

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**Influência da interação entre os parâmetros reológicos de
argamassas e a área potencial de contato de substratos na
aderência de argamassas de revestimento**

Carina Mariane Stolz

Orientadoras: Angela Borges Masuero e Ana Paula Kirchheim

Porto Alegre
2011

Carina Mariane Stolz

**INFLUÊNCIA DA INTERAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS
REOLÓGICOS DE ARGAMASSAS E A ÁREA POTENCIAL DE
CONTATO DE SUBSTRATOS NA ADERÊNCIA DE ARGAMASSAS
DE REVESTIMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia na modalidade Acadêmico. Orientação: Prof.a. Dr. Angela Borges Masuero e Prof.a. Dr. Ana Paula Kirchheim.

Porto Alegre

2011

CIP - Catalogação na Publicação

Stolz, Carina Mariane

Influência da interação entre parâmetros reológicos de argamassas e a área potencial de contato de substratos na aderência de argamassas de revestimento / Carina Mariane Stolz. -- 2011. 162 f.

Orientadora: Angela Borges Masuero.
Coorientadora: Ana Paula Kirchheim.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre, BR-RS, 2011.

1. Aderência. 2. Argamassa de revestimento. 3. Reologia. 4. Substrato de concreto. 5. Rugosidade. I. Borges Masuero, Angela, orient. II. Kirchheim, Ana Paula, coorient. III. Título.

CARINA MARIANE STOLZ

**INFLUÊNCIA DA INTERAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS
REOLÓGICOS DE ARGAMASSAS E A ÁREA POTENCIAL DE
CONTATO DE SUBSTRATOS NA ADERÊNCIA DE ARGAMASSAS
DE REVESTIMENTO**

Porto Alegre, 27 de abril de 2011

Prof.a. Angela Borges Masuero
Dra. pela UFRGS
Orientadora

Prof.a. Ana Paula Kirchheim
Dra. pela UFRGS
Co-Orientadora

Prof. Dr. Luis Carlos Pinto da Silva Filho
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Mercia Maria Semensato Bottura de Barros (PCC/USP)
Dra. pela Universidade de São Paulo

Prof. Fernanda Macedo Pereira (ULBRA)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Ana Luiza Raabe Abitante (UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho aos meus pais, Luiz e Marisa, e a
minha tia Silvane (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado força e sabedoria para a realização deste trabalho, ajudando-me a superar os momentos difíceis. Obrigada Senhor por ter caminhado ao meu lado durante estes dois anos.

Aos meus pais, Marisa e Luiz, pelo grande apoio dado em todos os momentos, de todas as formas, zelando sempre pelos meus estudos, sacrificando-se em alguns momentos para me proporcionar esta oportunidade, e compreendendo os momentos de ausência provenientes da distância.

A minha irmã Fernanda e ao Leandro pelo apoio e dedicação, principalmente no início do período em que me mudei para Porto Alegre.

Agradeço a todos os meus familiares pela força e compreensão em todos os momentos, sendo todos essenciais para a realização deste sonho. Aproveito e peço desculpas pelos momentos de ausência, porém, apesar de ausência física, meu coração sempre esteve com vocês.

Aos meus amigos e amigas de Ijuí, principalmente à Laura, Manu, Gika, Bruna, Camis e tantos outros que sempre me apoiaram apesar da distância e entenderam minhas ausências em momentos importantes de suas vidas. “Ermãs”, amo vocês. Amigos e amigas, sem vocês eu não teria chegado aonde cheguei, sei que me ausentei em muitos momentos, mas vocês estão sempre em meus pensamentos.

Aos amigos que fiz em Porto Alegre, primeiramente aos colegas de turma: Paulo, Abrahão, Josi, Cris, Renata, Chris e especialmente Bruno, Santi e Dani Dietz, muito obrigada pelos momentos de descontração apesar da pressão das disciplinas e da dissertação. Obrigada pelas noites de estudo, intermináveis, mas com muitas gargalhadas. Nunca foi tão engraçado e divertido estudar aderência de argamassas de revestimento como com a companhia deles.

Ainda aos amigos de outras turmas e funcionários que estiveram sempre presentes, apoiando, auxiliando e curtindo momentos de descontração e lazer juntos: Lu(ciana), Ju Senisse, Cris Pauletti, Franciele, Ju Brito, Rosana, Lucília, Clarissa, Amanda, Fabi, entre muitos outros que passaram pelo Norie.

Aos bolsistas de iniciação científica Anderson (agora mestrando), Mauro, Patrícia, Marlon, Priscila, Raquel, Amarildo e João que sempre me auxiliaram na realização dos ensaios laboratoriais, tornando possível a realização deste programa experimental. Muito obrigada pessoal!!!

E é claro, não poderia faltar o Daniel, meu colega, amigo, companheiro e em alguns momentos até co-orientador. Faltam-me palavras para expressar o quanto você foi e é importante para mim e contribuiu para a realização deste trabalho, desde a escolha do tema até a sua conclusão. Se tem uma pessoa que foi essencial para que este trabalho se concretizasse, pode ter certeza que foi você. Obrigada por todo o apoio dado, obrigada por me acalmar, por enxugar minhas lágrimas, por comemorar comigo minhas vitórias, por tornar minhas derrotas menos difíceis, por estar ao meu lado sempre e tornar minha vida longe da minha família menos só. Cada parágrafo deste trabalho tem uma “pitadinha” do teu incentivo e apoio. A você, meu amor, meus eternos agradecimentos.

