassa fresca - traço (volume) 1: 2: 9.

Identificação	Argamassa	Módulo de finura	Volume Vazios (l.m ⁻³)	Índice de Consistência (mm)	Massa Específica (Kg/dm ³)	Teor de ar (%)
BSI 2E	2B	1,70	458	266	1,950	2,6
BSI 1E	3B	2,95	457	266	2,029	1,3
ASTM 1E	4B	3,05	438	275	2,037	1,9
DTU 1E	5B	2,04	376	265	2,082	1,5
IPT 2E	6B	3,53	386	280	2,105	-

As argamassas que apresentam menores massas específicas para materiais de mesma densidade, indicam conter maior teor de ar incorporado que irá interferir na trabalhabilidade das argamassas como foi relatado no Capítulo 2.

Ao serem plotados os resultados da massas específicas das argamassas com o módulo de finura das areias utilizadas, observa-se que as areias que foram classificadas como muito uniformes apresentaram menores massas específicas do que as classificadas como de uniformidade média ou desuniforme, conforme pode ser visto na figura 4.17. Ao fazer-se a análise de comparação de médias, pelo método de Duncan, Nanni[70], verifica-se que não há diferença significativa (com 95% de confiança) entre as massas específicas médias das argamassas 3B e 4B; 2A e 33A; 23A e 33A; 23A e 2A; 5A e 6A .

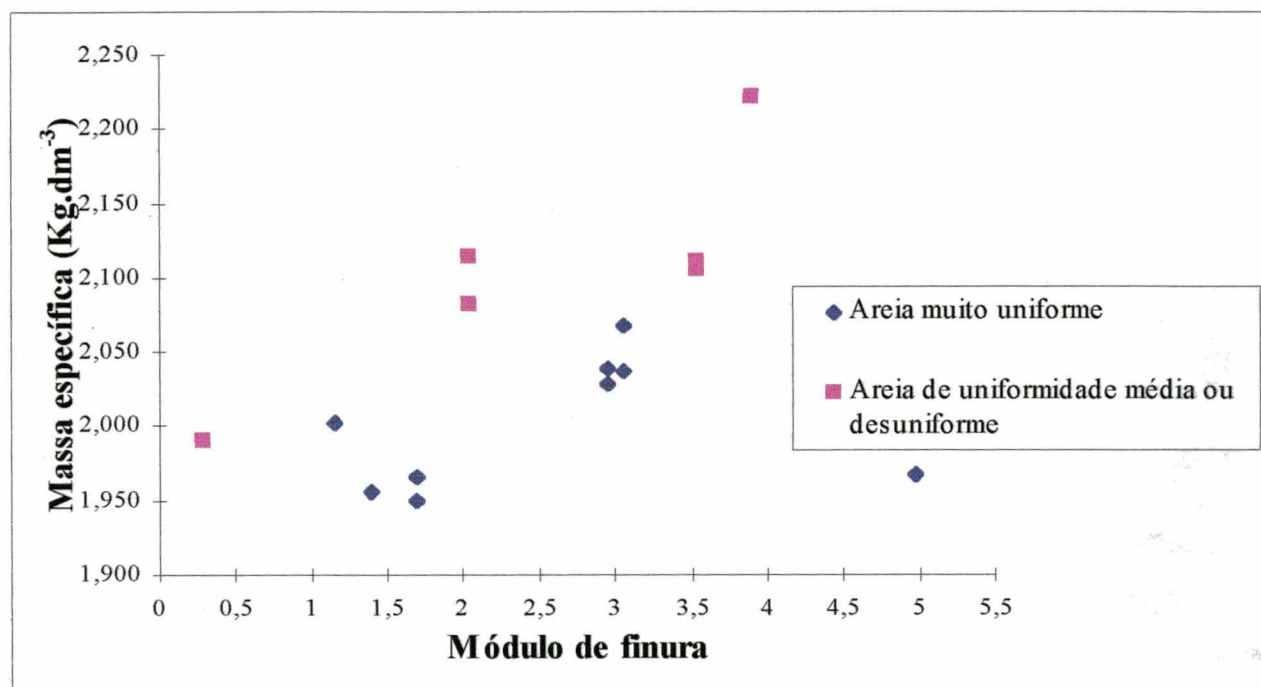


FIGURA 4.17. Variação da massa específica das argamassas com o módulo de finura das areias classificadas pelo coeficiente de uniformidade.

As massas específicas das argamassas produzidas com as mesmas areias, mas com traços em volume de 1:1:6 e 1:2:9, não apresentaram diferenças significativas, mas sempre as argamassas do tipo B (1:2:9) apresentaram menores massas específicas, conforme pode ser visualizado na Figura 4.18.

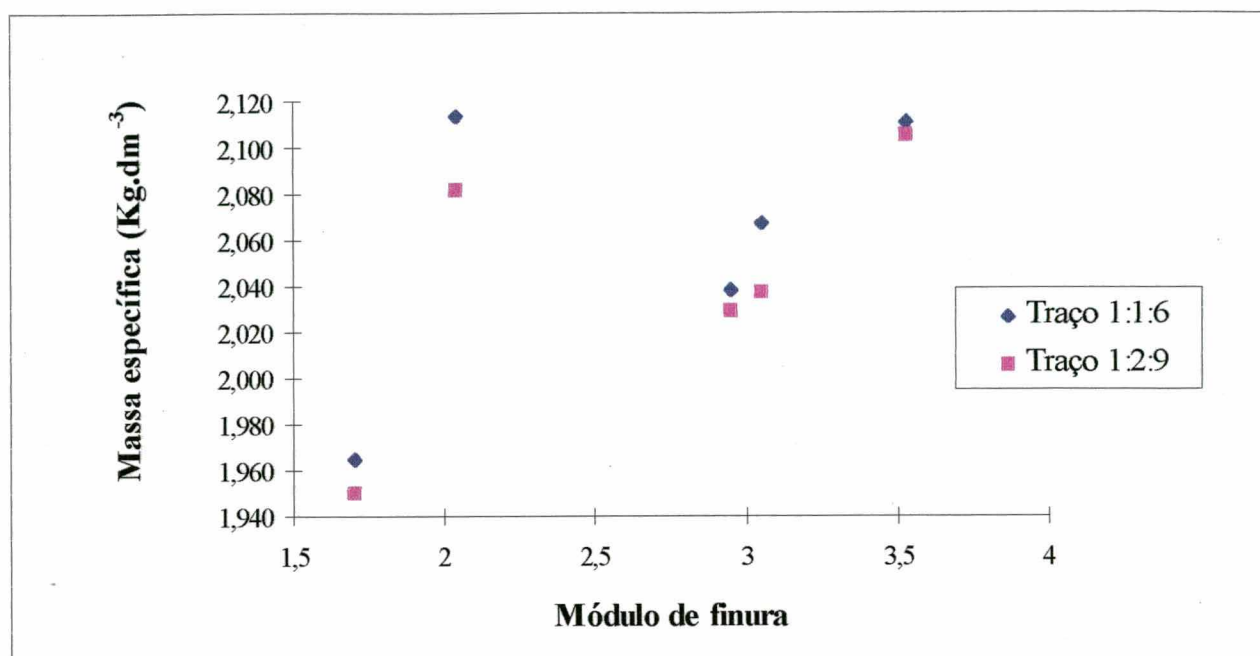


FIGURA 4.18. Variação da massa específica das argamassas com o módulo de finura das areias, para as argamassas que foram produzidas com mesmas areias com traços 1:1:6 e 1:2:9 (volume).

Após a análise de variância utilizando-se do modelo geral de duas classificações com repetição obteve-se que, para 95% de confiança, tanto a granulometria da areia como o traço da argamassa influem na variação da massa específica.

Observa-se que a granulometria interfere na massa específica das argamassas no estado fresco sendo que, para as areias classificadas como de uniformidade média ou desuniformes, quanto maior o módulo de finura maior a massa específica. Porém, para as areias classificadas como muito uniformes não ocorre esta relação.

O teor de ar foi determinado pelo método gravimétrico a partir do cálculo da massa específica. Várias amostras tiveram suas médias desprezadas pois apresentavam coeficiente de variação superior a 25%. Como foram utilizados 03 corpos de prova para realização do ensaio, estas amostras foram eliminadas. A argamassa 23 apresentou elevado teor de ar, provavelmente por apresentar falta de finos, sendo basicamente composta de um único tamanho de grão ocasionando um volume de vazio muito grande.

Devido a eliminação das médias com coeficiente de variação maior do que 25%, não se pode elaborar uma metodologia de avaliação da interferência da granulometria da areia no teor de ar das argamassas no estado fresco. Porém, apresenta-se na Figura 4.19 a variação do teor de ar com o módulo de finura das areias utilizadas onde vislumbra-se uma tendência de diminuição do teor de ar com o aumento do módulo de finura.

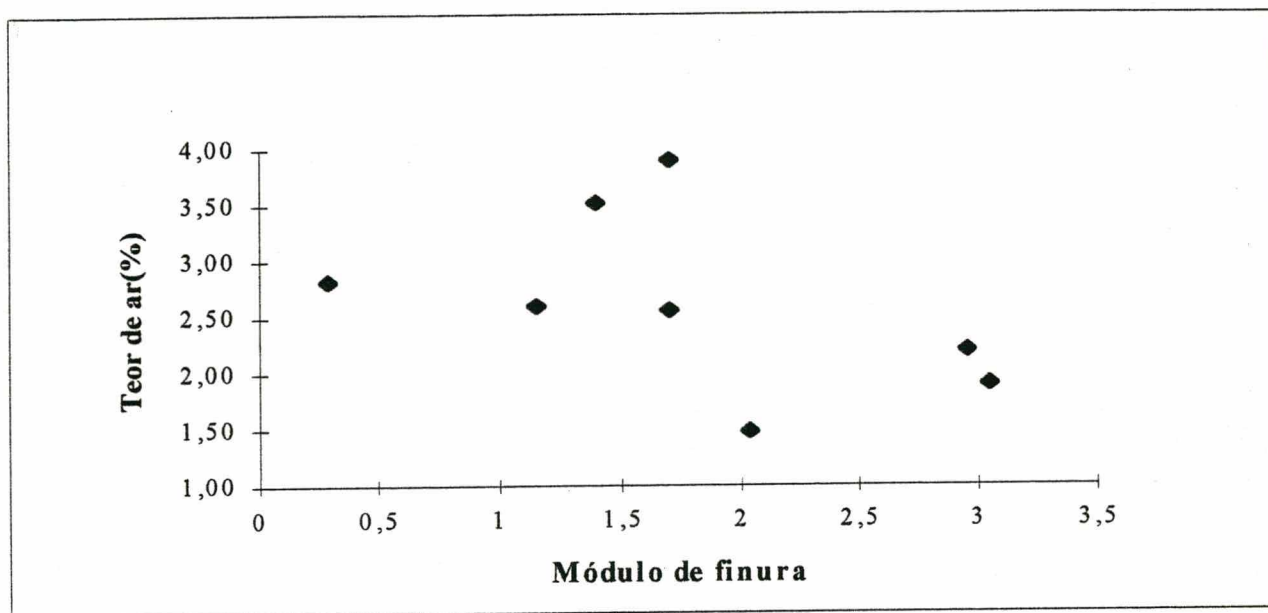


FIGURA 4.19. Variação do teor de ar com o módulo de finura das areias.

4.2.3. Retenção de água

Apresenta-se nas Tabelas 4.6 e 4.7 a média de quatro resultados obtidos para a retenção de água das argamassas. Acrescenta-se alguns parâmetros relativos às areias utilizadas.

TABELA 4.6. Resultados de ensaios na argamassa fresca - traço (volume) 1: 1: 6.

Identificação	Argamassa	Módulo de finura	Volume Vazios (l.m^{-3})	Relação agregado/aglomerantes (massa)	Retenção de Água (%)	Retenção de Consistência (%)
BSI 2E	2A	1,70	458	4,184	91,5	-
BSI 1E	3A	2,95	457	4,491	95,1	77,3
ASTM 1E	4A	3,05	438	4,645	88,1	61,0
DTU 1E	5A	2,04	376	5,161	89,8	57,9
IPT 2E	6A	3,53	386	5,078	88,5	58,8
Fuller 0,3	19A	0,29	480	4,294	91,2	71,6
Gráfica	23A	4,98	448	4,560	99,0	85,3
Fuller 9,5	31A	3,89	345	5,412	92,5	61,9
BSI 1R	33A	1,40	471	4,312	89,3	68,2
ABNT 1R	34A	1,15	409	4,882	87,3	63,3

TABELA 4.7. Resultados de ensaios na argamassa fresca - traço (volume) 1: 2: 9.

Identificação	Argamassa	Módulo de finura	Volume Vazios (l.m^{-3})	Relação agregado/aglomerantes (massa)	Retenção de Água (%)	Retenção de Consistência (%)
BSI 2E	2B	1,70	458	4,835	91,4	70,9
BSI 1E	3B	2,95	457	4,843	91,0	58,9
ASTM 1E	4B	3,05	438	5,007	89,9	57,3
DTU 1E	5B	2,04	376	5,565	92,5	66,4
IPT 2E	6B	3,53	386	5,477	90,7	68,4

Sendo a retenção de água uma propriedade que também interfere na trabalhabilidade das argamassas como já foi discutido no Capítulo 2, inclusive podendo também interferir na capacidade de aderência inicial da argamassa e nas propriedades das argamassas no estado endurecido, analisou-se esta propriedade principalmente quanto a sua variação com a relação agregado/aglomerante. Conforme pode ser visto na figura 4.20 para as argamassas com areias muito uniformes, existe uma leve tendência de diminuição da retenção de água com o aumento da

relação agregado/aglomerante, com exceção das argamassas 3A e 23A. O resultado obtido na argamassa 23A pode ter sido ocasionado pela falta de contato do papel de filtro em toda a área do corpo de prova pois este apresentava-se com sua superfície muito áspera devido a granulometria da areia utilizada.

Isto indica que a influência dos aglomerantes é sensível na retenção de água destas argamassas. Além disto, para todos as argamassas do tipo B, foi maior a retenção do que para as argamassas com mesma areia do tipo A. Isto pode ser consequência da maior quantidade de cal nos traços tipo B, com exceção da argamassa 3B.

Nas argamassas produzidas com as areias que foram classificadas como de uniformidade média ou desuniforme, conforme pode ser visto na Figura 4.21, esta relação se inverte tornando-se bem mais visível a influência da relação agregado/aglomerante na retenção de água, sendo que quanto maior a relação agregado/aglomerante maior foi a retenção de água. Este fato sugere que quando as areias apresentam granulometria bem distribuída, isto é com uniformidade média ou desuniforme, a retenção de água é muito influenciada pela areia utilizada.

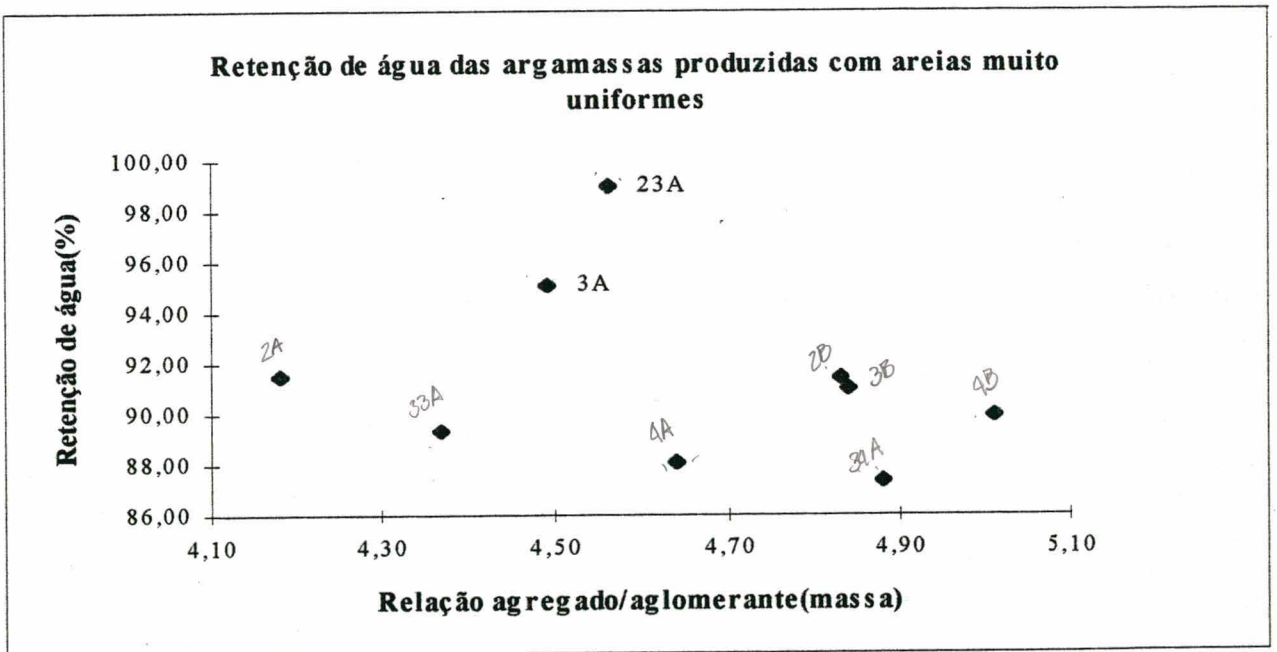


FIGURA 4.20. Variação da retenção de água com a relação agregado/aglomerante(massa) para as argamassas produzidas com areias muito uniformes.

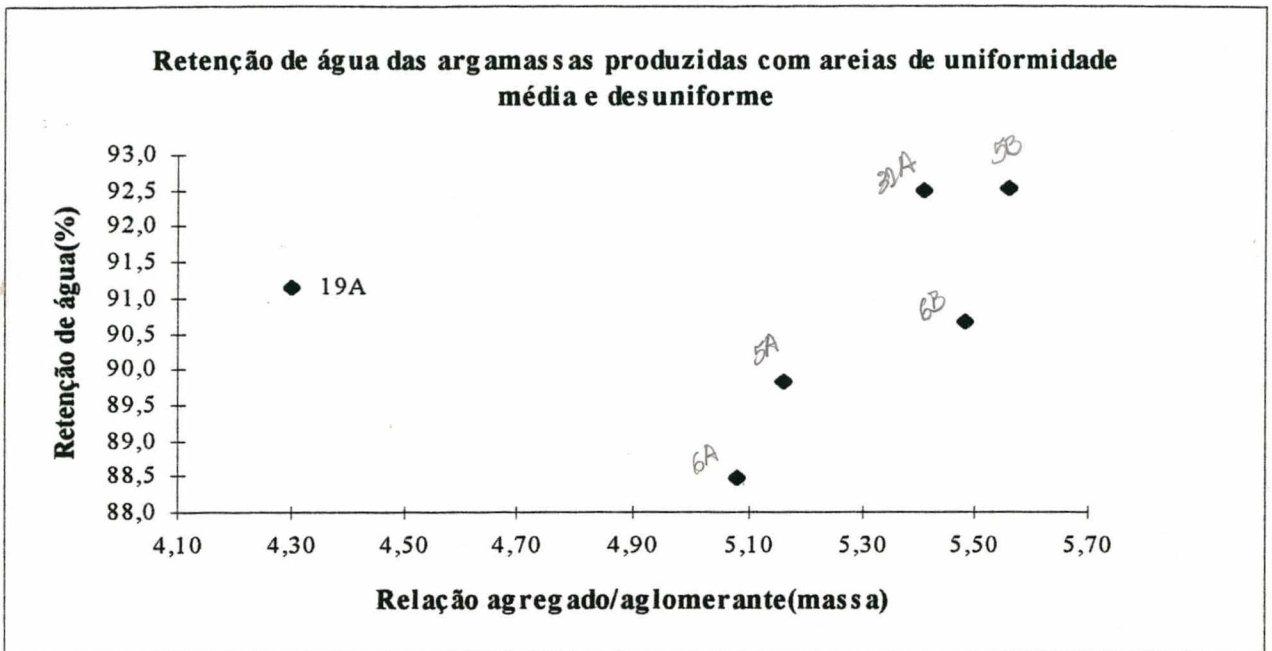


FIGURA 4.21. Variação da retenção de água com a relação agregado/aglomerante(massa) para as argamassas produzidas com areias de uniformidade média ou desuniforme.

Selmo[7] comenta que a retenção de água se mantém elevada para argamassas com baixa relação agregado/aglomerante e que o aumento da retenção de água pelo maior teor de cal na argamassa varia, a priori, com a relação agregado/aglomerante. Observando-se as areias utilizadas por Selmo[7] verifica-se que estas são classificadas como muito uniformes, o que vem confirmar os resultados obtidos (demonstrados na Figura 4.20).

A análise de variância indicou que para todas as argamassas do tipo B (traço em volume 1:2:9) não existe diferença significativa entre os valores médios de retenção de água. Desta constatação pode-se supor que ou o método de ensaio não tem sensibilidade necessária para captar pequenas diferenças de retenção de água ou que para argamassas com baixo consumo de aglomerantes, a granulometria da areia não interfere na retenção de água das argamassas.

Ao se correlacionar a retenção de água das argamassas com o módulo de finura das areias utilizadas, não observou-se correlação linear entre os parâmetros analisados, conforme pode ser visualizado na Figura 4.22.

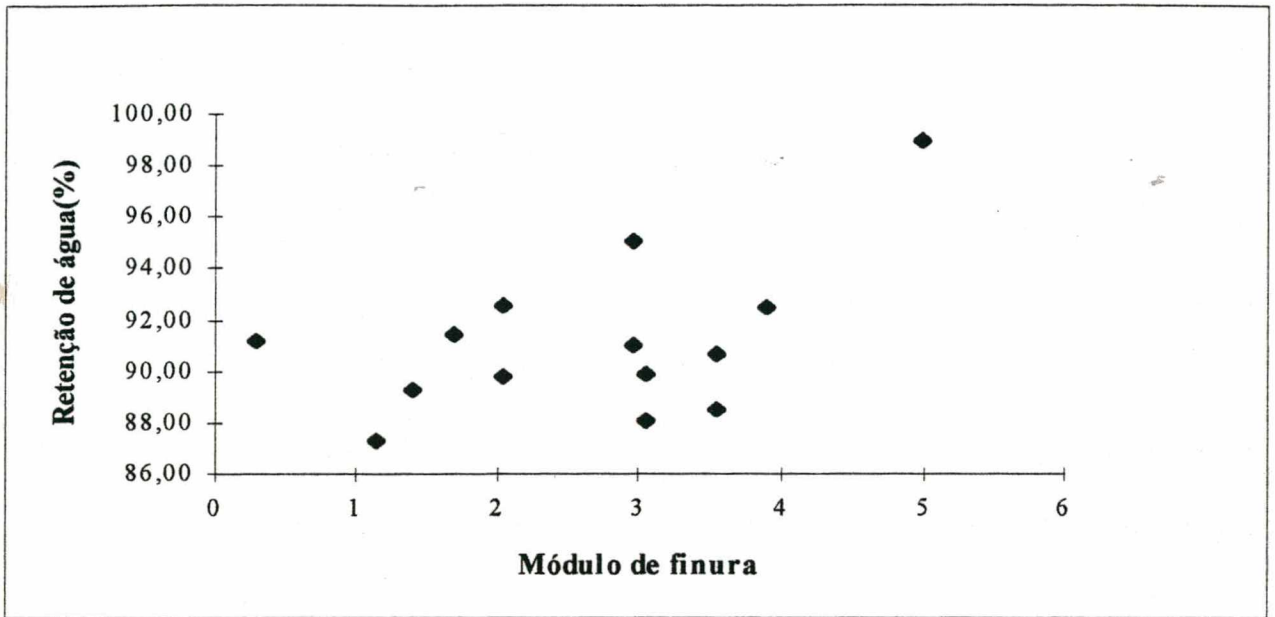


FIGURA 4.22. Variação da retenção de água com o módulo de finura das areias.

No cálculo da retenção de consistência, fez-se uma analogia da fórmula que determina o índice de retenção de água da NBR 9287/86[68] conforme a equação (6). Adotou-se a mesma equação, porém, A passou a ser consistência após a sucção exercida através de folhas de papel filtro pelo método da BS 4551[58].

$$RA = \{(A - 125) \div (B - 125)\} \times 100 \quad (6)$$

onde:

RA = índice de retenção de água, em %

A = consistência após a sucção no funil de Buchner modificado(mm).

B = consistência inicial(mm).

(125 mm é o diâmetro da base do molde tronco-cônico)

Observa-se nas Tabelas 4.6 e 4.7 que as argamassas do tipo A (traço 1:1:6) produzidas com as areias muito uniformes apresentaram maior retenção de consistência do que as do tipo B (traço 1:2:9). No entanto, quando utilizou-se areia de uniformidade média, verifica-se uma inversão desta relação. Isto sugere que, quando utiliza-se uma areia de granulometria bem distribuída, a retenção de consistência é muito influenciada pela areia utilizada. Esta constatação também foi observada na retenção de água.

4.2.4. Exsudação de água

No ensaio de exsudação, o método utilizado foi o MR-6 da RILEM. Este manda que somente uma leitura seja feita em cada amostra de argamassa, isto é, leitura no tempo de 15min no corpo de prova número 1, leitura no tempo de 30min no corpo de prova número 2 e assim sucessivamente. Aproveitou-se os corpos de prova e fez-se leituras subsequentes de água exsudada em todos eles. Assim no corpo de prova número 1 realizou-se medições nos tempos de 15, 30, 60, 120 e 240 minutos. Os resultados das medições em volume e em massa estão demonstrados nas Tabelas 4.8 e 4.9, bem como a água exsudada acumulada.

TABELA 4.8. Resultados do ensaio de exsudação (medição volumétrica).

Identificação	Argamassa	Água exsudada (%)					Água exsudada acumulada (%)
		Tempo(minutos)					
		15	30	60	120	240	
BSI 2E	2A	0,53	1,43	3,02	5,23	5,15	5,58
BSI 1E	3A	0,67	1,41	2,43	1,41	1,78	2,53
ASTM 1E	4A	0,38	1,55	2,65	3,75	3,38	4,68
DTU 1E	5A	0,13	0,28	1,80	3,09	1,59	2,62
IPT 2E	6A	0,30	1,06	2,44	2,68	1,94	3,68
Fuller 0,3	19A	0,11	0,47	1,21	2,64	-	3,04
Gráfica	23A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Fuller 9,5	31A	0,14	0,36	0,80	0,84	0,00	0,95
BSI 1R	33A	0,59	1,84	3,81	4,35	4,43	5,96
ABNT 1R	34A	1,08	2,24	4,32	5,79	4,20	6,65
BSI 2E	2B	0,78	1,07	2,87	5,50	5,49	6,77
BSI 1E	3B	0,21	1,11	1,74	3,28	2,34	2,87
ASTM 1E	4B	0,06	0,87	2,32	3,34	2,50	4,38
DTU 1E	5B	0,12	0,45	1,17	0,84	0,00	1,17
IPT 2E	6B	0,17	0,70	2,08	2,59	2,28	3,36

TABELA 4.9. Resultados do ensaio de exsudação - medição em massa.

Identificação	Argamassa	Água exsudada (%)					Água exsudada acumulada (%)
		Tempo(minutos)					
		15	30	60	120	240	
BSI 2E	2A	-	-	-	-	-	-
BSI 1E	3A	0,86	1,52	2,66	1,85	2,37	3,29
ASTM 1E	4A	0,38	1,55	2,76	4,37	4,28	5,78
DTU 1E	5A	0,32	0,69	2,07	3,46	2,81	4,31
IPT 2E	6A	0,36	1,29	2,80	3,15	2,82	4,87
Fuller 0,3	19A	0,21	0,73	1,67	3,42	-	4,78
Gráfica	23A	0,09	0,18	0,43	0,60	0,00	-
Fuller 9,5	31A	0,21	0,43	1,09	1,33	1,56	2,24
BSI 1R	33A	0,86	1,94	4,03	4,73	5,02	6,82
ABNT 1R	34A	1,19	2,45	5,46	5,63	4,73	7,25
BSI 2E	2B	0,00	0,61	2,03	5,85	5,90	7,14
BSI 1E	3B	0,37	1,37	2,12	3,65	3,07	3,66
ASTM 1E	4B	0,06	1,09	2,55	3,61	3,01	5,01
DTU 1E	5B	0,37	0,54	1,35	1,44	1,16	2,70
IPT 2E	6B	0,23	0,99	2,25	2,81	2,74	4,02

A exsudação interfere na trabalhabilidade das argamassas pois sendo esta a tendência de separação da água de amassamento da argamassa no estado fresco, pode provocar o carregamento de partículas finas exigindo inclusive misturas frequentes para manter a homogeneidade inicial da argamassa.

Avaliou-se a quantidade de água exsudada em massa aos 60 minutos pois, observou-se que a porcentagem de água exsudada neste período apresenta uma relação linear com o tempo. Ao analisar-se as equações das retas ajustadas verifica-se que existe diferença significativa entre as equações para as diversas argamassas. Observou-se também que, a medição em massa apresentou menores coeficientes de variação do que em volume, conforme pode ser constatado no anexo B e nas Tabelas A.3 e A.4 do anexo A.

Ao se correlacionar a porcentagem de água exsudada em massa aos 60 minutos com o coeficiente de uniformidade das areias conforme as Figuras 4.23 e 4.24, nota-se que, quanto maior o coeficiente de uniformidade da areia menor a exsudação de água na argamassa. A equação e o coeficiente de correlação apresentados na Figura 4.23 foi obtida após a eliminação dos pontos correspondentes as argamassas 19 e 23. Analisando-se ainda a variação da quantidade

de água exsudada para as argamassas produzidas com as mesmas areias porém com os traços 1:1:6 e 1:2:9 em volume, verifica-se que as argamassas de traço 1:1:6 apresentaram maior exsudação. Isto sugere que, como se usou argamassas com a mesma relação agregado/aglomerante (em volume), a influência está relacionada à relação cal/cimento onde, a cal diminuiu a exsudação das argamassas.

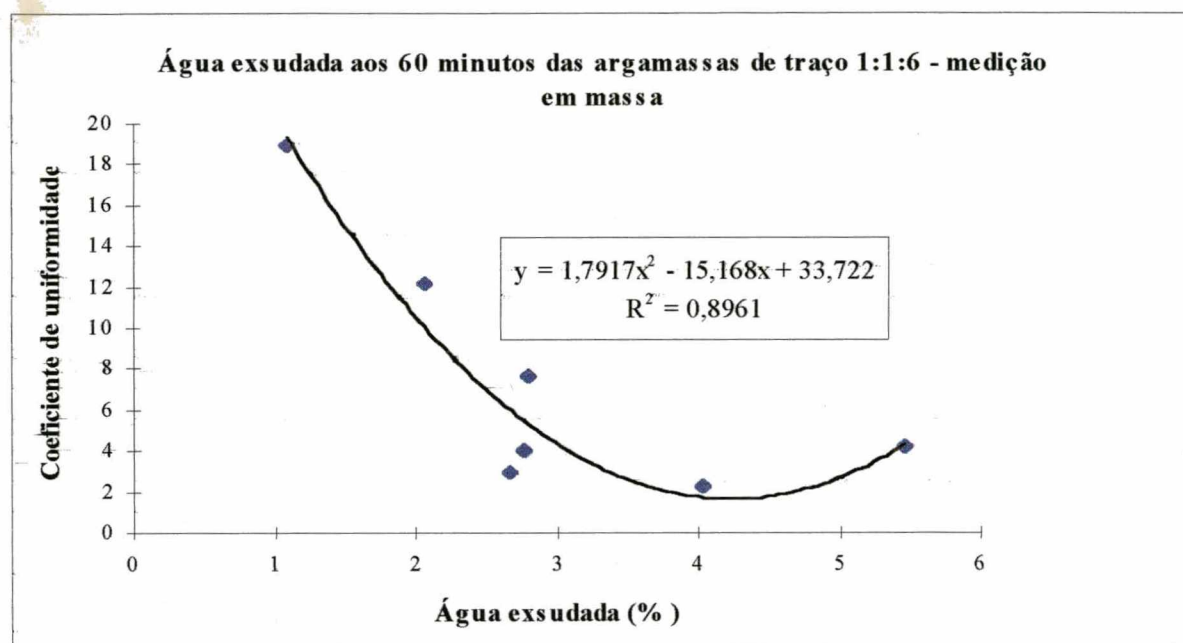


FIGURA 4.23. Correlação da quantidade de água exsudada, após 60 minutos de preparação da argamassa, com o coeficiente de uniformidade das areias utilizadas.

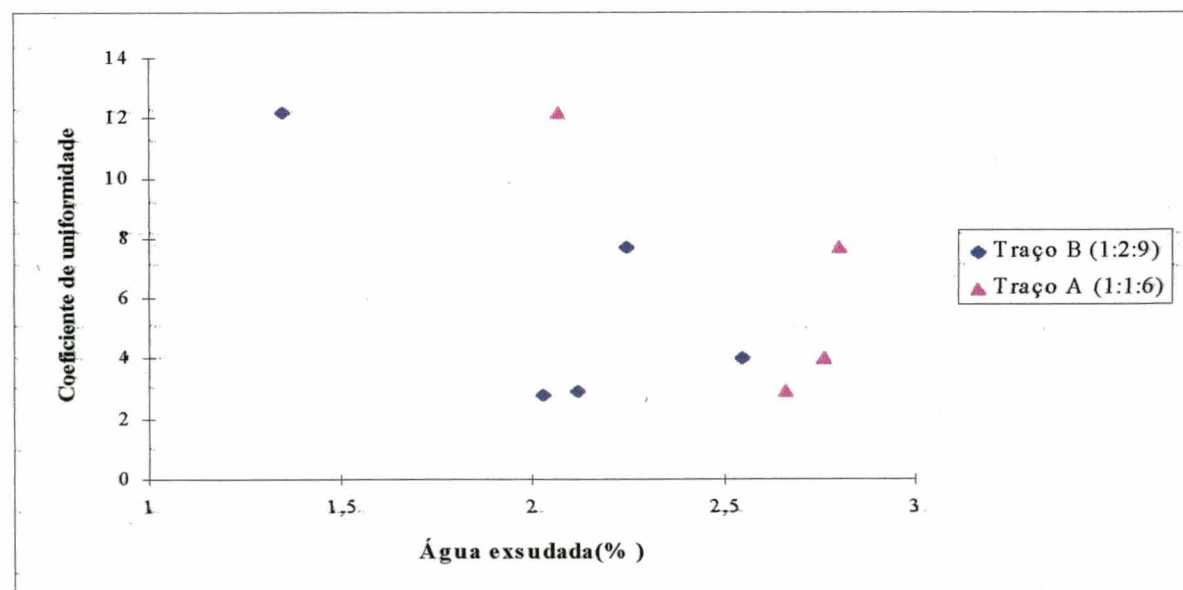


FIGURA 4.24. Variação da quantidade de água exsudada, após 60 minutos de preparação das argamassas, com o coeficiente de uniformidade das areias nos traços A e B.

Analisando-se a variação da água exsudada com a relação água/materiais secos observa-se que para as argamassas de traço 1:1:6 (volume), quanto menor a relação água/materiais secos menor a exsudação. Nas argamassas de traço 1:2:9 (volume) não fica evidente esta correlação, conforme pode-se visualizar nas figuras 4.25 a 4.27.

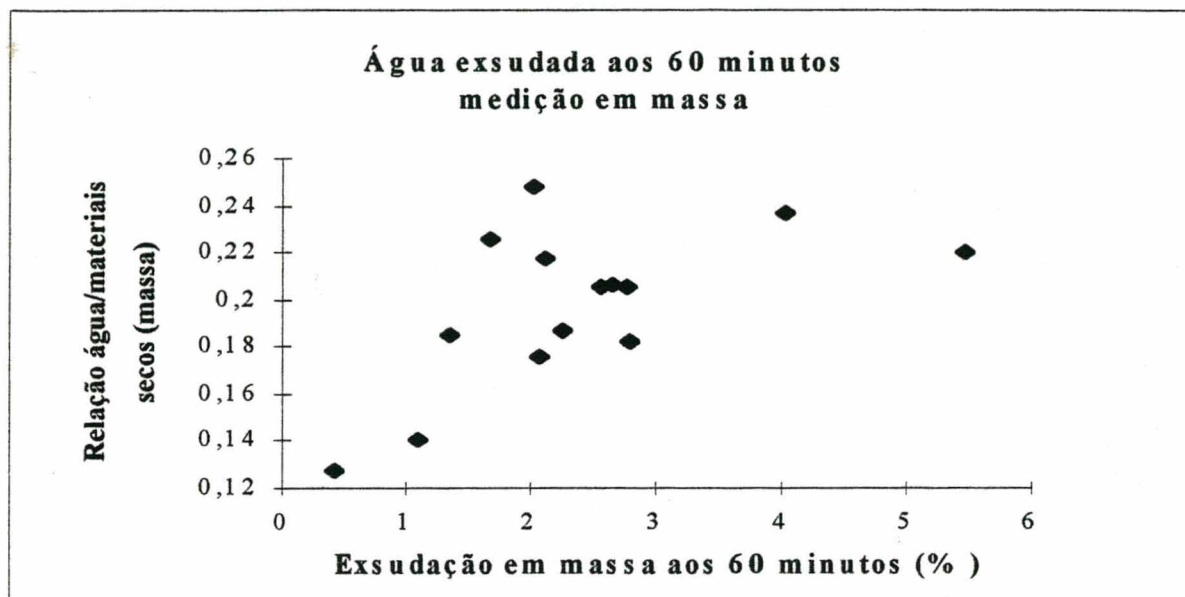


FIGURA 4.25. Variação da quantidade de água exsudada com a relação água/materiais secos, em todas as argamassas.

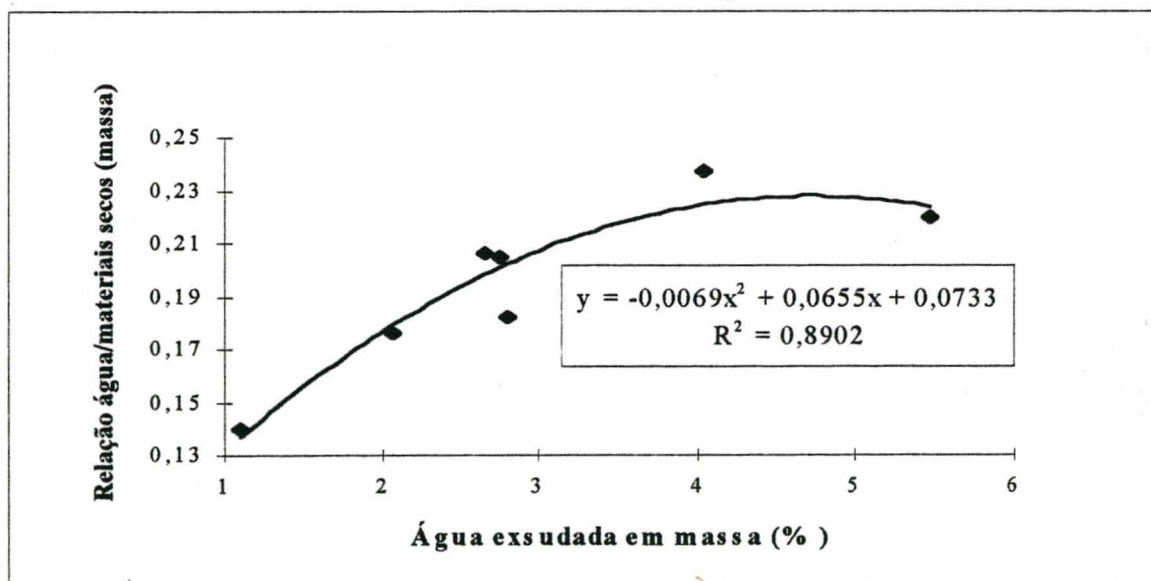


FIGURA 4.26. Correlação da água exsudada das argamassas de traço em volume 1:1:6 com as relações água/materiais secos. Correlação obtida sem os valores das argamassas 19A e 23A.

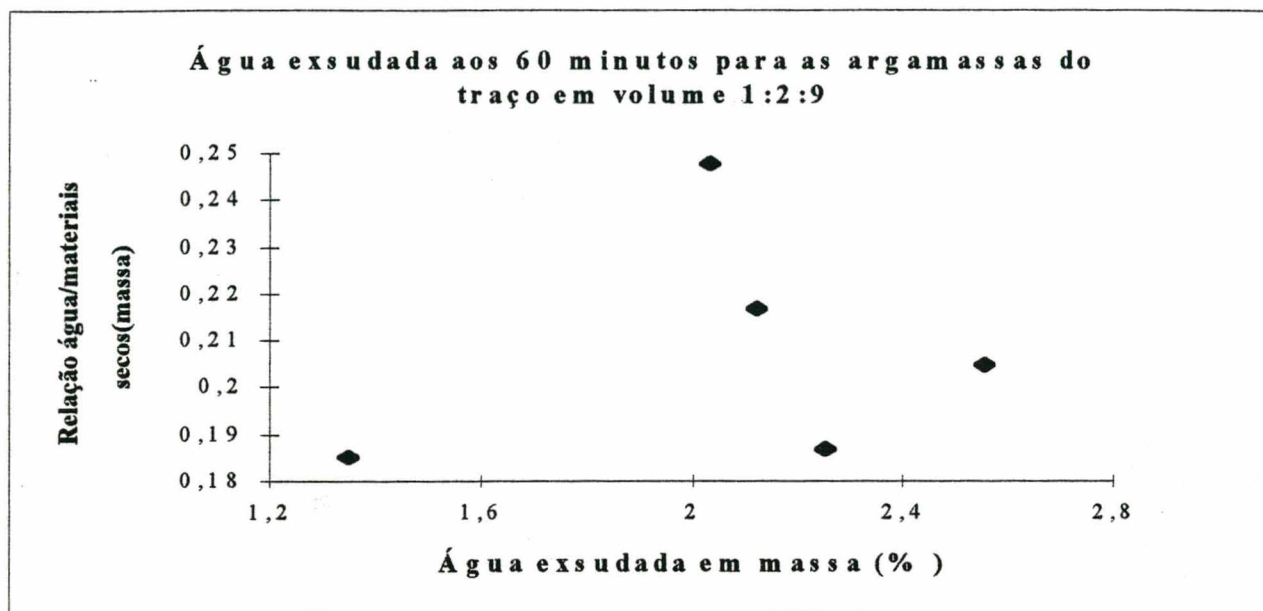


FIGURA 4.27. Variação da água exsudada das argamassas com traço em volume 1:2:9 com as relações água/materiais secos.

Não se encontrou uma boa correlação linear entre a quantidade de água exsudada e o teor de finos totais presentes na argamassa ou com o módulo de finura das areias, conforme pode ser visualizado nas Figuras 4.28 a 4.29. Observou-se entretanto que existe uma tendência de aumento da exsudação de água das argamassas quando diminui o módulo de finura das areias utilizadas.

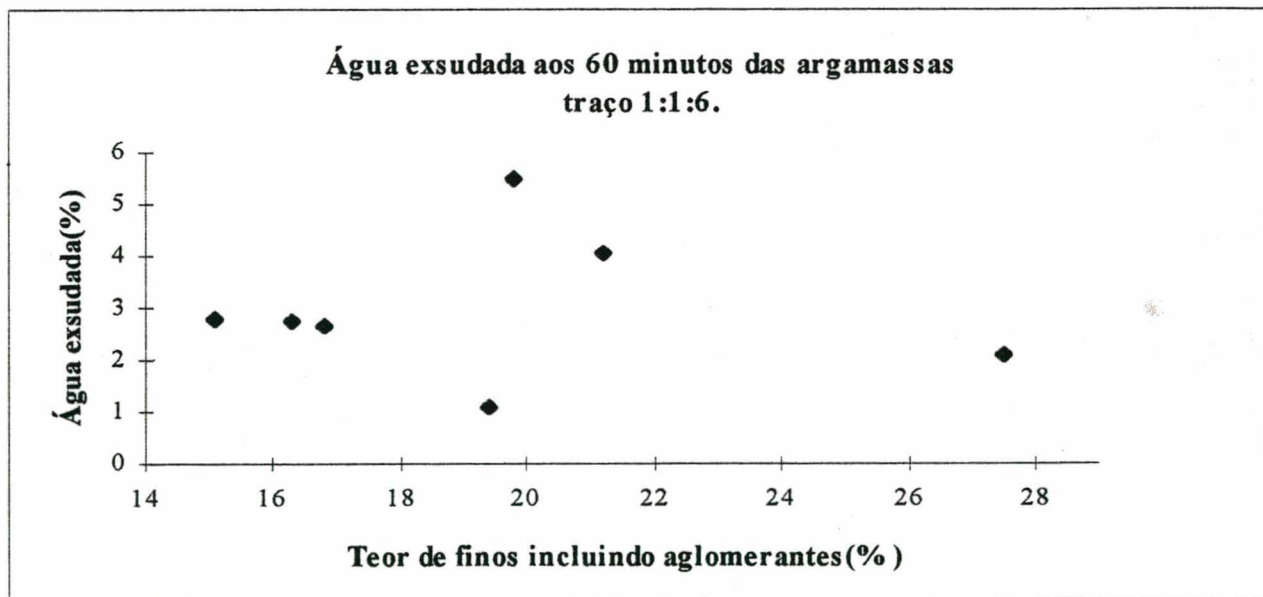


FIGURA 4.28. Relação da quantidade de água exsudada aos 60 minutos (em massa) com o teor de finos incluindo os aglomerantes.

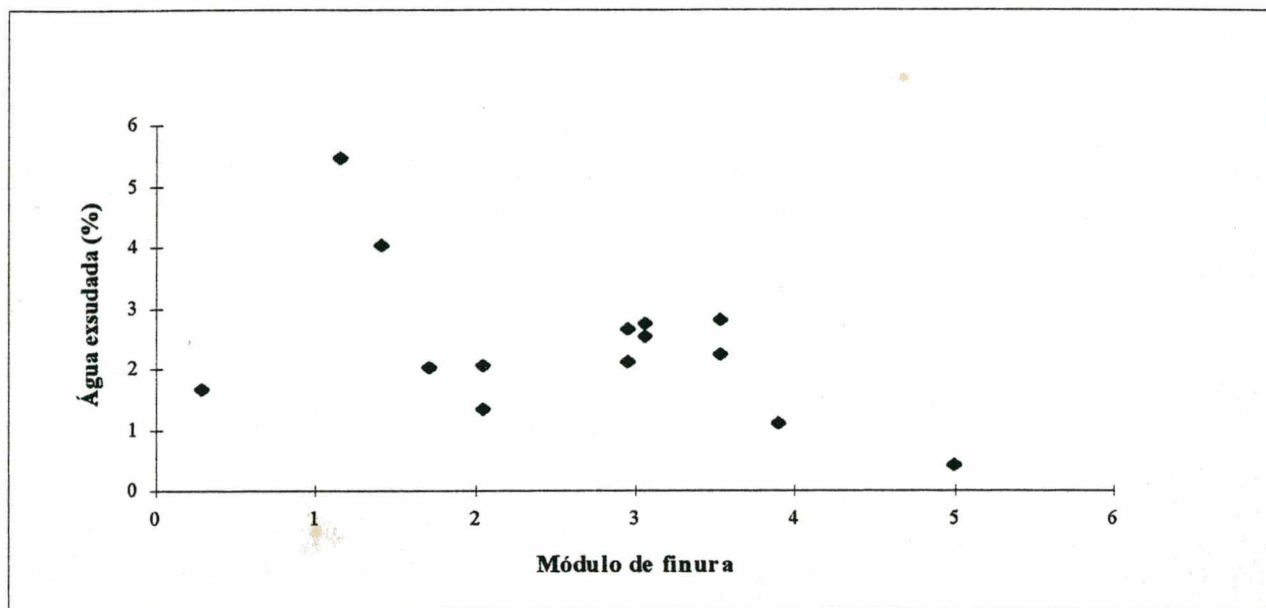


FIGURA 4.29. Relação da quantidade de água exsudada aos 60 minutos (em massa) com o módulo de finura das areias.

4.3. Ensaio realizados com argamassa no estado endurecido

4.3.1. Generalidades

Os resultados dos ensaios de determinação da resistência à compressão, resistência à tração por compressão diametral e módulo de deformação, apresentam-se no Anexo A, nas Tabelas A.5 até A.8 e nas Tabelas A.12 até A.16 - b, incluindo-se as médias, desvios padrões e coeficientes de variação dos resultados.

Nanni[70] descreve que o valor do coeficiente de variação é uma medida útil quando se quer comparar as variabilidades de várias amostras com médias de diferentes ordens de magnitude e que, para que uma amostra seja aceitável, o valor do coeficiente de variação não deve ser grande e que, geralmente, se os dados de uma amostra apresentar um coeficiente de variação $\geq 25\%$, a qualidade dessa amostra poderia ser considerada duvidosa. Observa-se que para os ensaios de determinação da resistência à compressão e resistência à tração por compressão diametral, as amostras apresentam coeficientes de variação menores do que 25%, sendo que os maiores coeficientes de variação foram obtidos no ensaio de determinação da resistência à tração por compressão diametral.

As resistências à compressão, à tração por compressão diametral e o módulo de deformação das argamassas número 5A, 5B, 6A, 6B, 23A e 31A foram determinadas em três corpos de prova por idade. A resistência média à tração por compressão diametral da argamassa 6B foi determinada com quatro corpos de prova. Em todas as demais argamassas os ensaios para determinação das propriedades mecânicas foram executados em quatro corpos de prova por idade.

4.3.2. Resistência à compressão axial

Para facilitar a análise dos dados, apresenta-se nas Tabelas 4.10 e 4.11, os resultados médios do ensaio de resistência à compressão axial. Acrescenta-se a estas tabelas, parâmetros granulométricos das areias utilizadas e também a quantidade de água usada na produção das argamassas.

TABELA 4.10. Resistência à compressão axial das argamassas de traço 1: 1: 6 (volume)

Identificação	Argamassa número	Módulo de finura	Relação água/cimento	Coeficiente de uniformidade	Resistência à Compressão (MPa)		
					7 dias	28 dias	63 dias
BSI 2E	2A	1,70	2,047	2,8	2,42	2,83	2,52
BSI 1E	3A	2,95	1,856	2,9	2,41	4,36	3,26
ASTM 1E	4A	3,05	1,902	4	2,40	4,04	3,94
DTU 1E	5A	2,04	1,782	12,2	-	5,35	6,11
IPT 2E	6A	3,53	1,817	7,68	2,62	4,85	4,05
Fuller 0,3	19A	0,29	1,965	10,74	-	4,11	4,97
Gráfica	23A	4,98	1,164	1,4	-	7,68	8,27
Fuller 9,5	31A	3,89	1,474	18,92	-	9,41	10,49
BSI 1R	33A	1,40	2,095	2,3	-	3,34	3,68
ABNT 1R	34A	1,15	2,131	4,2	-	2,59	3,77

TABELA 4.11. Resistência à compressão axial das argamassas de traço 1: 2: 9 (volume)

Identificação	Argamassa número	Módulo de finura	Relação água/cimento	Coeficiente de uniformidade	Resistência à Compressão (MPa)		
					7 dias	28 dias	63 dias
BSI 2E	2B	1,70	3,314	2,8	0,79	1,53	1,50
BSI 1E	3B	2,95	2,895	2,9	0,93	1,91	1,64
ASTM 1E	4B	3,05	2,811	4	0,95	2,04	2,16
DTU 1E	5B	2,04	2,782	12,2	-	2,54	2,46
IPT 2E	6B	3,53	2,769	7,68	1,14	2,13	1,98

Uma análise sobre o desvio relativo máximo recomendado pela NBR 13279/95[69] mostrou que o limite fixado de 6% é demasiadamente severo para as argamassas de revestimento analisadas. Grande parte dos resultados das resistências das argamassas apresentavam desvios relativos máximos superiores a este limite. Porém, na análise estatística quanto ao coeficiente de variação verifica-se que estes são sempre menores do que 25%, conforme dados das Tabelas do Anexo A.

Ao analisar-se a variação da resistência à compressão das argamassas com os diversos parâmetros que caracterizam a composição granulométrica das areias utilizadas verificou-se que apesar da tendência de crescimento da resistência com o aumento do módulo de finura, não se pode estabelecer uma correlação muito boa, conforme Figuras 4.30 e 4.31. Verifica-se que existe uma grande diferença entre a resistência à compressão das argamassas de traço em volume 1:1:6 e 1:2:9. Isto pode ser constatado na Figura 4.31 onde se percebe que as argamassas com maior consumo de cimento são as que apresentam as maiores resistências. Os resultados de resistências em todas as idades testadas apresentaram o mesmo comportamento.

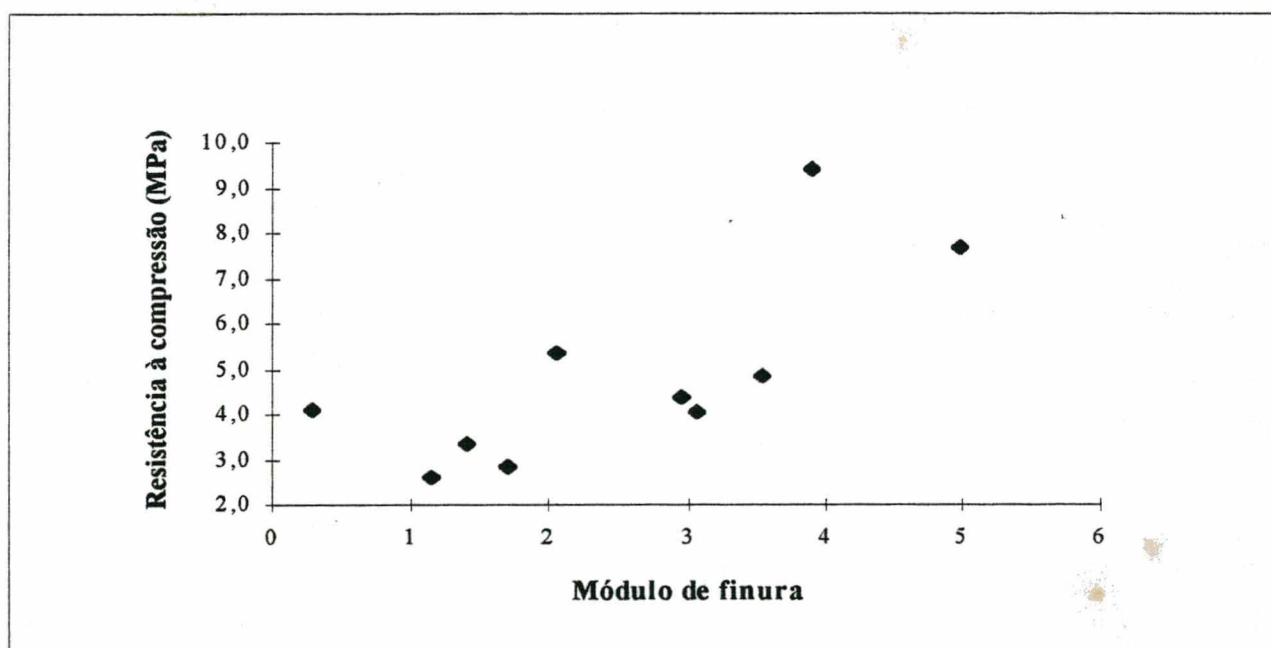


FIGURA 4.30. Variação da resistência à compressão aos 28 dias de idade com o módulo de finura das areias que compõem as argamassas com traço em volume 1:1:6.

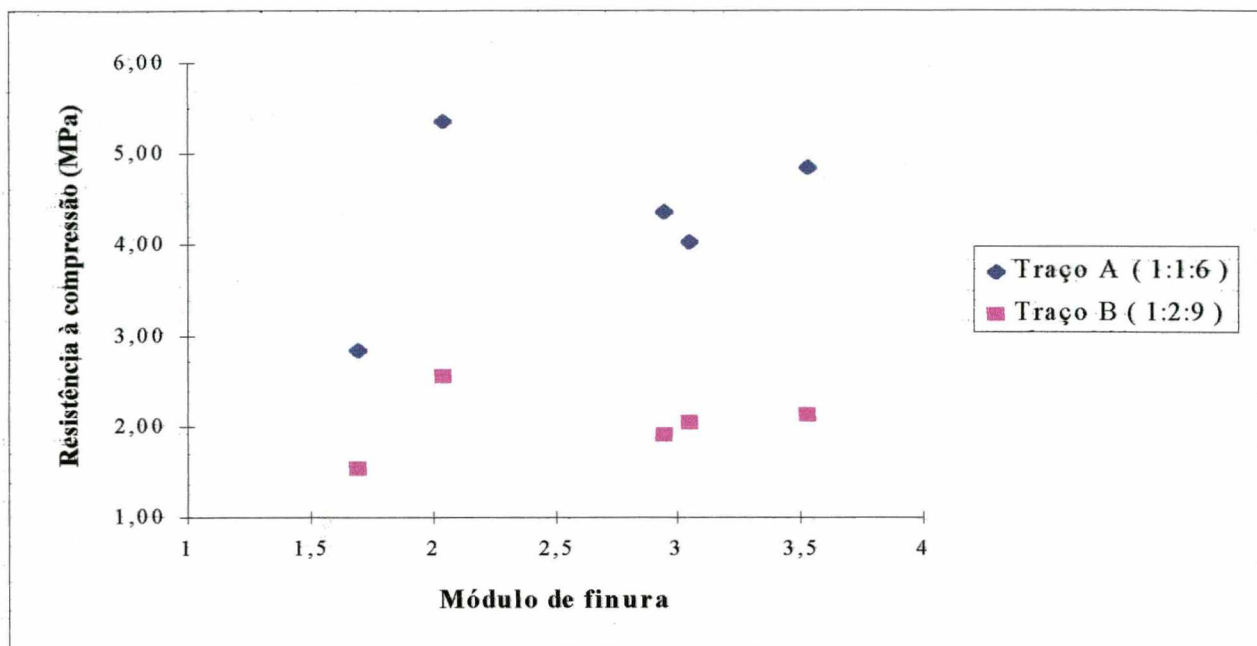


FIGURA 4.31. Variação das resistências à compressão aos 28 dias de idade com o módulo de finura das areias que compõem as argamassas de traço em volume 1:1:6 e 1:2:9.

Observou-se uma tendência de crescimento da resistência à compressão das argamassas com os coeficientes de uniformidade das areias com as quais foram produzidas. Para as areias classificadas como de uniformidade média ($5 < \text{coeficiente de uniformidade} < 15$) ou desuniformes ($\text{coeficiente de uniformidade} > 15$), quanto maior o coeficiente maior a resistência das argamassas e para as classificadas como muito uniformes ($\text{coeficiente de uniformidade} < 5$) não existe uma boa correlação conforme pode ser constatado nas Figuras 4.32 e 4.33.

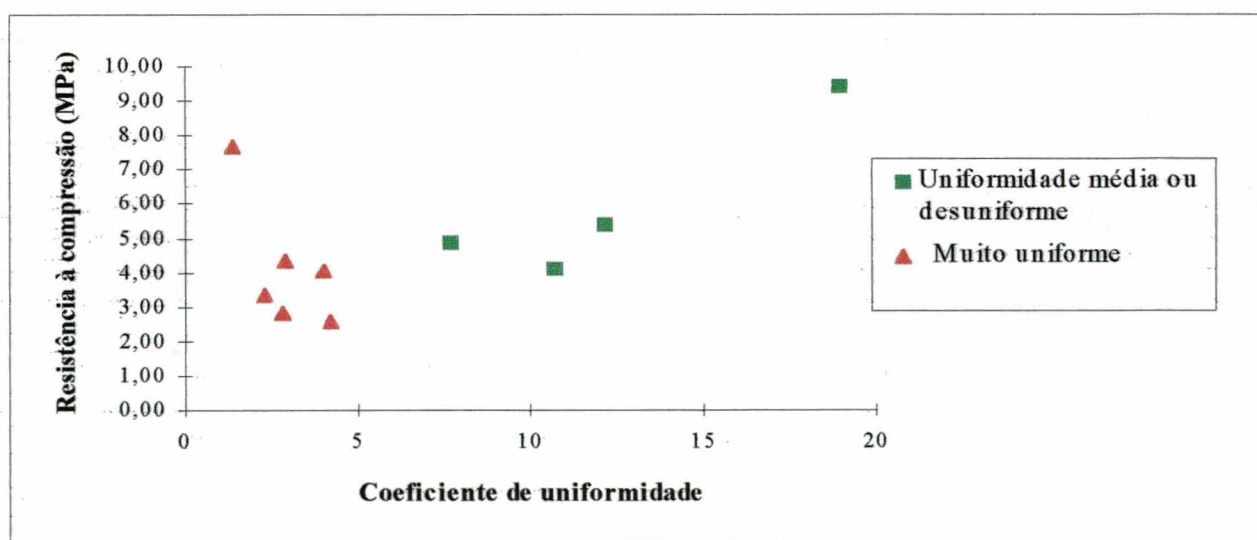


FIGURA 4.32. Variação da resistência à compressão aos 28 dias de idade das argamassas de traço em volume 1:1:6, com o coeficiente de uniformidade da areia.

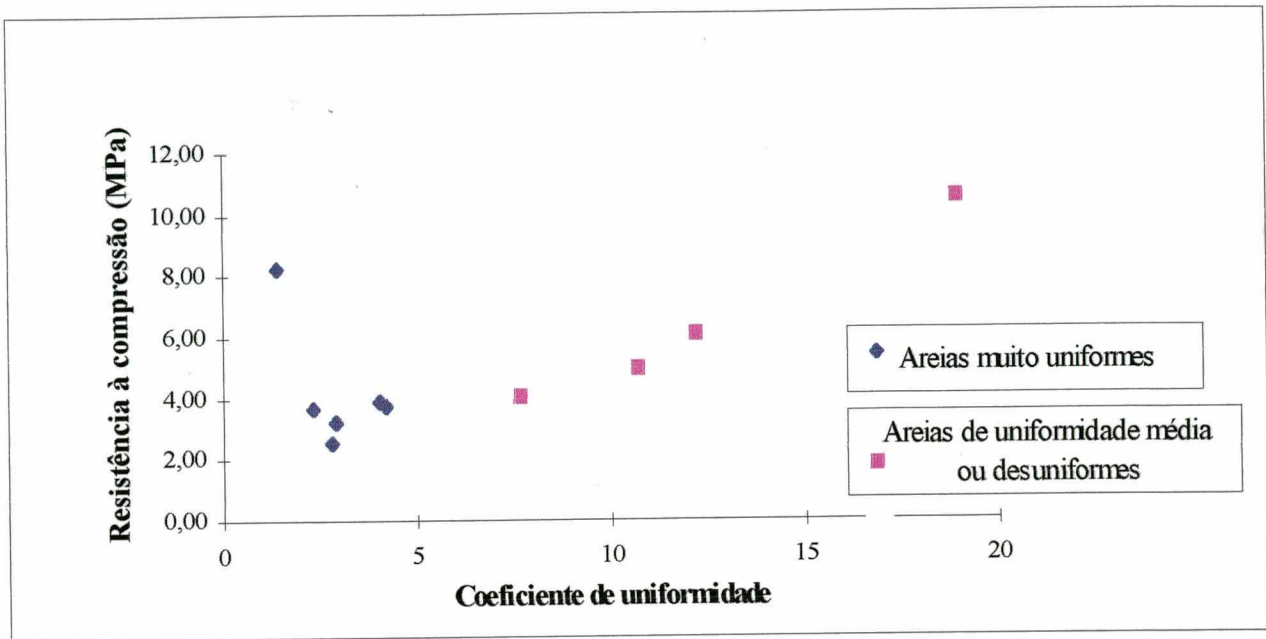


FIGURA 4.33. Variação da resistência à compressão aos 63 dias de idade com o coeficiente de uniformidade das areias (traço em volume 1:1:6).

Analisando-se a variação da resistência à compressão das argamassas com a relação água/cimento(massa) obtém-se uma boa correlação conforme pode ser visualizado nas Figuras 4.34 a 4.36. Estes resultados salientam então a considerável influência da relação água/cimento nas resistência das argamassas o que é preconizado por diversos pesquisadores, podendo-se citar os trabalhos de Sinha[44], Selmo[7] e Martinelli[19].

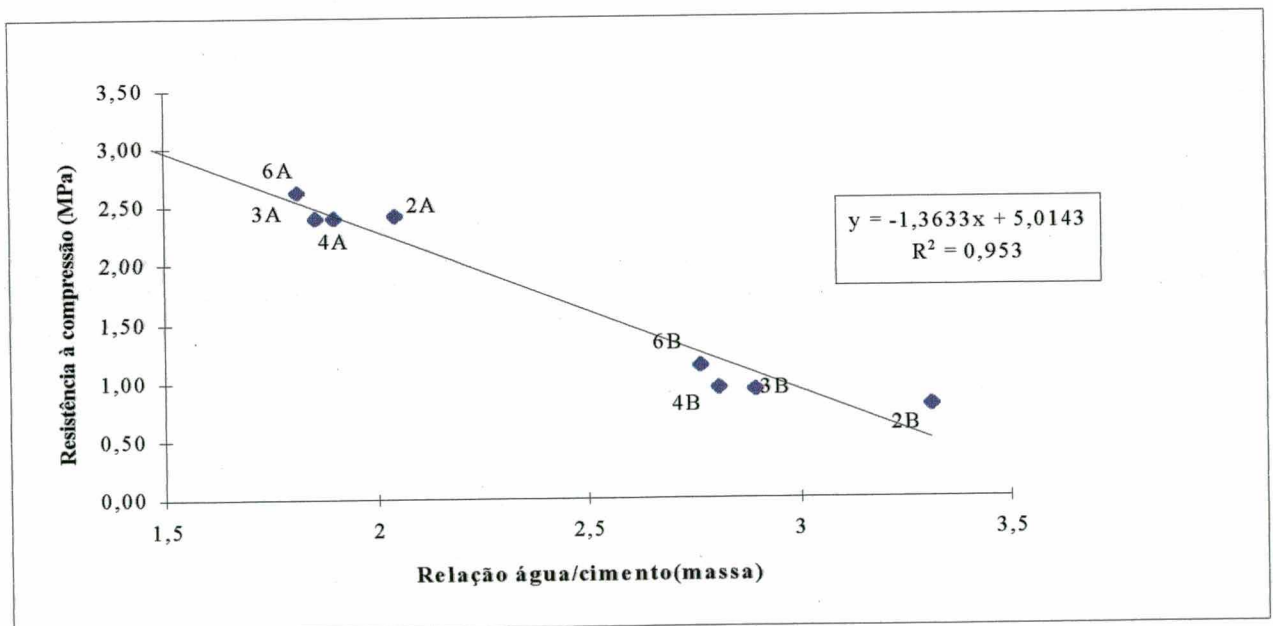


FIGURA 4.34. Variação da resistência à compressão aos 7 dias de idade com a relação água/cimento(massa) de todas argamassas.

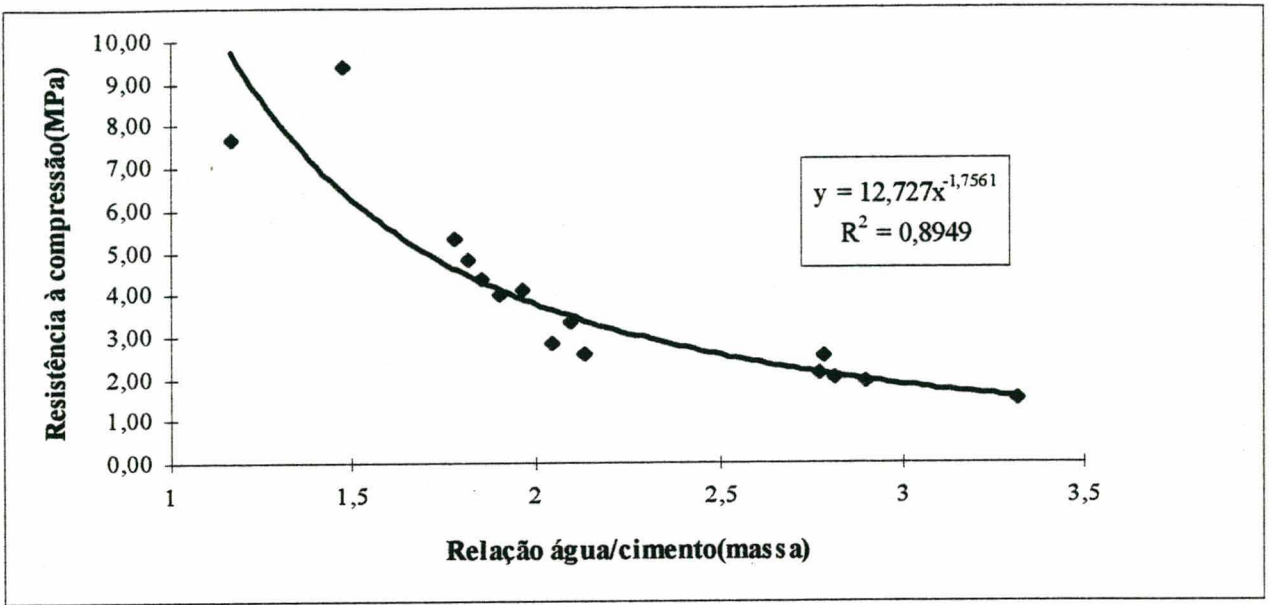


FIGURA 4.35. Variação da resistência à compressão aos 28 dias de idade com a relação água/cimento(massa) de todas argamassas.

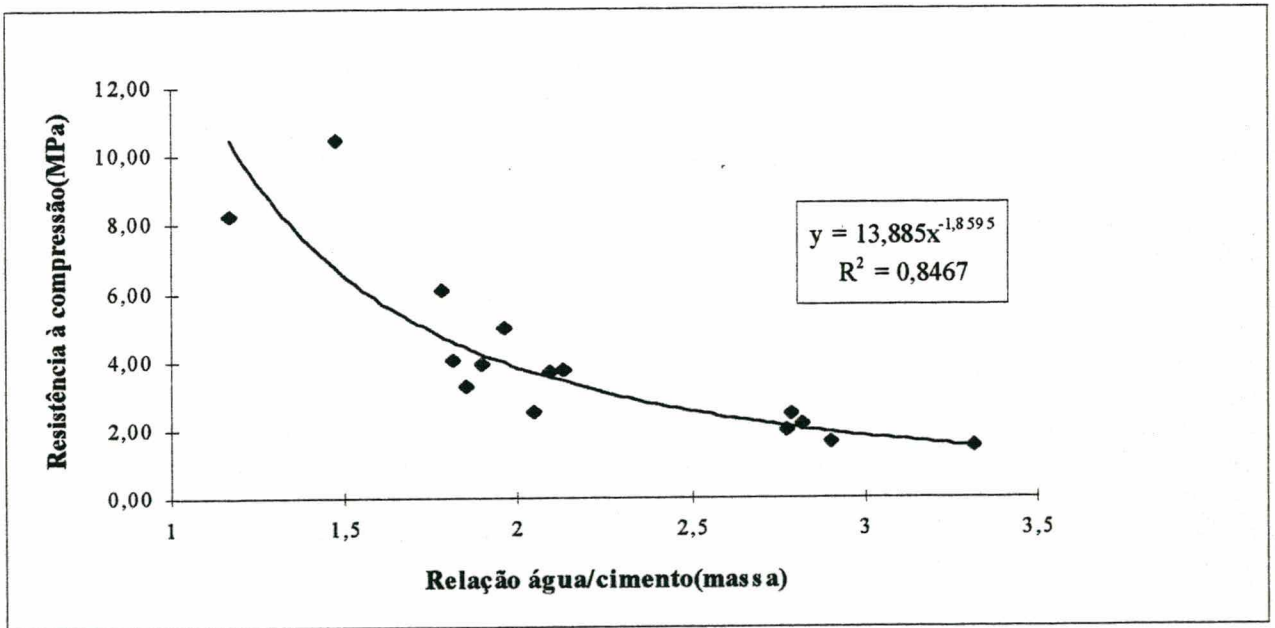


FIGURA 4.36. Variação da resistência à compressão aos 63 dias de idade com a relação água/cimento(massa) de todas argamassas.

4.3.3. Resistência à tração por compressão diametral

Apresenta-se nas Tabelas 4.12 e 4.13 os resultados médios obtidos no ensaio de determinação da resistência à tração por compressão diametral, alguns parâmetros referentes às areias utilizadas e também a quantidade de água utilizada na produção das argamassas.

TABELA 4.12. Resistência à tração por compressão diametral das argamassas de traço 1: 1: 6 (volume).

Identificação	Argamassa número	Módulo de finura	Relação água/cimento	Coeficiente de uniformidade	Resistência à Tração por Compressão Diametral (MPa)		
					7 dias	28 dias	63 dias
BSI 2E	2A	1,70	2,047	2,8	0,25	0,31	0,26
BSI 1E	3A	2,95	1,856	2,9	0,35	0,61	0,51
ASTM 1E	4A	3,05	1,902	4,0	0,32	0,49	0,53
DTU 1E	5A	2,04	1,782	12,2	-	0,59	0,75
IPT 2E	6A	3,53	1,817	7,68	0,30	0,61	0,47
Fuller 0,3	19A	0,29	1,965	10,74	-	0,57	0,68
Gráfica	23A	4,98	1,164	1,4	-	0,95	0,83
Fuller 9,5	31A	3,89	1,474	18,92	-	1,08	1,07
BSI 1R	33A	1,40	2,095	2,3	-	0,39	0,34
ABNT 1R	34A	1,15	2,131	4,2	-	0,36	0,44

TABELA 4.13. Resistência à tração por compressão diametral das argamassas de traço 1: 2: 9 (volume).

Identificação	Argamassa número	Módulo de finura	Relação água/cimento	Coeficiente de uniformidade	Resistência à Tração por Compressão Diametral (MPa)		
					7 dias	28 dias	63 dias
BSI 2E	2B	1,70	3,314	2,8	0,09	0,17	0,14
BSI 1E	3B	2,95	2,895	2,9	0,10	0,26	0,22
ASTM 1E	4B	3,05	2,811	4,0	0,13	0,28	0,31
DTU 1E	5B	2,04	2,782	12,2	-	0,24	0,26
IPT 2E	6B	3,53	2,769	7,68	0,16	0,26	0,21

Não se conseguiu estabelecer uma boa correlação da resistência à tração com os parâmetros que caracterizam a composição granulométrica das areias. Porém, percebe-se nas Figuras 4.37 à 4.39 uma tendência de aumento da resistência à tração com o aumento do coeficiente de uniformidade ou do módulo de finura. Para as areias classificadas como de uniformidade média ou desuniformes, esta tendência fica mais evidente.

As resistências à tração das argamassas do tipo B (traço em volume 1:2:9) foram menores do que as das argamassas do tipo A (traço em volume 1:1:6) e as mesmas considerações feitas para a resistência à compressão também aqui se aplicam.

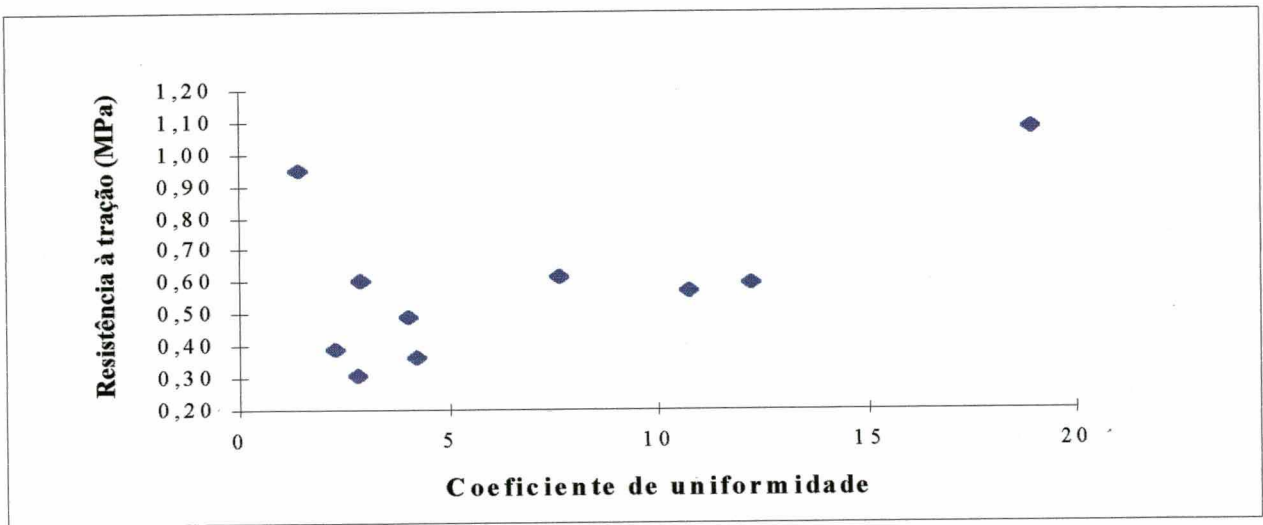


FIGURA 4.37. Variação da resistência à tração aos 28 dias de idade com o coeficiente de uniformidade das areias utilizadas nas argamassas de traço em volume 1:1:6.

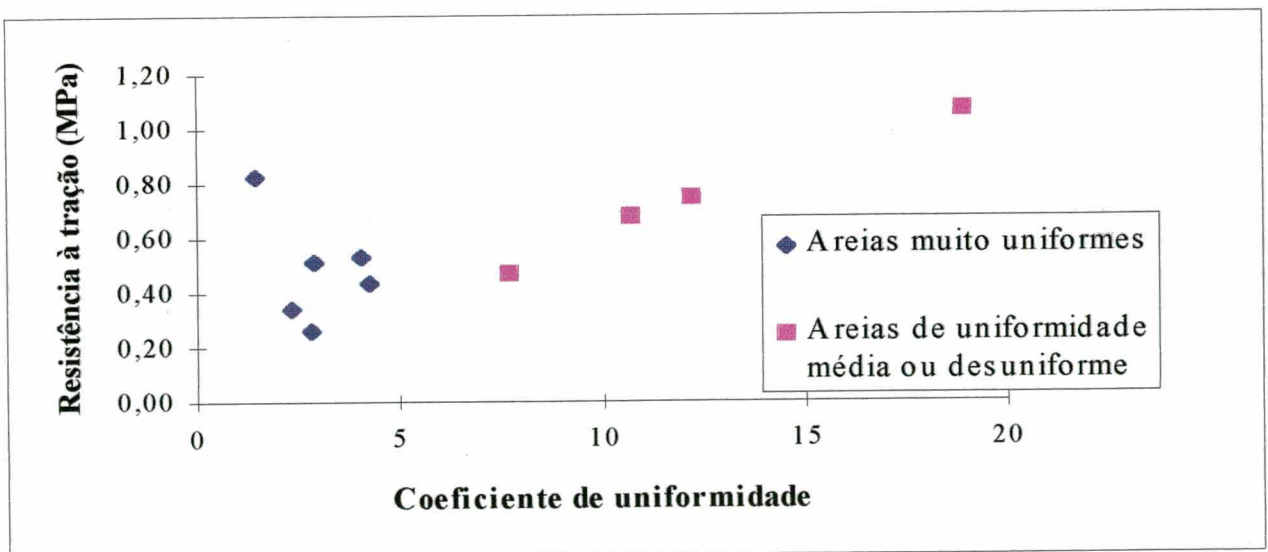


FIGURA 4.38. Variação da resistência à tração aos 63 dias de idade com o coeficiente de uniformidade das areias das argamassas de traço em volume 1:1:6.

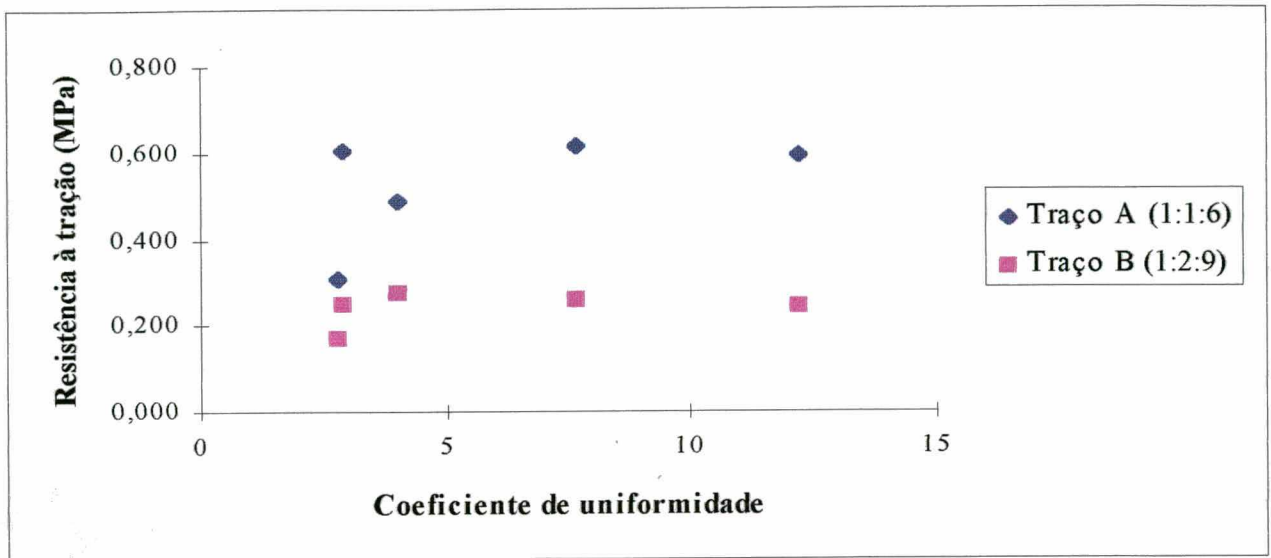


FIGURA 4.39. Variação da resistência à tração por compressão diametral aos 28 dias de idade das argamassas de traço em volume 1:1:6 e 1:2:9 com os coeficientes de uniformidade das areias.

A correlação entre a resistência à tração e a relação água/cimento das argamassas é bastante alta. Quanto menor a relação água/cimento, maiores as resistências à tração por compressão diametral. Estas correlações podem ser visualizadas nas Figuras 4.40 à 4.42.

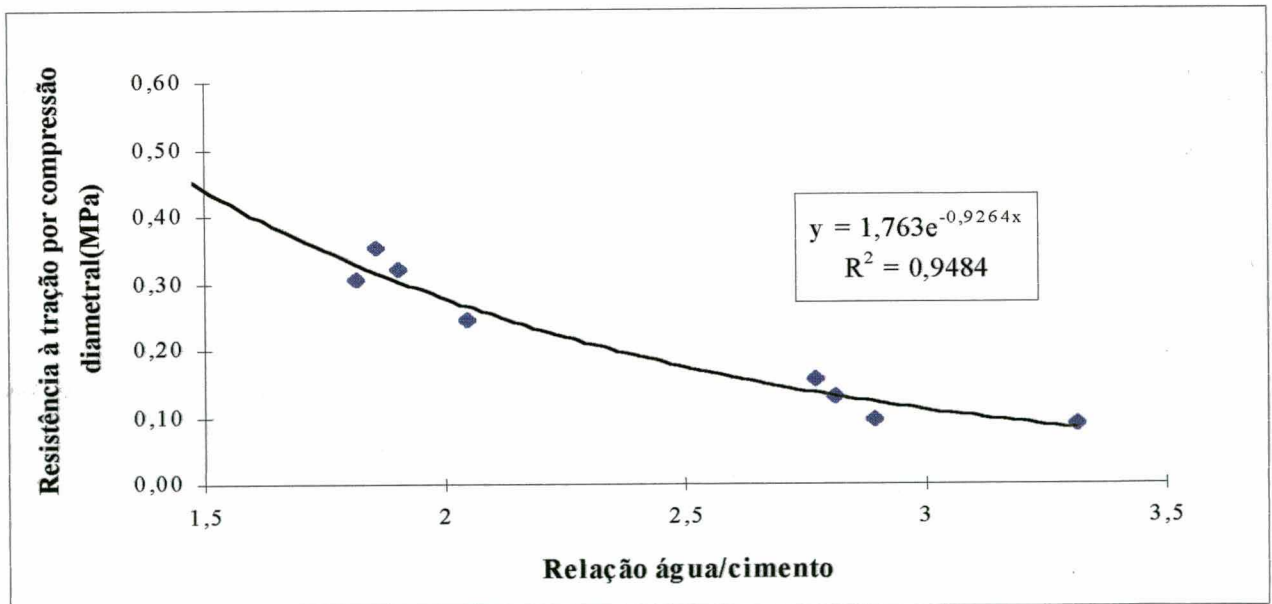


FIGURA 4.40. Variação da resistência à tração aos 7 dias de idade com a relação água/cimento(massa) de todas argamassas.