Agradeço aos professores do Norie: Denise, Satler, Bonin, Formoso, Isatto, Ana Luiza e em especial a Angela e a Ana Paula, minhas orientadoras, por todo o conhecimento repassado, pela amizade e apoio em todos os momentos. A professora Angela, em especial, gostaria de agradecer pela paciência e competência durante toda a minha orientação e desculpar-me também, pelos momentos de nervosismo. A Ana Paula, minha co-orientadora e um pouco psicóloga (hehe), por todo o apoio dado e por ter me aconselhado em muitos momentos de dúvidas.

Aos laboratoristas Airtton e Sr. Gilmar, agradeço muito pela amizade e pela ajuda nos ensaios de laboratório, pelos momentos de descontração proporcionados mesmo em dias de trabalho duro e de muito cansaço e stress. Obrigada Sr. Gilmar pelos carreteiros e churrascos que faziam sucesso. Com certeza sem a ajuda de vocês este trabalho não teria sido viável.

Agradeço aos colegas de outros laboratórios da UFRGS, como LdSM, em especial a Lara, bem como ao pessoal do Lacer, ao professor Bergmann e ao bolsista Vitor e aos laboratoristas do Leme, Sr. Edgar e ao Sr. Fontes. Também aos laboratoristas do laboratório de materiais de construção da Unisinos.

Agradeço ao Sr. Ampélio e a Dona Vera por todo o carinho e por terem sido sempre minha família em Porto Alegre, dando-me todo o suporte e atenção em todos os momentos.

Ao Fábio e a Daiane, compadre e comadre, grandes amigos, pelo apoio e pelo afilhadinho lindo, Guilherme, que trouxe muita alegria para minha vida em momentos de tensão.

Não posso deixar de agradecer aqueles que são os “culpados” pela minha paixão pela pesquisa, meus professores da graduação, em especial: Cristina Pozzobon, Luciano Specht, Raquel Kohler e Luiz Eduardo Modler. Mestres, obrigada pelo exemplo dado e pelo conhecimento repassado.

Ao pessoal da barragem: Simone, Francielle e Salete, entre tantos outros que me apoiaram no momento da decisão de minha mudança para Porto Alegre para a realização do mestrado.

Por final, obrigada a todas as pessoas que estiveram ao meu lado durante esta caminhada, citadas ou não neste texto de agradecimentos, podem ter certeza que cada linha deste trabalho tem um pouco de sua contribuição no meu dia-a-dia.

*“...Não existe felicidade sem merecimento.
Não se chega a ser feliz
Sem uma grande dose de sacrifícios.
A felicidade é graça que não chega de graça.”*

Prof. Henrique Melo

RESUMO

STOLZ, C. M. **Influência da interação entre os parâmetros reológicos de argamassas e a área potencial de contato de substratos na aderência de argamassas de revestimento.** 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

A falta de controle tecnológico e conhecimento técnico na produção de argamassas resultam muitas vezes no aparecimento de manifestações patológicas, o que compromete o adequado cumprimento de suas principais funções: proteção, estanqueidade e acabamento estético das edificações. Buscando-se um melhor entendimento dos parâmetros que influenciam na resistência de aderência à tração e ao cisalhamento dos revestimentos argamassados aos substratos de concreto, o principal objetivo desta pesquisa consiste em verificar a influência da interação entre a área potencial de contato do substrato e a reologia das argamassas de revestimento no desempenho quanto a estas propriedades. Ainda, verificou-se a influência das propriedades reológicas das argamassas afetadas pelo teor de aditivo incorporador de ar na resistência de aderência à tração e ao cisalhamento de revestimentos argamassados, bem como o controle da rugosidade durante a confecção de substratos de concreto, proporcionando um aumento da área potencial de contato da argamassa de revestimento assentada sobre ele, visando melhorar o desempenho do revestimento quanto à resistência de aderência à tração e ao cisalhamento. Para que fosse possível alcançar estes objetivos foram realizados procedimentos laboratoriais que compreenderam a moldagem de prismas de concreto, com resistência à compressão de 35MPa, de 25x35x5cm, sobre placas de borracha que estamparam três diferentes tipos de rugosidades em suas superfícies. Sobre estes prismas, foram assentadas três diferentes tipos de argamassas de proporcionamento 1:1:4 (cimento:cal hidratada:areia, em volume, material seco), variando-se o comportamento reológico destas através de diferentes adições de aditivo incorporador de ar. Este assentamento ocorreu com o uso de caixa de queda, visando uma maior uniformidade da energia de aplicação. Para analisar as diferentes características reológicas das argamassas foram realizados ensaios de caracterização no estado fresco e endurecido conforme as normas vigentes. Os substratos de concreto foram caracterizados quanto à sua rugosidade com *Scanner 3D a laser*, além de ensaios de controle tecnológico. Ao final desta pesquisa pode-se concluir que nem sempre um acréscimo da área de contato proporcionado pela rugosidade do substrato é sinônimo de aumento da extensão de aderência e conseqüentemente da resistência de aderência. A reologia da argamassa possui grande influência sobre estes fatores, sendo essencial uma compatibilidade entre rugosidade do substrato e reologia das argamassas para que se tenha um incremento na resistência de aderência dos revestimentos ao substrato.

Palavras-chave: aderência, argamassa de revestimento, reologia, substrato de concreto, rugosidade, cisalhamento

ABSTRACT

STOLZ, C. M. **Influência da interação entre os parâmetros reológicos de argamassas e a área potencial de contato de substratos na aderência de argamassas de revestimento.** 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

Interaction between mortar rheological parameters and surface potential contact area on mortar renderings bond strength

Looking for a better understanding about the parameters that influence the tensile bond strength and the shear bond strength of mortar rendering applied to concrete surfaces, this work intended to verify the influence of the interaction between surface potential contact area and mortar renderings' rheology on these performance properties. Moreover, this work has the objective to verify the influence of the mortar's rheology affected by the air-entraining agents in bond strength and the concrete surface roughness control in this property. In this study, three different pre-defined surface roughnesses were stamped with rubber plates (25x35x5cm) in a concrete mold then concrete prisms were molded. The surface concrete has a fix compressive strength of 35MPa. Three mortars with the 1:1:4 (cement: hydrated lime:sand, in volume, dry material) mix proportion, changing the air-entraining proportion to modify the rheology behavior were placed on these concrete surfaces, using a drop box for mortars. Tests of tensile bond strength (Ra), according to the requirements of Brazilian Standard - NBR 13528 (2010) and shear bond strength (Rc) had been carried out with these samples. Additionally characterization tests in fresh and hardened mortars had been done. The surfaces roughnesses were characterized by a 3D laser scanner and by technologic tests control. The results indicated that the increasing of the surface contact area is not an indicative that the bond strength will also increase. The mortar's rheology has a very important influence in these factors, and it is essential the compatibility of the system to rise the contact area and consequently the bond strength.

Keywords: Bond strength, mortar rendering, rheology, concrete surface, roughness, shear strength

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	14
LISTA DE TABELAS	19
LISTA DE SIGLAS	24
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	25
1 INTRODUÇÃO	26
1.1 JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO TEMA	28
1.2 OBJETIVOS	29
1.2.1 Objetivos Específicos	29
1.3 HIPÓTESES	30
1.4 LIMITAÇÕES	30
1.5 ESTRUTURA DA PESQUISA	30
2 ADESÃO E ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS	32
2.1 RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA	38
2.1.1 Resistência de aderência à tração	38
2.1.1.1 Formas de ruptura	39
2.1.2 Resistência de aderência ao cisalhamento	40
3 SUBSTRATOS DE CONCRETO	42
3.1 POROSIDADE DO SUBSTRATO	43
3.2 RUGOSIDADE	47
3.2.1 Métodos para medição de rugosidade	50
4 ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO	53
4.1 REOLOGIA	53

4.1.1	Ensaio de caracterização reológica.....	57
4.2	INFLUÊNCIA DOS MATERIAIS CONSTITUINTES.....	59
5	PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	63
5.1	PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL	63
5.1.1	Escolha das variáveis do projeto experimental.....	64
5.1.1.1	Estudo piloto.....	65
5.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	69
5.2.1	MATERIAIS UTILIZADOS.....	70
5.2.1.1	Cimento.....	70
5.2.1.2	Cal hidratada.....	71
5.2.1.3	Agregado miúdo.....	71
5.2.1.4	Agregado Graúdo.....	72
5.2.1.5	Água.....	73
5.2.1.6	Aditivo utilizado nas argamassas.....	73
5.2.2	PRODUÇÃO DO CONCRETO DOS SUBSTRATOS.....	73
5.2.2.1	Dosagem dos materiais.....	73
5.2.2.2	Moldagem dos prismas de concreto.....	76
5.2.3	PRODUÇÃO DAS ARGAMASSAS.....	77
5.3	ENSAIOS REALIZADOS.....	80
5.3.1	Caracterização e controle do concreto.....	80
5.3.2	Caracterização e controle das argamassas.....	81
5.3.3	Ensaio de avaliação.....	82
5.3.3.1	Resistência de aderência à tração.....	83
5.3.3.2	Resistência de aderência ao cisalhamento.....	84
5.3.3.3	Análise com lupa estereoscópica.....	85
5.3.3.4	Digitalização tridimensional a laser.....	86
6	APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	87
6.1	CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO UTILIZADO NA CONFECÇÃO DOS SUBSTRATOS....	87
6.1.1	Caracterização no estado fresco.....	87
6.1.2	Abatimento.....	87
6.1.3	Caracterização no estado endurecido.....	87
6.1.3.1	Resistência à compressão.....	88
6.1.3.2	Absorção de água por capilaridade.....	88

6.2	CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO	88
6.2.1	Caracterização no estado fresco.....	89
6.2.1.1	Índice de consistência	89
6.2.1.2	Squeeze flow	90
6.2.1.3	Densidade de massa.....	93
6.2.1.4	Teor de ar incorporado	94
6.2.1.5	Retenção de água	96
6.2.2	Caracterização no estado endurecido.....	97
6.2.2.1	Resistência à compressão e à tração na flexão.....	97
6.2.2.2	Densidade de massa aparente.....	99
6.2.2.3	Absorção de água por capilaridade.....	101
6.2.2.4	Módulo de elasticidade dinâmico	101
6.2.2.5	Resumo dos ensaios de caracterização das argamassas.....	103
6.2.3	Análise da interface argamassa/substrato com lupa estereoscópica	104
6.2.4	Digitalização tridimensional a laser	106
6.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO (RA) E AO CISCALHAMENTO (RC).....	108
6.3.1	Análise da influência das diferentes argamassas sobre a Resistência de aderência à tração (Ra)	109
6.3.1.1	Resultados obtidos para o ensaio de resistência de aderência à tração aos 28 dias de idade	109
6.3.1.2	Resultados obtidos para o ensaio de resistência de aderência à tração aos 91 dias de idade	116
6.3.2	Análise da influência das diferentes argamassas sobre a Resistência de aderência ao cisalhamento (Rc).....	124
6.3.2.1	Resultados obtidos para o ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento aos 28 dias de idade	124
6.3.2.2	Resultados obtidos para o ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento aos 91 dias de idade	131
6.3.3	Análise comparativa entre os resultados dos ensaios de resistência de aderência à tração e ao cisalhamento	139
6.4	ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DAS ARGAMASSAS NA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO E NA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA AO CISCALHAMENTO.....	143
6.5	ANÁLISE DA INFLUÊNCIA ÁREA POTENCIAL DE CONTATO NOS RESULTADOS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO (RA) E AO CISCALHAMENTO (RC)	151
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	155