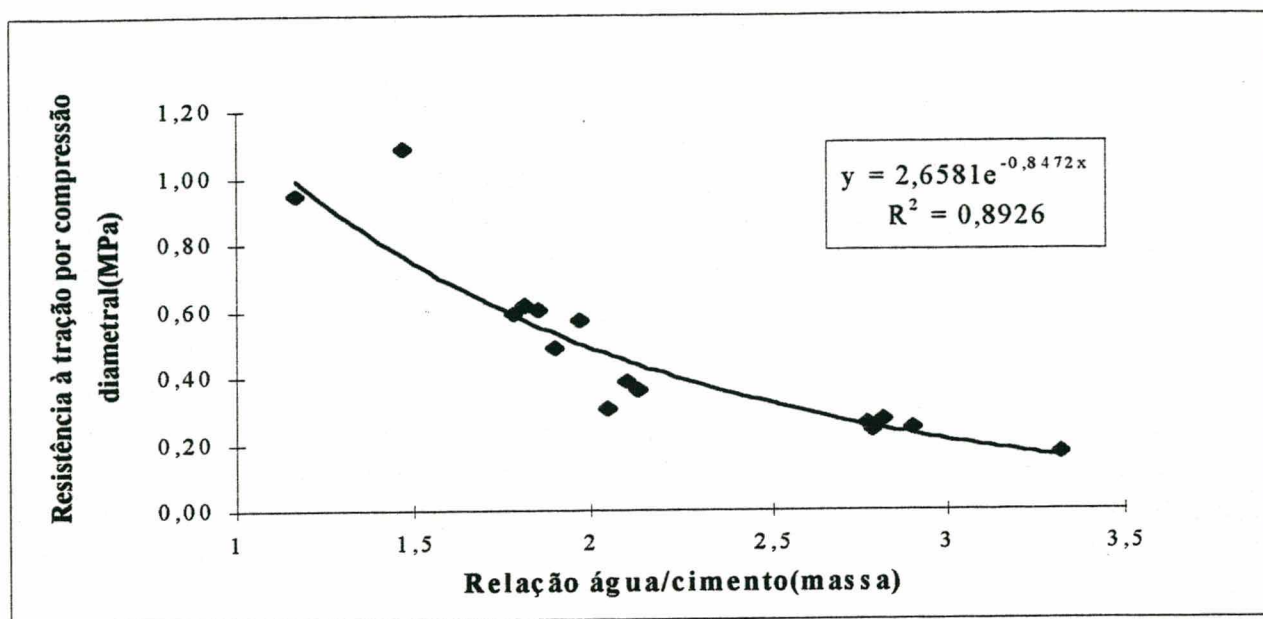


FIGURA 4.41. Variação da resistência à tração aos 28 dias de idade com a relação água/cimento(massa) de todas argamassas.

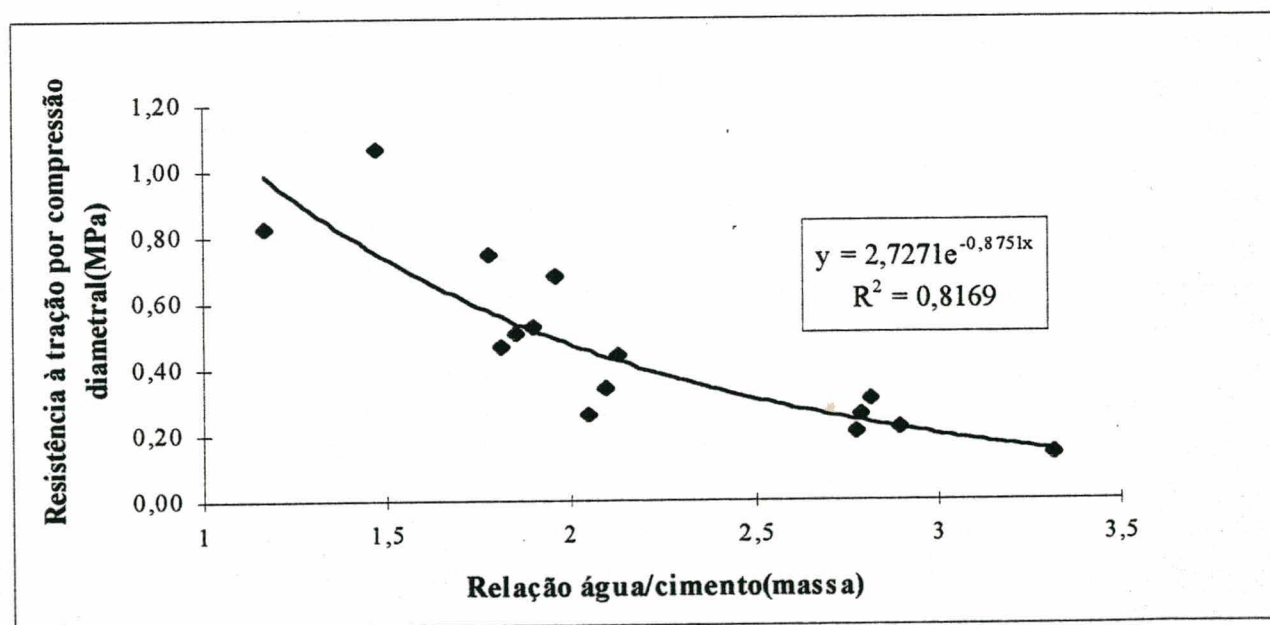


FIGURA 4.42. Variação da resistência à tração aos 63 dias de idade com a relação água/cimento(massa) de todas argamassas.

Analisando a variação da resistência à tração por compressão diametral com a resistência à compressão das argamassas obteve-se correlações lineares nas diversas idades das argamassas, como pode ser visto nas figuras 4.43 a 4.45. Martinelli[19] também obteve correlações lineares entre os parâmetros citados, com equação muito semelhante.

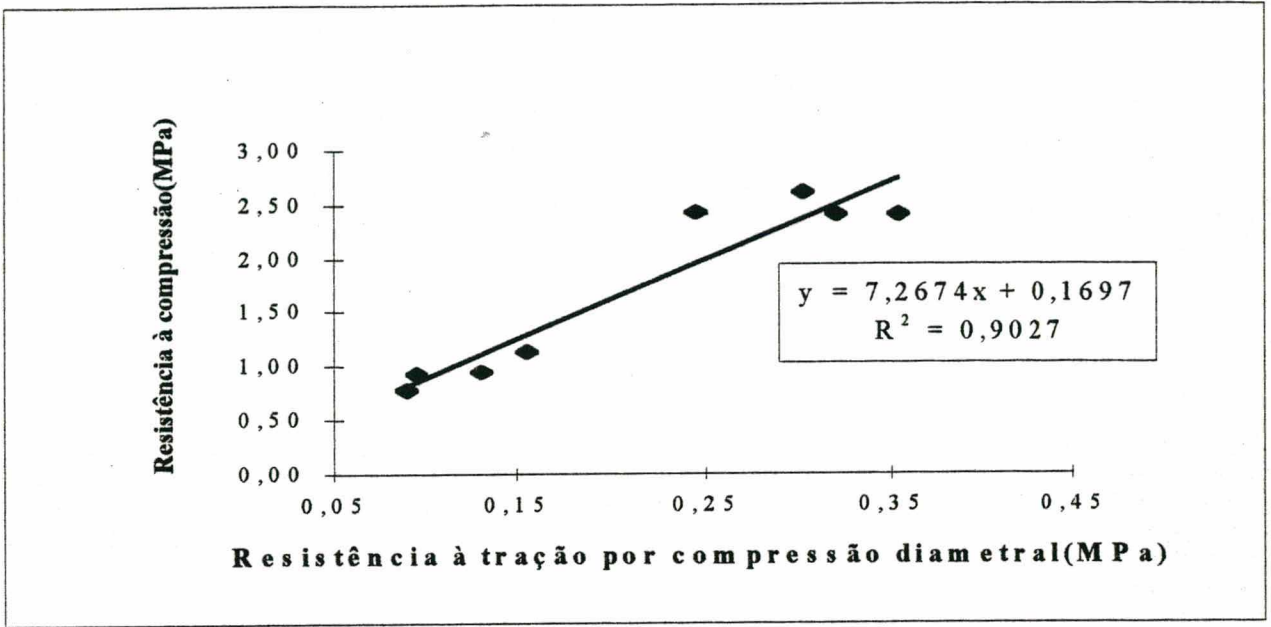


FIGURA 4.43. Correlação da resistência à tração por compressão diametral das argamassas com a resistência à compressão na idade de 7 dias de todas argamassas.

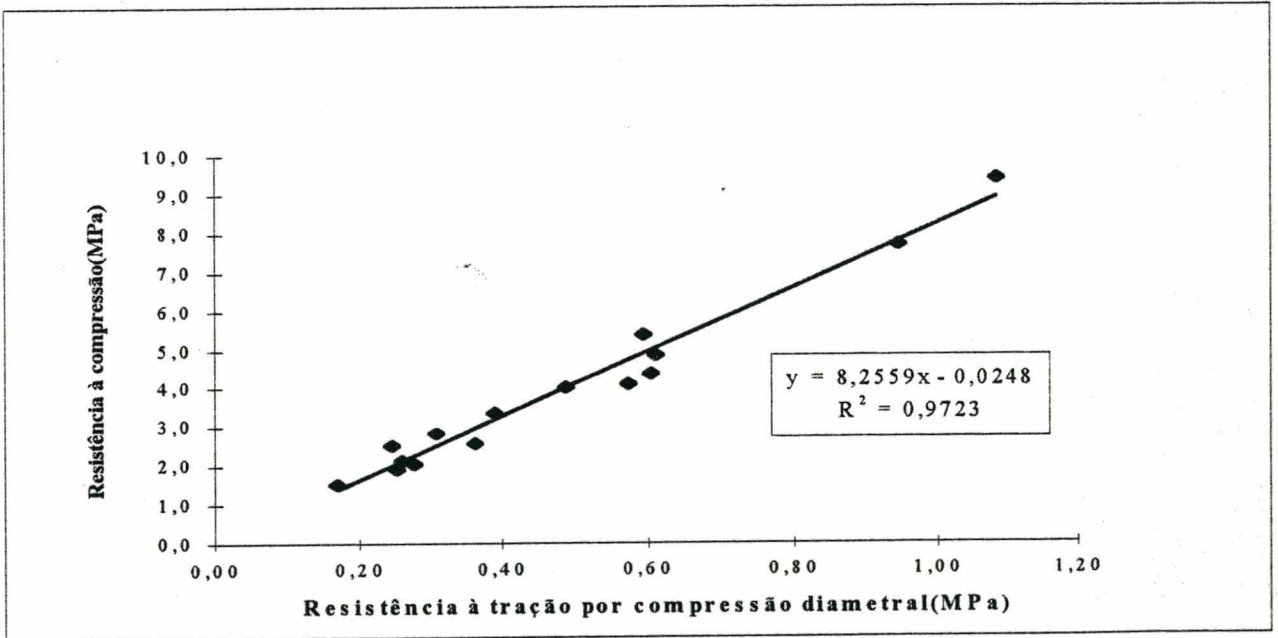


FIGURA 4.44. Correlação da resistência à tração por compressão diametral das argamassas com a resistência à compressão na idade de 28 dias de todas argamassas.

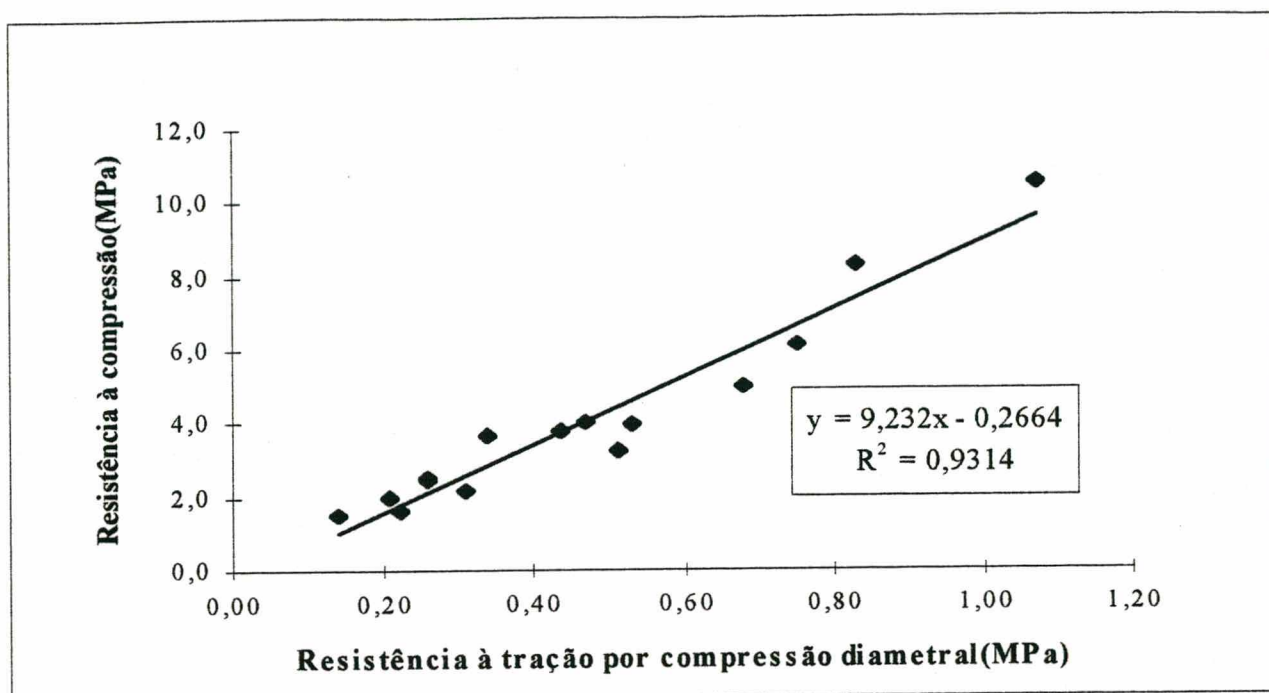


FIGURA 4.45. Correlação da resistência à tração por compressão diametral das argamassas com a resistência à compressão na idade de 63 dias de todas argamassas.

4.3.4. Módulo de deformação estático

Nos resultados do ensaio de determinação do módulo de deformação as amostras 4B com 7 dias, 3B com 28 dias, 5A com 63 dias, 6A com 28 dias, 23A com 63 dias e 33A com 63 dias apresentaram coeficientes de variação superiores a 25%.

A variação ocorrida no ensaio de determinação do módulo de deformação das argamassas pode ser devida a problemas decorrentes da realização do ensaio. A dificuldade de centralização dos anéis de sustentação dos transdutores de deformação linear em relação ao corpo de prova pode ter sido a causa e também, a própria fixação destes anéis ao corpo de prova, realizada através de parafusos que eram presos à superfície do corpo de prova. As vezes dependendo do local da superfície onde estes parafusos estavam presos, poderiam escorregar alterando o resultado do ensaio.

No método de ensaio para determinação do módulo de deformação estática para concreto NBR 8522/84[65], somente são válidos os resultados dos ensaios de corpos de prova cujas resistências não diferirem mais que 20% das resistências previstas. Adotando-se este mesmo procedimento, as argamassas 2B com 28 dias, 3A com 7 e 63 dias, 3B com 63 dias e argamassa 34A com 28 dias apresentaram corpos de prova cujas tensões de ruptura, foram superiores à 20% da tensão de ruptura prevista. Então eliminou-se estes corpos de prova apesar da análise de resíduo não indicar valor espúrio.

Apresenta-se nas Tabelas 4.14 e 4.15 os resultados médios obtidos nas argamassas. Para facilitar a análise dos dados repetem-se nestas tabelas os coeficientes de uniformidade das areias e a relação água/cimento usada nas argamassas.

TABELA 4.14. Módulo de Deformação das argamassas de traço 1: 2: 9 (volume)

Identificação	Argamassa número	Coeficiente de uniformidade	Relação água/cimento	Módulo de Deformação (MPa)		
				7 dias	28 dias	63 dias
BSI 2E	2B	2,8	3,314	1.176	2.450	2.335
BSI 1E	3B	2,9	2,895	2.124	5.575	3.523
ASTM 1E	4B	4,0	2,811	2.423	4.142	4.383
DTU 1E	5B	12,2	2,782	-	3.599	4.024
IPT 2E	6B	7,68	2,769	3.038	4.396	5.974

TABELA 4.15. Módulo de Deformação das argamassas de traço 1: 1: 6 (volume)

Identificação	Argamassa número	Coeficiente de uniformidade	Relação água/cimento	Módulo de Deformação (MPa)		
				7 dias	28 dias	63 dias
BSI 2E	2A	2,8	2,047	2.743	4.294	4.369
BSI 1E	3A	2,9	1,856	5.473	6.166	-
ASTM 1E	4A	4,0	1,902	5.208	7.253	7.261
DTU 1E	5A	12,2	1,782	-	7.774	9.968
IPT 2E	6A	7,68	1,817	6.871	7.335	7.865
Fuller 0,3	19A	10,74	1,965	-	4.759	6.616
Gráfica	23A	1,4	1,164	-	16.812	13.035
Fuller 9,5	31A	18,92	1,474	-	17.263	17.011
BSI 1R	33A	2,3	2,095	-	4.320	5.309
ABNT 1R	34A	4,2	2,131	-	4.824	5.536

Na análise da variação do módulo de deformação das argamassas, as conclusões são as mesmas já observadas para a resistência à compressão e à tração. Percebe-se a tendência de aumento do módulo de deformação com o aumento do coeficiente de uniformidade das areias, conforme pode ser visualizado nas Figuras 4.46 e 4.47.

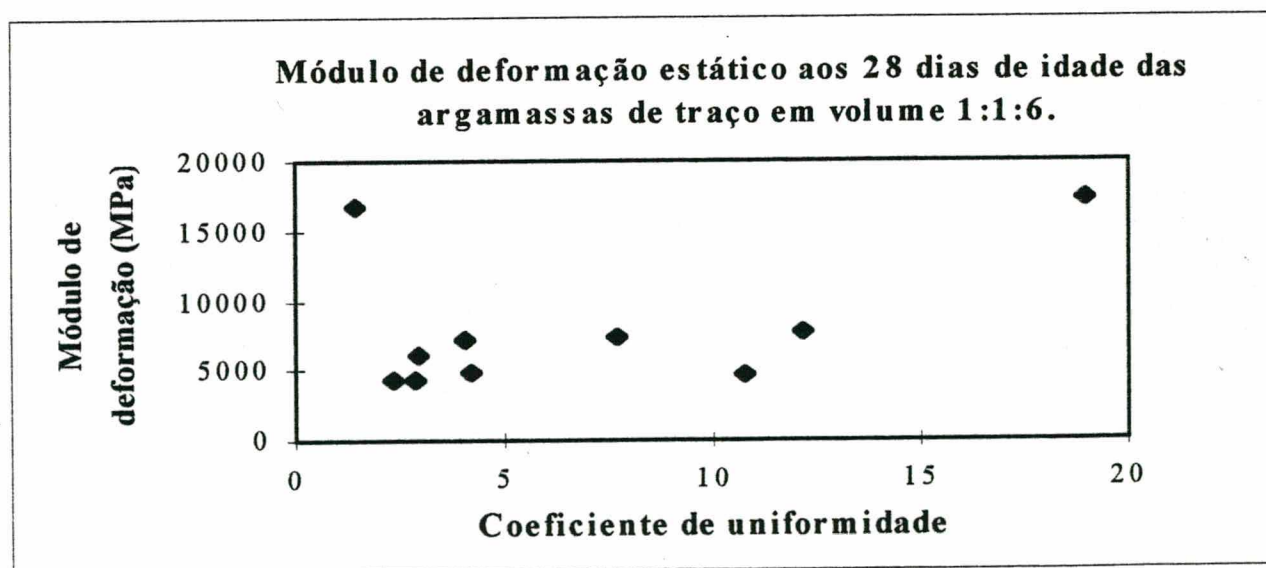


FIGURA 4.46. Variação do módulo de deformação estático aos 28 dias de idade com o coeficiente de uniformidade das areias das argamassas de traço em volume 1:1:6.

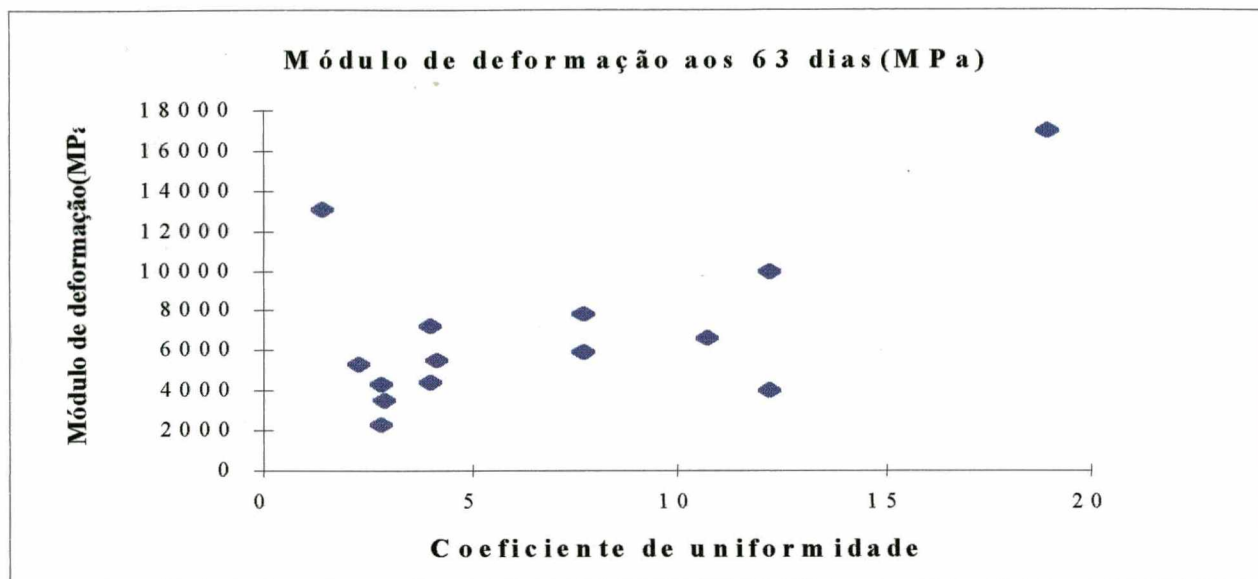


FIGURA 4.47. Variação do módulo de deformação estático aos 63 dias de idade com o coeficiente de uniformidade das areias.

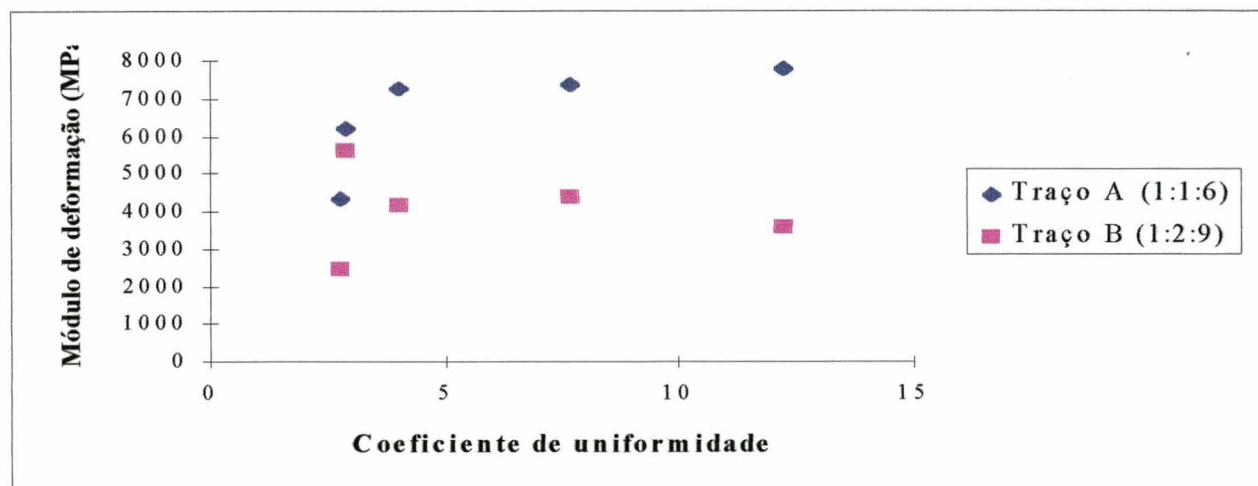


FIGURA 4.48. Variação do módulo de deformação estático aos 28 dias de idade das argamassas de traço em volume 1:1:6 e 1:2:9 com os coeficientes de uniformidade das areias.

Os coeficientes de correlação do módulo de deformação estático das argamassas com a relação água/cimento em massa (Figuras 4.49 a 4.51) não foram tão grandes quanto aqueles obtidos com as resistências à compressão e tração, talvez devido a grande variação observada no ensaio de determinação do módulo de deformação. Por outro lado, a relação cal/cimento também influencia o módulo de deformação pois, as argamassas com maior consumo de cal (1:2:9) são de endurecimento mais lento e permanecem mais elásticas ou flexíveis do que as de traço 1:1:6.

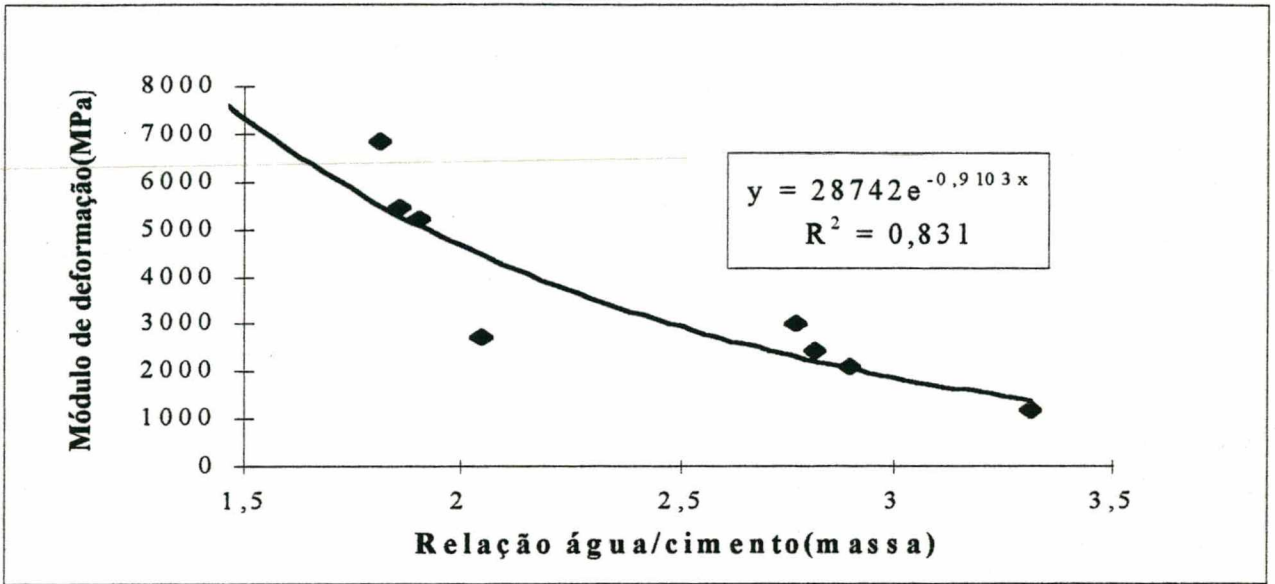


FIGURA 4.49. Variação do módulo de deformação estático aos 7 dias de idade com a relação água/cimento(massa) de todas argamassas.

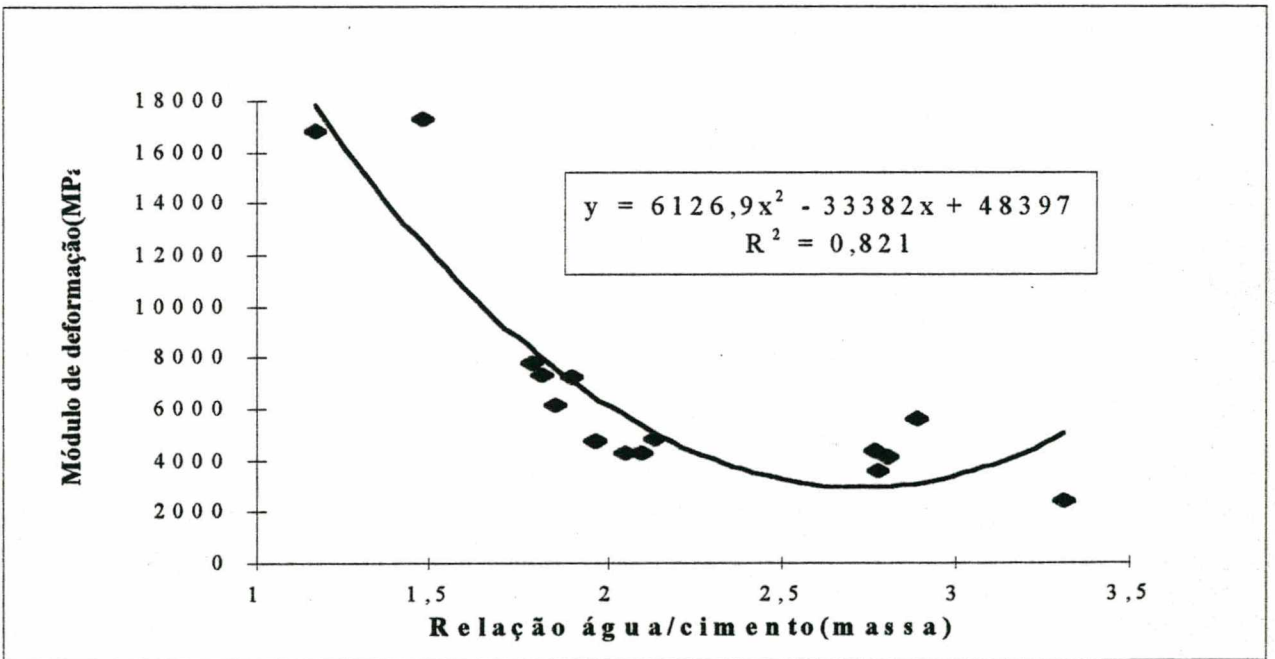


FIGURA 4.50. Variação do módulo de deformação estático aos 28 dias de idade com a relação água/cimento(massa) de todas argamassas.

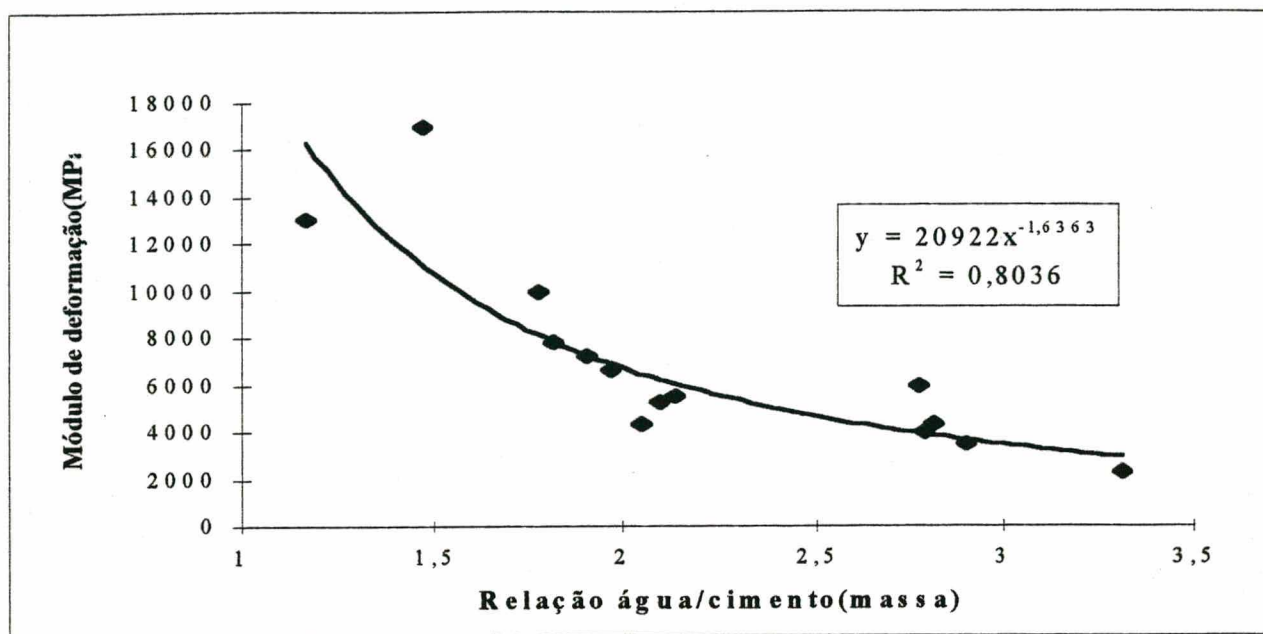


FIGURA 4.51. Variação do módulo de deformação estático aos 63 dias de idade com a relação água/cimento(massa) de todas argamassas.

Analisando-se a variação do módulo de deformação estático das argamassas com a resistência à compressão das mesmas obteve-se correlações nas diversas idades das argamassas, como pode ser visualizado nas Figuras 4.52 a 4.54. Martinelli[19] apresenta uma equação de correlação ($f_c = 8,714 \cdot 10^{-4} \cdot E_a - 0,13$; $r^2 = 0,992$) também linear porém, diferente da equação aqui apresentada. Martinelli[19] utilizou os resultados da resistência à compressão aos 28 dias de idade e o módulo de deformação referente ao módulo inicial aos 77 dias.

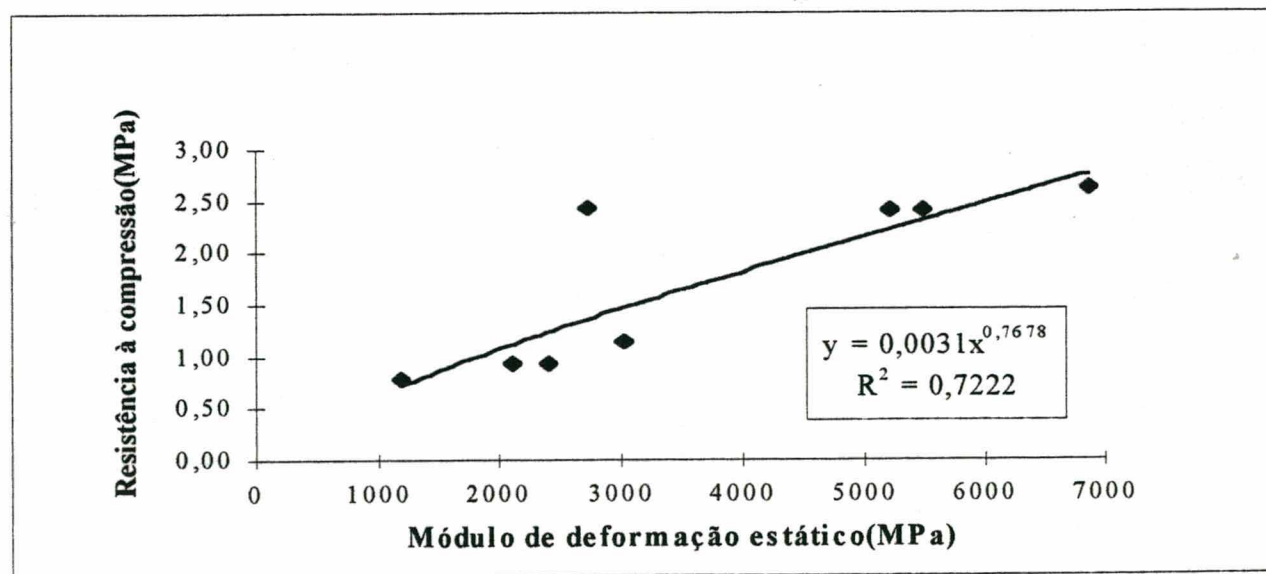


FIGURA 4.52. Variação do módulo de deformação estático com a resistência à compressão das argamassas aos 7 dias de idade de todas argamassas.

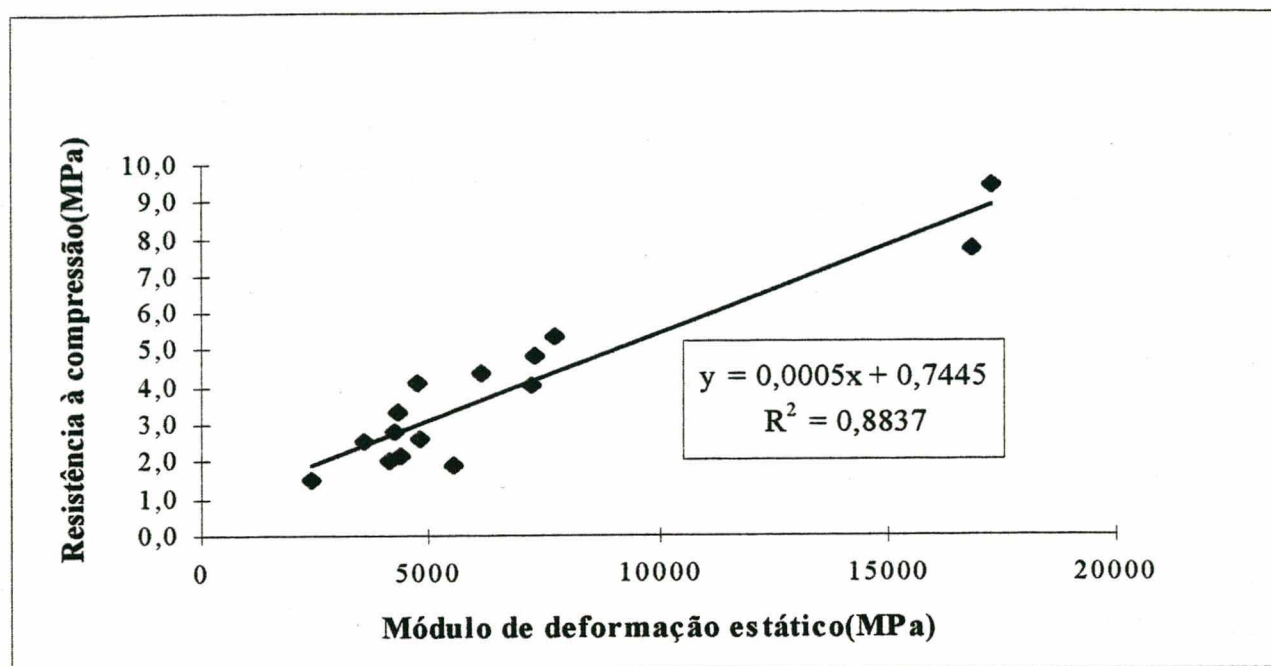


FIGURA 4.53. Variação do módulo de deformação estático com a resistência à compressão das argamassas aos 28 dias de idade.

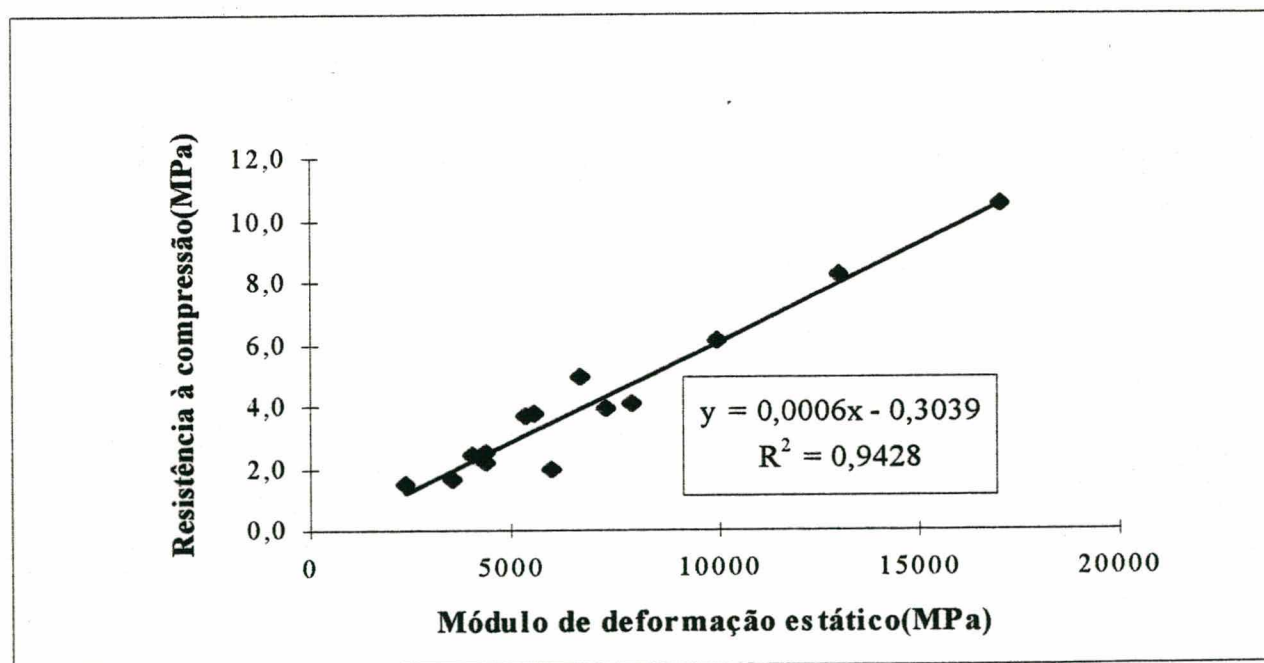


FIGURA 4.54. Variação do módulo de deformação estático com a resistência à compressão das argamassas aos 63 dias de idade.