7.1	CONCLUSÕES	155
7.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	156

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: mecanismo de aderência por sucção capilar (ANTUNES, 2005)	34
Figura 2: extensão de aderência da argamassa ao chapisco (PRETTO, 2007).....	36
Figura 3: intertravamento mecânico entre a superfície e o adesivo (GONÇALVES, 2004).....	36
Figura 4: tipos de ruptura do ensaio de resistência de aderência (adaptado de ABNT, 2010)..	40
Figura 5: comportamento das diferentes superfícies quanto à molhabilidade (adaptado de QUÉRÉ, 2002).....	46
Figura 6: elementos que compõem uma superfície (adaptado de ROSA, 2007).....	48
Figura 7: influência do apalpador no perfil efetivo de rugosidade (BET, 1999 apud SILVA, 2002)	49
Figura 8: perfis de rugosidade (PALMA, 2006)	49
Figura 9: principais métodos de medição de rugosidade e suas faixas de operação (adaptado de MYSHKIN, 1998 apud SILVA, 2006).....	51
Figura 10: representação esquemática da mesa de consistência (CARDOSO, 2009).....	57
Figura 11: exemplos de reômetros utilizados para argamassas. a) reômetro Viskomat, b) reômetro utilizado por PILEGGI et al. (2010), c) reômetro Brookfield.....	58
Figura 12: ensaio squeeze-flow (CARDOSO; PILEGGI; JOHN, 2005).....	58
Figura 13: perfil típico de carga versus deslocamento do ensaio de Squeeze flow (Cardoso et al., 2005).....	59
Figura 14: matriz experimental adotada na pesquisa	65
Figura 15: rugosidades utilizadas no estudo piloto. a) rugosidade 1; b)rugosidade 2; c) rugosidade 3; d) rugosidade 4; e) rugosidade 5; f) rugosidade 6	66
Figura 16: aspecto superficial dos substratos de concreto estampados com diferentes rugosidades. a) rugosidade 1; b)rugosidade 2; c) rugosidade 3; d) rugosidade 4; e) rugosidade 5; f) rugosidade 6.....	66
Figura 17: análises com lupa estereoscópica. a) rugosidade b com argamassa 1:1:6; b) rugosidade d com argamassa 1:2:9; c) rugosidade f com argamassa 1:1:6; d) rugosidade c com argamassa 1:1:6.....	67
Figura 18: dosagem do concreto do substrato.....	75
Figura 19: passo-a-passo da produção dos substratos de concreto	77
Figura 20: argamassadeira utilizada	77
Figura 21: caixa de queda.....	79
Figura 22: procedimento de moldagem do revestimento de argamassa	80
Figura 23: esquema para realização do ensaio de resistência de aderência à tração (cotas em centímetros).....	83

Figura 24: vista geral do aderímetro utilizado	84
Figura 25: representação esquemática do dispositivo de ensaio para resistência de aderência ao cisalhamento	84
Figura 26: execução do ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento (a) vista geral (b) detalhe da fixação do equipamento do CP.....	85
Figura 27: lupa estereoscópica utilizada na pesquisa.....	85
Figura 28: scanner tridimensional a laser	86
Figura 29: absorção capilar do concreto empregado na confecção dos substratos	88
Figura 30: aspecto visual das argamassas estudadas após o ensaio de squeeze flow	92
Figura 31: densidades de massa médias das argamassas estudadas.....	94
Figura 32: resultados para o ar incorporado das argamassas estudadas	95
Figura 33: resultados para a retenção de água das argamassas estudadas	96
Figura 34: resistência à compressão (Rtc) e resistência à tração na flexão (Rt) médias aos 28 dias para as três argamassas estudadas.....	98
Figura 35: densidade de massa aparente média no estado endurecido das argamassas estudadas, avaliada aos 28 dias de idade	100
Figura 36: módulo de elasticidade dinâmico médio das argamassas estudadas, aos 28 dias de idade.....	102
Figura 37: imagens feitas com a lupa estereoscópica, com ampliação de 16x, sendo a) Argamassa 1 (0% de AI) aplicada sobre o substrato de rugosidade 1 (liso), b) Argamassa 1 (0% de AI) aplicada sobre o substrato de rugosidade 2 (diamante), c) Argamassa 1 (0% de AI) aplicada sobre o substrato de rugosidade 2 (diamante), d) Argamassa 2 (0,2% AI) aplicada sobre o substrato de rugosidade 3 (moeda), e) Argamassa 3 (0,5% AI) aplicada sobre o substrato de rugosidade 3 (moeda) e f) Argamassa 3 (0,5% AI) aplicada sobre o substrato de rugosidade 3 (moeda).....	105
Figura 38: imagens obtidas através de scanner 3D das rugosidades (grade em mm). a) rugosidade 1, b) rugosidade 2, c) rugosidade 3	106
Figura 39: estudo comparativo das rugosidades com uma superfície plana. a) rugosidade 1, b) rugosidade 2, c) rugosidade 3	107
Figura 40: análise de variância dos valores de Ra aos 28 dias para a argamassa A1 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	110
Figura 41: análise de variância dos valores de Ra aos 28 dias para a argamassa A2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	112
Figura 42: análise de variância dos valores de Ra aos 28 dias para a argamassa A3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	114

Figura 43: porcentagens de incidências dos valores de resistência de aderência à tração (Ra) aos 28 dias	115
Figura 44: análise de variância do comportamento quanto à resistência de aderência à tração aos 28 dias das argamassas 1, 2 e 3 aplicadas sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3	116
Figura 45: análise de variância dos valores de Ra aos 91 dias para a argamassa A1 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	118
Figura 46: análise de variância dos valores de Ra aos 91 dias para a argamassa A2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	120
Figura 47: análise de variância dos valores de Ra aos 91 dias para a argamassa A3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	122
Figura 48: porcentagens de incidências dos valores de resistência de aderência à tração (Ra) aos 91 dias	123
Figura 49: análise de variância do comportamento quanto a resistência de aderência à tração aos 91 dias das argamassas 1, 2 e 3 aplicadas sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3	123
Figura 50: análise de variância dos valores de Rc aos 28 dias para a argamassa A1 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	126
Figura 51: análise de variância dos valores de Rc aos 28 dias para a argamassa A2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	127
Figura 52: análise de variância dos valores de Rc aos 28 dias para a argamassa A3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	129
Figura 53: porcentagens de incidências dos valores de resistência de aderência ao cisalhamento (Rc) aos 28 dias	130
Figura 54: análise de variância do comportamento quanto à resistência de aderência ao cisalhamento aos 28 dias das argamassas 1, 2 e 3 aplicadas sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3	131
Figura 55: análise de variância dos valores de Rc aos 91 dias para a argamassa A1 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	133
Figura 56: análise de variância dos valores de Rc aos 91 dias para a argamassa A2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	135
Figura 57: análise de variância dos valores de Rc aos 91 dias para a argamassa A3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	137
Figura 58: porcentagens de incidências dos valores de resistência de aderência ao cisalhamento (Rc) aos 91 dias	138

Figura 59: análise de variância do comportamento quanto à resistência de aderência ao cisalhamento aos 91 dias das argamassas 1, 2 e 3 aplicadas sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3.....	138
Figura 60: análise de variância do comportamento quanto à resistência de aderência à tração e ao cisalhamento para as duas idades avaliadas das argamassas 1, 2 e 3 aplicadas sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3.....	139
Figura 61: influência da idade no comportamento da resistência de aderência a tração (Ra)	140
Figura 62: influência da idade na resistência de aderência ao cisalhamento (Rc)	141
Figura 63: comparativo do comportamento de Ra em relação ao índice de consistência	143
Figura 64: comparativo do comportamento de Rc em relação ao índice de consistência	144
Figura 65: comparativo do comportamento de Ra em relação à densidade de massa no estado fresco.....	144
Figura 66: comparativo do comportamento de Rc em relação à densidade de massa no estado fresco.....	145
Figura 67: comparativo do comportamento de Ra em relação ao teor de ar incorporado	145
Figura 68: comparativo do comportamento de Rc em relação ao teor de ar incorporado	146
Figura 69: comparativo do comportamento de Ra em relação à retenção de água	146
Figura 70: comparativo do comportamento de Rc em relação à retenção de água	147
Figura 71: comparativo do comportamento de Ra em relação ao coeficiente de capilaridade	147
Figura 72: comparativo do comportamento de Rc em relação ao coeficiente de capilaridade	148
Figura 73: comparativo do comportamento de Ra em relação à resistência a compressão ...	148
Figura 74: comparativo do comportamento de Rc em relação à resistência a compressão....	148
Figura 75: comparativo do comportamento de Ra em relação à resistência a tração na flexão	149
Figura 76: comparativo do comportamento de Rc em relação à resistência a tração na flexão	149
Figura 77: comparativo do comportamento de Ra em relação à densidade de massa aparente no estado endurecido	150
Figura 78: comparativo do comportamento de Rc em relação à densidade de massa aparente no estado endurecido	150
Figura 79: comparativo do comportamento de Ra em relação ao módulo de elasticidade dinâmico	150
Figura 80: comparativo do comportamento de Rc em relação ao módulo de elasticidade dinâmico	151
Figura 81: comportamento da resistência de aderência x área de contato	154

Figura 82: ilustração da forma de execução do ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento	174
Figura 83: detalhamento do dispositivo (cotas em mm).....	175
Figura 84: detalhamento da peça 1 (cotas em mm).....	175
Figura 85: detalhamento da peça 2 (cotas em mm).....	176
Figura 86: detalhes da função exercida pela peça 1 e pela peça 2 no dispositivo. a) vista lateral. b) vista superior	176
Figura 87: posição do dispositivo para a aplicação da carga na interface entre a argamassa e o substrato.....	177
Figura 88: posição do dispositivo para a aplicação da carga com possibilidade de ruptura em todo o sistema de revestimento.....	177
Figura 89: recursos utilizados para o preparo do corpo-de-prova. a) serra de bancada utilizada. b) vista frontal das serras-copo utilizadas para a realização do corte. c) vista lateral das serras-copo utilizadas para a realização do corte	178
Figura 90: erro na execução do ensaio gerado pela realização inadequada do corte dos corpos-de-prova	179
Figura 91: representação do aspecto do corpo-de-prova cortado pelas duas serras copo utilizadas.....	179
Figura 92: nivelamento do dispositivo	180
Figura 93: detalhe do travamento do dispositivo. a) travamento da peça 1 e da peça 2. b) travamento da amostra que está sendo ensaiada	180
Figura 94: sugestão de melhoria na forma de fechamento do anel quem envolve o corpo-de-prova	181
Figura 95: exemplo de adaptação realizada para a execução do ensaio	181
Figura 96: sugestão de melhoria para regulagem do comprimento do dispositivo	182