4.3.5. Absorção de água, Massa específica e Índice de vazios

As análises dos ensaios de absorção e índice de vazios referem-se aos resultados dos corpos de prova que não sofreram fervura e a massa específica considerada nesta análise foi a massa específica seca. No anexo A, da Tabela A.9-a até A.9-f, apresentam-se todos os resultados obtidos. A Tabela 4.16 contém os valores médios de absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica das argamassas.

A absorção de água, massa específica e índice de vazios foram calculados baseados na NBR 9778/86[64] onde o índice de vazios é a relação entre os volumes de poros permeáveis e o volume total.

O índice de vazios e a absorção de água por imersão, apresentaram uma pequena diminuição nos valores de 7 dias para 28 dias e as argamassas de traço 1:2:9 (em volume) tiveram maiores valores do que as argamassas produzidas com traço 1:1:6 (em volume), possivelmente pela maior quantidade de água de amassamento o que ocasiona um aumento no teor de ar das argamassas.

TABELA 4.16. Ensaio de Absorção por imersão

Argamassa número	IDADE (dias)	ABSORÇÃO (%)		ÍNDICE DE VAZIOS (%)		MASSA ESPECÍFICA (Kg/dm ³)			
		imersão (72h)	imersão e ferv	imersão (72h)	imersão e ferv	Seca	Saturada	sat./ fervura	Real
2A	7	18,37	19,90	31,15	33,76	1,696	2,007	2,034	2,463
3A	7	15,91	16,68	28,49	29,86	1,790	2,075	2,089	2,504
4A	7	15,73	15,91	28,56	28,90	1,815	2,101	2,105	-
2B	7	20,09	22,08	32,99	-	1,642	1,972	2,004	2,451
3B	7	-	17,91	30,55	-	1,750	2,058	2,065	2,523
4B	7	16,60	17,40	29,70	31,00	1,783	2,078	2,095	-
2A	28	19,00	19,90	32,00	33,50	1,684	2,004	2,018	2,476
3A	28	15,60	16,60	28,10	29,80	1,799	2,079	2,098	2,501
4A	28	16,00	16,90	29,00	30,60	1,809	2,099	2,115	2,548
5A	28	13,30	13,90	25,10	26,10	1,885	2,136	2,146	2,518
6A	28	13,90	14,50	26,20	27,30	1,893	2,156	2,157	2,567
19A	28	18,00	-	30,71	32,90	1,706	2,014	2,037	2,462
23A	28	10,40	12,50	19,80	23,60	1,900	2,098	2,114	2,369
31A	28	10,15	10,30	20,50	-	2,033	2,236	2,242	2,557
33A	28	19,00	20,60	31,60	34,40	-	1,981	2,011	2,436
34A	28	16,70	18,40	29,00	32,20	1,743	2,033	2,067	2,455
2B	28	19,13	20,15	31,78	33,49	1,661	1,979	1,997	2,435
3B	28	17,01	17,30	29,50	30,30	1,745	2,045	2,056	2,481
4B	28	-	-	29,00	30,95	1,787	2,078	2,095	2,517
5B	28	-	-	26,10	27,00	1,831	2,092	2,096	2,478
6B	28	15,04	15,73	27,56	29,20	1,855	2,130	2,146	2,561

Ao se relacionar os valores de absorção por imersão e o índice de vazios das argamassas com o módulo de finura das areias utilizadas, percebe-se uma tendência de diminuição de ambas com o aumento do módulo de finura. Para a massa específica, nota-se um crescimento desta propriedade com o aumento do módulo de finura. Estas observações podem ser vistas nas Figuras 4.55 a 4.57.

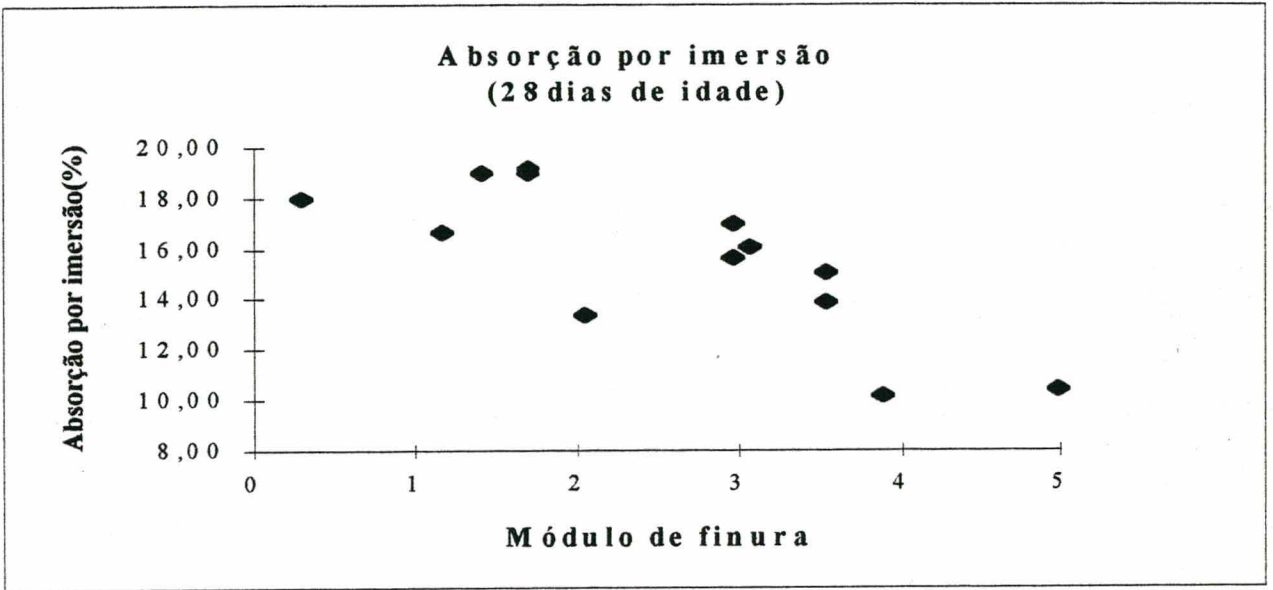


FIGURA 4.55. Variação da absorção de água com o módulo de finura das areias.

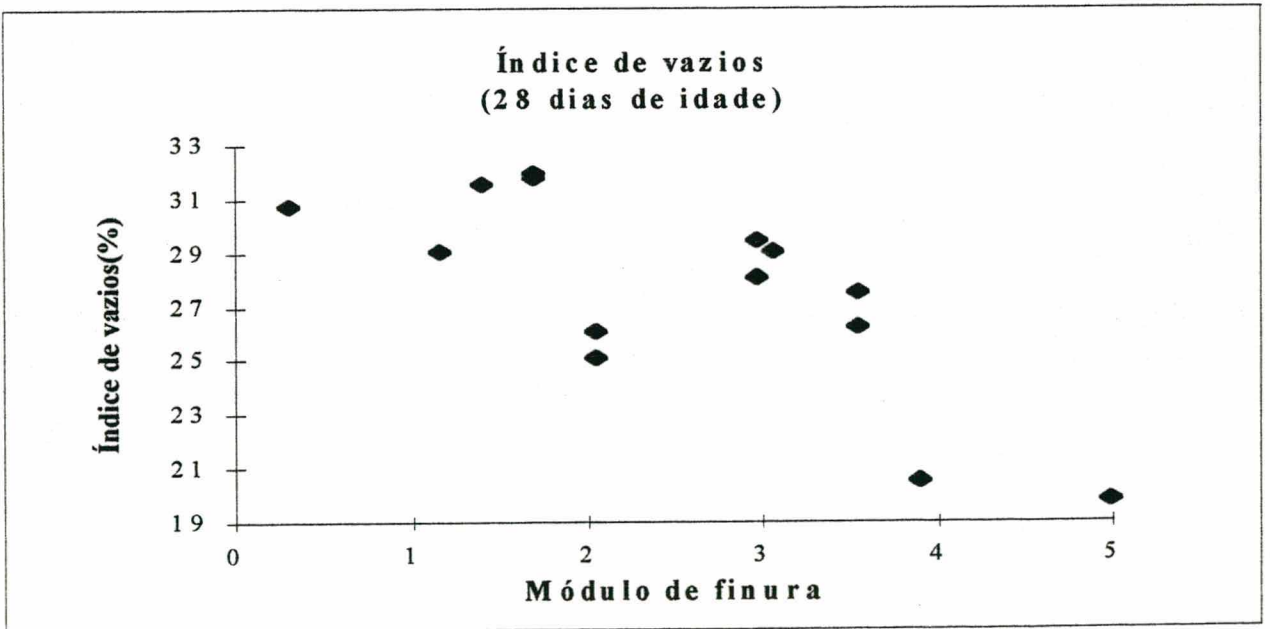


FIGURA 4.56. Variação do índice de vazios com o módulo de finura das areias.

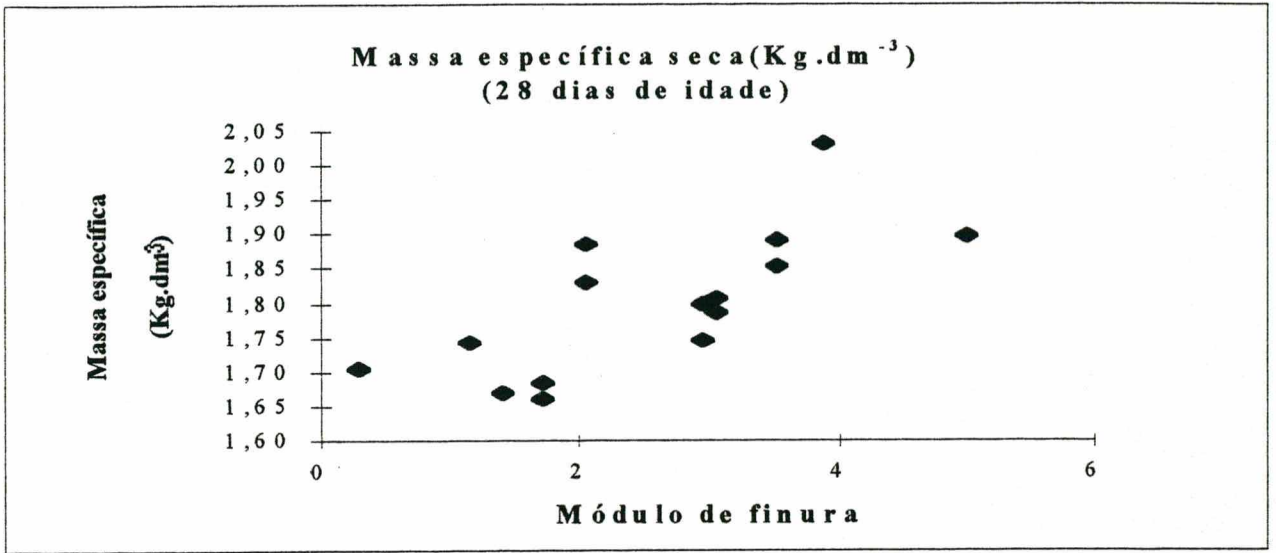


FIGURA 4.57. Variação da massa específica com o módulo de finura das areias em todas as argamassas.

Quanto maior foi a quantidade de água na mistura menor foi a massa específica e maiores os valores da absorção de água e índice de vazios das argamassas (Figuras 4.58 à 4.60). Martinelli[19] também constatou que o aumento da massa específica aparente da argamassa está ligado a maior dosagem de cimento. Obteve-se uma boa correlação da massa específica, índice de vazios e absorção de água por imersão com a relação água/materiais secos das argamassas, onde quanto maior esta relação maior a absorção e o índice de vazios e menor a massa específica das argamassas (Figuras 4.61 a 4.63).

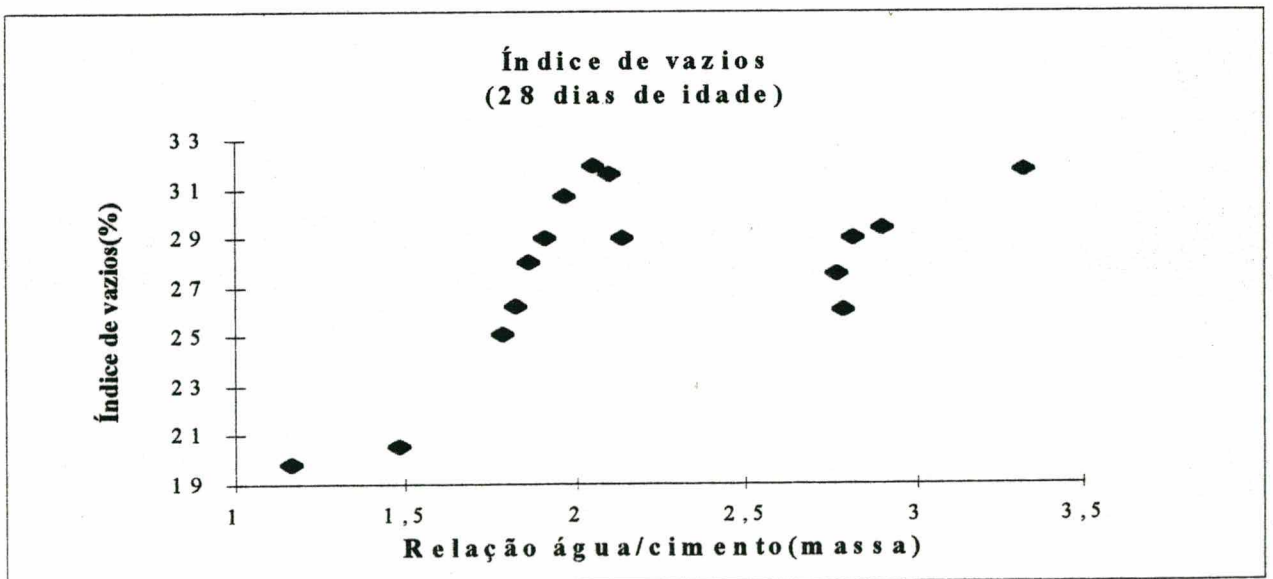


FIGURA 4.58. Variação do índice de vazios com a relação água/cimento(massa).

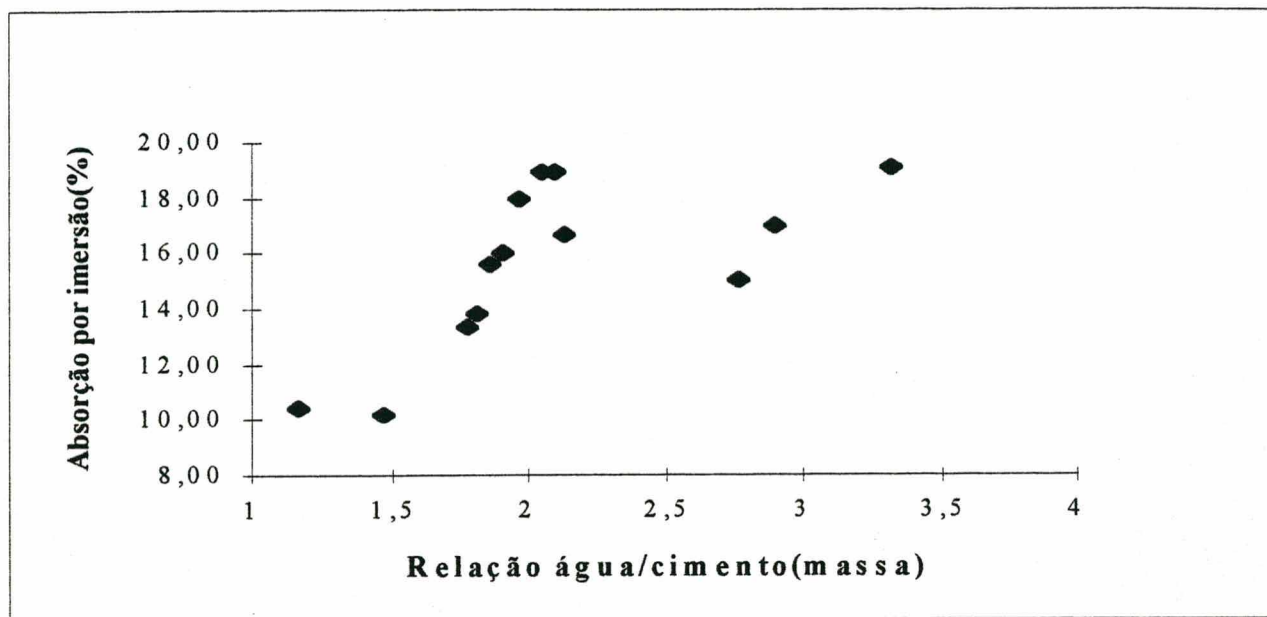


FIGURA 4.59. Variação da absorção de água com a relação água/cimento(massa) de todas argamassas com 28 dias de idade.

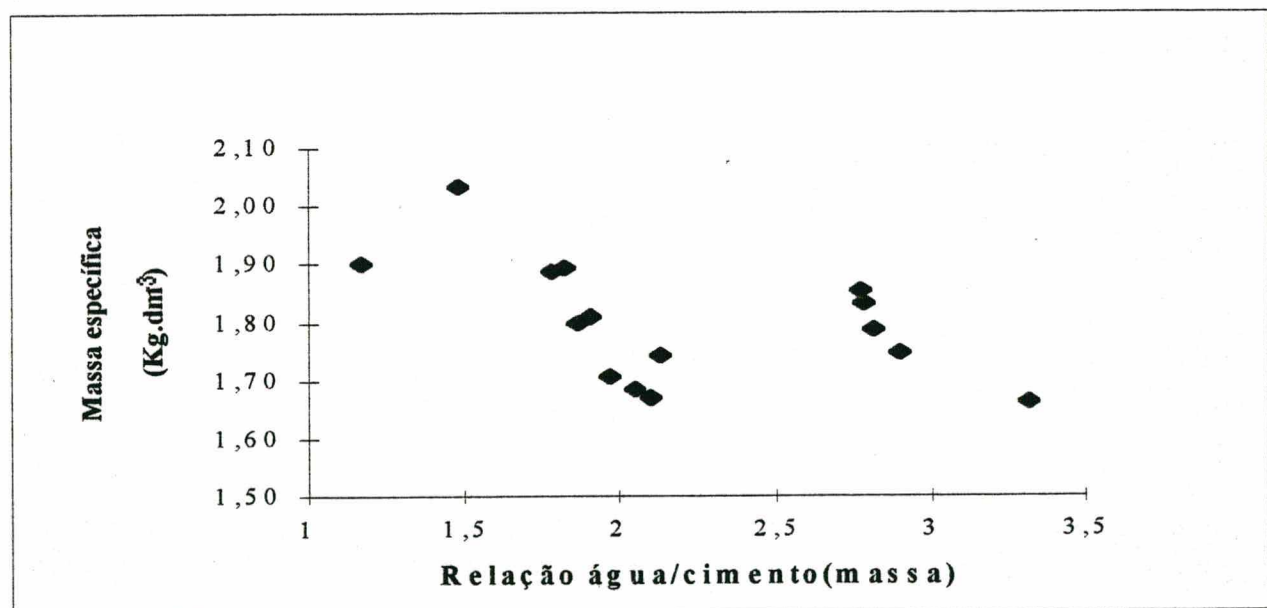


FIGURA 4.60. Variação da massa específica com a relação água/cimento(massa) de todas argamassas com 28 dias de idade.

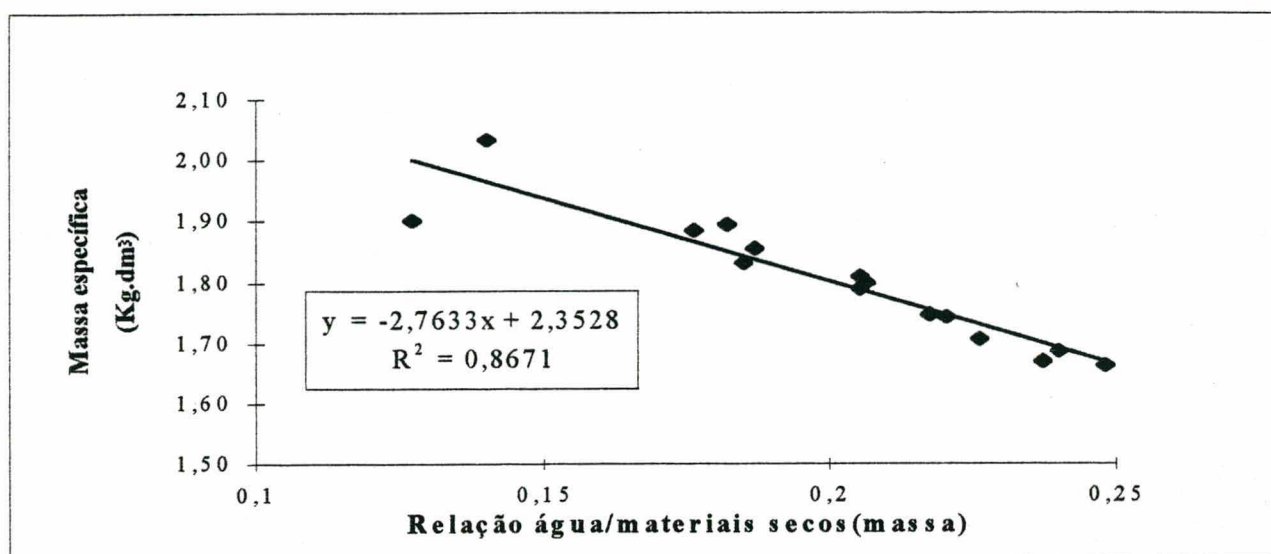


FIGURA 4.61. Variação da massa específica com a relação água/materiais secos(massa) de todas argamassas com 28 dias de idade.

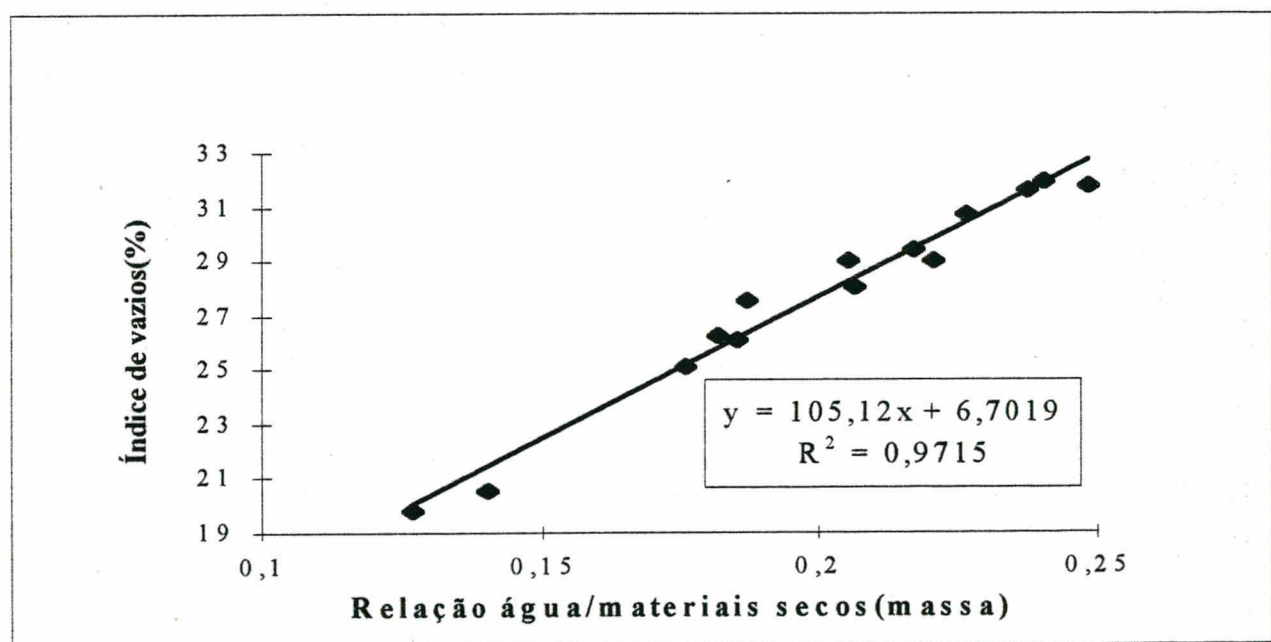


FIGURA 4.62. Variação do índice de vazios com a relação água/materiais secos(massa) de todas argamassas com 28 dias de idade.

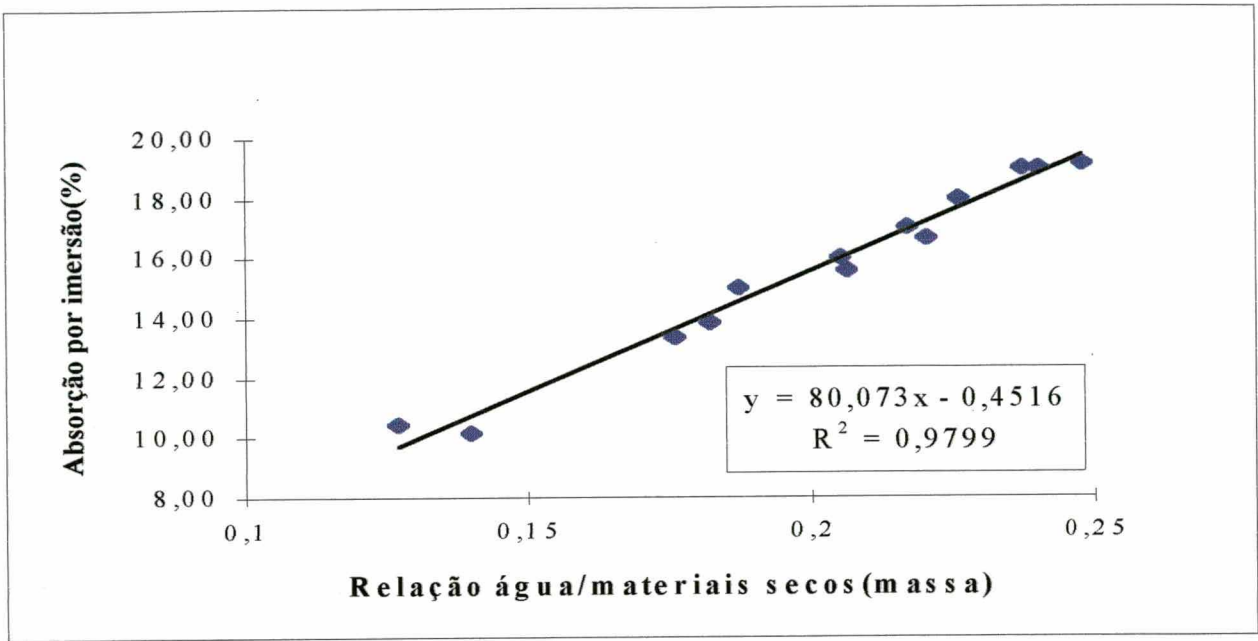


FIGURA 4.63. Variação da absorção de água com a relação água/materiais secos(massa) de todas argamassas com 28 dias de idade.

Nas argamassas que foram produzidas com areias muito uniformes observa-se que não se consegue estabelecer uma correlação da variação da absorção por imersão, índice de vazios e massa específica com o coeficiente de uniformidade das areias. Com as areias de uniformidade média ou desuniforme observa-se porém, uma tendência de que quanto maior o coeficiente de uniformidade, menor a absorção por imersão e o índice de vazios e maior a massa específica. Estas observações podem ser visualizadas nas Figuras 4.64 à 4.66.

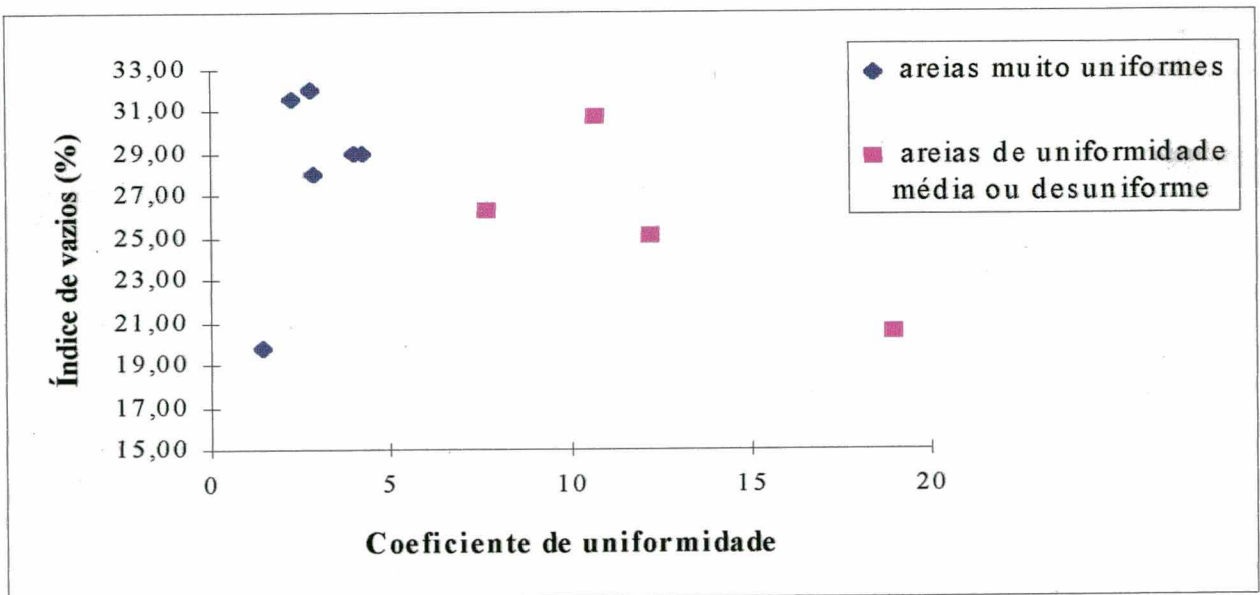


FIGURA 4.64. Variação do índice de vazios com o coeficiente de uniformidade das areias nas argamassas de traço 1:1:6 aos 28 dias de idade.

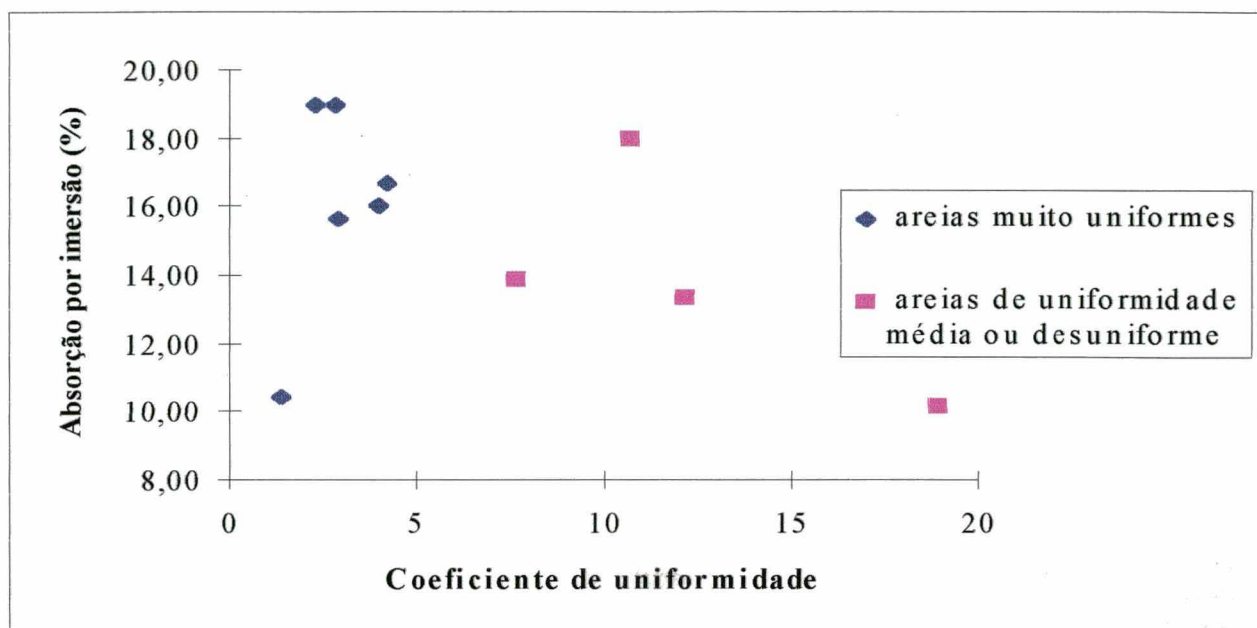


FIGURA 4.65. Variação da absorção de água com o coeficiente de uniformidade das areias nas argamassas de traço 1:1:6 aos 28 dias de idade.

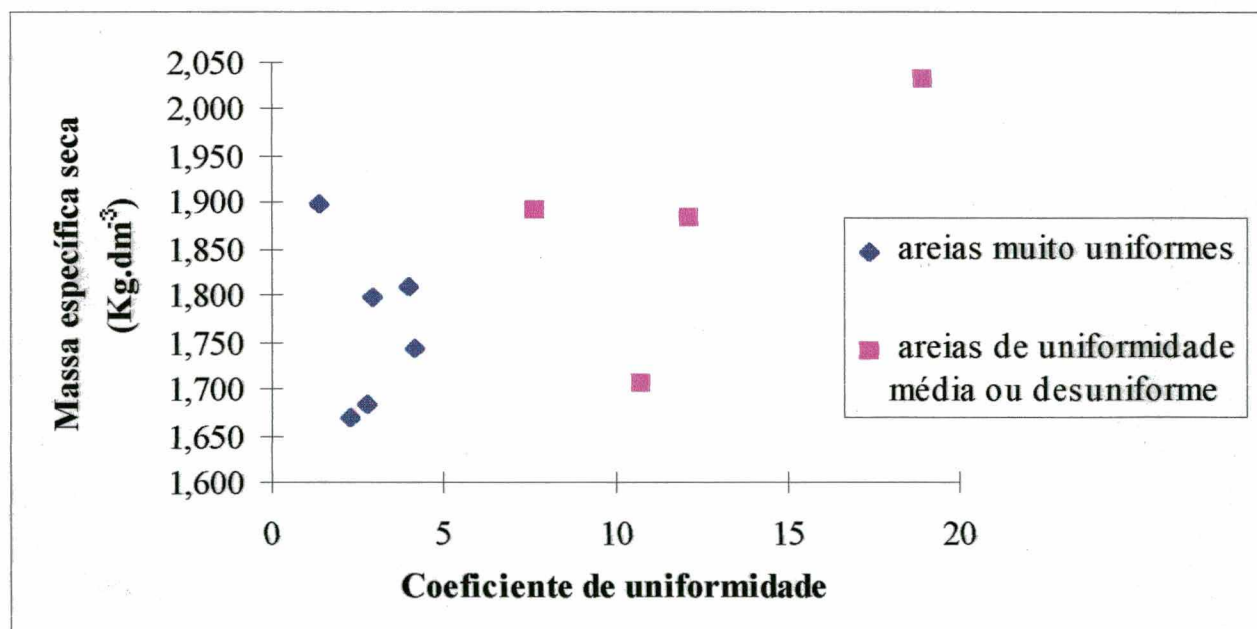


FIGURA 4.66. Variação da massa específica com o coeficiente de uniformidade das areias nas argamassas de traço 1:1:6 aos 28 dias de idade.

4.3.6. Absorção de água por capilaridade

Conforme descrito no Capítulo 3, calculou-se o coeficiente de absorção por capilaridade como o coeficiente de declividade da curva de capilaridade no seu trecho retilíneo. Calculou-se também, o que se denominou de absorção superficial, como a quantidade de água absorvida em relação à área da seção transversal do corpo-de-prova. Os resultados de todos os corpos de prova estão no Anexo A Tabelas A.10 - a até A.10 - k. Nas Tabelas 4.18 a 4.21 são mostrados os resultados médios.

Plotando-se gráficos da quantidade de água absorvida em relação à raiz quadrada do tempo, (Figuras 4.67 a 4.69) obteve-se correlação linear para todas as argamassas. As equações e coeficientes de correlação estão demonstrados na Tabela 4.17. Determinando-se a inclinação da reta ajustada que passa pelos pontos, obteve-se os coeficientes de absorção de água mostrados na mesma tabela.

O CSTB propõe um ensaio que determina a curva de capilaridade, com \sqrt{t} nas abcissas e $100m/s$ nas ordenadas onde m é a massa de água absorvida e s a seção transversal do corpo de prova. O coeficiente de capilaridade é igual a declividade da reta da curva que passa pelos pontos representativos das medidas a 10 minutos e 90 minutos. Determinando-se este coeficiente observa-se a identificação obtida com os resultados dos coeficientes de absorção de água.

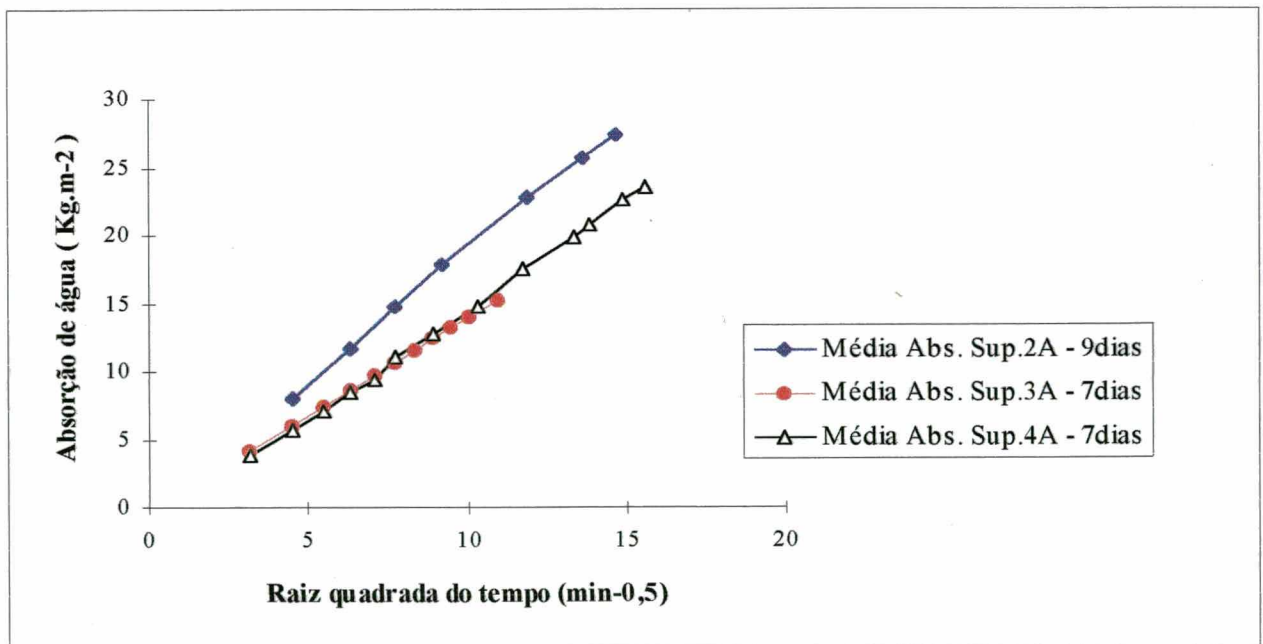


FIGURA 4.67. Absorção por capilaridade aos 7 dias de idade das argamassas de traço em volume 1:1:6.

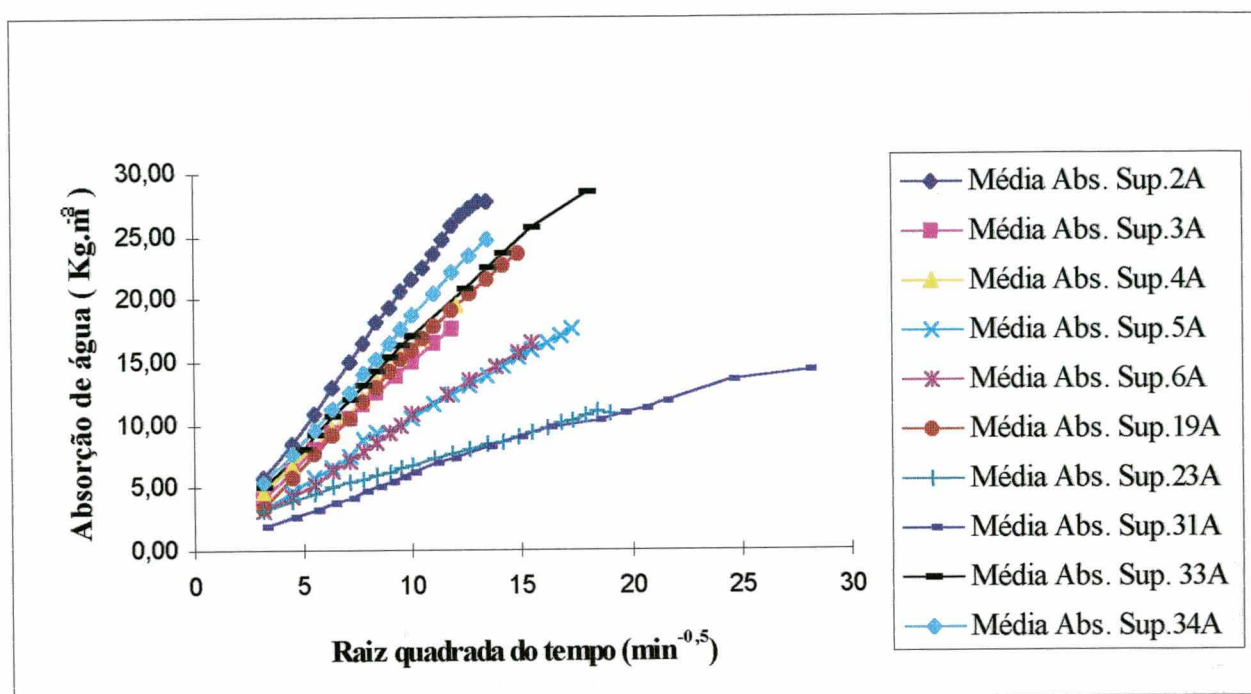


FIGURA 4.68. Absorção por capilaridade aos 28 dias de idade das argamassas de traço em volume 1:1:6.