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: limites de resistência de aderência à tração (Ra) para emboço e camada única (ABNT, 1996).....	38
Tabela 2: tipos de superfícies (Adaptado de ALVES, 2002).....	48
Tabela 3: propriedades que influenciam na reologia de argamassas.....	55
Tabela 4: resultados de resistência de aderência à tração do estudo preliminar.....	68
Tabela 5: características do cimento Portland CP II-Z utilizado.....	70
Tabela 6: características do cimento Portland CP IV utilizado.....	70
Tabela 7: características fornecidas pelo fabricante da cal CH-I utilizada.....	71
Tabela 8: características físicas ensaiadas da cal hidratada CH-I.....	71
Tabela 9: características físicas do agregado miúdo utilizado na confecção dos concretos.....	72
Tabela 10: características físicas do agregado miúdo utilizado na confecção das argamassas.....	72
Tabela 11: características físicas do agregado graúdo utilizado na confecção dos substratos de concreto.....	73
Tabela 12: proporcionamentos utilizados.....	74
Tabela 13: resistência à compressão dos concretos aos 7 e 28 dias.....	74
Tabela 14: proporcionamento do concreto utilizado nos substratos.....	75
Tabela 15: resumo dos ensaios de caracterização do concreto.....	81
Tabela 16: resumo dos ensaios de caracterização das argamassas.....	82
Tabela 17: abatimento médio dos substratos de concreto.....	87
Tabela 18: resultados de resistência à compressão do concreto.....	88
Tabela 19: absorção capilar do concreto.....	88
Tabela 20: número de corpos-de-prova utilizados nos ensaios de caracterização das argamassas de revestimento.....	89
Tabela 21: Índice de consistência das argamassas estudadas.....	89
Tabela 22: análise estatística do índice de consistência das argamassas estudadas.....	89
Tabela 23: gráficos resultantes do ensaio do squeeze flow das argamassas estudadas.....	91
Tabela 24: densidade de massa das argamassas estudadas.....	94
Tabela 25: análise de variância da densidade de massa das argamassas estudadas.....	94
Tabela 26: teste de Duncan para a densidade de massa no estado fresco das argamassas estudadas.....	94
Tabela 27: teor de ar incorporado das argamassas estudadas.....	95
Tabela 28: análise de variância do teor de ar incorporado das argamassas estudadas.....	95
Tabela 29: teste de Duncan para o teor de ar incorporado das argamassas estudadas.....	96
Tabela 30: retenção de água das argamassas estudadas.....	96

Tabela 31: análise de variância da retenção de água das argamassas estudadas.....	97
Tabela 32: teste de Duncan para a retenção de água das argamassas estudadas	97
Tabela 33: resistência à compressão e à tração na flexão das argamassas aos 28 dias	98
Tabela 34: análise de variância das resistências à compressão médias das argamassas aos 28 dias	98
Tabela 35: teste de Duncan para a resistência à compressão das três argamassas estudadas	98
Tabela 36: análise de variância das resistências à tração na flexão médias das argamassas aos 28 dias	99
Tabela 37: teste de Duncan para a resistência à tração na flexão das três argamassas estudadas.....	99
Tabela 38: densidade de massa aparente média no estado endurecido das argamassas estudadas, avaliada aos 28 dias de idade	99
Tabela 39: análise de variância da densidade de massa aparente no estado endurecido das argamassas estudadas, avaliada aos 28 dias de idade.....	100
Tabela 40: teste de Duncan para a densidade de massa aparente no estado endurecido das argamassas estudadas, avaliada aos 28 dias de idade.....	101
Tabela 41: coeficiente de capilaridade das argamassas aos 28 dias de idade	101
Tabela 42: análise de variância dos resultados de coeficiente de capilaridade aos 28 dias de idade.....	101
Tabela 43: módulo de elasticidade dinâmico médio das argamassas estudadas, aos 28 dias de idade.....	102
Tabela 44: análise de variância dos resultados de módulo de elasticidade dinâmico médio das argamassas estudadas, aos 28 dias de idade	102
Tabela 45: teste de Duncan para o módulo de elasticidade dinâmico médio das argamassas estudadas, aos 28 dias de idade.....	102
Tabela 46: resumo dos ensaios de caracterização realizados para as argamassas de revestimento estudadas	104
Tabela 47: valores de resistência de aderência à tração aos 28 dias de idade obtidos para a A1 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3	109
Tabela 48: análise de variância dos valores de Ra aos 28 dias para a argamassa A1 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	110
Tabela 49: análise pelo método de Duncan dos resultados de Ra aos 28 dias para a argamassa 1 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	111
Tabela 50: valores de resistência de aderência à tração aos 28 dias de idade obtidos para a A2 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3	111

Tabela 51: análise de variância dos valores de Ra aos 28 dias para a argamassa A2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	112
Tabela 52: análise pelo método de Duncan dos resultados de Ra aos 28 dias para a argamassa 2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	112
Tabela 53: valores de resistência de aderência à tração aos 28 dias de idade obtidos para a A3 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3	113
Tabela 54: análise de variância dos valores de Ra aos 28 dias para a argamassa A3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	113
Tabela 55: análise pelo método de Duncan dos resultados de Ra aos 28 dias para a argamassa 3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	114
Tabela 56: análise de variância dos valores de resistência de aderência à tração dos 28 dias para as argamassas 1, 2 e 3 aplicadas sobre os substratos de R1, R2 e R3.....	116
Tabela 57: valores de resistência de aderência à tração aos 91 dias de idade obtidos para a A1 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3	117
Tabela 58: análise de variância dos valores de Ra aos 91 dias para a argamassa A1 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	117
Tabela 59: análise pelo método de Duncan dos resultados de Ra aos 91 dias para a argamassa 1 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	118
Tabela 60: valores de resistência de aderência à tração aos 91 dias de idade obtidos para a A2 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3	119
Tabela 61: análise de variância dos valores de Ra aos 91 dias para a argamassa A2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	119
Tabela 62: análise pelo método de Duncan dos resultados de Ra aos 91 dias para a argamassa 2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	120
Tabela 63: valores de resistência de aderência à tração aos 91 dias de idade obtidos para a A3 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3	121
Tabela 64: análise de variância dos valores de Ra aos 91 dias para a argamassa A3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	121
Tabela 65: análise pelo método de Duncan dos resultados de Ra aos 91 dias para a argamassa 3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	122
Tabela 66: análise de variância dos valores de Ra aos 91 dias para as argamassas 1, 2 e 3 aplicadas sobre os substratos R1, R2 e R3	124
Tabela 67: valores de resistência de aderência ao cisalhamento aos 28 dias de idade obtidos para a A1 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3.....	125
Tabela 68: análise de variância dos valores de Rc aos 28 dias para a argamassa A1 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	125