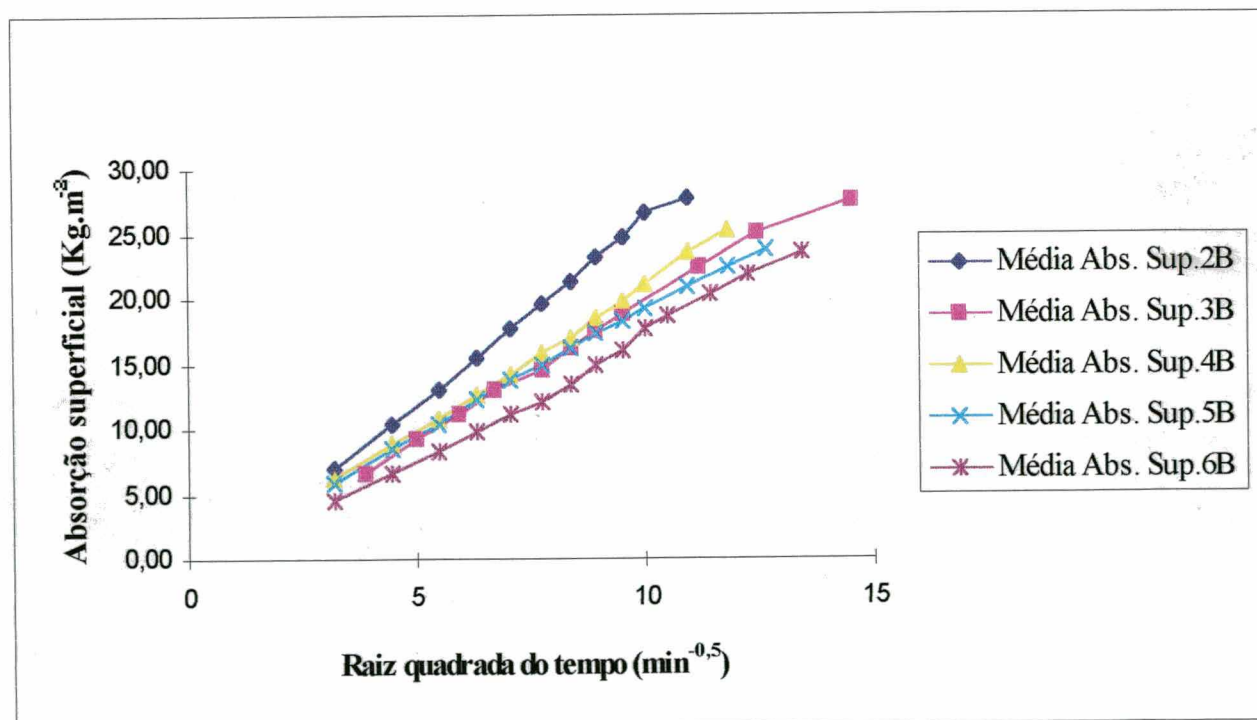


FIGURA 4.69. Absorção por capilaridade aos 28 dias de idade das argamassas de traço em volume 1:2:9.

TABELA 4.17. Correlação obtida no ensaio de absorção por capilaridade.

Argamassa	Idade (dias)	Coefficiente de correlação (R ²)	Equação da reta ajustada	Coefficiente de Absorção	Coefficiente de Capilaridade(CSTB)
2A	9	0,9976	Y = 1,914 X - 0,267	1,914	2,0727
2A	28	0,9963	Y = 2,236 X - 1,020	2,236	2,3243
3A	7	0,9995	Y = 1,413 X - 0,427	1,413	1,4246
3A	28	0,9993	Y = 1,561 X - 0,616	1,561	1,6096
4A	7	0,9989	Y = 1,621 X - 1,684	1,621	1,5531
4A	28	0,9982	Y = 1,680 X - 0,739	1,680	1,6728
5A	28	0,997	Y = 1,012 X + 0,352	1,012	1,0783
6A	28	0,9987	Y = 1,107 X - 0,563	1,107	1,0768
19A	28	0,9978	Y = 1,751 X - 1,796	1,751	1,8484
23A	28	0,9983	Y = 0,488 X + 1,854	0,488	0,5281
31A	28	0,9873	Y = 0,519 X + 0,740	0,519	0,64194
33A	28	0,9956	Y = 1,619 X + 0,455	1,619	1,7788
34A	28	0,9993	Y = 1,933 X - 0,884	1,933	1,9511
2B	7	0,9983	Y = 2,053 X - 0,993	2,053	2,8713
2B	28	0,9969	Y = 2,788 X - 2,010	2,788	2,8002
3B	7	0,9991	Y = 2,495 X - 1,761	2,495	2,4492
3B	28	0,9942	Y = 2,041 X - 0,912	2,041	2,4982
4B	7	0,9974	Y = 2,232 X - 1,307	2,232	2,133
4B	28	0,9974	Y = 2,232 X - 1,307	2,232	2,3765
5B	28	0,9987	Y = 1,910 X + 0,026	1,910	1,9843
6B	28	0,9944	Y = 1,944 X - 2,250	1,944	1,8025

TABELA 4.18. Ensaio de Absorção por capilaridade - Coeficiente de Absorção - Traço 1: 1: 6 (volume)

Argamassa	Coeficiente de absorção (Kg.m ² .h ^{-0,5})															
	1,78	1,84	1,91	1,93	-	1,86	1,89									
2A (9 dias)	1,35	1,34	1,33	1,35	-	-	1,38	-	1,40	1,40	1,38					
3A (7 dias)	1,34	1,27	1,28	1,34	1,32	1,42	1,43	1,43	1,50	1,49	1,50	1,51				
2A (28 dias)	1,86	1,89	1,98	2,05	2,12	2,14	2,17	2,16	2,17	2,15	2,14	2,16	2,17	2,19	2,17	2,12
3A (28 dias)	1,24	1,41	1,47	1,47	1,48	1,50	1,50	1,51	1,50	1,48	1,49					
4A (28 dias)	1,53	1,52	1,52	1,54	1,58	1,62	1,62	1,62	1,62							
5A (28 dias)	1,00	1,03	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,06	1,05	1,05	1,04	1,04	1,04	1,03	1,02
6A (28 dias)	1,00	0,96	0,97	1,01	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,07	1,07	1,06	1,07	1,07	1,08	
19A (28 dias)	-	-	1,42	1,45	-	-	1,57	1,60	1,59	1,59	1,61	1,62	1,61	1,61	1,61	1,59
23A (28 dias)	1,02	0,88	0,83	0,79	0,76	0,74	0,72	0,70	0,69	0,68	0,66	0,65	0,63	0,62	0,61	0,60
31A (28 dias)	0,57	0,58	0,58	0,61	0,61	0,60	0,62	0,64	0,64	-	0,63	0,62	0,63	0,62	0,60	0,55
33A (28 dias)	1,58	1,60	1,67	1,69	1,69	1,70	1,67	1,68	1,68	1,68	-	-	1,64	-	1,56	
34A (28 dias)	1,86	1,72	1,75	1,77	1,79	1,81	1,82	1,85	1,87	1,87	1,86	1,86	1,86	1,85		

TABELA 4.19. Ensaio de Absorção por capilaridade - Coeficiente de Absorção - Traço 1: 2: 9 (volume)

Argamassa	Coeficiente de absorção (Kg.m ⁻² .h ^{-0,5})													
	2,56	2,56	2,65	2,68	2,71	2,76	2,77	2,77	2,77	2,77	2,76	2,76	2,70	
2B (7 dias)	2,56	2,56	2,65	2,68	2,71	2,76	2,77	2,77	2,77	2,77	2,76	2,76	2,70	
3B (7 dias)	2,06	2,09	2,15	2,18	2,22	2,26	2,29	2,30	2,32	2,33	2,33	2,34	2,34	
4B (7 dias)	2,00	1,97	1,95	2,00		2,04	2,03	2,06	2,09	2,09	2,09	2,15	2,14	
2B (28 dias)	2,20	2,34	2,36	2,44	2,50	2,54	2,55	2,59	2,60	2,60	2,66	2,53		
3B (28 dias)	1,69	1,83	1,87	1,94	1,88	1,94	1,96	1,99	2,00	2,00	2,02	1,90		
4B (28 dias)	1,71	1,88	1,97	1,99	1,99	2,01	2,03	2,05	2,04	2,04	2,04	2,02	2,01	
5B (28 dias)	1,83	1,88	1,91	1,93	1,94	1,92	1,93	1,93	1,93	1,93		1,92	1,90	1,88
6B (28 dias)	1,45	1,48	1,52	1,55	1,59	1,56	1,61	1,66	1,69	1,77	1,77	1,78	1,78	1,76

TABELA 4.20. Ensaio de Absorção por capilaridade - Absorção superficial - Traço 1: 2: 9 (volume)

Argamassa	Absorção superficial (Kg.m ⁻²)													
	8,10	11,47	14,50	16,95	19,16	21,40	23,18	24,79	26,26	27,61	27,61	29,61		
2B (7 dias)	8,10	11,47	14,50	16,95	19,16	21,40	23,18	24,79	26,26	27,61	27,61	29,61		
3B (7 dias)	6,51	9,33	11,75	13,78	15,70	17,48	19,12	20,59	22,00	23,26	23,26	24,55		
4B (7 dias)	6,32	8,82	10,68	12,64	14,22	15,78	16,99	18,46	19,81	21,07	21,07	23,59	25,36	
2B (28 dias)	6,94	10,45	12,93	15,41	17,71	19,68	21,34	23,12	24,65	26,56	26,56	27,71		
3B (28 dias)	6,56	9,17	11,09	12,98	14,59	16,24	17,53	18,89	22,36	25,16	25,16	27,52		
4B (28 dias)	5,42	8,41	10,77	12,61	14,78	16,24	17,58	18,86	20,45	22,81	22,81	24,27	25,48	
5B (28 dias)	5,77	8,42	10,47	12,20	13,69	14,89	16,15	17,27	18,32	19,29	19,29	20,98	22,50	23,75
6B (28 dias)	4,59	6,62	8,34	9,81	11,21	12,10	13,44	14,84	15,99	17,71	17,71	18,66	20,32	21,85
														23,63

Ao avaliar-se a variação do coeficiente de absorção de água por capilaridade das argamassas com o coeficiente de uniformidade das areias, observa-se uma tendência de que nas argamassas produzidas com areias desuniforme ou de uniformidade média, quanto menor o coeficiente de uniformidade maior a absorção de água por capilaridade (Figura 4.70). Para as areias classificadas como muito uniformes, isto é, areias com coeficiente de uniformidade menor que 5, não se obteve uma correlação bem definida da absorção por capilaridade com o coeficiente de uniformidade. Com o módulo de finura das areias, conforme pode ser visto na Figura 4.71, percebe-se uma tendência de aumento do coeficiente de absorção das argamassas com a diminuição do módulo de finura das areias.

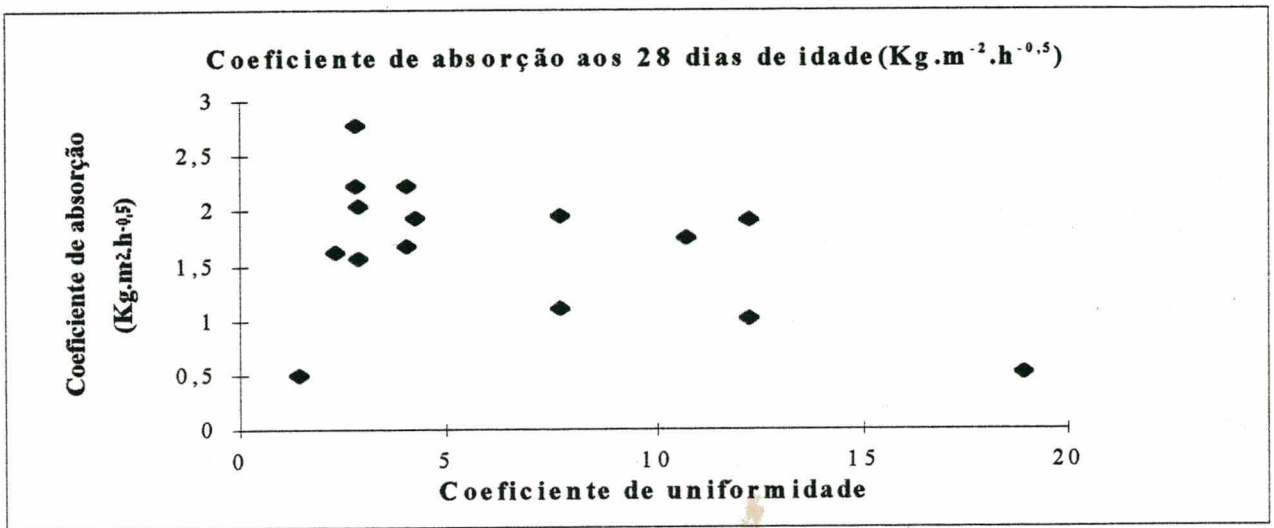


FIGURA 4.70. Variação do coeficiente de absorção com o coeficiente de uniformidade das areias.

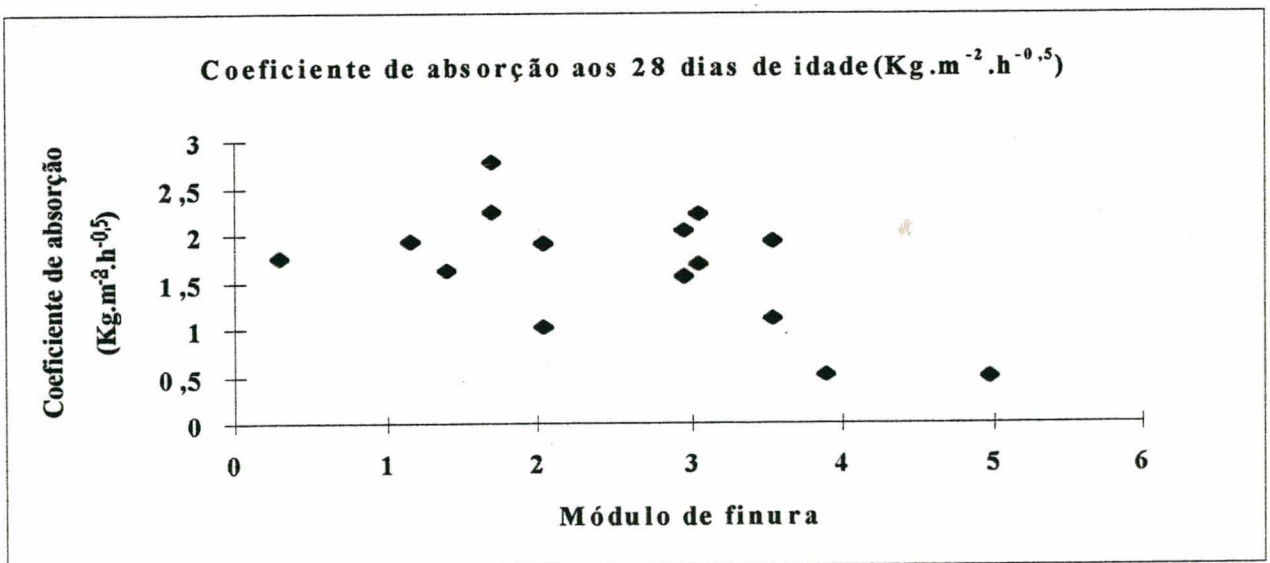


FIGURA 4.71. Variação do coeficiente de absorção com o módulo de finura das areias.

Sempre as argamassas do tipo B (traço 1:2:9) apresentaram maiores absorção por capilaridade do que as argamassas do tipo A (traço 1:1:6) e observa-se uma nítida distinção entre as absorções das argamassas do tipo A com as do tipo B. Esta distinção pode ser vista na Figura 4.72.

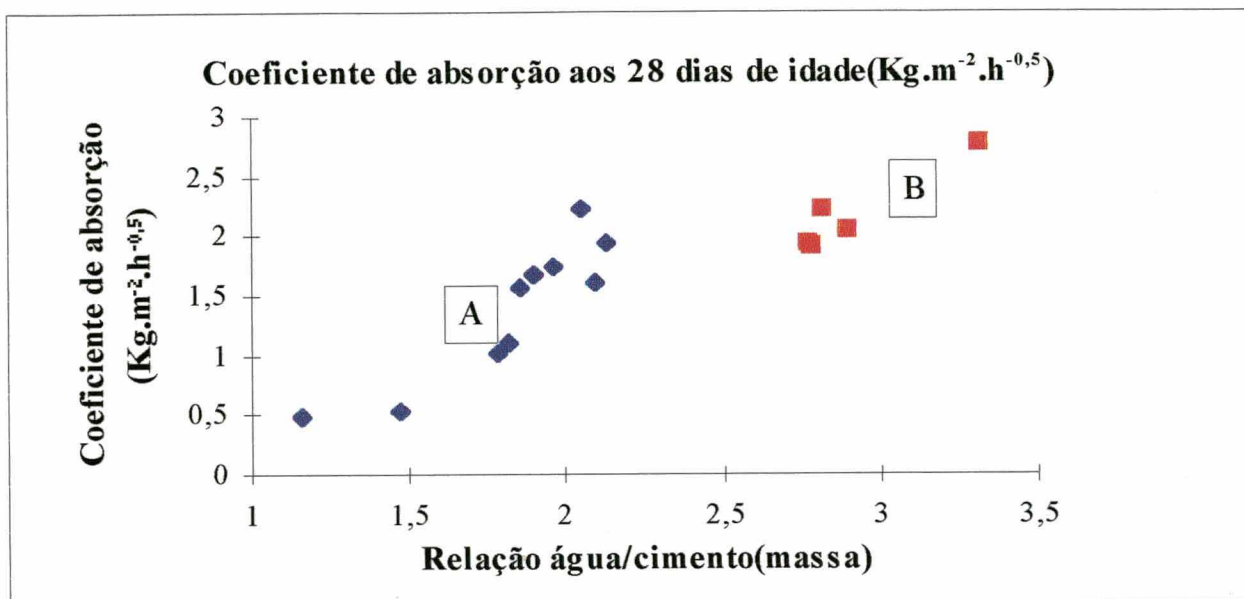


FIGURA 4.72. Variação do coeficiente de absorção das argamassas com a relação água/cimento.

Para as argamassas produzidas com areias desuniformes ou de uniformidade média, quanto maior a relação agregado/aglomerante (em massa) menor o coeficiente de absorção (Figura 4.73), evidenciando que nestas argamassas a influência do tipo de areia foi significativa, enquanto que nas argamassas produzidas com as areias muito uniformes, esta relação não foi observada.

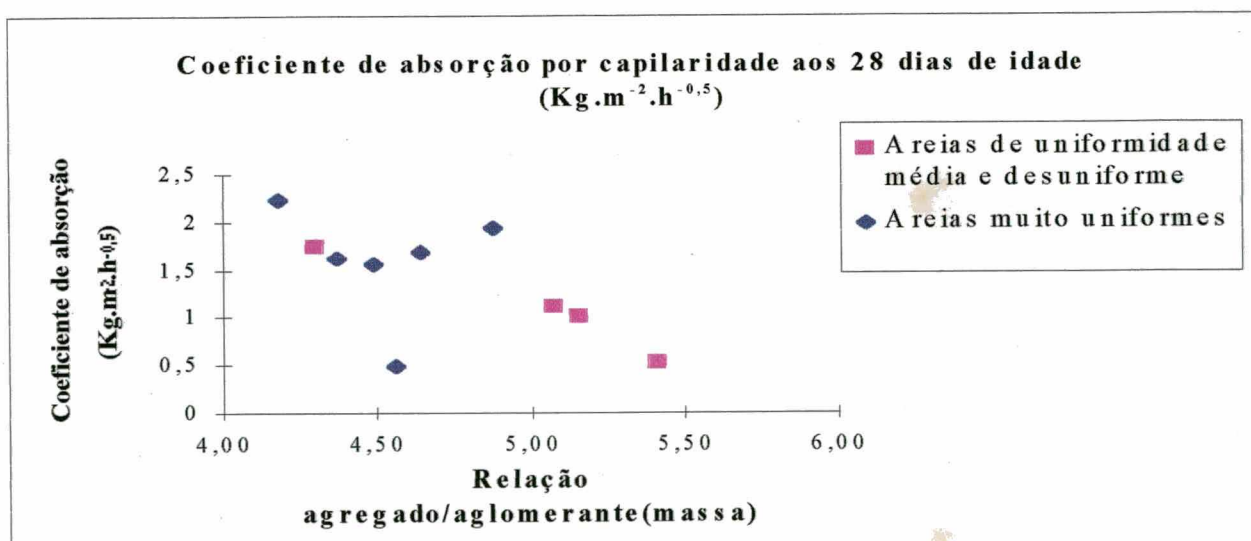


FIGURA 4.73. Variação do coeficiente de absorção das argamassas com a relação agregado/aglomerante.

Na análise da variação do coeficiente de absorção das argamassas com a relação água/materiais secos (Figura 4.74), encontrou-se uma correlação direta isto é, quanto maior a relação água/materiais secos maior o coeficiente de absorção de água das argamassas. Isto vem confirmar que quanto mais água mais vazios na argamassa e então maior absorção. Isto já tinha sido constatado nos resultados do ensaio de absorção por imersão.

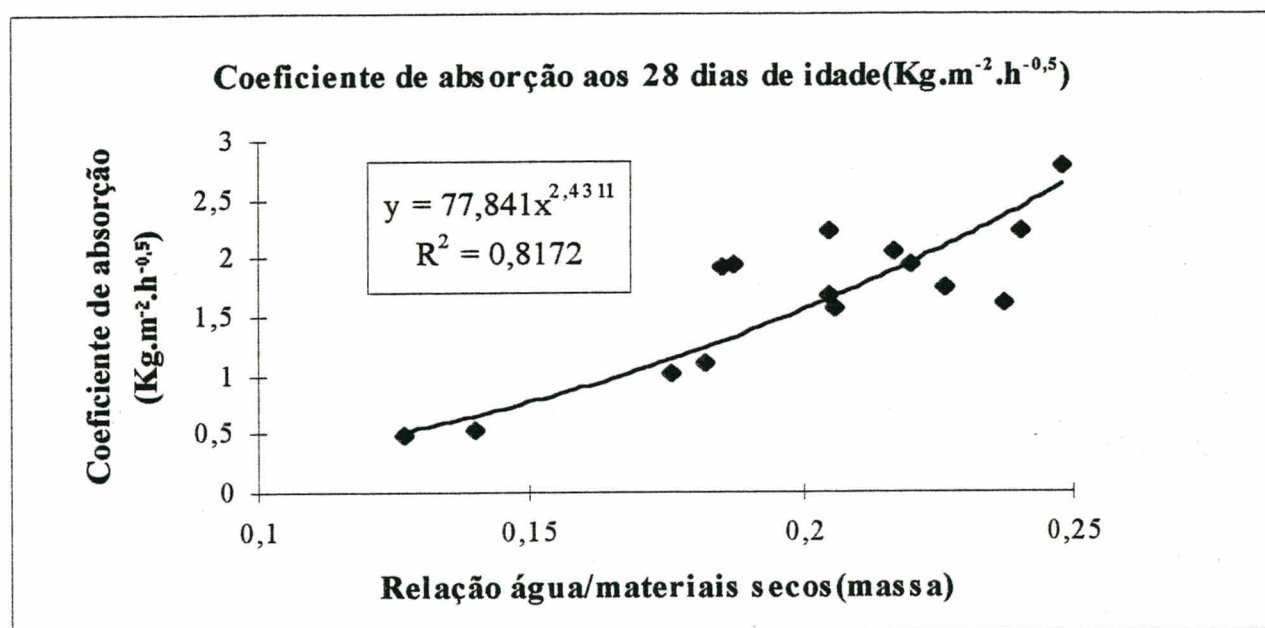


FIGURA 4.74. Variação do coeficiente de absorção das argamassas com a relação água/materiais secos.

4.3.7. Retração por secagem

Em função dos diversos problemas que envolveram a realização deste ensaio, conforme foi relatado no Capítulo 3, muitos corpos de prova se romperam durante a fase de desmoldagem ou mesmo durante seu manuseio acarretando que grande número de medidas não foram efetuadas por causa da quebra dos corpos de prova.

Apesar da grande dificuldade de manter a umidade relativa do local de armazenagem dos corpos de prova e a dificuldade operacional de efetuar as medidas, apresenta-se na Tabela 4.22 os resultados obtidos no ensaio de retração por secagem. Neste ensaio, determinou-se também a perda de massa dos corpos de prova com o tempo, conforme as condições de ensaio expostas anteriormente no Capítulo 3.

Não foi possível estabelecer nenhuma relação entre a retração por secagem das argamassas e os parâmetros granulométricos das areias utilizadas. Segundo o pesquisador Christian Lejeune do CSTB - França, o ensaio de retração por secagem deve ser realizado em corpos de prova com movimentação restringida, pois o ensaio em corpos de prova livres pode não representar o comportamento da argamassa quando aplicada (informação verbal).

TABELA 4.22. Ensaio de retração por secagem

Argamassa	Retração (‰)				Perda de Massa (%)									
	7 dias	14 dias	28 dias		48 horas	72 horas	4 dias	5 dias	6 dias	7 dias	14 dias	28 dias		
2A	0,129	-	0,882		-	-	-	-	-	-	-	-		
3A	0,415	0,88	1,066		-	-	-	-	-	8,13	10,61	10,85		
4A	0,306	0,518	0,993	1,285	-	-	-	-	-	3,13	12,44	12,66		
5A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
6A	0,985	0,912	1,021	1,93	-	-	-	-	-	8,51	10,85	11,31		
19A	-	-	5,56	0,97	1,41	1,86	2,21	2,65	3,1	5,75	11,15			
23A	-	5,129	5,505	1,32	1,94	2,23	2,55	-	3,16	-	5,69			
31A	-	-	-	0,87	1,85	3,89	4,52	5,05	5,63	7,06	6,79			
33A	-	-	0,196	-	2,46	3,16	4,06	4,56	6,12	10,13	12,86			
34A	-	0,796	0,508	2,54	5,66	7,14	9,07	10,26	11,45	13,77	15,09			
2B	0,636	0,963	1,166	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
3B	0,143	-	0,147	2,38	-	-	-	-	14,58	14,78	14,51			
4B	0,311	0,827	1,009	-	-	-	-	-	11,823	-	13,29			
5B	-	1,448	0,253	1,71	2,63	3,18	3,96	4,57	5,26	5,73	8,78			
6B	-	0,123	-	2,54	-	-	-	-	6,8	10,58	11,3			
6B	-	0,123	-	2,54	-	-	-	-	6,8	10,58	11,3			

4.4. Comparação das diversas granulometrias analisadas.

Os melhores resultados dos ensaios tanto no estado fresco quanto no estado endurecido foram obtidos pela argamassa produzida com a areia 31 na qual a areia utilizada foi produzida a partir da teoria de Fuller. A melhor performance nos resultados dos ensaios foi a obtida nesta argamassa sendo esta areia a única classificada pelos parâmetros de Halen-Zagen como desuniforme.

Os limites granulométricos especificadas pela norma inglesa BSI foram os que geraram as areias com os menores coeficientes de uniformidade e as argamassas produzidas com estas areias foram as que apresentaram os menores valores de resistências mecânicas, os maiores valores de teor de ar incorporado, menores massas específicas, maiores índices de vazios e as maiores absorções de água.

As argamassas que sempre foram exceções em todas as correlações feitas foram as argamassas produzidas com as areias número 19 e 23. A areia 19 foi obtida da teoria de Fuller com diâmetro máximo de 0,3mm com o maior teor de finos analisado, apresentando o maior volume de vazios entre todas as areias. Mas o comportamento da argamassa produzida com esta areia quanto às resistências mecânicas não foi prejudicado. Quanto aos ensaios no estado fresco, também não se percebeu modificações substanciais nos resultados em comparação com as outras argamassas. A argamassa produzida com esta areia não se apresentou trabalhável e portanto, apesar dos resultados obtidos, esta areia não é indicada para a produção de argamassas de revestimento.

A areia de número 23 foi obtida por uma solução gráfica que conduziu a uma areia com o maior módulo de finura, o menor coeficiente de uniformidade e praticamente a um único tamanho de grão e também produziu uma argamassa não trabalhável valendo portanto as mesmas considerações feitas para a argamassa produzida com a areia 19.

A areia especificada pela ABNT (areia número 34) e a areia especificada pela ASTM (areia número 4) apresentaram coeficientes de uniformidade semelhantes, porém, a quantidade de finos abaixo da peneira 0,15mm da areia da ABNT foi muito superior. Esta maior quantidade de finos provocou um pequeno aumento na quantidade de água de amassamento e como consequência uma redução nas resistências mecânicas desta argamassa e um aumento da absorção de água por capilaridade.

A normalização brasileira através da NBR 13281/95 [71] especifica que as argamassas industrializadas para revestimento de tetos e paredes, devem atender as exigências físicas e mecânicas indicadas na Tabela 4.23. Observa-se que estas exigências devem ser verificadas em argamassas com índices de consistência padrão obtidos conforme a NBR 13276/95[72] que deve

estar compreendido no intervalo de (255 ± 10) mm. Apesar de que algumas argamassas analisadas apresentarem consistência fora do intervalo definido, ao se comparar os resultados dos ensaios de retenção de água observa-se que, nenhuma argamassa, seja no traço em volume 1:1:6 ou 1:2:9, apresentou valores abaixo de 80% sendo que várias apresentaram valores maiores do que 90%. Isto indica então que todas as areias empregadas produziram argamassas com alta capacidade de retenção de água ou no mínimo argamassas com capacidade normal de retenção de água.

Para o teor de ar incorporado, apesar do método utilizado não ter sido o preconizado pela ABNT, ao comparar-se os resultados obtidos, verifica-se que as argamassas apresentaram teores menores do que 8%, com exceção da argamassa 23A que apresentou teor no intervalo de 8 a 18% classificando-se como **b**, obtendo-se argamassas com baixos teores de ar incorporado.

Quanto a resistência à compressão aos 28 dias, observa-se que todas as argamassas produzidas com o traço em volume 1:2:9 apresentaram resistências menores do que 4MPa, incluindo-se na classe de resistência identificada como I. Para as argamassas de traço em volume 1:1:6, as argamassas produzidas com as areias classificadas como de uniformidade média apresentaram resistências maiores do que 4MPa, incluindo-se na classe de resistência identificada como II. A única argamassa que apresentou resistência à compressão na classe de resistência identificada como III foi a argamassas produzida com areia classificada como desuniforme.

TABELA 4.23. Exigências físicas e mecânicas para argamassas industrializadas.

Característica	Identificação	Limites
Resistência à compressão aos 28 dias (MPa)	I	$\geq 0,1$ e < 4
	II	≥ 4 e ≤ 8
	III	> 8
Capacidade de retenção de água (%)	Normal	≥ 80 e ≤ 90
	Alta	> 90
Teor de ar incorporado (%)	a	< 8
	b	≥ 8 e ≤ 18
	c	> 18

O projeto de norma 02:102.17-001[18] de março de 1995, que apresenta a especificação de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas não especifica limites de características das argamassas empregadas em revestimentos, exigindo porém que os materiais e as respectivas proporções de dosagem devem ser compatíveis com o acabamento e as condições de exposição previstas e que devem ter resistência mecânica compatível com o acabamento decorativo selecionado. Selmo[7] comenta que os critérios especificados pelas normas estrangeiras podem conduzir a avaliações dispares de uma mesma argamassa e devem ser aplicados com cautela em estudos de argamassas e revestimentos.

Martinelli[19] recomenda que para o caso de argamassas para revestimento, a resistência à tração deva variar de no mínimo 0,5 a 1MPa. Ao comparar-se estes limites com os valores obtidos, percebe-se que as argamassas de traço em volume 1:2:9 não atingem o mínimo sugerido e somente as argamassas produzidas com as areias classificadas como de uniformidade média ou desuniformes é que apresentam resistência à tração por compressão diametral dentro do intervalo especificado.

Capítulo 5

Conclusões e Recomendações

5.1. Conclusões.....	125
5.1.1. Métodos de ensaios.....	125
5.1.2. Influência da composição granulométrica.....	127
5.2. Recomendações para futuros trabalhos.....	129

5.1. Conclusões

Como a construção civil passa por processo de racionalização, busca de qualidade, produtividade e desempenho e as argamassas de revestimento estão inseridas neste contexto, volta-se a uma questão básica a ser respondida. Esta questão, formulada por Cincotto, Silva, Carasek [1] indaga quais são as características dos materiais que interferem nas propriedades das argamassas. Após a análise dos resultados experimentais obtidos neste trabalho, conclui-se que a composição granulométrica das areias empregadas na produção das argamassas de revestimento interfere, algumas vezes, substancialmente.

Para que fosse possível a análise da influência da composição granulométrica das areias nas propriedades das argamassas, foi necessária uma investigação sobre diversos métodos de ensaio. Nesta avaliação, várias conclusões podem ser destacadas cujas discussões ocorreram principalmente nos Capítulos 3 e 4.

Deve-se ressaltar que todas as conclusões aqui apresentadas estão restritas às argamassas mistas de cal e cimento nos traços em volume 1:1:6 e 1:2:9, para serem usadas nos revestimentos das edificações.

As conclusões referentes às metodologias de ensaio poderão servir como instrumento auxiliar na revisão ou nos projetos de normas de ensaios. Neste sentido, a primeira conclusão a ser observada é que em todas as normas de ensaios sobre argamassas, deverá constar a quais argamassas o ensaio se aplica, isto é, o espectro de argamassas atingidas pelo ensaio, baseado nas características e propriedades das argamassas.

De forma a ressaltar as diversas conclusões obtidas, serão resumidos primeiramente os resultados das análises nas propriedades das argamassas no estado fresco e posteriormente no estado endurecido.

5.1.2. Métodos de ensaio

Dos ensaios nas argamassas no estado fresco pode-se destacar que, os resultados do ensaio de retenção de água, conforme procedimento descrito no projeto de norma da ABNT 18:406.03-002 [59], não apresentaram diferenças significativas após a análise estatística.

No ensaio de exsudação de água executado conforme procedimento descrito pela RILEM no MR-6, sugere-se a introdução de medições em massa da quantidade de água exsudada além da medição volumétrica preconizada pelo método.

Baseado nos resultados obtidos no ensaio de exsudação sugere-se que seja utilizada como referencial a medição realizada aos 60 minutos pois, até este tempo, a água exsudada apresenta uma relação linear com o tempo e as equações das retas ajustadas correspondentes, apresentaram diferenças significativas para as diversas argamassas analisadas.

Dos ensaios realizados nas argamassas no estado endurecido, destacam-se as conclusões referentes à metodologia de moldagem e cura dos corpos de prova cilíndricos 5X10cm, as velocidades de carregamento nos ensaios de resistência à compressão axial, tração por compressão diametral e na determinação do módulo de deformação estático.

Na moldagem dos corpos de prova cilíndricos 5X10cm, não convém utilizar a moldagem em quatro camadas e com 30 golpes por camada, pois este adensamento se aplica para argamassas com consistência menos plásticas do que as das argamassas de revestimento analisadas. Este adensamento poderá provocar a segregação dos constituintes da argamassa.

Convém que o processo de cura dos corpos de prova seja o recentemente prescrito na NBR 13279/95 [69] no qual, para as argamassas que contenham cal, os corpos de prova após a moldagem devem permanecer ao ar do laboratório.

Sugere-se que a velocidade de carregamento para determinação da resistência à compressão axial conforme NBR 13279/95 [69] e determinação do módulo de deformação estático em analogia à NBR 8522/84 [65], seja modificada, podendo-se adotar uma taxa de crescimento do carregamento de 0,05 MPa/s para que o ensaio possa realizar-se num intervalo de tempo maior.

Para a determinação da resistência à tração por compressão diametral, é mais adequada uma velocidade de carregamento de 0,005 MPa/s.

Na determinação do módulo de deformação estática, sugere-se utilizar como tensão inferior de ensaio, 10% da resistência à compressão prevista, em substituição à tensão de 0,5 MPa descrito no método.

No ensaio de determinação da retração por secagem, conforme a NBR 8490/84 [61], destaca-se a impossibilidade de desforma dos corpos de prova com 24 horas e também a dificuldade de leitura das retrações podendo ocasionar grandes erros. Conclui-se pela não recomendação desta metodologia para as argamassas analisadas, devendo-se adotar outra metodologia, de preferência em corpos de prova com retração restringida.

Para determinação da absorção de água por capilaridade conclui-se que a metodologia prescrita na NBR 9779/87 [62] não se aplica para as argamassas de revestimento analisadas. Sugere-se a metodologia adotada neste trabalho que foi detalhada no Capítulo 3, item 3.4.5.

5.1.2. Influência da composição granulométrica

Ao analisar-se os resultados dos ensaios realizados nas argamassas, constatou-se uma correlação do volume de vazios das areias com os coeficientes de uniformidade das mesmas, sendo que, as areias classificadas como de uniformidade média ou desuniforme apresentam menores volumes de vazios do que as areias classificadas como muito uniformes.

Esta conclusão é importante na medida em que, quanto maior o volume de vazios da areia, maior o consumo de aglomerantes e de água de amassamento. Da análise da variação das relações água/materiais secos das argamassas com o volume de vazios das areias, pode-se constatar a afirmativa anterior, embasando portanto a conclusão de que as areias muito uniformes produzem argamassas com maior consumo de aglomerantes e de água de amassamento.

Ao analisar-se a influência dos finos incluindo os aglomerantes, no consumo de água de amassamento das argamassas constatou-se que quanto maior o teor de finos maior o consumo de água de amassamento.

A massa específica das argamassas no estado fresco é influenciada pela granulometria da areia sendo que, para as areias classificadas como de uniformidade média ou desuniforme, quanto maior o módulo de finura da areia utilizada maior a massa específica da argamassa, porém, isto não foi constatado nas argamassas produzidas com areias muito uniformes.

Na retenção de água constatou-se que para as argamassas de traço em volume 1:1:6 que utilizaram areias muito uniformes, quanto menor a relação agregado/aglomerante maior a retenção de água porém, nas argamassas produzidas com areias de uniformidade média ou desuniforme, esta relação se inverte sendo que quanto maior a relação agregado/aglomerante maior a retenção de água mostrando portanto, indícios de que areias bem graduadas ajudam bastante na retenção de água das argamassas.

A retenção de água das argamassas de traço em volume 1:2:9 foi maior do que as observadas para as argamassas de traço 1:1:6 indicando que a influência da cal é significativa na retenção de água das argamassas. Na retenção de consistência constatou-se as mesmas observações feitas na retenção de água.

Na quantidade de água exsudada aos 60 minutos constatou-se a influência da granulometria da areia. Sendo que, quanto maior o coeficiente de uniformidade da areia menor a exsudação de água. Ao se comparar a exsudação de água das argamassas de traço 1:1:6 e 1:2:9, utilizando-se areias de mesma composição granulométrica, verifica-se que as argamassas de traço 1:1:6 apresentaram maior exsudação concluindo-se portanto que quanto maior a relação cal/cimento menor a exsudação de água para as argamassas analisadas.

Ao analisar-se as propriedades das argamassas no estado endurecido, constatou-se a forte correlação da relação água/cimento nas propriedades mecânicas das argamassas. Na resistência à compressão axial observou-se uma tendência de crescimento desta propriedade com o coeficiente de uniformidade das areias sendo que, para as argamassas produzidas com areias de uniformidade média ou desuniforme esta tendência fica mais evidente.

Na resistência à tração por compressão diametral observou-se boas correlações nas diversas idades analisadas, com a resistência à compressão axial e valem portanto todas as conclusões feitas referentes à resistência à compressão axial.

Da análise de variação da massa específica, índice de vazios e absorção por imersão das argamassas com a relação água/materiais secos, conclui-se que existe uma relação inversamente proporcional. Como observou-se boa correlação da relação água/materiais secos com o volume de vazios das areias utilizadas e estes vazios por sua vez com o coeficiente de uniformidade, conclui-se que a massa específica, índice de vazios e absorção por imersão são influenciadas pela granulometria das areias.

No ensaio de absorção por capilaridade verifica-se uma tendência de que quanto maior o coeficiente de uniformidade da areia menor a absorção por capilaridade da argamassa. Esta tendência é mais evidente para as areias com coeficiente de uniformidade maior que 5.

Quando se analisa as variações dos resultados dos ensaios das argamassas no estado fresco ou endurecido com o módulo de finura das areias não se encontram boas correlações mas apenas tendências. Quando porém existe inicialmente uma classificação das argamassas pelo coeficiente de uniformidade das areias utilizadas, percebe-se então argamassas com resultados diferenciados com a variação do módulo de finura das areias utilizadas.

Observando-se todas as conclusões acima sobre a influência da composição granulométrica das areias nas propriedades das argamassas de revestimento, pode-se sugerir que a introdução dos parâmetros de Allen-Hazen na caracterização da composição granulométrica venha a se tornar um valioso instrumento na análise de decisões quando da escolha de uma areia. Até agora a escolha é basicamente realizada com base no módulo de finura e na interpretação subjetiva do que seja uma areia uniforme ou desuniforme.

A escolha de uma areia para ser usada na produção de argamassas de revestimento deve ser tal que tenha uma granulometria contínua, com dimensão máxima compatível com o acabamento superficial desejado e que sua distribuição granulométrica seja avaliada pelo coeficiente de uniformidade em conjunto com o módulo de finura.

5.2. Recomendações para futuros trabalhos

Este trabalho não contemplou o estudo sobre a interferência da forma dos grãos nas propriedades das argamassas sendo portanto esta uma recomendação para futuros trabalhos.

Outra recomendação é a de um estudo direcionado na avaliação dos limites sugeridos por Allen-Hazen pois apesar de terem sido usado para avaliar as areias para argamassas, estes limites foram estabelecidos na avaliação de areias para filtros.

Faz-se necessário o estabelecimento de metodologias de ensaios para caracterização das argamassas, principalmente utilizando-se corpos de prova aplicados sobre diversos substratos.

Sugere-se igualmente o desenvolvimento de estudos para estabelecimento de referências de qualidade das argamassas de revestimento.