Tabela 69: valores de resistência de aderência ao cisalhamento aos 28 dias de idade obtidos para a A2 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3.....	126
Tabela 70: análise de variância dos valores de Rc aos 28 dias para a argamassa A2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	127
Tabela 71: análise pelo método de Duncan dos resultados de Rc aos 28 dias para a argamassa 2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	127
Tabela 72: valores de resistência de aderência ao cisalhamento aos 28 dias de idade obtidos para a A3 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3.....	128
Tabela 73: análise de variância dos valores de Rc aos 28 dias para a argamassa A3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	128
Tabela 74: análise pelo método de Duncan dos resultados de Rc aos 28 dias para a argamassa 3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	129
Tabela 75: análise de variância dos valores de Rc aos 28 dias para as argamassas 1, 2 e 3 aplicadas sobre os substratos R1, R2 e R3	131
Tabela 76: valores de resistência de aderência ao cisalhamento aos 91 dias de idade obtidos para a A1 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3.....	132
Tabela 77: análise de variância dos valores de Rc aos 91 dias para a argamassa A1 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	132
Tabela 78: análise pelo método de Duncan dos resultados de Rc aos 91 dias para a argamassa 1 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	133
Tabela 79: valores de resistência de aderência ao cisalhamento aos 91 dias de idade obtidos para a A2 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3.....	134
Tabela 80: análise de variância dos valores de Rc aos 91 dias para a argamassa A2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	134
Tabela 81: análise pelo método de Duncan dos resultados de Rc aos 91 dias para a argamassa 2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	135
Tabela 82: valores de resistência de aderência ao cisalhamento aos 91 dias de idade obtidos para a A3 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3.....	136
Tabela 83: análise de variância dos valores de Rc aos 91 dias para a argamassa A3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	136
Tabela 84: análise pelo método de Duncan dos resultados de Rc aos 91 dias para a argamassa 3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3	137
Tabela 85: análise de variância dos valores de Rc aos 91 dias para as argamassas 1, 2 e 3 aplicadas sobre os substratos R1, R2 e R3	138
Tabela 86: comportamento quanto à Ra e Rc obtidos para as duas idades avaliadas das argamassas 1, 2 e 3 aplicadas sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3.....	139

Tabela 87: influência da idade nos valores de Ra aos 28 e 91 dias	141
Tabela 88: influência da idade nos valores de Rc aos 28 e 91 dias	142
Tabela 89: ANOVA das variáveis controláveis nos resultados da resistência de aderência à tração e cisalhamento	142
Tabela 90: análise no scanner tridimensional a laser da área de contato argamassa/substrato	152
Tabela 91: áreas de contato através da digitalização 3D a laser.....	153

LISTA DE SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANOVA: Análise de variância

ANSI: *American National Standards Institute*

ASTM: *American Society for Testing and Materials*

EPUSP: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

IPT: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo

LdSM: Laboratório de design e seleção de materiais

LACER: Laboratório de materiais cerâmicos

LEME: Laboratório de ensaios e modelos estruturais

NBR: Norma Brasileira Regulamentada

NM: Asociación Mercosur de Normalización

NORIE: Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

PBQPH: Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat

PPGEC: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

RS: Rio Grande do Sul

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SBTA: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

α : teor de argamassa

$\rho_{\text{méd}}$: densidade de massa aparente média

μm : micro metro (10^6 metros)

nm : nanômetro (10^{-9} metros)

$^{\circ}\text{C}$: grau Celsius

%: porcentagem ou percentagem

(1:m): quantidade de cimentos:agregados, em massa

a/c: relação água/cimento

cm: centímetro

C: coeficiente de capilaridade

Cp: corpo-de-prova

CP II: cimento Portland composto

CP II-Z: cimento Portland composto com adição pozolânica

CP IV: cimento Portland pozolânico

Ed: módulo de elasticidade dinâmico

fcj: resistência à compressão em j dias

fck: resistência característica do concreto à compressão

MPa: mega pascal

Ra: resistência de aderência à tração

Rc: resistência de aderência ao cisalhamento

Rt: resistência à tração na flexão

Rtc: resistência à compressão

Sd: desvio padrão de dosagem

U.R.: umidade relativa do ar

1 INTRODUÇÃO

A importância do aprofundamento dos estudos sobre argamassas de revestimento justifica-se por estas serem alguns dos produtos de maior utilização na construção civil. Pode-se encontrá-las em revestimentos e assentamentos de alvenarias e como produto básico para outros fins na construção civil (YOSHIDA E BARROS, 1995).

Das funções que as argamassas de revestimento desempenham, pode-se apontar: proteger elementos de vedação dos edifícios da ação direta dos agentes agressivos, auxiliar as vedações no comprimento de suas funções, como o isolamento termo-acústico e a estanqueidade à água, regularizar a superfície dos elementos de vedação e contribuir para a estética da fachada.