Referências Bibliográficas

Referências Bibliográficas

1. CINCOTTO, Maria Alba, SILVA, Maria Angélica Covelo, CARASEK, Helena. **Argamassas de revestimento: Características, propriedades e métodos de ensaio.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995. -- (Publicação IPT 2378).
2. LICHTENSTEIN, Norberto Blumenfeld. **Patologia das construções: Procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações.** São Paulo, EPUSP, 1985, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) - CPGECC/Escola Politécnica da USP.
3. AGOPYAN, Vahan. **Elementos de vedação vertical: Observações sobre características que afetam o desempenho.** São Paulo, EPUSP, 1978, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) - CPGECC/Escola Politécnica da USP.
4. SABBATINI, Fernando Henrique. **Tecnologia de execução de revestimentos de argamassas.** In: 13^a Simpósio de Aplicação da Tecnologia do Concreto. São Paulo, 1990.
5. CINCOTTO, Maria Alba. **Patologia das argamassas de revestimento: Análise e recomendações.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1989. -- (Publicação IPT 1801).
6. PINTO, José Antônio Nascimento. **Elementos para a dosagem de argamassas.** Santa Maria, UFSM, 1986.
7. SELMO, Sílvia Maria de Souza. **Dosagem de argamassas de cimento portland e cal para revestimento externo de fachada de edifícios.** São Paulo, EPUSP, 1989, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) - CPGECC/Escola Politécnica da USP.
8. SABBATINI, Fernando Henrique. **Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria resistente.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, Boletim Técnico: 02/86. São Paulo, 1986.
9. COMITÊ BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO CIVIL, CB-02, CE - 02:102.17, **Projeto 02:102.17-005. Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Classificação**, ABNT, São Paulo, Junho/ 1994.
10. GUIMARÃES, José Epitácio Passos, CINCOTTO, Maria Alba, NÓBREGA, Maria Teresa de. **A evolução da consolidação dos revestimentos das alvenarias com argamassas contendo cal hidratada.** In: Seminário sobre argamassas, IBRACON, São Paulo, jul. 1985.
11. RÔSELLO, Maria Teresa Valdehita. **Morteros de cimento para albanileria.** Madrid, Instituto Eduardo Torroja, 1976.
12. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **NBR 7200 - Revestimento de paredes e tetos com argamassas - Materiais, preparo, aplicação e manutenção - Procedimento.** Rio de Janeiro, ABNT, 1982.
13. CINCOTTO, Maria Alba, MARQUES, João Carlos, HELENE, Paulo Roberto do Lago. **Propriedades das argamassas cimento:cal:areia.** In: Seminário sobre argamassas, IBRACON, São Paulo, jul. 1985.
14. SINHA, Braj P. **Factors affecting the brick/mortar interface bond strength.** International Journal of Masonry Construction. Edinburgh, 3 v, n.1, p. 14 - 18, 1983.

15. DAVISON, J. I. **Masonry mortar**. National Research Council of Canada - Division of Building Research. Ottawa, 1974.
16. SELMO, Sílvia Maria de Souza. **Agregados miúdos para argamassas de revestimento**. In: Anais I Simpósio Nacional de Agregados - EPUSP - 9 a 10 de junho de 1986, São Paulo - Brasil.
17. AZEREDO, Hélio Alves de. **Dosagens das argamassas empregadas na construção de edifícios**. São Paulo, EPUSP, 1978, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) - CPGECC/Escola Politécnica da USP.
18. COMITÊ BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO CIVIL, CB-02, CE - 02:102.17, **Projeto 02:102.17-001. Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Especificação**, ABNT, São Paulo, Março/ 1995.
19. MARTINELLI, Frederico Augusto. **Contribuição ao estudo de dosagem das argamassas mistas destinadas ao assentamento e revestimento de alvenarias**. São Paulo, EPUSP, 1989, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) - CPGECC/Escola Politécnica da USP.
20. CARNEIRO, Arnaldo Manoel Pereira. **Revestimento externo em argamassa de cimento, cal e areia - Sistemática das empresas de construção civil de Porto Alegre**. Porto Alegre, UFRGS, 1993, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - CPGEC / Escola de Engenharia da UFRGS.
21. PEREZ, Ary Rodrigo. **Umidade nas edificações**. São Paulo, EPUSP, 1986, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) - CPGECC/Escola Politécnica da USP.
22. INTERNATIONAL UNION OF TESTING AND RESEARCH LABORATORIES FOR MATERIALS AND STRUCTURES - RILEM. **MR-3 The complex workability - consistence - plasticity**. 1 st. ed. France, RILEM, 1982.
23. CARASEK, Helena, DJANIKIAN, João Gaspar. **Avaliação da trabalhabilidade para argamassas de assentamento e revestimento**. In: Congresso Brasileiro de Cimento, ABCP, São Paulo, 1993. Anais p.407-426.
24. INTERNATIONAL UNION OF TESTING AND RESEARCH LABORATORIES FOR MATERIALS AND STRUCTURES - RILEM. **MR-6 Tendency of water to separate from mortars (bleeding)**. 1 st. ed. France, RILEM, 1982.
25. JOISEL, Albert. **Fisuras y grietas en morteros y hormigones: sus causas y remedios**. 5. ed. Barcelona, Editores Técnicos Associados, 1981.
26. COMITÊ BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO CIVIL, CB-02, CE - 02:102.17, **Projeto 02:102.17-004. Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Terminologia**, ABNT, São Paulo, Junho/ 1994.
27. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **NBR 7211/82 - Agregados para concreto - Especificação**. Rio de Janeiro, ABNT, 1982.
28. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **NBR 7389/82 - Apreciação petrográfica de agregados - Procedimento**. Rio de Janeiro, ABNT, 1982.
29. BUCHER, Hans Roman Edmundo. **Agregados para concreto**. In: Anais I Simpósio Nacional de Agregados - EPUSP - 9 a 10 de junho de 1986, São Paulo - Brasil.

30. AGOPYAN, Vahan. **A importância da pureza dos agregados para argamassas e concretos.** In: Anais I Simpósio Nacional de Agregados - EPUSP - 9 a 10 de junho de 1986, São Paulo - Brasil.
31. COMITÊ BRASILEIRO DE CIMENTO, CONCRETO E AGREGADOS, CB-18, CE - 18:204.01, **Projeto de revisão NB - 47. Apreciação petrográfica de materiais naturais para utilização como agregado em concreto - Procedimento**, ABNT, São Paulo, janeiro/ 1992.
32. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **NBR 5734/80 - Peneiras para ensaio - Especificação.** Rio de Janeiro, ABNT, 1980.
33. HUMMEL, Alfred. **Prontuário del Hormigon - Hormigones normales, Hormigones ligeros.** 2.^a Edicion Española. Barcelona, Editores Técnicos Asociados, 1966. p.51 - 89.
34. CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações - Fundamentos.** 5^a edição. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora, 1983, 1v.
35. TAYLOR, Donald W. **Fundamentals of soil mechanics.** 2^o printing, New York, october, 1948. p.67 - 72.
36. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **NBR 7217/87 - Agregados - Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio.** Rio de Janeiro, ABNT, 1987.
37. ABRAMS, Duff A. **Design of concrete mixtures.** Structural Materials Research Laboratory - Lewis Institute. Bulletin 1, Chicago, 1925.
38. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DE SÃO PAULO. **Agregado miúdo de argamassa para construção civil. Especificação ES-5 / 1981.** São Paulo, IPT, 1981.
39. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C 897/83 . Specification for aggregate for job-mixed Portland.** Easton, ASTM, 1983.
40. BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **BS 1199. Sands for external renderings, internal plastering with lime and Portland cement, and floor screeds.** London, BSI, 1976.
41. CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT - CSTB. **D.T.U. 26.1 . Travaux d'enduits aux mortiers de liante hydrauliques - cahier des charges.** Paris, CSTB, Sept. 1978, 28p.
42. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM C 926/87 . Specification for application of Portland cement-based plaster.** In: Annual Book of ASTM Standards. Easton, ASTM, 1987.
43. BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **BS 5262. External rendered finishes.** London, BSI, 1976. 21p. (Code of practice 221).
44. SINHA, Braj P. **Survey of Scottish sands and their characteristics which affect the mortar strength.** International Journal of Masonry Construction. Edinburgh, 2 v, n.1, p.2 - 12, 1981.
45. GUIMARÃES, José Epitácio Passos, CINCOTTO, Maria Alba. **As aplicações da cal nas construções civis: Patologia das argamassas.** São Paulo, Associação Brasileira dos Produtores de Cal - ABPC, 1985.
46. OLIVEIRA, Hildérico Pinheiro de. **Uma introdução para o emprêgo racional das argamassas nos edifícios.** Salvador, Universidade da Bahia, 1959. 54 p.

47. COWPER, A.D. **Sands for plasters, mortars and external renderings**. London, Building Research Station, 1956. 19 p. (National Building Studies, Bulletin 7).
48. OLIVEIRA, Marilda Barra de. **Verificação de algumas propriedades de argamassas com saibro da região de Uberlândia para assentamento de tijolos cerâmicos**. São Paulo, EPUSP, 1989, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - CPGECC/Escola Politécnica da USP.
49. YUNES, Pablo Rosendo. **Determinação da distribuição de poros de uma argamassa de cimento e cal usando as isotermas de equilíbrio e dados de microscopia eletrônica**. Florianópolis, UFSC, 1992, Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, 1992.
50. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **NBR 7251/82 - Agregados em estado solto - Determinação da massa unitária - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, ABNT, 1982.
51. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **NBR 6474/84 - Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, ABNT, 1984.
52. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **NBR 9289/86 - Cal hidratada para argamassas - Determinação da finura - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, ABNT, 1986.
53. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **NBR 11579/91 - Cimento Portland - Determinação da finura por meio da peneira número 200 - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, ABNT, 1991.
54. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **NB 47/56 - Apreciação petrográfica de agregados - Procedimento**. Rio de Janeiro, ABNT, 1956.
55. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **NBR 7216/87 - Agregado - Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, ABNT, 1987.
56. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **NBR 9941/87 - Redução de amostra de campo de agregados para ensaio de laboratório - Procedimento**. Rio de Janeiro, ABNT, 1987.
57. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **NBR 7215/91 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, ABNT, 1991.
58. BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **BS 4551. Methods of testing mortars, screeds and plasters**. London, BSI, 1980, 31 p.
59. COMITÊ BRASILEIRO DE CIMENTO, CONCRETO E AGREGADOS, CB-18, CE - 18:406.03, **Projeto 18:406.03-002 . Argamassa - Determinação da retenção de água. Método de ensaio**, ABNT, São Paulo, novembro/ 1993.
60. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **NBR 7222/94 - Argamassa e concreto - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, ABNT, 1994.

61. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. NBR 8490/84 - Argamassas endurecidas para alvenaria estrutural - Retração por secagem - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1984.
62. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. NBR 9779/87 - Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1987.
63. COMITÊ BRASILEIRO DE CIMENTO, CONCRETO E AGREGADOS, CB-18, CE - 18:406.03, Projeto 18:406.03-004 . Argamassa - Determinação da resistência à compressão. Método de ensaio, ABNT, São Paulo, novembro/ 1993
64. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. NBR 9778/86 - Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica- Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1986.
65. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. NBR 8522/84 - Concreto - Determinação do módulo de deformação estática e diagrama - tensão.deformação - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1984.
66. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. NBR 5738/83 - Moldagem e cura de corpos-de-prova de concreto cilíndricos ou prismáticos - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1983.
67. FIORITO, Antônio J. S. I. Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução. São Paulo, Pini, 1994.
68. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. NBR 9287/85 - Argamassa de assentamento para alvenaria de bloco de concreto - Determinação da retenção de água - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1985.
69. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. NBR 13279/95 - Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à compressão - Método de ensaio. Rio de Janeiro, ABNT, 1995.
70. NANNI, Luis Fernando. Análise estatística de dados com uso de técnicas computacionais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil. Caderno Técnico CT-30/81. Ed. rev. maio 1986. Porto Alegre, UFRGS, 1986.
71. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. NBR 13281/95 - Argamassa industrializada para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Especificação. Rio de Janeiro, ABNT, 1995.
72. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. NBR 13276/95 - 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.

Anexos

Anexo A - Tabelas dos resultados dos ensaios.....	137
Anexo B - Tratamento estatístico dos dados	172

Anexo A

Tabelas dos resultados dos ensaios

Tabela A.1 - Ensaio de consistência, massa específica e teor de ar no estado fresco

Traço 1: 1: 6 (volume)

Identificação	Argamassa	Índice de Consistência (mm)			Massa Específica (Kg/dm ³)			Teor de ar (%)		
		260	261	259	1,970	1,962	1,963	3,65	4,04	4,00
BSI 2E	2A	260	261	259	1,970	1,962	1,963	3,65	4,04	4,00
BSI 1E	3A	255	249	255	2,037	2,033	2,044	2,26	2,45	1,92
ASTM 1E	4A	278	282	278	2,073	2,061	2,069	0,54	1,12	0,73
DTU 1E	5A	286	284	283	2,118	2,102	2,121	1,04	1,79	0,90
IPT 2E	6A	276	279	279	2,105	2,113	2,116	1,10	0,72	0,58
Fuller 0,3	19A	274	273	272	1,989	1,993	1,988	2,87	2,67	2,92
Gráfica	23A	248	238	238	1,965	1,965	1,970	12,78	12,78	12,55
Fuller 9,5	31A	273	270	273	2,222	2,223	2,220	0,00	0,00	0,00
BSI 1R	33A	281	278	278	1,954	1,951	1,963	3,63	3,77	3,18
ABNT 1R	34A	293	294	294	2,000	1,998	2,008	2,70	2,80	2,31

Traço 1: 2: 9 (volume)

Identificação	Argamassa	Índice de Consistência (mm)			Massa Específica (Kg/dm ³)			Teor de ar (%)		
		267	270	260	1,940	1,947	1,964	3,08	2,73	1,88
BSI 2E	2B	267	270	260	1,940	1,947	1,964	3,08	2,73	1,88
BSI 1E	3B	268	263	266	2,021	2,033	2,033	1,67	1,09	1,09
ASTM 1E	4B	275	270	280	2,033	2,034	2,045	2,12	2,07	1,54
DTU 1E	5B	267	265	262	2,080	2,082	2,083	1,56	1,47	1,42
IPT 2E	6B	278	280	282	2,101	2,102	2,113	0,44	0,39	-0,13

Tabela A.2 - Ensaio de Retenção de água e do índice de consistência após ensaio de retenção de água no estado fresco.

Traço 1: 1: 6 (volume)

Identificação	Argamassa	Retenção de água (%)				Índice de consistência após ensaio de retenção de água (mm)	
		89,7	91,2	92,6	92,4	-	-
BSI 2E	2A	89,7	91,2	92,6	92,4	-	-
BSI 1E	3A	95,2	95,4	97,2	92,6	226	220
ASTM 1E	4A	88,6	88,3	87,5	87,8	223	213
DTU 1E	5A	91,6	90,0	88,7	89,0	220	216
IPT 2E	6A	89,6	89,1	86,9	88,3	218	210
Fuller 0,3	19A	91,9	90,7	91,1	90,9	234	231
Gráfica	23A	99,1	98,2	99,4	99,2	228	224
Fuller 9,5	31A	92,7	93,0	91,6	92,7	220	212
BSI 1R	33A	90,3	88,9	88,6	89,5	228	234
ABNT 1R	34A	87,2	86,9	87,4	87,7	234	228

Traço 1: 2: 9 (volume)

Identificação	Argamassa	Retenção de água (%)				Índice de consistência após ensaio de retenção de água (mm)	
		90,0	93,9	92,4	89,4	-	-
BSI 2E	2B	90,0	93,9	92,4	89,4	-	-
BSI 1E	3B	92,6	90,7	91,4	89,4	212	202
ASTM 1E	4B	90,5	89,2	90,3	89,7	218	205
DTU 1E	5B	92,8	91,9	92,8	92,6	215	223
IPT 2E	6B	91,7	91,4	90,1	89,4	233	240

Tabela A.3 - Ensaio de exsudação

C.P.	MASSA ACUMULADA DE ÁGUA EXSUDADA (g)													
	Argamassa número													
	2A	3A	4A	5A	6A	19A	31A	33A	34A	2B	3B	4B	5B	6B
1	12,00	7,10	12,20	8,50	10,50	9,00	4,40	15,80	15,10	14,00	6,90	10,30	6,40	8,30
2	12,90	7,30	12,40	8,10	11,00	9,30	3,60	14,70	16,30	15,80	7,20	10,40	5,50	8,10
3	11,90	6,20	11,30	5,80	8,60	9,60	3,40	13,80	15,60	14,80	6,20	10,00	5,00	8,00
4	12,10	3,70	8,80	7,20	6,40	9,20	2,20	10,60	11,80	14,30	8,50	8,40	3,70	5,70
5	10,6	4,00	7,10	4,40	4,80	-	2,20	9,30	8,90	11,40	5,50	5,30	1,80	4,70

C.P.	VOLUME ACUMULADO DE ÁGUA EXSUDADA (ml)													
	Argamassa número													
	2A	3A	4A	5A	6A	19A	31A	33A	34A	2B	3B	4B	5B	6B
1	11,10	5,40	9,80	4,20	8,10	5,70	1,70	13,10	12,80	14,10	5,50	9,10	2,50	6,90
2	14,10	5,90	10,20	4,80	8,70	6,20	2,10	13,35	13,30	14,40	5,70	8,90	2,95	6,60
3	10,50	5,00	9,40	3,90	6,20	5,50	1,70	12,30	12,10	14,50	4,40	8,90	2,90	6,80
4	10,90	2,50	6,90	5,30	4,90	6,10	1,20	9,15	11,50	13,10	7,10	7,50	1,40	4,90
5	9,5	3,00	5,60	2,50	3,30	-	0,00	8,20	7,90	10,60	4,20	4,40	0,00	3,90

Tabela A.4 - Ensaio de exsudação (%)

C.P.	% ÁGUA EXSUDADA ACUMULADA (massa)													
	Argamassa número													
	2A	3A	4A	5A	6A	19A	31A	33A	34A	2B	3B	4B	5B	6B
1	6,34	4,36	6,61	5,40	6,23	4,73	3,06	8,51	8,19	7,28	3,64	5,95	3,90	4,81
2	6,85	4,11	6,85	5,11	6,45	4,86	2,58	7,72	8,67	8,09	3,80	5,66	3,29	4,71
3	6,20	3,51	6,25	3,87	5,12	4,85	2,47	7,41	8,43	7,33	3,37	5,80	2,93	4,62
4	6,46	2,08	4,93	4,37	3,73	4,77	1,54	5,45	6,21	7,09	4,43	4,60	2,23	3,21
5	5,75	2,37	4,28	2,81	2,82	-	1,56	5,02	4,73	5,90	3,07	3,01	1,16	2,74

C.P.	% ÁGUA EXSUDADA ACUMULADA (volume)													
	Argamassa número													
	2A	3A	4A	5A	6A	19A	31A	33A	34A	2B	3B	4B	5B	6B
1	5,86	3,31	5,31	2,67	4,80	3,00	1,18	7,05	6,94	7,33	2,90	5,26	1,52	4,00
2	7,48	3,32	5,63	3,03	5,10	3,24	1,50	7,01	7,08	7,37	3,01	4,85	1,77	3,84
3	5,47	2,83	5,20	2,60	3,69	2,78	1,23	6,60	6,54	7,18	2,39	5,16	1,70	3,93
4	5,81	1,41	3,86	3,21	2,86	3,16	0,84	4,71	6,05	6,49	3,70	4,11	0,84	2,76
5	5,15	1,78	3,38	1,59	1,94	-	0,00	4,43	4,20	5,49	2,34	2,50	0,00	2,28

Tabela A.5 - Ensaio de compressão

Argamassa número	Resistência à compressão (MPa)											
	7 dias				28 dias				63 dias			
	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04
2A	2,49	2,38	2,42	2,39	2,60	2,81	2,83	3,08	2,27	2,88	2,66	2,28
3A	2,26	2,41	2,39	2,58	4,14	4,55	4,37	4,36	2,81	3,13	3,46	3,63
4A	2,08	2,63	2,41	2,48	3,88	4,01	4,01	4,24	4,00	3,80	4,01	3,93
5A	-	-	-	-	5,20	5,77	5,09	-	6,36	5,91	6,06	-
6A	2,34	2,54	2,97	-	4,75	4,75	5,04	-	4,06	4,06	4,02	-
19A	-	-	-	-	4,51	3,84	4,22	3,88	4,98	5,47	4,62	4,82
23A	-	-	-	-	8,40	7,19	7,45	-	7,90	8,56	8,34	-
31A	-	-	-	-	9,39	9,78	9,05	-	10,25	10,88	10,33	-
33A	-	-	-	-	3,58	2,89	3,57	3,33	3,91	3,55	3,59	3,68
34A	-	-	-	-	2,45	2,65	2,46	2,81	3,51	4,13	4,05	3,4

Argamassa número	Resistência à compressão (MPa)											
	7 dias				28 dias				63 dias			
	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04
2B	0,76	0,78	0,79	0,82	1,39	1,32	1,49	1,92	1,55	1,41	1,44	1,61
3B	0,94	0,94	0,92	0,91	1,94	1,83	2,01	1,86	1,65	1,66	1,49	1,75
4B	1,04	0,93	0,92	0,91	2,02	2,12	2,07	1,93	2,04	2,14	2,07	2,38
5B	-	-	-	-	2,75	2,52	2,35	-	2,17	2,54	2,67	-
6B	1,10	1,23	1,09	-	1,84	2,16	2,39	-	2,01	1,95	1,98	-

Tabela A.6 - Ensaio de resistência à tração por compressão diametral

Argamassa número	Resistência à tração por compressão diametral (MPa)											
	7 dias				28 dias				63 dias			
	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04
2A	0,25	0,25	0,22	0,26	0,38	0,25	0,34	0,25	0,30	0,26	0,25	0,24
3A	0,35	0,35	0,36	-	0,62	0,65	0,59	0,56	0,55	0,50	0,47	0,52
4A	0,31	0,31	0,36	0,30	0,59	0,46	0,44	0,46	0,52	0,54	0,55	0,49
5A	-	-	-	-	0,60	0,61	0,57	-	0,75	0,73	0,77	-
6A	0,26	0,35	0,30	-	0,66	0,60	0,58	-	0,52	0,49	0,40	-
19A	-	-	-	-	0,42	0,60	0,61	0,66	0,55	0,75	0,68	0,73
23A	-	-	-	-	0,96	0,94	0,94	-	0,81	0,96	0,72	-
31A	-	-	-	-	0,99	1,22	1,04	-	1,13	1,19	0,89	-
33A	-	-	-	-	0,48	0,37	0,37	0,34	0,35	0,32	0,30	0,39
34A	-	-	-	-	0,36	0,38	0,43	0,28	0,44	0,40	0,48	0,43

Argamassa número	Resistência à tração por compressão diametral (MPa)											
	7 dias				28 dias				63 dias			
	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04
2B	0,09	0,08	0,09	0,10	0,15	0,14	0,19	0,20	0,14	0,13	0,15	0,14
3B	0,08	0,10	0,09	0,11	0,20	0,26	0,27	0,25	0,25	0,23	0,19	0,22
4B	0,12	0,15	0,14	0,09	0,30	0,25	0,24	0,31	0,32	0,30	0,33	0,27
5B	-	-	-	-	0,28	0,24	0,21	-	0,25	0,29	0,24	-
6B	0,17	0,15	0,14	0,16	0,27	0,27	0,25	0,24	0,17	0,21	0,23	0,21

Tabela A.7 - Ensaio de determinação do módulo de deformação estático - Tensão de ruptura

Argamassa número	Tensão de ruptura (MPa)											
	7 dias				28 dias				63 dias			
	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04
2A	2,32	2,29	2,45	2,38	2,87	2,48	2,98	2,98	2,60	2,92	2,74	2,86
3A	2,80	2,90	2,48	2,54	4,01	4,52	4,22	4,16	3,83	4,19	4,27	4,23
4A	2,47	2,58	2,42	2,42	4,34	4,24	4,08	4,25	4,22	4,07	4,13	4,43
5A	-	-	-	-	5,17	4,95	5,07	-	5,87	6,06	6,88	-
6A	2,64	2,85	2,83	-	4,53	4,47	4,63	-	4,40	4,71	4,02	-
19A	-	-	-	-	4,58	4,27	4,73	4,20	5,24	5,39	5,25	4,43
23A	-	-	-	-	8,94	7,22	8,40	-	8,51	7,83	8,41	-
31A	-	-	-	-	9,61	9,31	10,05	-	10,47	9,78	11,11	-
33A	-	-	-	-	3,26	3,27	3,03	3,34	3,97	3,38	3,64	3,49
34A	-	-	-	-	2,99	2,96	3,30	3,01	3,72	3,77	3,58	3,79

Argamassa número	Tensão de ruptura (MPa)											
	7 dias				28 dias				63 dias			
	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04
2B	0,89	0,66	0,76	0,81	1,88	1,44	1,39	1,45	1,67	1,48	1,49	1,63
3B	1,08	0,96	1,03	0,99	1,82	1,89	2,00	1,94	1,88	1,99	1,81	1,73
4B	0,94	0,94	0,92	0,95	1,95	2,06	2,00	2,01	2,23	2,05	2,09	2,46
5B	-	-	-	-	2,47	2,37	2,53	-	2,16	2,23	2,21	-
6B	1,11	1,14	1,11	-	2,04	2,32	2,15	-	2,02	2,00	2,18	-

Tabela A.8 - Ensaio de determinação do módulo de deformação estático

Argamassa número	Módulo de deformação (MPa)											
	7 dias				28 dias				63 dias			
	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04
2A	2.599	2.622	2.245	3.507	3.892	5.079	4.314	3.892	3.452	4.398	4.280	4.421
3A	5.927	6.513	5.199	5.292	6.710	6.568	5.743	5.644	6.848	6.572	6.417	7.021
4A	5.277	4.939	6.174	4.441	7.902	6.956	6.674	7.483	6.979	6.553	6.596	8.911
5A	-	-	-	-	8.444	8.554	6.323	-	7.457	8.369	14.078	-
6A	6.537	7.844	6.231	-	9.528	6.335	6.142	-	7.966	8.031	7.598	-
19A	-	-	-	-	4.594	4.818	6.292	4.866	5.354	7.333	5.708	8.061
23A	-	-	-	-	18.292	19.560	12.583	-	10.714	17.016	11.376	-
31A	-	-	-	-	17.908	16.757	17.124	-	17.639	15.629	17.766	-
33A	-	-	-	-	4.766	4.405	3.773	4.335	5.421	8.980	5.454	5.051
34A	-	-	-	-	4.791	4.586	4.939	5.096	5.302	5.828	5.828	5.181

Argamassa número	Módulo de deformação (MPa)											
	7 dias				28 dias				63 dias			
	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04	c.p.01	c.p.02	c.p.03	c.p.04
2B	1.129	898	1.169	1.508	3.111	2.802	2.047	2.501	2.927	2.091	1.985	2.338
3B	2.205	2.093	3.126	2.075	3.170	10.200	2.914	6.015	3.042	3.528	3.998	3.528
4B	3.632	1.764	2.714	1.583	3.622	4.147	4.453	4.346	4.749	3.951	3.658	4.449
5B	-	-	-	-	3.411	3.528	3.858	-	3.449	4.506	4.116	-
6B	2.993	3.426	2.694	-	4.278	4.346	4.565	-	5.810	5.254	6.859	-

Tabela A.9 - a - Ensaio de absorção por imersão

Argamassa	C.P. número	IDADE (dias)	Absorção (%)		Índice de imersão e fervura 72h	Vazios(%)		Massa		Específica (Kg/dm ³)		Real
			imersão 72h	imersão e fervura		imersão e fervura	Seca	Saturada	sat./fervura			
2B	1	7	20,41	22,13	33,45	36,29	1,638	1,973	2,003	2,462		
	2	7	20,01	22,09	32,85	36,30	1,642	1,970	2,007	2,445		
	3	7	20,21	22,02	33,07	36,08	1,636	1,967	2,000	2,444		
	4	7	19,73	21,48	32,59	35,46	1,652	1,978	2,006	2,451		
		MÉDIA	20,09	21,93	32,99	36,04	1,642	1,972	2,004	2,451		
2B	5	28	19,08	20,07	31,71	33,39	1,662	1,979	1,997	2,433		
	6	28	19,62	20,41	32,38	33,72	1,651	1,975	1,989	2,441		
	7	28	19,31	20,38	32,02	33,81	1,659	1,979	1,998	2,440		
	8	28	18,53	19,73	31,00	33,04	1,673	1,984	2,005	2,425		
		MÉDIA	19,13	20,15	31,78	33,49	1,661	1,979	1,997	2,435		
3B	1	7	17,6	18,1	30,7	31,6	1,748	2,055	2,064	2,522		
	2	7	17,4	18,0	30,5	31,4	1,752	2,057	2,065	2,522		
	3	7	17,2	17,7	30,3	31,1	1,758	2,061	2,069	2,522		
	4	7	17,5	17,9	30,7	31,4	1,752	2,059	2,066	2,527		
		MÉDIA	17,44	17,91	30,55	31,39	1,752	2,058	2,066	2,523		
3B	5	28	16,9	17,3	29,6	30,3	1,753	2,048	2,057	2,488		
	6	28	17,2	17,5	29,9	30,6	1,739	2,038	2,053	2,482		
	7	28	16,9	17,5	29,5	30,4	1,744	2,040	2,046	2,475		
	8	28	16,3	16,9	28,8	29,9	1,766	2,054	2,070	2,480		
		MÉDIA	16,83	17,29	29,45	30,30	1,751	2,045	2,056	2,481		

Tabela A.9-b - Ensaio de absorção por imersão

Argamassa	C.P. número	IDADE (dias)	Absorção (%)		Índice de imersão e ferverura		Vazios(%) imersão e ferverura	Massa		Específica		Real
			imersão 72h	imersão e ferverura	imersão 72h	imersão e ferverura		Seca	Saturada	sat./fervura	(Kg/dm ³)	
4B	1	7	16,5	17,3	29,5	30,9	1,784	2,079	2,097	2,531		
	2	7	16,9	17,7	30,1	31,4	1,776	2,077	2,090	2,540		
	3	7	16,7	17,5	29,7	31,3	1,780	2,077	2,097	2,531		
	4	7	16,4	17,1	29,3	30,6	1,790	2,084	2,096	2,534		
		MÉDIA	16,64	17,39	29,66	31,04	1,783	2,079	2,095	2,534		
4B	5	28	16,4	17,3	29,2	31,0	1,783	2,075	2,097	2,517		
	6	28	16,5	17,4	29,3	30,9	1,778	2,072	2,087	2,516		
	7	28	16,4	17,4	29,3	31,0	1,784	2,077	2,093	2,524		
	8	28	15,7	16,6	28,4	30,0	1,803	2,087	2,105	2,518		
		MÉDIA	16,25	17,18	29,04	30,72	1,787	2,078	2,095	2,519		
5B	1	28	14,0	14,4	25,8	26,6	1,837	2,096	2,106	2,477		
	2	28	14,4	15,0	26,3	27,4	1,825	2,088	2,095	2,477		
	3	28	14,3	14,9	26,2	27,1	1,831	2,093	2,087	2,480		
		MÉDIA	14,25	14,80	26,10	27,01	1,831	2,092	2,096	2,478		
6B	1	28	14,3	15,2	26,9	28,5	1,875	2,144	2,159	2,565		
	2	28	15,2	16,0	28,0	29,5	1,843	2,123	2,137	2,560		
	3	28	14,8	15,6	27,5	29,1	1,860	2,135	2,150	2,565		
	4	28	15,1	16,1	27,8	29,6	1,842	2,120	2,138	2,553		
		MÉDIA	14,86	15,73	27,56	29,17	1,855	2,130	2,146	2,561		

Tabela A.9-c - Ensaio de absorção por imersão
ARGAMASSA 2A

C.P. número	IDADE (dias)	Absorção (%)		Índice de imersão 72h	Vazios(%) imersão e fervura	Massa		Específica		Real
		imersão 72h	imersão e fervura			Seca	Saturada	sat./fervura	(Kg/dm ³)	
1	7	18,2	19,8	31,0	33,6	1,700	2,010	2,037	2,463	
2	7	18,2	19,7	30,9	33,5	1,700	2,009	2,036	2,460	
3	7	18,7	20,2	31,7	34,2	1,690	2,007	2,033	2,474	
4	7	18,3	19,9	31,1	33,7	1,694	2,005	2,031	2,457	
	MÉDIA	18,37	19,90	31,15	33,76	1,696	2,007	2,034	2,463	
5	28	18,8	19,7	31,7	33,2	1,690	2,007	2,019	2,475	
6	28	18,9	20,0	31,8	33,6	1,683	2,001	2,018	2,468	
7	28	18,7	19,6	31,6	33,1	1,689	2,005	2,017	2,468	
8	28	19,6	20,4	32,8	34,1	1,674	2,002	2,010	2,492	
	MÉDIA	18,98	19,93	31,97	33,50	1,684	2,004	2,016	2,476	

ARGAMASSA 3A

C.P. número	IDADE (dias)	Absorção (%)		Índice de imersão 72h	Vazios(%) imersão e fervura	Massa		Específica		Real
		imersão 72h	imersão e fervura			Seca	Saturada	sat./fervura	(Kg/dm ³)	
1	7	16,4	17,3	29,0	30,6	1,774	2,064	2,080	2,500	
2	7	16,0	16,7	28,6	29,9	1,789	2,075	2,089	2,506	
3	7	15,4	16,1	27,8	29,1	1,809	2,088	2,100	2,507	
4	7	15,9	16,6	28,5	29,8	1,789	2,074	2,086	2,502	
	MÉDIA	15,91	16,68	28,49	29,86	1,790	2,075	2,089	2,504	
5	28	15,2	16,2	27,6	29,4	1,809	2,084	2,104	2,497	
6	28	15,8	16,7	28,4	30,0	1,791	2,075	2,092	2,501	
7	28	15,4	16,5	27,9	29,7	1,804	2,083	2,103	2,501	
8	28	15,9	16,9	28,4	30,2	1,790	2,074	2,092	2,501	
	MÉDIA	15,60	16,58	28,06	29,83	1,799	2,079	2,098	2,500	

Tabela A.9-d - Ensaio de absorção por imersão

ARGAMASSA 4A

C.P. número	IDADE (dias)	Absorção (%)		Índice de imersão 72h	Vazios(%) imersão e fervura	Massa			Específica		Real
		imersão 72h	imersão e fervura			Seca	Saturada	sat./fervura	(Kg/dm ³)		
1	7	15,5	15,6	28,3	28,6	1,826	2,109	2,112	2,547		
2	7	15,6	15,7	28,4	28,7	1,819	2,103	2,111	2,539		
3	7	15,9	16,1	28,8	29,1	1,807	2,094	2,102	2,536		
4	7	15,9	16,2	28,8	29,3	1,808	2,096	2,096	2,540		
	MÉDIA	15,73	15,91	28,56	28,90	1,815	2,101	2,105	2,541		
5	28	16,1	17,0	29,1	30,8	1,805	2,096	2,113	2,546		
6	28	15,9	16,7	28,9	30,3	1,816	2,106	2,119	2,556		
7	28	15,4	16,2	28,2	29,7	1,831	2,113	2,128	2,551		
8	28	16,7	17,8	29,8	31,6	1,783	2,081	2,099	2,541		
	MÉDIA	16,05	16,94	29,02	30,62	1,809	2,099	2,115	2,548		

ARGAMASSA 5A

C.P. número	IDADE (dias)	Absorção (%)		Índice de imersão 72h	Vazios(%) imersão e fervura	Massa			Específica		Real
		imersão 72h	imersão e fervura			Seca	Saturada	sat./fervura	(Kg/dm ³)		
1	28	13,6	14,1	25,5	26,4	1,878	2,133	2,141	2,520		
2	28	13,2	13,6	25,0	25,7	1,896	2,146	2,152	2,528		
3	28	13,6	14,4	25,4	27,0	1,872	2,126	2,144	2,510		
4	28	13,0	13,5	24,6	25,5	1,894	2,140	2,147	2,512		
	MÉDIA	13,33	13,87	25,13	26,14	1,885	2,136	2,146	2,518		

Tabela A.9-e - Ensaio de absorção por imersão

ARGAMASSA 6A

C.P. número	IDADE (dias)	Absorção (%)		Índice de imersão e fervura 72h	Vazios(%) imersão e fervura	Massa		Específica (Kg/dm ³)		Real
		imersão 72h	imersão e fervura			Seca	Saturada	sat./fervura	Real	
1	28	14,7	15,4	27,3	28,5	1,863	2,136	2,139	2,563	
2	28	13,6	14,2	25,9	26,9	1,902	2,161	2,161	2,567	
3	28	13,2	13,9	25,3	26,5	1,918	2,171	2,171	2,568	
4	28	14,0	14,5	26,4	27,3	1,891	2,155	2,157	2,570	
	MÉDIA	13,86	14,50	26,24	27,31	1,893	2,156	2,157	2,567	

ARGAMASSA 19A

C.P. número	IDADE (dias)	Absorção (%)		Índice de imersão e fervura 72h	Vazios(%) imersão e fervura	Massa		Específica (Kg/dm ³)		Real
		imersão 72h	imersão e fervura			Seca	Saturada	sat./fervura	Real	
1	28	18,1	19,4	30,8	33,0	1,704	2,012	2,033	2,462	
2	28	17,9	19,3	30,5	32,9	1,706	2,011	2,033	2,455	
3	28	17,6	19,1	30,2	32,8	1,716	2,018	2,044	2,459	
4	28	18,0	19,3	30,8	32,9	1,709	2,017	2,039	2,469	
	MÉDIA	17,91	19,27	30,59	32,91	1,708	2,014	2,037	2,462	

ARGAMASSA 23A

C.P. número	IDADE (dias)	Absorção (%)		Índice de imersão e fervura 72h	Vazios(%) imersão e fervura	Massa		Específica (Kg/dm ³)		Real
		imersão 72h	imersão e fervura			Seca	Saturada	sat./fervura	Real	
1	28	10,5	12,4	19,9	23,3	1,894	2,093	2,114	2,365	
2	28	10,5	12,7	20,0	23,7	1,903	2,103	2,106	2,378	
3	28	10,3	12,6	19,5	23,7	1,901	2,097	2,122	2,363	
	MÉDIA	10,43	12,55	19,80	23,57	1,900	2,098	2,114	2,369	

Tabela A.9-f - Ensaio de absorção por imersão

ARGAMASSA 31A

C.P. número	IDADE (dias)	Absorção (%)		Índice de imersão e fervura 72h	Vazios(%) imersão e fervura	Massa		Específica (Kg/dm ³)		Real
		imersão 72h	imersão e fervura			Seca	Saturada	Saturada	sat./fervura	
1	28	10,2	10,4	20,7	21,2	2,027	2,234	2,238	2,556	
2	28	9,9	10,2	20,3	20,7	2,041	2,244	2,247	2,560	
3	28	10,1	10,3	20,5	20,9	2,033	2,238	2,241	2,558	
4	28	10,1	10,4	20,6	21,0	2,029	2,235	2,241	2,555	
	MÉDIA	10,10	10,32	20,52	20,97	2,033	2,238	2,242	2,557	

ARGAMASSA 33A

C.P. número	IDADE (dias)	Absorção (%)		Índice de imersão e fervura 72h	Vazios(%) imersão e fervura	Massa		Específica (Kg/dm ³)		Real
		imersão 72h	imersão e fervura			Seca	Saturada	Saturada	sat./fervura	
1	28	18,8	20,4	31,4	34,2	1,672	1,987	2,015	2,439	
2	28	19,4	21,0	32,1	34,8	1,658	1,979	2,008	2,442	
3	28	18,7	20,3	31,3	34,0	1,670	1,983	2,012	2,430	
4	28	18,9	20,6	31,5	34,4	1,665	1,981	2,011	2,433	
	MÉDIA	18,95	20,59	31,59	34,35	1,667	1,982	2,011	2,436	

ARGAMASSA 34A

C.P. número	IDADE (dias)	Absorção (%)		Índice de imersão e fervura 72h	Vazios(%) imersão e fervura	Massa		Específica (Kg/dm ³)		Real
		imersão 72h	imersão e fervura			Seca	Saturada	Saturada	sat./fervura	
1	28	17,0	18,8	29,4	32,7	1,735	2,030	2,064	2,459	
2	28	16,3	18,1	28,5	31,6	1,751	2,036	2,069	2,450	
3	28	16,7	18,5	29,1	32,3	1,743	2,034	2,068	2,458	
4	28	16,7	18,4	29,1	32,0	1,741	2,032	2,065	2,454	
	MÉDIA	16,66	18,44	29,03	32,18	1,743	2,033	2,067	2,455	

Tabela A.10-a - Ensaio de Absorção por Capilaridade

ARGAMASSA 2A

c.p.	idade	Absorção superficial (Kg/m ²)																	
		7,45	11,09	14,24	17,18	22,04	25,10	26,95											
c.p.01	9 dias	7,45	11,09	14,24	17,18	22,04	25,10	26,95											
c.p.02	9 dias	7,40	10,86	13,78	16,60	21,62	23,91	25,79											
c.p.03	9 dias	8,06	11,62	14,65	17,51	22,25	25,05	26,90											
c.p.04	9 dias	8,86	13,05	16,56	19,84	25,28	28,60	29,73											
	Média	7,94	11,66	14,81	17,78	22,80	25,66	27,34											
c.p.05	28 dias	5,05	7,34	9,52	11,43	13,35	14,89	16,47	17,68	18,93	19,97	20,73	22,11	23,03	24,50	25,27	25,68	26,64	27,10
c.p.06	28 dias	6,34	9,04	11,53	13,68	15,72	17,34	18,95	20,19	21,41	22,38	23,51	24,52	25,65	26,66	27,23	28,24	28,40	28,50
c.p.07	28 dias	5,94	8,52	10,95	13,05	15,05	16,66	18,17	19,38	20,58	21,48	22,35	23,47	24,54	25,61	26,43	27,09	27,09	27,09
c.p.08	28 dias	6,24	8,95	11,48	13,72	15,74	17,32	18,93	20,21	21,44	22,35	23,22	24,44	25,56	26,68	27,44	27,80	28,62	28,62
	Média	5,89	8,46	10,87	12,97	14,96	16,56	18,13	19,36	20,59	21,55	22,45	23,64	24,69	25,86	26,59	27,20	27,69	27,83

ARGAMASSA 2A

c.p.	idade	Coeficiente de Absorção de água (Kg.m ⁻² .h ^{-0,5})																		
		1,67	1,75	1,84	1,86	1,86	1,85	1,84												
c.p.01	9 dias	1,67	1,75	1,84	1,86	1,86	1,85	1,84												
c.p.02	9 dias	1,66	1,72	1,78	1,80	1,83	1,76	1,76												
c.p.03	9 dias	1,80	1,84	1,89	1,90	1,88	1,84	1,83												
c.p.04	9 dias	1,98	2,06	2,14	2,15	2,14	2,10	2,03												
	Média	1,78	1,84	1,91	1,93	1,93	1,89	1,86												
c.p.05	28 dias	1,60	1,64	1,74	1,81	1,89	1,92	1,97	1,98	2,00	2,00	1,98	2,02	2,02	2,07	2,06	2,03	2,04	2,02	
c.p.06	28 dias	2,00	2,02	2,10	2,16	2,22	2,24	2,26	2,26	2,26	2,24	2,24	2,24	2,25	2,25	2,22	2,23	2,18	2,12	
c.p.07	28 dias	1,88	1,91	2,00	2,06	2,13	2,15	2,17	2,17	2,17	2,15	2,13	2,14	2,15	2,16	2,16	2,14	2,08	2,02	
c.p.08	28 dias	1,97	2,00	2,10	2,17	2,23	2,24	2,26	2,26	2,26	2,23	2,21	2,23	2,24	2,25	2,24	2,20	2,19	2,13	
	Média	1,86	1,89	1,98	2,05	2,12	2,14	2,17	2,16	2,17	2,15	2,14	2,16	2,17	2,19	2,17	2,15	2,12	2,07	

Tabela A.10-d - Ensaio de Absorção por Capilaridade

ARGAMASSA 5A

		Absorção superficial (Kg/m ²)																			
c.p.	idade	2,48	3,71	4,68	5,43	6,13	7,29	7,83	8,37	8,89	9,85	10,68	11,37	12,06	12,79	13,41	13,99	14,66	15,17	15,67	
c.p.01	28 dias	2,48	3,71	4,68	5,43	6,13	7,29	7,83	8,37	8,89	9,85	10,68	11,37	12,06	12,79	13,41	13,99	14,66	15,17	15,67	
c.p.02	28 dias	3,63	5,24	6,46	7,46	8,35	9,77	10,49	11,05	11,68	12,75	13,70	14,46	15,28	16,00	16,66	17,28	17,96	18,52	19,03	
c.p.03	28 dias	3,78	5,61	6,91	8,00	8,98	10,46	11,28	11,88	12,59	13,66	14,75	15,61	16,45	17,26	17,97	18,65	19,32	19,95	20,53	
c.p.04	28 dias	2,70	3,88	4,90	5,69	6,29	7,52	8,03	8,57	9,05	9,90	10,72	11,29	12,01	12,67	13,26	13,80	14,42	14,87	15,35	
	Média	3,15	4,61	5,74	6,65	7,44	8,76	9,41	9,97	10,55	11,54	12,46	13,18	13,95	14,68	15,33	15,93	16,59	17,13	17,64	
		Coeficiente de Absorção de água (Kg.m ⁻² .h ^{-0,5})																			
c.p.	idade	0,78	0,83	0,85	0,86	0,87	0,87	0,88	0,88	0,89	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,91	0,91	0,90
c.p.01	28 dias	0,78	0,83	0,85	0,86	0,87	0,87	0,88	0,88	0,89	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,91	0,91	0,90
c.p.02	28 dias	1,15	1,17	1,18	1,18	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,16	1,16	1,14	1,14	1,13	1,12	1,12	1,11	1,11	1,10	1,10
c.p.03	28 dias	1,19	1,25	1,26	1,26	1,27	1,25	1,26	1,25	1,26	1,25	1,25	1,23	1,23	1,22	1,21	1,20	1,20	1,19	1,19	1,19
c.p.04	28 dias	0,85	0,87	0,89	0,90	0,89	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,91	0,89	0,90	0,90	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89
	Média	1,00	1,03	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,05	1,05	1,04	1,04	1,04	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02	1,02

ARGAMASSA 6A

		Absorção superficial (Kg/m ²)															
c.p.	idade	3,57	4,59	5,50	6,62	7,39	7,64	8,92	9,43	10,19	11,21	12,99	14,27	15,80	16,82	17,83	
c.p.01	28 dias	3,57	4,59	5,50	6,62	7,39	7,64	8,92	9,43	10,19	11,21	12,99	14,27	15,80	16,82	17,83	
c.p.02	28 dias	3,06	4,18	5,35	6,42	6,93	7,90	8,41	9,17	9,94	10,70	12,48	13,50	14,78	16,05	16,82	
c.p.03	28 dias	3,31	4,59	5,61	6,88	7,64	8,66	9,17	10,19	10,70	11,72	13,50	14,78	16,05	17,32	18,34	
c.p.04	28 dias	2,70	3,88	4,90	5,69	6,29	7,52	8,03	8,57	9,05	9,90	10,72	11,29	12,01	12,67	13,26	
	Média	3,16	4,31	5,34	6,40	7,06	7,93	8,63	9,34	9,97	10,88	12,42	13,46	14,66	15,71	16,56	
		Coeficiente de Absorção de água (Kg.m ⁻² .h ^{-0,5})															
c.p.	idade	1,13	1,03	1,00	1,05	1,04	0,99	1,07	1,05	1,07	1,12	1,12	1,13	1,15	1,13	1,15	1,15
c.p.01	28 dias	1,13	1,03	1,00	1,05	1,04	0,99	1,07	1,05	1,07	1,12	1,12	1,13	1,15	1,13	1,15	1,15
c.p.02	28 dias	0,97	0,93	0,98	1,02	0,98	1,02	1,00	1,03	1,05	1,07	1,07	1,07	1,07	1,08	1,09	1,09
c.p.03	28 dias	1,05	1,03	1,02	1,09	1,08	1,12	1,10	1,14	1,13	1,17	1,16	1,17	1,16	1,17	1,18	1,18
c.p.04	28 dias	0,85	0,87	0,89	0,90	0,89	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,91	0,89	0,90	0,90	0,89	0,89
	Média	1,00	0,96	0,97	1,01	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,07	1,07	1,06	1,07	1,07	1,07	1,08

Tabela A.10-e - Ensaio de Absorção por Capilaridade

ARGAMASSA 19A

		Absorção superficial (Kg/m ²)																	
c.p.	idade	3,48	5,83	7,68	9,18	10,54	11,81	12,93	14,23	15,06	15,85	16,80	17,69	19,01	20,36	21,46	22,52	23,60	
	c.p.01	28 dias	3,48	5,83	7,68	9,18	10,54	11,81	12,93	14,23	15,06	15,85	16,80	17,69	19,01	20,36	21,46	22,52	23,60
	c.p.02	28 dias	3,13	5,38	7,19	8,73	10,09	11,37	12,49	13,83	14,71	15,51	16,43	17,28	18,62	19,92	21,06	22,06	22,94
	c.p.03	28 dias	3,45	5,90	7,79	9,44	10,71	12,15	13,32	14,58	15,39	16,26	17,23	18,08	19,53	20,86	21,99	23,12	24,21
	c.p.04	28 dias	3,59	6,04	7,86	9,45	10,73	12,05	13,23	14,45	15,24	16,10	17,04	17,85	19,24	20,55	21,64	22,71	23,65
	Média		3,41	5,79	7,63	9,20	10,52	11,84	13,00	14,28	15,10	15,93	16,88	17,73	19,10	20,42	21,54	22,60	23,60
c.p.		Coeficiente de Absorção de água (Kg.m ⁻² .h ^{-0,5})																	
	idade	1,10	1,30	1,40	1,45	1,49	1,52	1,55	1,59	1,59	1,59	1,59	1,60	1,62	1,61	1,61	1,60	1,59	1,59
	c.p.01	28 dias	1,10	1,30	1,40	1,45	1,49	1,52	1,55	1,59	1,59	1,59	1,60	1,62	1,61	1,61	1,60	1,59	1,59
	c.p.02	28 dias	0,99	1,20	1,31	1,38	1,43	1,47	1,49	1,55	1,55	1,55	1,57	1,58	1,57	1,58	1,57	1,56	1,55
	c.p.03	28 dias	1,09	1,32	1,42	1,49	1,51	1,57	1,59	1,63	1,62	1,63	1,64	1,65	1,65	1,65	1,64	1,64	1,63
	c.p.04	28 dias	1,14	1,35	1,44	1,49	1,52	1,56	1,58	1,62	1,61	1,61	1,62	1,63	1,63	1,62	1,61	1,61	1,59
	Média		1,08	1,29	1,39	1,45	1,49	1,53	1,55	1,60	1,59	1,59	1,61	1,62	1,61	1,61	1,60	1,60	1,59

ARGAMASSA 23A

		Absorção superficial (Kg/m ²)																						
c.p.	idade	3,40	4,20	4,89	5,42	5,88	6,28	6,55	6,87	7,18	7,46	7,96	8,43	8,82	9,19	9,52	9,88	10,3	10,6	11,0	11,4	11,7	12,1	
	01	28 dias	3,40	4,20	4,89	5,42	5,88	6,28	6,55	6,87	7,18	7,46	7,96	8,43	8,82	9,19	9,52	9,88	10,3	10,6	11,0	11,4	11,7	12,1
	02	28 dias	3,23	3,87	4,42	4,86	5,19	5,49	5,74	6,01	6,28	6,50	6,89	7,23	7,54	7,87	8,15	8,48	8,81	9,14	9,47	9,78	10,1	10,4
	03	28 dias	3,07	3,70	4,25	4,68	5,04	5,36	5,66	5,95	6,26	6,51	6,95	7,33	7,63	8,01	8,32	8,70	9,02	9,27	9,63	9,91	10,3	10,6
	Média		3,23	3,92	4,52	4,99	5,37	5,71	5,98	6,28	6,57	6,82	7,27	7,66	7,99	8,35	8,66	9,02	9,37	9,69	10,0	10,4	10,7	11,0
c.p.		Coeficiente de Absorção de água (Kg.m.h ^{-0,5})																						
	idade	0,94	0,89	0,86	0,83	0,81	0,78	0,77	0,76	0,75	0,73	0,71	0,70	0,68	0,67	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,65	0,65
	01	28 dias	0,94	0,89	0,86	0,83	0,81	0,78	0,77	0,76	0,75	0,73	0,71	0,70	0,68	0,67	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,65	0,65
	02	28 dias	1,02	0,86	0,81	0,77	0,73	0,71	0,69	0,67	0,66	0,65	0,63	0,61	0,60	0,59	0,58	0,57	0,57	0,57	0,57	0,56	0,56	0,57
	03	28 dias	0,97	0,83	0,78	0,74	0,71	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	0,63	0,62	0,60	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,58	0,57	0,57	0,58
	Média		1,02	0,88	0,83	0,79	0,76	0,74	0,72	0,70	0,69	0,68	0,66	0,65	0,63	0,62	0,61	0,61	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60

Tabela A.10-f - Ensaio de Absorção por Capilaridade

ARGAMASSA 31A

		Absorção superficial (Kg/m ²)																					
c.p.	idade	1,81	2,60	3,21	3,81	4,28	4,73	5,13	5,60	5,93	6,31	6,90	7,42	8,23	8,98	9,62	10,15	10,65	11,10	11,54	13,03	13,85	
c.p.01	28 dias	1,81	2,60	3,21	3,81	4,28	4,73	5,13	5,60	5,93	6,31	6,90	7,42	8,23	8,98	9,62	10,15	10,65	11,10	11,54	13,03	13,85	
c.p.02	28 dias	1,74	2,55	3,11	3,75	4,20	4,72	5,09	5,58	5,97	6,39	7,05	7,60	8,59	9,40	10,13	10,78	11,36	11,89	12,42	14,35	15,29	
c.p.03	28 dias	2,01	2,88	3,43	4,06	4,54	4,96	5,37	5,86	6,19	6,59	7,22	7,70	8,63	9,36	10,06	10,66	11,19	11,70	12,23	14,01	14,95	
c.p.04	28 dias	1,68	2,36	2,88	3,38	3,84	4,27	4,38	5,04	5,41	5,79	6,33	6,83	7,65	8,38	8,98	9,54	10,00	10,48	10,91	12,40	13,22	
	Média	1,81	2,60	3,16	3,75	4,21	4,67	4,99	5,52	5,87	6,27	6,87	7,39	8,28	9,03	9,70	10,28	10,80	11,30	11,78	13,45	14,33	
		Coeficiente de Absorção de água (Kg.m ⁻² .h ^{-0,5})																					
c.p.	idade	0,57	0,58	0,59	0,60	0,60	0,61	0,61	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,61	0,61	0,60	0,55	0,55	0,54	0,54	0,53	0,50
c.p.01	28 dias	0,57	0,58	0,59	0,60	0,60	0,61	0,61	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,61	0,61	0,60	0,55	0,55	0,54	0,54	0,53	0,50
c.p.02	28 dias	0,55	0,57	0,57	0,59	0,59	0,61	0,61	0,62	0,63	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,63	0,63	0,58	0,58	0,58	0,58	0,59	0,55
c.p.03	28 dias	0,64	0,64	0,63	0,64	0,64	0,64	0,64	0,66	0,65	0,66	0,66	0,65	0,65	0,64	0,63	0,62	0,58	0,57	0,57	0,57	0,57	0,54
c.p.04	28 dias	0,53	0,53	0,53	0,53	0,54	0,55	0,52	0,56	0,57	0,58	0,58	0,58	0,58	0,57	0,56	0,56	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,47
	Média	0,57	0,58	0,58	0,59	0,60	0,60	0,60	0,62	0,62	0,63	0,63	0,62	0,62	0,61	0,60	0,60	0,56	0,55	0,55	0,55	0,55	0,51

ARGAMASSA 33A

		Absorção superficial (Kg/m ²)															
c.p.	idade	4,98	8,05	9,20	10,68	11,91	13,03	14,09	15,12	16,02	16,88	20,44	22,02	23,06	24,96	27,90	
c.p.01	28 dias	4,98	8,05	9,20	10,68	11,91	13,03	14,09	15,12	16,02	16,88	20,44	22,02	23,06	24,96	27,90	
c.p.02	28 dias	5,52	8,57	9,74	11,36	12,65	13,84	14,95	16,06	17,08	18,00	21,92	23,67	24,89	27,06	29,59	
c.p.03	28 dias	4,60	7,49	8,63	10,18	11,45	12,62	13,69	14,76	15,70	16,58	20,29	21,95	23,11	25,25	28,22	
c.p.04	28 dias	4,83	7,80	8,97	10,57	11,84	13,04	14,14	15,19	16,13	17,01	20,65	22,23	23,36	25,32	28,10	
	Média	4,98	7,98	9,13	10,70	11,96	13,14	14,22	15,28	16,23	17,11	20,82	22,47	23,61	25,65	28,45	
		Coeficiente de Absorção de água (Kg.m ⁻² .h ^{-0,5})															
c.p.	idade	1,58	1,61	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,69	1,69	1,69	1,64	1,64	1,63	1,61	1,55	
c.p.01	28 dias	1,58	1,61	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,69	1,69	1,69	1,64	1,64	1,63	1,61	1,55	
c.p.02	28 dias	1,75	1,71	1,78	1,80	1,79	1,79	1,79	1,80	1,80	1,80	1,76	1,76	1,76	1,75	1,64	
c.p.03	28 dias	1,45	1,50	1,58	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,65	1,66	1,63	1,64	1,63	1,57		
c.p.04	28 dias	1,53	1,56	1,64	1,67	1,67	1,68	1,69	1,70	1,70	1,70	1,66	1,66	1,65	1,63	1,56	
	Média	1,58	1,60	1,67	1,69	1,69	1,70	1,70	1,71	1,71	1,71	1,67	1,67	1,67	1,66	1,58	

Tabela A.10-g - Ensaio de Absorção por Capilaridade

ARGAMASSA 34A															
c.p.	idade	Absorção superficial (Kg/m ²)													
		c.p.01	28 dias	3,84	6,12	7,85	9,29	10,64	11,91	13,07	14,29	15,35	16,29	17,93	19,51
c.p.02	28 dias	6,04	8,49	10,57	12,28	13,86	15,37	16,78	18,27	19,52	20,59	22,47	24,24	25,77	27,07
c.p.03	28 dias	5,88	8,07	9,95	11,50	12,93	14,32	15,48	16,70	17,84	18,79	20,46	22,02	23,48	24,77
c.p.04	28 dias	5,70	8,12	9,98	11,65	13,10	14,49	15,66	16,95	18,08	19,08	20,81	22,41	23,77	25,04
	Média	5,36	7,70	9,59	11,18	12,63	14,02	15,25	16,55	17,70	18,69	20,42	22,04	23,49	24,78
Coeficiente de Absorção de água (Kg.m ⁻² .h ^{-0,5})															
c.p.	idade														
c.p.01	28 dias	1,21	1,37	1,43	1,47	1,51	1,54	1,56	1,60	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66	1,66
c.p.02	28 dias	1,91	1,90	1,93	1,94	1,96	1,98	2,01	2,04	2,06	2,06	2,05	2,05	2,04	2,02
c.p.03	28 dias	1,86	1,80	1,82	1,82	1,83	1,85	1,85	1,87	1,88	1,88	1,87	1,86	1,86	1,85
c.p.04	28 dias	1,80	1,82	1,82	1,84	1,85	1,87	1,87	1,90	1,91	1,91	1,90	1,89	1,88	1,87
	Média	1,70	1,72	1,75	1,77	1,79	1,81	1,82	1,85	1,87	1,87	1,86	1,86	1,86	1,85

ARGAMASSA 2B														
c.p.	idade	Absorção superficial (Kg/m ²)												
		c.p.01	7 dias	8,16	11,90	15,18	17,77	20,17	22,76	24,67	26,29	27,94	29,32	30,65
c.p.02	7 dias	8,82	12,67	16,05	18,54	20,83	23,10	25,03	26,65	28,20	29,46	30,65	31,31	31,31
c.p.03	7 dias	7,78	10,82	13,66	16,16	18,07	19,97	21,69	23,31	24,68	26,04	27,99	28,47	28,47
c.p.04	7 dias	7,64	10,48	13,11	15,33	17,57	19,75	21,31	22,91	24,20	25,61	27,99	28,47	28,47
	Média	8,10	11,47	14,50	16,95	19,16	21,40	23,18	24,79	26,26	27,61	29,61	30,65	31,31
c.p.05	28 dias	6,88	9,94	12,74	15,03	17,32	19,11	20,89	22,42	24,20	25,73	27,01	28,28	28,28
c.p.06	28 dias	7,64	11,46	13,76	16,31	18,60	20,38	22,17	23,95	25,22	27,01	28,28	28,28	28,28
c.p.07	28 dias	6,37	9,68	11,97	14,52	16,56	18,85	20,38	22,42	23,95	25,99	27,26	28,28	28,28
c.p.08	28 dias	6,88	10,70	13,25	15,80	18,34	20,38	21,91	23,69	25,22	27,52	28,28	28,28	28,28
	Média	6,94	10,45	12,93	15,41	17,71	19,68	21,34	23,12	24,65	26,56	27,71	28,28	28,28

Tabela A.10-h - Ensaio de Absorção por Capilaridade

ARGAMASSA 2B

c.p.	idade	Coeficiente de Absorção de água ($\text{Kg.m}^{-2}.\text{h}^{-0,5}$)																
		2,58	2,66	2,77	2,81	2,85	2,94	2,95	2,94	2,95	2,94	2,95	2,95	2,94	2,95	2,95	2,94	2,93
c.p.01	7 dias	2,79	2,83	2,93	2,93	2,95	2,98	2,99	2,98	2,99	2,98	2,97	2,98	2,99	2,98	2,97	2,95	2,86
c.p.02	7 dias	2,46	2,42	2,49	2,56	2,56	2,58	2,59	2,58	2,59	2,61	2,60	2,60	2,59	2,60	2,60	2,60	2,60
c.p.03	7 dias	2,42	2,34	2,39	2,42	2,49	2,55	2,55	2,55	2,55	2,56	2,55	2,56	2,55	2,55	2,56	2,56	2,56
	Média	2,56	2,56	2,65	2,68	2,71	2,76	2,77	2,76	2,77	2,77	2,77	2,76	2,77	2,77	2,76	2,76	2,70
c.p.05	28 dias	2,18	2,22	2,33	2,38	2,45	2,47	2,50	2,47	2,50	2,51	2,55	2,57	2,55	2,57	2,57	2,57	2,47
c.p.06	28 dias	2,42	2,56	2,51	2,58	2,63	2,63	2,65	2,63	2,65	2,68	2,66	2,70	2,66	2,70	2,70	2,70	2,58
c.p.07	28 dias	2,01	2,16	2,19	2,30	2,34	2,43	2,44	2,43	2,44	2,51	2,52	2,60	2,52	2,60	2,60	2,60	2,49
c.p.08	28 dias	2,18	2,39	2,42	2,50	2,59	2,63	2,62	2,63	2,65	2,65	2,66	2,75	2,66	2,75	2,75	2,75	2,58
	Média	2,20	2,34	2,36	2,44	2,50	2,54	2,55	2,54	2,55	2,59	2,60	2,66	2,60	2,66	2,66	2,66	2,53

ARGAMASSA 3B

c.p.	idade	Absorção superficial (Kg/m^2)																					
		6,69	9,61	12,07	14,15	16,07	17,84	19,49	20,92	22,34	23,63	24,90	6,53	9,35	11,86	13,93	15,91	17,79	19,49	21,03	22,46	23,77	25,12
c.p.01	7 dias	6,29	9,08	11,44	13,41	15,30	17,00	18,57	20,01	21,39	22,59	23,84	6,54	9,29	11,64	13,65	15,53	17,31	18,92	20,39	21,79	23,06	24,36
c.p.02	7 dias	6,51	9,33	11,75	13,78	15,70	17,48	19,12	20,59	22,00	23,26	24,55	6,51	9,33	11,75	13,78	15,70	17,48	19,12	20,59	22,00	23,26	24,55
c.p.03	7 dias	7,15	9,70	12,16	14,45	15,56	17,34	18,66	20,40	23,96	27,28	28,81	7,15	9,70	12,16	14,45	15,56	17,34	18,66	20,40	23,96	27,28	28,81
c.p.04	7 dias	6,32	8,36	10,15	11,42	13,25	14,73	16,31	17,02	20,59	23,14	26,45	6,32	8,36	10,15	11,42	13,25	14,73	16,31	17,02	20,59	23,14	26,45
c.p.05	28 dias	5,21	8,52	10,30	12,29	13,62	15,14	16,21	17,44	20,75	23,55	27,12	5,21	8,52	10,30	12,29	13,62	15,14	16,21	17,44	20,75	23,55	27,12
c.p.06	28 dias	6,56	9,17	11,09	12,98	14,59	16,24	17,53	18,89	22,36	25,16	27,52	6,56	9,17	11,09	12,98	14,59	16,24	17,53	18,89	22,36	25,16	27,52
c.p.07	28 dias																						
c.p.08	28 dias																						
	Média																						

Tabela A.10-i - Ensaio de Absorção por Capilaridade

ARGAMASSA 3B

c.p.	idade	Coeficiente de Absorção de água ($\text{Kg.m}^{-2}.\text{h}^{-0,5}$)															
		2,12	2,15	2,20	2,24	2,27	2,30	2,33	2,34	2,35	2,35	2,36	2,37	2,37	2,38	2,39	
c.p.01	7 dias	2,07	2,09	2,17	2,20	2,25	2,30	2,33	2,35	2,37	2,38	2,39	2,39	2,39	2,39	2,39	
c.p.02	7 dias	1,99	2,03	2,09	2,12	2,16	2,19	2,22	2,24	2,25	2,26	2,27	2,27	2,27	2,27	2,27	
c.p.03	7 dias	2,07	2,08	2,13	2,16	2,20	2,23	2,26	2,28	2,30	2,31	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	
	Média	2,06	2,09	2,15	2,18	2,22	2,26	2,29	2,30	2,32	2,33	2,34	2,34	2,34	2,34	2,34	
c.p.05	28 dias	1,85	1,94	1,98	2,05	2,01	2,07	2,09	2,15	2,14	2,19	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99	
c.p.06	28 dias	1,96	2,02	2,06	2,15	2,06	2,12	2,12	2,18	2,16	2,14	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91	
c.p.07	28 dias	1,63	1,67	1,71	1,70	1,71	1,76	1,82	1,79	1,84	1,86	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	
c.p.08	28 dias	1,34	1,70	1,74	1,83	1,76	1,81	1,81	1,84	1,86	1,89	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	
	Média	1,69	1,83	1,87	1,94	1,88	1,94	1,96	1,99	2,00	2,02	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	

ARGAMASSA 4B

c.p.	idade	Absorção superficial (Kg/m^2)															
		6,17	8,51	10,60	12,23	14,01	15,54	16,87	17,83	19,26	21,15	22,93	24,71	24,71	24,71	24,71	24,71
c.p.01	7 dias	6,47	8,97	10,96	12,89	14,27	15,80	17,07	18,85	20,38	21,15	23,80	25,73	25,73	25,73	25,73	25,73
c.p.02	7 dias	5,86	8,71	9,89	12,33	13,96	15,49	16,51	18,04	19,11	20,33	23,18	24,92	24,92	24,92	24,92	24,92
c.p.03	7 dias	6,78	9,07	11,26	13,10	14,62	16,31	17,53	19,11	20,48	21,66	24,46	26,09	26,09	26,09	26,09	26,09
	Média	6,32	8,82	10,68	12,64	14,22	15,78	16,99	18,46	19,81	21,07	23,59	25,36	25,36	25,36	25,36	25,36
c.p.05	28 dias	5,10	7,90	10,20	11,72	14,02	15,55	16,57	17,84	19,62	21,66	23,70	24,97	24,97	24,97	24,97	24,97
c.p.06	28 dias	7,27	10,58	13,39	15,42	17,72	19,25	20,77	22,05	23,58	26,12	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89	26,89
c.p.07	28 dias	4,04	6,84	8,62	10,41	12,19	13,46	14,74	15,76	17,28	19,58	20,85	22,12	22,12	22,12	22,12	22,12
c.p.08	28 dias	5,26	8,32	10,86	12,90	15,19	16,72	18,25	19,78	21,31	23,86	25,64	27,93	27,93	27,93	27,93	27,93
	Média	5,42	8,41	10,77	12,61	14,78	16,24	17,58	18,86	20,45	22,81	24,27	25,48	25,48	25,48	25,48	25,48

Tabela A.10-j - Ensaio de Absorção por Capilaridade

ARGAMASSA 4B

c.p.	idade	Coeficiente de Absorção de água ($\text{Kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-0,5}$)																
		1,90	1,94	1,93	1,98	2,01	2,02	1,99	2,03	2,11	2,09	2,09	2,03	2,15	2,11	2,11	2,09	2,09
c.p.01	7 dias	1,95	1,90	1,94	1,93	1,98	2,01	2,02	1,99	2,02	2,01	2,02	1,99	2,03	2,11	2,09	2,09	2,09
c.p.02	7 dias	2,05	2,01	2,00	2,04	2,02	2,04	2,04	2,11	2,04	2,04	2,04	2,11	2,15	2,11	2,17	2,17	2,17
c.p.03	7 dias	1,85	1,95	1,80	1,95	1,97	2,00	1,97	2,02	1,97	2,00	1,97	2,02	2,01	2,03	2,12	2,11	2,11
c.p.04	7 dias	2,14	2,03	2,06	2,07	2,07	2,11	2,10	2,14	2,10	2,11	2,10	2,14	2,16	2,17	2,23	2,20	2,20
	Média	2,00	1,97	1,95	2,00	2,01	2,04	2,03	2,06	2,03	2,04	2,03	2,06	2,09	2,11	2,15	2,14	2,14
c.p.05	28 dias	1,61	1,77	1,86	1,85	1,89	1,93	1,91	1,93	1,91	1,93	1,96	1,93	1,96	1,94	1,97	1,97	1,97
c.p.06	28 dias	2,30	2,37	2,44	2,44	2,39	2,39	2,40	2,39	2,40	2,39	2,36	2,39	2,36	2,34	2,23	2,13	2,13
c.p.07	28 dias	1,28	1,53	1,57	1,65	1,64	1,67	1,70	1,71	1,70	1,67	1,73	1,71	1,73	1,75	1,73	1,75	1,75
c.p.08	28 dias	1,66	1,86	1,98	2,04	2,05	2,07	2,11	2,15	2,11	2,07	2,13	2,15	2,13	2,13	2,13	2,21	2,21
	Média	1,71	1,88	1,97	1,99	1,99	2,01	2,03	2,05	2,04	2,01	2,04	2,05	2,04	2,04	2,02	2,01	2,01

ARGAMASSA 5B

c.p.	idade	Absorção superficial (Kg/m^2)																
		6,04	8,81	10,91	12,75	14,29	15,56	16,85	18,05	19,13	20,16	21,92	23,50	24,67	22,67	23,95	22,67	23,95
c.p.01	28 dias	6,04	8,81	10,91	12,75	14,29	15,56	16,85	18,05	19,13	20,16	21,92	23,50	24,67	22,67	23,95	22,67	23,95
c.p.02	28 dias	5,96	8,65	10,69	12,41	13,95	15,10	16,39	17,50	18,51	19,49	21,17	22,67	23,95	22,67	23,95	22,67	23,95
c.p.03	28 dias	5,33	7,82	9,80	11,44	12,84	14,01	15,21	16,27	17,31	18,22	19,86	21,31	22,61	21,31	22,61	21,31	22,61
	Média	5,77	8,42	10,47	12,20	13,69	14,89	16,15	17,27	18,32	19,29	20,98	22,50	23,75	22,50	23,75	22,50	23,75

ARGAMASSA 5B

c.p.	idade	Coeficiente de Absorção de água ($\text{Kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-0,5}$)																
		1,91	1,97	1,99	2,02	2,02	2,01	2,01	2,02	2,02	2,02	2,00	1,99	1,95	1,93	1,81	1,88	1,88
c.p.01	28 dias	1,91	1,97	1,99	2,02	2,02	2,01	2,01	2,02	2,02	2,02	2,00	1,99	1,95	1,93	1,81	1,88	1,88
c.p.02	28 dias	1,88	1,93	1,95	1,96	1,97	1,95	1,96	1,96	1,96	1,96	1,93	1,92	1,89	1,81	1,88	1,88	1,88
c.p.03	28 dias	1,69	1,75	1,79	1,81	1,82	1,81	1,82	1,82	1,82	1,82	1,81	1,80	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79
	Média	1,83	1,88	1,91	1,93	1,94	1,92	1,93	1,93	1,93	1,93	1,92	1,90	1,88	1,80	1,88	1,88	1,88

Tabela A.10-k - Ensaio de Absorção por Capilaridade

ARGAMASSA 6B

c.p.	idade	Absorção superficial (Kg/m ²)															
		4,33	6,11	7,90	9,17	10,19	10,96	12,48	13,50	14,52	16,31	17,07	18,85	20,38	22,17		
c.p.01	28 dias	4,33	6,11	7,90	9,17	10,19	10,96	12,48	13,50	14,52	16,31	17,07	18,85	20,38	22,17		
c.p.02	28 dias	5,35	7,64	9,43	11,21	12,74	14,01	15,29	17,07	18,09	19,87	20,89	22,68	24,20	25,73		
c.p.03	28 dias	4,08	5,86	7,64	8,92	10,45	10,96	12,23	13,50	14,78	16,31	17,32	18,85	20,38	22,17		
c.p.04	28 dias	4,59	6,88	8,41	9,94	11,46	12,48	13,76	15,29	16,56	18,34	19,36	20,89	22,42	24,46		
	Média	4,59	6,62	8,34	9,81	11,21	12,10	13,44	14,84	15,99	17,71	18,66	20,32	21,85	23,63		

ARGAMASSA 6B

c.p.	idade	Coeficiente de Absorção de água (Kg.m ⁻² .h ^{-0,5})															
		1,37	1,37	1,44	1,45	1,44	1,41	1,49	1,51	1,53	1,63	1,63	1,65	1,66	1,65		
c.p.01	28 dias	1,37	1,37	1,44	1,45	1,44	1,41	1,49	1,51	1,53	1,63	1,63	1,65	1,66	1,65		
c.p.02	28 dias	1,69	1,71	1,72	1,77	1,80	1,81	1,83	1,91	1,91	1,99	1,99	1,99	1,98	1,92		
c.p.03	28 dias	1,29	1,31	1,40	1,41	1,48	1,41	1,46	1,51	1,56	1,63	1,65	1,65	1,66	1,65		
c.p.04	28 dias	1,45	1,54	1,54	1,57	1,62	1,61	1,64	1,71	1,75	1,83	1,85	1,83	1,83	1,82		
	Média	1,45	1,48	1,52	1,55	1,59	1,56	1,61	1,66	1,69	1,77	1,78	1,78	1,78	1,76		

Tabela A.11-a - Ensaio de Retração por secagem

ARGAMASSA 2A

c.p. número	Retração			
	48 horas	7 dias	14 dias	28 dias
1	0,000	-0,184	-	-0,716
2	0,000	-0,030	-	-1,082
3	0,000	-0,173	-	-0,848
média	0,000	-0,129	-	-0,882

ARGAMASSA 3A

c.p. número	Retração				Perda de peso (%)			
	48 horas	7 dias	14 dias	28 dias	48 horas	7 dias	14 dias	28 dias
1	0,000	-0,785	-1,103	-1,346	-	7,783	10,801	10,944
2	0,000	-0,210	-0,375	-0,785	-	8,453	10,457	10,816
3	0,000	-0,249	-1,161	-1,066	-	8,154	10,570	10,775
média	-	-0,415	-0,880	-1,066	-	8,130	10,609	10,845

ARGAMASSA 4A

c.p. número	Retração				Perda de peso (%)					
	48 horas	7 dias	14 dias	28 dias	Após mold.	42 horas	48 horas	7 dias	14 dias	28 dias
1	0,000	-0,391	-0,616	-0,808	-	1,614	4,223	12,635	12,867	12,991
2	0,000	-0,241	-0,553	-1,012	-	1,336	2,798	10,482	12,520	12,789
3	0,000	-0,287	-0,385	-1,158	-	0,903	2,374	9,968	11,935	12,194
média	-	-0,306	-0,518	-0,993	-	1,285	3,132	11,028	12,441	12,658

Tabela A.11-b - Ensaio de Retração por secagem

ARGAMASSA 5A

c.p. número	Retração			Perda de peso (%)									
	48 horas	7 dias	14 dias	28 dias	Após mold.	48 horas	4 dias	5 dias	6 dias	7 dias	8 dias	9 dias	14 dias
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	0,034	-	-3,303	-0,991	0,454	1,465	2,621	3,633	3,344	4,645
3	-	-	-	0,203	-	2,655	5,151	6,677	8,064	9,035	9,867	10,560	11,115
média	-	-	-	0,118	-	-0,324	2,080	3,565	4,765	5,828	6,750	6,952	7,880

ARGAMASSA 6A

c.p. número	Retração			Perda de peso (%)									
	48 horas	7 dias	14 dias	28 dias	Após mold.	48 horas	7 dias	8 dias	14 dias	28 dias			
1	-	-0,990	-0,900	-0,979	-	2,405	8,894	-	11,234	11,835			
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
3	-	-0,981	-0,924	-1,064	-	1,456	8,131	-	10,464	10,789			
média	-	-0,985	-0,912	-1,021	-	1,930	8,512	-	10,849	11,312			

ARGAMASSA 19A

c.p. número	Retração			Perda de peso (%)									
	48 horas	7 dias	14 dias	28 dias	Após mold.	48 horas	72 horas	4 dias	5 dias	6 dias	7 dias	14 dias	28 dias
1	-	-	-	-5,392	-	0,471	0,771	1,070	1,370	1,670	2,120	4,663	10,522
2	-	-	-	-5,574	-	1,372	1,823	2,273	2,724	2,874	3,174	5,102	11,802
3	-	-	-	-5,713	-	1,053	1,643	2,233	2,528	3,413	4,003	7,475	11,139
média	-	-	-	-5,560	-	0,965	1,412	1,859	2,207	2,652	3,099	5,747	11,154

Tabela A.11-c - Ensaio de Retração por secagem

ARGAMASSA 23A

c.p. número	Retração				Após mold.	Perda de peso (%)							
	48 horas	7 dias	14 dias	28 dias		50 horas	74 horas	98 horas	124 horas	6 dias	7 dias	14 dias	28 dias
1	-	-	-5,106	-5,293	-	0,797	1,361	1,594	1,893	2,261	2,545	3,893	5,146
2	-	-	-5,159	-5,595	-	0,770	1,456	1,808	2,035	2,270	2,714	3,962	5,198
3	-	-	-5,152	-5,626	-	2,398	2,995	3,285	3,729	3,966	4,233	5,505	6,731
média	-	-	-5,139	-5,505	-	1,322	1,937	2,229	2,552	2,833	3,164	4,454	5,692

ARGAMASSA 31A

c.p. número	Retração				Após mold.	Perda de peso (%)							
	48 horas	7 dias	14 dias	28 dias		48 horas	72 horas	98 horas	124 horas	6 dias	7 dias	14 dias	28 dias
1	-	-	1,045	0,936	-	0,812	1,606	3,854	4,516	5,045	5,574	6,765	6,672
2	-	-	-0,573	-0,506	-	0,693	1,771	3,523	4,062	4,601	5,275	6,892	6,512
3	-	-	-0,999	0,387	-	1,090	2,161	4,303	4,972	5,507	6,043	7,515	7,194
média	-	-	-	-	-	0,865	1,846	3,893	4,517	5,051	5,631	7,057	6,793

ARGAMASSA 33A

c.p. número	Retração				Após mold.	Perda de peso (%)							
	48 horas	7 dias	14 dias	28 dias		48 horas	72 horas	98 horas	124 horas	6 dias	8 dias	14 dias	28 dias
1	-	-	-	-0,231	-	2,554	3,598	4,194	5,088	5,684	7,621	11,496	13,624
2	-	-	-	-0,161	-	-0,287	0,792	1,562	2,487	2,949	4,336	8,804	11,901
3	-	-	-	-0,197	-	1,947	2,984	3,724	4,613	5,058	6,391	10,095	13,067
média	-	-	-	-0,196	-	-	2,458	3,160	4,063	4,564	6,116	10,132	12,864

Tabela A.11-d - Ensaio de Retração por secagem

ARGAMASSA 34A

c.p. número	Retração				Perda de peso (%)								
	48 horas	7 dias	14 dias	28 dias	Após mold.	48 horas	72 horas	4 dias	5 dias	6 dias	7 dias	14 dias	28 dias
1	-	-	-0,796	-0,508	-	2,543	5,659	7,142	9,071	10,258	11,445	13,769	15,089
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
média	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ARGAMASSA 2B

c.p. número	Retração				Perda de Peso (%)			
	48 horas	7 dias	14 dias	28 dias	48 horas	7 dias	14 dias	28 dias
1	-	-0,491	-1,162	-1,353	-	-	-	0,121
2	-	-0,717	-0,950	-0,995	-	-	-	0,179
3	-	-0,699	-0,778	-1,150	-	-	-	0,172
média	-	-0,636	-0,963	-1,166	-	-	-	0,158

ARGAMASSA 3B

c.p. número	Retração				Perda de Peso (%)						
	48 horas	7 dias	8 dias	14 dias	28 dias	Após mold.	48 horas	7 dias	8 dias	14 dias	28 dias
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	0,396	-0,143	0,162	-0,147	-	2,378	14,578	14,684	14,781	14,510
média	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela A.11-e - Ensaio de Retração por secagem

ARGAMASSA 4B

c.p. número	Retração				Perda de Peso (%)						
	48 horas	7 dias	14 dias	28 dias	Após mold.	48 horas	7 dias	8 dias	14 dias	28 dias	
1	-	-0,480	-1,291	-0,989	-	1,778	12,885	-	12,812	12,941	
2	-	-0,290	-0,678	-1,032	-	1,765	10,815	-	12,817	13,024	
3	-	-0,222	-0,512	-1,005	-	2,937	11,779	-	13,718	13,912	
média	-	-0,331	-0,827	-1,009	-	2,160	11,826	-	13,116	13,292	

ARGAMASSA 5B

c.p. número	Retração				Perda de Peso (%)								
	48 horas	7 dias	14 dias	28 dias	Após mold.	48 horas	72 horas	96 horas	120 horas	144 horas	7 dias	14 dias	28 dias
1	-	-	-2,716	-0,464	-	2,270	3,248	3,648	4,403	4,938	5,592	9,487	11,513
2	-	-	-0,180	-0,041	-	1,292	2,105	2,719	3,520	4,211	4,918	1,962	6,038
3	-	-	-	-	-	1,574	2,532	-	-	-	-	-	-
média	-	-	-1,448	-0,253	-	1,712	2,629	3,184	3,962	4,574	5,255	5,725	8,775

ARGAMASSA 6B

c.p. número	Retração				Perda de Peso (%)						
	48 horas	7 dias	8 dias	14 dias	28 dias	Após mold.	48 horas	7 dias	8 dias	14 dias	28 dias
1	0,000	0,638	-	-0,094	-0,165	0,000	2,097	5,544	-	10,075	11,211
2	0,000	-0,015	-	-0,151	-0,208	0,000	2,185	6,713	-	10,404	11,102
3	0,000	-0,011	-	-0,125	-0,204	0,000	3,325	8,132	-	11,259	11,572
média	0,000	-	-	-0,123	-0,192	0,000	2,535	6,796	-	10,579	11,295

Tabela A.12 - Resistência à compressão axial - médias, desvios padrões, desvios relativos máximos e coeficientes de variação

Argamassa	7 dias				28 dias				63 dias			
	Média (MPa)	Desvio Padrão	Desvio relativo máximo(%)	Coefficiente de Variação(%)	Média (MPa)	Desvio Padrão	Desvio relativo máximo(%)	Coefficiente de Variação(%)	Média (MPa)	Desvio Padrão	Desvio relativo máximo(%)	Coefficiente de Variação(%)
2B	0,79	0,025	4,10	3,2	1,53	0,269	25,49	17,6	1,5	0,094	7,33	6,3
3B	0,93	0,015	1,90	1,6	1,91	0,081	5,24	4,2	1,64	0,108	9,15	6,6
4B	0,95	0,0605	9,47	6,4	2,04	0,081	5,39	4,0	2,16	0,154	10,19	7,1
5B	-	-	-	-	2,54	0,2007	8,27	7,9	2,46	0,2594	11,79	10,5
6B	1,14	0,0781	7,89	6,9	2,13	0,2762	13,62	13,0	1,98	0,03	1,52	1,5
2A	2,42	0,0496	2,89	2,0	2,83	0,19646	8,13	6,9	2,52	0,29959	14,29	11,9
3A	2,41	0,1314	7,05	5,5	4,36	0,1678	5,05	3,8	3,26	0,36344	13,80	11,1
4A	2,4	0,2322	13,33	9,7	4,04	0,14977	4,95	3,7	3,94	0,09678	1,78	2,5
5A	-	-	-	-	5,35	0,36501	7,85	6,8	6,11	0,22913	4,09	3,8
6A	2,62	0,32192	13,36	12,3	4,85	0,16743	3,92	3,5	4,05	0,02309	0,74	0,6
19A	-	-	-	-	4,11	0,3151	9,73	7,7	4,97	0,36289	10,06	7,3
23A	-	-	-	-	7,68	0,63695	9,38	8,3	8,27	0,33606	3,51	4,1
31A	-	-	-	-	9,41	0,36529	3,93	3,9	10,49	0,34298	3,72	3,3
33A	-	-	-	-	3,34	0,323	13,47	9,7	3,68	0,1611	6,25	4,4
34A	-	-	-	-	2,59	0,1717	8,49	6,6	3,77	0,3708	9,55	9,8

Tabela A.13 - Resistência à tração por compressão diametral - médias, desvios padrões, desvios relativos máximos e coeficientes de variação

Argamassa	7 dias					28 dias					63 dias					
	Média (MPa)	Desvio Padrão	Desvio relativo máximo(%)	Coeficiente de Variação(%)	Média (MPa)	Desvio Padrão	Desvio relativo máximo(%)	Coeficiente de Variação(%)	Média (MPa)	Desvio Padrão	Desvio relativo máximo(%)	Coeficiente de Variação(%)	Média (MPa)	Desvio Padrão	Desvio relativo máximo(%)	Coeficiente de Variação(%)
2B	0,09	0,008165	11,10	9,1	0,17	0,029439	17,60	17,3	0,14	0,008165	7,10	5,8	0,14	0,008165	7,10	5,8
3B	0,1	0,01291	20,00	12,9	0,25	0,031091	20,00	12,4	0,22	0,025	13,60	11,4	0,22	0,025	13,60	11,4
4B	0,13	0,026458	30,80	20,4	0,28	0,035119	14,30	12,5	0,31	0,026458	12,90	8,5	0,31	0,026458	12,90	8,5
5B	-	-	-	-	0,24	0,035119	16,70	14,6	0,26	0,026458	11,50	10,2	0,26	0,026458	11,50	10,2
6B	0,16	0,01291	12,50	8,1	0,26	0,015	7,70	5,8	0,21	0,025166	19,00	12,0	0,21	0,025166	19,00	12,0
2A	0,25	0,017321	12,00	6,9	0,31	0,065574	22,60	21,2	0,26	0,0263	15,40	10,1	0,26	0,0263	15,40	10,1
3A	0,35	0,005774	2,86	1,6	0,61	0,03873	8,20	6,3	0,51	0,033665	7,80	6,6	0,51	0,033665	7,80	6,6
4A	0,32	0,02708	12,50	8,5	0,49	0,068981	20,40	14,1	0,53	0,026458	7,50	5,0	0,53	0,026458	7,50	5,0
5A	-	-	-	-	0,59	0,020817	3,40	3,5	0,75	0,02	2,70	2,7	0,75	0,02	2,70	2,7
6A	0,3	0,045092	16,70	15,0	0,61	0,041633	8,20	6,8	0,47	0,06245	14,90	13,3	0,47	0,06245	14,90	13,3
19A	-	-	-	-	0,57	0,105	26,30	18,4	0,68	0,089954	19,10	13,2	0,68	0,089954	19,10	13,2
23A	-	-	-	-	0,95	0,011547	1,10	1,2	0,83	0,121244	15,70	14,6	0,83	0,121244	15,70	14,6
31A	-	-	-	-	1,08	0,120968	13,00	11,2	1,07	0,158745	16,80	14,8	1,07	0,158745	16,80	14,8
33A	-	-	-	-	0,39	0,061644	23,10	15,8	0,34	0,039158	14,70	11,5	0,34	0,039158	14,70	11,5
34A	-	-	-	-	0,36	0,062383	22,20	17,3	0,44	0,03304	9,10	7,5	0,44	0,03304	9,10	7,5

Tabela A.14-a - Módulo de deformação (Tensão de ruptura)- médias, desvios padrões e coeficientes de variação

Argamassa	7 dias			28 dias			63 dias		
	Média	Desvio padrão	Coefficiente de variação(%)	Média	Desvio padrão	Coefficiente de variação(%)	Média	Desvio padrão	Coefficiente de variação(%)
2A	2,36	0,0707	3,0	2,83	0,2374	8,4	2,78	0,1414	5,1
3A	2,61	0,1701	6,5	4,23	0,2141	5,1	3,83	-	-
4A	2,47	0,0754	3,1	4,23	0,1081	2,6	4,21	0,1576	3,7
5A	-	-	-	5,06	0,1102	2,2	6,27	0,5367	8,6
6A	2,77	0,1159	4,2	4,54	0,0808	1,8	4,38	0,3456	7,9
19A	-	-	-	4,45	0,2517	5,7	5,08	0,4371	8,6
23A	-	-	-	8,19	0,8796	10,7	8,25	0,3672	4,5
31A	-	-	-	9,66	0,3722	3,9	10,45	0,6652	6,4
33A	-	-	-	3,23	0,1348	4,2	3,62	0,2565	7,1
34A	-	-	-	2,99	0,0252	0,8	3,72	0,0947	2,5
2B	0,78	0,0963	12,3	1,43	0,0321	2,3	1,57	0,0967	6,2
3B	1,02	0,0520	5,1	1,91	0,0763	4,0	1,81	0,0751	4,2
4B	0,94	0,0126	1,3	2,01	0,0451	2,2	2,21	0,1852	8,4
5B	-	-	-	2,46	0,0808	3,3	2,20	0,0361	1,6
6B	1,12	0,0173	1,5	2,17	0,1411	6,5	2,07	0,0987	4,8

Tabela A.14-b- Módulo de deformação - médias, desvios padrões e coeficientes de variação

Argamassa	7 dias			28 dias			63 dias		
	Média	Desvio padrão	Coeficiente de variação(%)	Média	Desvio padrão	Coeficiente de variação(%)	Média	Desvio padrão	Coeficiente de variação(%)
2A -	2743	537,6109963	19,6	4294	559,7120539	13,0	4140	462,7637986	11,2
3A	5473	396,2023894	7,2	6166	550,4400512	8,9	-	-	-
4A	5208	729,969577	14,0	7254	546,9761573	7,5	7261	1120,319709	15,4
5A	-	-	-	7774	1257,517528	16,2	9968	3588,455239	36,0
6A	6871	856,7043442	12,5	7335	1901,643763	25,9	7865	233,501606	3,0
19A	-	-	-	5143	775,4471828	15,1	6616	1295,710487	19,6
23A	-	-	-	16812	3716,607638	22,1	13035	3463,212574	26,6
31A	-	-	-	17263	587,9549302	3,4	17011	1198,818724	7,0
33A	-	-	-	4320	410,517864	9,5	6227	1844,735663	29,6
34A	-	-	-	4824	256,6287851	5,3	5536	341,1680915	6,2
2B	1176	251,5061298	21,4	2450	380,0749926	15,5	2335	421,3109501	18,0
3B	2375	504,1245712	21,2	5375	3388,665949	60,8	3523	478,0223147	13,6
4B	2423	946,263309	39,0	4142	369,1259947	8,9	4202	489,6103042	11,7
5B	-	-	-	3599	231,8037963	6,4	4024	534,515045	13,3
6B	3038	368,0384944	12,1	4396	149,9744423	3,4	5974	815,0216766	13,6

Anexo B

Tratamento estatístico dos dados

Determinação da Massa específica e teor de ar no estado fresco - traço 1:1:6 (volume)

Argamassa 2A				
C.P. número	Massa Específica (Kg/dm ³)	Teor de Ar (%)	Retenção de água (%)	
1	1,97	3,65	89,7	
2	1,962	4,04	91,2	
3	1,963	4	92,6	
4	-	-	92,4	
MÉDIA	1,965	3,897	91,475	
desvio padrão	0,004	0,215	1,335	
Coef. Variação	0,22	5,51	1,46	

Argamassa 4A				
C.P. número	Massa Específica (Kg/dm ³)	Teor de Ar (%)	Retenção de água (%)	
1	2,073	0,54	88,6	
2	2,061	1,12	88,3	
3	2,069	0,73	87,5	
4	-	-	87,8	
MÉDIA	2,068	0,797	88,050	
desvio padrão	0,006	0,296	0,493	
Coef. Variação	0,30	37,12	0,56	

Argamassa 3A				
C.P. número	Massa Específica (Kg/dm ³)	Teor de Ar (%)	Retenção de água (%)	
1	2,037	2,26	95,2	
2	2,033	2,45	95,4	
3	2,044	1,92	97,2	
4	-	-	92,6	
MÉDIA	2,038	2,210	95,100	
desvio padrão	0,006	0,269	1,894	
Coef. Variação	0,27	12,15	1,99	

Argamassa 5A				
C.P. número	Massa Específica (Kg/dm ³)	Teor de Ar (%)	Retenção de água (%)	
1	2,118	1,04	91,6	
2	2,102	1,79	90	
3	2,121	0,9	88,7	
4	-	-	89	
MÉDIA	2,114	1,243	89,825	
desvio padrão	0,010	0,479	1,307	
Coef. Variação	0,48	38,49	1,46	

Determinação da Massa específica e teor de ar no estado fresco - traço 1:1:6 (volume)

Argamassa 6A				
C.P. número	Massa Específica (Kg/dm ³)	Teor de Ar (%)	Retenção de água (%)	
1	2,105	1,1	89,6	
2	2,113	0,72	89,1	
3	2,116	0,58	86,9	
4	-	-	88,3	
MÉDIA	2,111	0,800	88,475	
desvio padrão	0,006	0,269	1,179	
Coef. Variação	0,27	33,63	1,33	

Argamassa 23A				
C.P. número	Massa Específica (Kg/dm ³)	Teor de Ar (%)	Retenção de água (%)	
1	1,965	12,78	99,1	
2	1,965	12,78	98,2	
3	1,97	12,55	99,4	
4	-	-	99,2	
MÉDIA	1,967	12,703	98,975	
desvio padrão	0,003	0,133	0,532	
Coef. Variação	0,15	1,05	0,54	

Argamassa 19A				
C.P. número	Massa Específica (Kg/dm ³)	Teor de Ar (%)	Retenção de água (%)	
1	1,989	2,87	91,9	
2	1,993	2,67	90,7	
3	1,988	2,92	91,1	
4	-	-	90,9	
MÉDIA	1,990	2,820	91,150	
desvio padrão	0,003	0,132	0,526	
Coef. Variação	0,13	4,69	0,58	

Argamassa 31A				
C.P. número	Massa Específica (Kg/dm ³)	Teor de Ar (%)	Retenção de água (%)	
1	2,222	0	92,7	
2	2,223	0	93	
3	2,22	0	91,6	
4	-	-	92,7	
MÉDIA	2,222	?	92,500	
desvio padrão	0,002		0,616	
Coef. Variação	0,07	-	0,67	

Determinação da Massa específica e teor de ar no estado fresco - traço 1:1:6 (volume)

Argamassa 33A				
C.P. número	Massa Específica (Kg/dm ³)	Teor de Ar (%)	Retenção de água (%)	
1	1,954	3,63	90,3	
2	1,951	3,77	88,9	
3	1,963	3,18	88,6	
4	-	-	89,5	
MÉDIA	1,956	3,527	89,325	
desvio padrão	0,006	0,308	0,750	
Coef. Variação	0,32	8,74	0,84	

Argamassa 34A				
C.P. número	Massa Específica (Kg/dm ³)	Teor de Ar (%)	Retenção de água (%)	
1	2	2,7	87,2	
2	1,998	2,8	86,9	
3	2,008	2,31	87,4	
4	-	-	87,7	
MÉDIA	2,002	2,603	87,300	
desvio padrão	0,005	0,259	0,337	
Coef. Variação	0,26	9,95	0,39	

Determinação da Massa específica e teor de ar no estado fresco - traço 1:2:9 (volume)

Argamassa 2B				
C.P. número	Massa Específica (Kg/dm ³)	Teor de Ar (%)	Retenção de água (%)	
1	1,94	3,08	90	
2	1,947	2,73	93,9	
3	1,964	1,88	92,4	
4	-	-	89,4	
MÉDIA	1,950	2,563	91,425	
desvio padrão	0,012	0,617	2,098	
Coef. Variação	0,63	24,07	2,30	

Argamassa 4B				
C.P. número	Massa Específica (Kg/dm ³)	Teor de Ar (%)	Retenção de água (%)	
1	2,033	2,12	90,5	
2	2,034	2,07	89,2	
3	2,045	1,54	90,3	
4	-	-	89,7	
MÉDIA	2,037	1,910	89,925	
desvio padrão	0,007	0,321	0,591	
Coef. Variação	0,33	16,83	0,66	

Determinação da Massa específica e teor de ar no estado fresco - traço 1:2:9 (volume)

Argamassa 3B				
C.P.	Massa Específica (Kg/dm ³)	Teor de Ar (%)	Retenção de água (%)	
número				
1	2,021	1,67	92,6	
2	2,033	1,09	90,7	
3	2,033	1,09	91,4	
4	-	-	89,4	
MÉDIA	2,029	1,283	91,025	
desvio padrão	0,007	0,335	1,338	
Coef. Variação	0,34	26,09	1,47	

Argamassa 5B				
C.P.	Massa Específica (Kg/dm ³)	Teor de Ar (%)	Retenção de água (%)	
número				
1	2,08	1,56	92,8	
2	2,082	1,47	91,9	
3	2,083	1,42	92,8	
4	-	-	92,6	
MÉDIA	2,082	1,483	92,525	
desvio padrão	0,002	0,071	0,427	
Coef. Variação	0,07	4,78	0,46	

Argamassa 6B				
C.P.	Massa Específica (Kg/dm ³)	Teor de Ar (%)	Retenção de água (%)	
número				
1	2,101	0,44	91,7	
2	2,102	0,39	91,4	
3	2,113	-0,13	90,1	
4	-	-	89,4	
MÉDIA	2,105	?	90,650	
desvio padrão	0,007		1,085	
Coef. Variação	0,32	-	1,20	

Comparação múltipla de médias - Retenção de água

Argamassa	CP 01	CP 02	CP 03	CP 04	somatório	n	média	Média total	desvio padrão							
									SQR	SOQ						
2B	90	93,9	92,4	89,4	365,700	4	91,425		2,098214	23,7	14,898					
3B	92,6	90,7	91,4	89,4	364,100	4	91,025		1,337597							
4B	90,5	89,2	90,3	89,7	359,700	4	89,925		0,590903							
5B	92,8	91,9	92,8	92,6	370,100	4	92,525		0,4272							
6B	91,7	91,4	90,1	89,4	362,600	4	90,650		1,084743							
					1822,2	20	455,550	91,110	5,53866	23,7	14,898	38,598	3,7245	1,58	2,35728	3,06
					T..	N		X..	Sc	SQR	SOQ	SQT	MOG	MQR	F	F0,5(4,15)

Como F é menor do que Ftab. então as médias não diferem significativamente.

Comparação múltipla de médias

ARGAMASSAS TIPO A - Massa específica(Kg/dm³)

Argamassa	cp 01	cp 02	cp 03	somatório	n	média	Média total	desvio padrão
2A	1,970	1,962	1,963	5,895	3	1,965		0,004359
3A	2,037	2,033	2,044	6,114	3	2,038		0,005568
4A	2,073	2,061	2,069	6,203	3	2,068		0,00611
5A	2,118	2,102	2,121	6,341	3	2,114		0,010214
6A	2,105	2,113	2,116	6,334	3	2,111		0,005686
19A	1,989	1,993	1,988	5,970	3	1,990		0,002646
23A	1,965	1,965	1,970	5,900	3	1,967		0,002887
31A	2,222	2,223	2,220	6,665	3	2,222		0,001528
33A	1,954	1,951	1,963	5,868	3	1,956		0,006245
34A	2,000	1,998	2,008	6,006	3	2,002		0,005292
				61,296	30	20,432	2,043	0,00062
				T..	N	X..	Sc	0,19918
								0,19856
								0,022063
								3,09E-05
								714,771
								F
								MQR
								MQG
								SQT
								SQG
								SQR
								2,39
								F0,5(9,20)

Comparação múltipla de média

Argamassa	33A	2A	23A	19A	34A	3A	4A	6A	5A	31A
média	1,956	1,965	1,967	1,99	2,002	2,038	2,068	2,111	2,114	2,222

Sx	0,003208									
	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10	
rk0,05(f401-10)	2,95	3,58	3,96	4,24	4,45	4,62	4,77	4,9	5,01	
Rk=rk*Sx	0,00946	0,01148	0,0127	0,0136	0,0142	0,01482	0,0153	0,01572	0,01607	
					7					

se a diferença entre as médias for maior do que R_k então as médias diferem significativamente.

tabela	2A-33A	23A-33A	19A-33A	34A-33A	3A-33A	4A-33A	6A-33A	5A-33A	31A-33A
	0,009	0,011	0,034	0,046	0,082	0,112	0,155	0,158	0,266
Respost	Não dif.	Não dif.	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem

tabela	23A-2A	19A-2A	34A-2A	3A-2A	4A-2A	6A-2A	5A-2A	31A-2A
	0,002	0,025	0,037	0,073	0,103	0,146	0,149	0,257
Resposta	Não dif.	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem

Tabela	19A-23A	34A-23A	3A-23A	4A-23A	6A-23A	5A-23A	31A-23A
	0,023	0,035	0,071	0,101	0,144	0,147	0,255
Resposta	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem

Tabela	34A-19A	3A-19A	4A-19A	6A-19A	5A-19A	31A-19A
	0,012	0,048	0,078	0,121	0,124	0,232
Resposta	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem

Tabela	3A-34A	4A-34A	6A-34A	5A-34A	31A-34A
	0,036	0,066	0,109	0,112	0,22
Resposta	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem

Tabela	4A-3A	6A-3A	5A-3A	31A-3A
	0,03	0,073	0,076	0,184
Resposta	diferem	diferem	diferem	diferem

Tabela	6A-4A	5A-4A	31A-4A
	0,043	0,046	0,154
Resposta	diferem	diferem	diferem

Tabela	5A-6A	31A-6A
	0,003	0,111
Resposta	não dif.	diferem

Tabela	31A-5A
	0,108
Resposta	diferem

se a diferença entre as médias for maior do que Rk então as médias diferem significativamente.

tabela	4A-31A	6A-31A	5A-31A	3A-31A	34A-31A	19A-31A	33A-31A	23A-31A	31A-33A
	0,797	0,8	1,243	2,210	2,603	2,820	3,527	3,897	12,703
Respostas :	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem

tabela	6A-4A	5A-4A	3A-4A	34A-4A	19A-4A	33A-4A	2A-4A	23A-4A
	0,003	0,446	1,413	1,806	2,023	2,73	3,1	11,906
Resposta	Não dif	Nãodife	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem

Tabela	5A-6A	3A-6A	34A-6A	19A-6A	33A-6A	2A-6A	23A-6A
	0,443	1,41	1,803	2,02	2,727	3,097	11,903
Resposta	Não dife	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem

Tabela	3A-5A	34A-5A	19A-5A	33A-5A	2A-5A	23A-5A
	0,967	1,36	1,577	2,284	2,654	11,46
Resposta	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem

Tabela	34A-3A	19A-3A	33A-3A	2A-3A	23A-3A
	0,393	0,61	1,317	1,687	10,493
Resposta	Não dif	diferem	diferem	diferem	diferem

Tabela	19A-34A	33A-34A	2A-34A	23A-34A
	0,217	0,924	1,294	10,1
Respost	Não dif	diferem	diferem	diferem

Tabela	2A-33A	23A-33A
	0,37	9,176
Resposta	não dif	diferem

Tabela	33A-19A	2A-19A	23A-19A
	0,707	1,077	9,883
Resposta	diferem	diferem	diferem

Tabela	23A-2A
	8,806
Resposta	diferem

Comparação múltipla de médias - Retenção de água

Argamassa	cp 01	cp 02	cp 03	cp 04	somatório	n	média	Média total	desvio padrão	
									Sc	F
2A	89,700	91,200	92,600	92,4	365,900	4	91,475	1,335103	30,9775	461,5602
3A	95,200	95,400	97,200	92,6	380,400	4	95,100	1,89385		
4A	88,600	88,300	87,500	87,8	352,200	4	88,050	0,493288		
5A	91,600	90,000	88,700	89	359,300	4	89,825	1,307351		
6A	89,600	89,100	86,900	88,3	353,900	4	88,475	1,178629		
19A	91,900	90,700	91,100	90,9	364,600	4	91,150	0,525991		
23A	99,100	98,200	99,400	99,2	395,900	4	98,975	0,531507		
31A	92,700	93,000	91,600	92,7	370,000	4	92,500	0,616441		
33A	90,300	88,900	88,600	89,5	357,300	4	89,325	0,75		
34A	87,200	86,900	87,400	87,7	349,200	4	87,300	0,33665		
					#####	40	912,175	91,218	8,969	461,56
					T..	N	X..		Sc	
									SQT	492,538
									MQG	51,28447
									MQR	1,032583
									F	49,6662
										F0,5(9,20)
									SQR	30,9775
									SQG	461,56

Argamas	34A	4A	6A	33A	5A	19A	2A	31A	3A	23A
média	87,3	88,05	88,475	89,325	89,825	91,15	91,475	92,5	95,1	98,975

Sx	0,053233									
rk0,05(GS34-10)	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7	k=8	k=9	k=10	
	2,95	3,58	3,96	4,24	4,45	4,62	4,77	4,9	5,01	
Rk=rk*Sx	0,15704	0,19058	0,2108	0,22571	0,23689	0,24594	0,25392	0,26084	0,2667	

Se a diferença entre as médias for maior do que R_k então as médias diferem significativamente.

tabela	4A-34A	6A-34A	33A-34A	5A-34A	19A-34A	2A-34A	31A-34A	3A-34A	23A-34A
	0,75	1,175	2,025	2,525	3,850	4,175	5,200	7,800	11,675
Resposta	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem

tabela	6A-4A	33A-4A	5A-4A	19A-4A	2A-4A	31A-4A	3A-4A	23A-4A
	0,425	1,275	1,775	3,1	3,425	4,45	7,05	10,925
Respost	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem

Tabela	33A-6A	5A-6A	19A-6A	2A-6A	31A-6A	3A-6A	23A-6A
	0,85	1,35	2,675	3	4,025	6,625	10,5
Resposta	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem

Tabela	5A-33A	19A-33A	2A-33A	31A-33A	3A-33A	23A-33A
	0,5	1,825	2,15	3,175	5,775	9,65
Resposta	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem

Tabela	19A-5A	2A-5A	31A-5A	3A-5A	23A-5A
	1,325	1,65	2,675	5,275	9,15
Resposta	diferem	diferem	diferem	diferem	diferem

Tabela	2A-19A	31A-19A	3A-19A	23A-19A
	0,325	1,35	3,95	7,825
Resposta	diferem	diferem	diferem	diferem

Tabela	31A-2A	3A-2A	23A-2A
	1,025	3,625	7,5
Resposta	diferem	diferem	diferem

Tabela	3A-31A	23A-31A
	2,6	6,475
Resposta	diferem	diferem

Tabela	23A-3A
	3,875
Resposta	diferem

ENSAIO DE EXSUDAÇÃO - MR 6

ARGAMASSA NÚMERO 2A

TEMPO(min)	ÁGUA EXSUDADA		Relação(massa) água/argamassa	Quantidade de água(g)	% água exsudada	
	volume (ml)	massa (g)			volume	massa
15	1		0,1936843	189,375	0,53	0
30	2,7			188,451	1,43	0
60	5,8			191,899	3,02	0
120	9,8			187,448	5,23	0
240	9,5			184,337	5,15	0

ARGAMASSA NÚMERO 3A

TEMPO(min)	ÁGUA EXSUDADA		Relação(massa) água/argamassa	Quantidade de água(g)	% água exsudada	
	volume (ml)	massa (g)			volume	massa
15	1,1	1,4	0,1705316	163,021	0,67	0,86
30	2,5	2,7		177,486	1,41	1,52
60	4,3	4,7		176,838	2,43	2,66
120	2,5	3,3		177,924	1,41	1,85
240	3	4		168,543	1,78	2,37

ARGAMASSA NÚMERO 4A

TEMPO(min)	ÁGUA EXSUDADA		Relação(massa) água/argamassa	quantidade de água(g)	% água exsudada	
	volume (ml)	massa (g)			volume	massa
15	0,7	0,7	0,1701018	184,503	0,38	0,38
30	2,8	2,8		181,087	1,55	1,55
60	4,8	5		180,9	2,65	2,76
120	6,7	7,8		178,63	3,75	4,37
240	5,6	7,1		165,805	3,38	4,28

ARGAMASSA NÚMERO 5A

TEMPO(min)	ÁGUA EXSUDADA		Relação(massa) água/argamassa	quantidade de água(g)	% água exsudada	
	volume (ml)	massa (g)			volume	massa
15	0,2	0,5	0,1495939	157,322	0,13	0,32
30	0,45	1,1		158,656	0,28	0,69
60	2,7	3,1		149,935	1,80	2,07
120	5,1	5,7		164,92	3,09	3,46
240	2,5	4,4		156,81	1,59	2,81

ARGAMASSA NÚMERO 6A

TEMPO(min)	ÁGUA EXSUDADA		Relação(massa) água/argamassa	quantidade de água(g)	% água exsudada	
	volume (ml)	massa (g)			volume	massa
15	0,5	0,6	0,1538547	168,649	0,30	0,36
30	1,8	2,2		170,483	1,06	1,29
60	4,1	4,7		168,052	2,44	2,80
120	4,6	5,4		171,571	2,68	3,15
240	3,3	4,8		170,477	1,94	2,82

ARGAMASSA NÚMERO 19A

TEMPO(min)	ÁGUA EXSUDADA		Relação(massa) água/argamassa	quantidade de água(g)	% água exsudada	
	volume (ml)	massa (g)			volume	massa
15	0,2	0,4	0,1841911	190,133	0,11	0,21
30	0,9	1,4		191,45	0,47	0,73
60	2,4	3,3		198,088	1,21	1,67
120	5,1	6,6		193,0525	2,64	3,42
240	3	4				

ENSAIO DE EXSUDAÇÃO - MR 6

ARGAMASSA NÚMERO 23A

TEMPO(min)	ÁGUA EXSUDADA		Relação(massa) água/argamassa	quantidade de água(g)	% água exsudada	
	volume (ml)	massa (g)			volume	massa
15		0,1	0,11295	114,419	0,00	0,09
30		0,2		109,357	0,00	0,18
60		0,4		93,632	0,00	0,43
120		0,7		117,435	0,00	0,60
240		0		113,134	0,00	0,00

ARGAMASSA NÚMERO 31A

TEMPO(min)	ÁGUA EXSUDADA		Relação(massa) água/argamassa	quantidade de água(g)	% água exsudada	
	volume (ml)	massa (g)			volume	massa
15	0,2	0,3	0,1226511	143,828	0,14	0,21
30	0,5	0,6		139,762	0,36	0,43
60	1,1	1,5		137,894	0,80	1,09
120	1,2	1,9		142,6	0,84	1,33
240	0	2,2		140,927	0,00	1,56

ARGAMASSA NÚMERO 33A

TEMPO(min)	ÁGUA EXSUDADA		Relação(massa) água/argamassa	quantidade de água(g)	% água exsudada	
	volume (ml)	massa (g)			volume	massa
15	1,1	1,6	0,1918228	185,715	0,59	0,86
30	3,5	3,7		190,444	1,84	1,94
60	7,1	7,5		186,294	3,81	4,03
120	8,45	9,2		194,46	4,35	4,73
240	8,2	9,3		185,207	4,43	5,02

ENSAIO DE EXSUDAÇÃO - MR 6

ARGAMASSA NÚMERO 34A

TEMPO(min)	ÁGUA EXSUDADA		Relação(massa) água/argamassa	quantidade de água(g)	% água exsudada	
	volume (ml)	massa (g)			volume	massa
15	2	2,2	0,1805478	184,458	1,08	1,19
30	4,2	4,6		187,9	2,24	2,45
60	8	10,1		185,148	4,32	5,46
120	11	10,7		189,963	5,79	5,63
240	7,9	8,9		188,048	4,20	4,73

ARGAMASSA NÚMERO 2B

TEMPO(min)	ÁGUA EXSUDADA		Relação(massa) água/argamassa	quantidade de água(g)	% água exsudada	
	volume (ml)	massa (g)			volume	massa
15	1,5	0	0,1988678	192,255	0,78	0,00
30	2,1	1,2		195,404	1,07	0,61
60	5,8	4,1		201,847	2,87	2,03
120	11,1	11,8		201,783	5,50	5,85
240	10,6	11,4		193,168	5,49	5,90

ARGAMASSA NÚMERO 3B

TEMPO(min)	ÁGUA EXSUDADA		Relação(massa) água/argamassa	quantidade de água(g)	% água exsudada	
	volume (ml)	massa (g)			volume	massa
15	0,4	0,7	0,1780626	189,505	0,21	0,37
30	2,1	2,6		189,419	1,11	1,37
60	3,2	3,9		184,149	1,74	2,12
120	6,3	7		191,996	3,28	3,65
240	4,2	5,5		179,209	2,34	3,07

ENSAIO DE EXSUDAÇÃO - MR 6

ARGAMASSA NÚMERO 4B

TEMPO(min)	ÁGUA EXSUDADA		Relação(massa) água/argamassa	quantidade de água(g)	% água exsudada	
	volume (ml)	massa (g)			volume	massa
15	0,1	0,1	0,1698487	173,001	0,06	0,06
30	1,6	2		183,671	0,87	1,09
60	4	4,4		172,41	2,32	2,55
120	6,1	6,6		182,63	3,34	3,61
240	4,4	5,3		175,953	2,50	3,01

ARGAMASSA NÚMERO 5B

TEMPO(min)	ÁGUA EXSUDADA		Relação(massa) água/argamassa	quantidade de água(g)	% água exsudada	
	volume (ml)	massa (g)			volume	massa
15	0,2	0,6	0,11563058	164,06	0,12	0,37
30	0,75	0,9		166,93	0,45	0,54
60	2	2,3		170,47	1,17	1,35
120	1,4	2,4		166,1	0,84	1,44
240	0	1,8		155,82	0,00	1,16

ARGAMASSA NÚMERO 6B

TEMPO(min)	ÁGUA EXSUDADA		Relação(massa) água/argamassa	quantidade de água(g)	% água exsudada	
	volume (ml)	massa (g)			volume	massa
15	0,3	0,4	0,1574862	172,614	0,17	0,23
30	1,2	1,7		172,003	0,70	0,99
60	3,6	3,9		173,216	2,08	2,25
120	4,6	5		177,715	2,59	2,81
240	3,9	4,7		171,32	2,28	2,74

ENSAIO DE EXSUDAÇÃO - MR 6

%ÁGUA EXSUDADA(volume) (duas características sem repetição)

Tempo(min)	argamassa									
	2A	3A	4A	5A	6A	19A	23A	31A	33A	34A
15	0,53	0,67	0,38	0,13	0,30	0,11	0,00	0,14	0,59	1,08
30	1,43	1,41	1,55	0,28	1,06	0,47	0,00	0,36	1,84	2,24
60	3,02	2,43	2,65	1,80	2,44	1,21	0,00	0,80	3,81	4,32
120	5,23	1,41	3,75	3,09	2,68	2,64	0,00	0,84	4,35	5,79
240	5,15	1,78	3,38	1,59	1,94	-	0,00	0,00	4,43	4,20

Tempo(minutos)

Argamassa	Tempo(minutos)										Ti.	Qi.	Ti.2
	Xij	Xij2	Xij	Xij2	Xij	Xij2	Xij	Xij2	Xij	Xij2			
2B	15	0,6084	30	1,1449	60	8,2369	120	30,25	240	30,1401	15,71	70,3803	246,8041
3B	0,78	0,0441	1,07	1,2321	2,87	3,0276	5,5	10,7584	5,49	5,4756	8,68	20,5378	75,3424
4B	0,21	0,0036	0,87	0,7569	2,32	5,3824	3,34	11,1556	2,5	6,25	9,09	23,5485	82,6281
5B	0,06	0,0144	0,45	0,2025	1,17	1,3689	0,84	0,7056	0	0	2,58	2,2914	6,6564
6B	0,12	0,0289	0,7	0,49	2,08	4,3264	2,59	6,7081	2,28	5,1984	7,82	16,7518	61,1524
T.j	1,34	0,6994	4,2	10,18	10,18	22,3422	15,55	59,5777	12,61	47,0641	43,88	133,51	472,58
Q.j	1,7956	17,64	3,8264	103,6324	241,8025	523,88	159,0121	523,88	523,88	523,88	523,88	523,88	523,88

Fonte de variação	soma dos quadrados	GDL	quadrado médias	F	F@
entre linhas	17,4985	4	4,374626	1,048576	3,01
entre colunas	27,75834	4	6,939586	0,008707	3,01
residual	66,75146	16	4,171967		
total	56,49162	24			

CONCLUSÃO: como $F < F@$ então conclue-se (com 95% de confiança) que: Não existe variação em função da linha ou coluna.

ENSAIO DE EXSUDAÇÃO - MR 6

%ÁGUA EXSUDADA(massa) (duas características sem repetição)

Argamassa	Tempo(minutos)												Ti.	Qi.	Ti.2
	Xij	Xij2	Xij	Xij2	Xij	Xij2	Xij	Xij2	Xij	Xij2	Xij	Xij2			
2B	15		30		60		120		240				14,39	73,5255	207,0721
3B	0	0	0,61	0,3721	2,03	4,1209	5,85	34,2225	5,9	34,81			10,58	29,2556	111,9364
4B	0,37	0,1369	1,37	1,8769	2,12	4,4944	3,65	13,3225	3,07	9,4249			10,32	29,7864	106,5024
5B	0,06	0,0036	1,09	1,1881	2,55	6,5025	3,61	13,0321	3,01	9,0601			4,86	5,6702	23,6196
6B	0,37	0,1369	0,54	0,2916	1,35	1,8225	1,44	2,0736	1,16	1,3456			9,02	21,4992	81,3604
T.j	0,23	0,0529	0,99	0,9801	2,25	5,0625	2,81	7,8961	2,74	7,5076			49,17		530,49
Q.j	1,03		4,6		10,3		17,36		15,88						
T.j2	1,0609	0,3303	21,16	4,7088	106,09	22,0028	301,3696	70,5468	252,1744	62,1482			681,85	159,74	

Fonte de variação	soma dos quadrados	GDL	quadrado médias	F	F@
entre linhas	9,390624	4	2,347656	0,40259	3,01
entre colunas	39,66342	4	9,915856	0,012441	3,01
residual	93,30214	16	5,831384		
total	63,02934	24			

CONCLUSÃO: como $F < F@$ então conclue-se (com 95% de confiança) que: Não existe variação em função da linha ou coluna.

ENSAIO DE EXSUDAÇÃO - MR 6

%ÁGUA EXSUDADA(volume) (duas características sem repetição)

	Tempo(minutos)														Tl.	Qi.	Ti.2	
	Xij	Xij2	Xij	Xij2	Xij	Xij2	Xij	Xij2	Xij	Xij2	Xij	Xij2	Xij	Xij2				
Argamassa	15		30		60		120		240									
2A	0,53	0,2809	1,43	2,0449	3,02	9,1204	5,23	27,3529	5,15	26,5225	15,36	65,3216	235,9296					
3A	0,67	0,4489	1,41	1,9881	2,43	5,9049	1,41	1,9881	1,78	3,1684	7,7	13,4984	59,29					
4A	0,38	0,1444	1,55	2,4025	2,65	7,0225	3,75	14,0625	3,38	11,4244	11,71	35,0563	137,1241					
5A	0,13	0,0169	0,28	0,0784	1,8	3,24	3,09	9,5481	1,59	2,5281	6,89	15,4115	47,4721					
6A	0,3	0,09	1,06	1,1236	2,44	5,9536	2,68	7,1824	1,94	3,7636	8,42	18,1132	70,8964					
19A	0,11	0,0121	0,47	0,2209	1,21	1,4641	2,64	6,9696		0	4,43	8,6667	19,6249					
23A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
31A	0,14	0,0196	0,36	0,1296	0,8	0,64	0,84	0,7056	0	0	2,14	1,4948	4,5796					
33A	0,59	0,3481	1,84	3,3856	3,81	14,5161	4,35	18,9225	4,43	19,6249	15,02	56,7972	225,6004					
34A	1,08	1,1664	2,24	5,0176	4,32	18,6624	5,79	33,5241	4,2	17,64	17,63	76,0105	310,8169					
T.j	3,93		10,64		22,48		29,78		22,47		89,3		1111,3					
Qj		2,5273		16,3912		66,524		120,2558		84,6719	2025,8		290,37					
T.j2	15,4449		113,2096		505,3504		886,8484		504,9009									

Fonte de variação entre linhas	soma dos quadrados	GDL	quadrado médias	F	F@
entre linhas	62,777	9	6,975222	2,258388	2,2
entre colunas residual	43,08562	4	10,77141	0,013515	2,63
total	111,189	36	3,088584		
	130,8804	49			

CONCLUSÃO: como $F_{coluna} < F@$ então conclue-se (com 95% de confiança) que: Não existe variação em função da coluna. Somente devido à areia.

ENSAIO DE EXSUDAÇÃO - MR 6

COMPARAÇÃO DE FUNÇÃO LINEAR
% ÁGUA EXSUDADA (volume)

	Tempo(min)(X)	Argamassa 2B(Y)	X2	Y2	XY
	15	0,78	225,00	0,61	11,70
	30	1,07	900,00	1,15	32,24
	60	2,87	3600,00	8,26	172,41
Somatório	105,00	4,73	4725,00	10,02	216,35
n	3,00				
Sxx	1050				
Syy	2,567993				
Sny	50,86				
b	0,048437				
a	-0,11917				
SQR	0,104544				
Se	0,323333				
Sa	415,8005				
Sb	0,009978				

	Tempo(min)(X)	Argamassa 3B(Y)	X2	Y2	XY
	15	0,21	225,00	0,04	3,17
	30	1,11	900,00	1,23	33,26
	60	1,74	3600,00	3,02	104,26
Somatório	105,00	3,06	4725,00	4,29	140,69
n	3,00				
Sxx	1050				
Syy	1,177342				
Sxy	33,68				
b	0,032075				
a	-0,10346				
SQR	0,097125				
Se	0,311649				
Sa	400,7752				
Sb	0,009618				

ENSAIO DE EXSUDAÇÃO - MR 6
COMPARAÇÃO DE FUNÇÃO LINEAR
 % ÁGUA EXSUDADA (volume)

	Tempo(min)(X)	Argamassa 4B(Y)	X2	Y2	XY
	15	0,06	225,00	0,00	0,87
	30	0,87	900,00	0,76	26,13
	60	2,32	3600,00	5,38	139,20
Somatório	105,00	3,25	4725,00	6,14	166,20
n	3,00				
Sxx	1050				
Syy	2,626216				
Sxy	52,49				
b	0,04999				
a	-0,666666				
SQR	0,002256				
Se	0,047495				
Sa	61,07811				
Sb	0,001466				

	Tempo(min)(X)	Argamassa 5B(Y)	X2	Y2	XY
	15	0,12	225,00	0,01	1,83
	30	0,45	900,00	0,20	13,48
	60	1,17	3600,00	1,38	70,39
Somatório	105,00	1,74	4725,00	1,59	85,70
n	3,00				
Sxx	1050				
Syy	0,578846				
Sxy	24,65				
b	0,023472				
a	-0,24006				
SQR	0,000342				
Se	0,018486				
Sa	23,7732				
Sb	0,000571				

ENSAIO DE EXSUDAÇÃO - MR 6
COMPARAÇÃO DE FUNÇÃO LINEAR
% ÁGUA EXSUDADA (volume)

	Tempo(min)(X)	Argamassa 6B(Y)	X2	Y2	XY
	15	0,17	225,00	0,03	2,61
	30	0,70	900,00	0,49	20,93
	60	2,08	3600,00	4,32	124,70
Somatório.	105,00	2,95	4725,00	4,84	148,24
n	3,00				
Sxx	1050				
Syy	1,935973				
Sxy	44,99				
b	0,042851				
a	-0,51654				
SQR	0,007918				
Se	0,088982				
Sa	114,4291				
Sb	0,002746				

ENSAIO DE EXSUDAÇÃO - MR 6
COMPARAÇÃO DE FUNÇÃO LINEAR
 % ÁGUA EXSUDADA (volume)

Tempo(min)(X)	2B(Y)	X2	Y2	XY
15	0,78	225,00	0,61	11,70
30	1,07	900,00	1,15	32,24
60	2,87	3600,00	8,26	172,41
Tempo(min)(X)	3B(Y)	X2	Y2	XY
15	0,21	225,00	0,04	3,17
30	1,11	900,00	1,23	33,26
60	1,74	3600,00	3,02	104,26
Tempo(min)(X)	4B(Y)	X2	Y2	XY
15	0,06	225,00	0,00	0,87
30	0,87	900,00	0,76	26,13
60	2,32	3600,00	5,38	139,20
Tempo(min)(X)	5B(Y)	X2	Y2	XY
15	0,12	225,00	0,01	1,83
30	0,45	900,00	0,20	13,48
60	1,17	3600,00	1,38	70,39
Tempo(min)(X)	6B(Y)	X2	Y2	XY
15	0,17	225,00	0,03	2,61
30	0,70	900,00	0,49	20,93
60	2,08	3600,00	4,32	124,70

Somatório	525	15,72902	23625	26,88826	757,1824
n	15				
Sxx	5250				
Syy	10,39479				
Sxy	206,6668				
b	0,039365				
a	-0,32918				
SQR	2,259332				
Sc	0,416887				
Sa	1198,777				
Sb	0,005754				

F	6,03
F@(8, 5)	4,82

Como $F > F@$ então aceita-se a hipótese de que existe diferença significativa entre as retas.