Apesar disso, sua

“prática construtiva ainda está longe dos horizontes delineados pelos estudos nesta área, culpa, em parte de conceitos dúbios ou contraditórios assumidos por pesquisas, eminentemente tecnológicas, ou, ainda, por descaso e falta de importância dada ao tema.” (LEAL, 2003)

A falta de controle tecnológico e conhecimento técnico na produção de argamassas resultam no aparecimento de manifestações patológicas, fato que compromete o adequado cumprimento de suas principais funções de proteção e acabamento estético das edificações.

Neste sentido, muitos trabalhos nacionais e internacionais (CARASEK, 1996; SUGO, PAGE e LAWRENCE, 2001; PRETTO, 2007; PAGNUSSAT, 2008¹) vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de entender melhor o comportamento físico, químico e reológico que caracterizam este tipo de revestimento, reduzindo assim o aparecimento de manifestações patológicas e garantindo um melhor desempenho para as argamassas de revestimentos em cada diferente situação de aplicação e exposição.

26

¹ PAGNUSSAT, D. T. **Contribuição para o entendimento dos mecanismos microestruturais de aderência de argamassas de revestimento em substratos porosos**. 2008. 112 p. Proposta de Tese (Doutorado em Construção Civil) –Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Atualmente, grande atenção tem sido dada às questões quanto à aderência de argamassas de revestimento, já que problemas relacionados a esta propriedade vêm trazendo consequências, não só de cunho patrimonial, com a depreciação de edifícios, mas de cunho social, como mostram as duas notícias relatadas nos dias 14 e 17 de abril de 2008, em um dos principais portais de notícias da internet, cujas manchetes eram as seguintes: “Bombeiros são chamados para queda de reboco no centro do Rio”² e “Reboco cai e atinge carro no centro”³. Mais preocupante ainda, é a manchete publicada no mesmo portal de notícias, em 3 de março de 2007: “Reboco cai de prédio e fere uma pessoa no Leblon”⁴.

Segundo a *Cement & Concrete Association of Australia* (2001) os principais motivos para os problemas de resistência de aderência são resultantes das más práticas durante a construção. Este fato pode ser atribuído não só à mão de obra pouco qualificada presente na grande maioria das construções brasileiras, mas também da falta de conhecimento técnico a respeito do comportamento das argamassas de revestimento.

Por outro lado a evolução das tecnologias construtivas, como o aumento da resistência dos concretos das estruturas prejudica a formação da aderência da argamassa ao substrato pela redução da porosidade deste.

Neste contexto, pesquisadores têm buscado respostas a partir do estudo de diversos parâmetros, sejam eles relacionados às características da própria argamassa, sejam em função das características dos substratos. Diversos estudos ao longo dos últimos anos têm explorado aspectos como:

- a) proporcionamento dos materiais constituintes das argamassas (YOSHIDA, 1995);
- b) reologia das pastas e argamassas (CINCOTTO, 1995; DO Ó, 2004; POLITO, 2008);
- c) extensão de aderência (GARBACZ, 2005);
- d) porosidade dos substratos e sucção d’água (CARASEK, 1998; PAGNUSSAT, 2008);
- e) tratamentos superficiais e rugosidade dos substratos (PRETTO, 2007).

Nos últimos trabalhos apresentados no Simpósio Brasileiro de tecnologia de argamassas (SBTA), um dos principais eventos de caráter técnico-científico relacionado ao assunto, grande atenção tem sido dada à questão da reologia das argamassas, bem como à questão do preparo da base. Não se verificam, contudo, até o momento, estudos que contemplem uma

27 _____

² <http://g1.globo.com/Noticias/Rio/0,,MUL400524-5606,00.html>

³ <http://g1.globo.com/Noticias/Rio/0,,MUL427888-5606,00-REBOCO+CAI+E+ATINGE+CARRO+NO+CENTRO.html>

⁴ <http://g1.globo.com/Noticias/Rio/0,,MUL16136-5606,00-REBOCO+CAI+DE+PREDIO+E+FERE+UMA+PESSOA+NO+LEBLON.html>

análise da interação entre a rugosidade de substratos e da reologia das argamassas, e seu efeito sobre a resistência de aderência.

Assim, buscando-se um melhor entendimento dos parâmetros que mais influenciam na resistência de aderência à tração e ao cisalhamento, este estudo analisará a influência do aumento da área de contato e da variação da reologia das argamassas de revestimento nestas propriedades mecânicas.

1.1 JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO TEMA

A escolha do tema que rege este trabalho baseou-se em estudo bibliográfico no qual foram identificadas algumas lacunas no conhecimento a respeito do fenômeno da aderência de revestimentos argamassados a substratos de concreto, especificamente da influência na resistência de aderência de parâmetros reológicos de argamassas, conjuntamente com a rugosidade do substrato.

Além de outras referências, analisaram-se os trabalhos publicados em dois grandes eventos na área de argamassas de revestimento, o Simpósio Brasileiro de tecnologia de argamassas (SBTA) e o Congresso Português de Argamassas. Pagnussat (2008) ressalta que apesar de os principais problemas de manifestações patológicas em revestimentos argamassados estarem relacionados a problemas de perda de aderência, foram desenvolvidos ao longo dos anos poucos trabalhos técnicos que se referem a este tema. No Simpósio Brasileiro de tecnologia de argamassas (SBTA), o autor acima citado levantou apenas três trabalhos específicos investigando a questão da aderência nos anos de 1995 e 1997, ou seja, 7% do total de trabalhos daqueles eventos. No ano de 2005, segundo o autor, houve um aumento substancial, havendo 13 trabalhos, representando 15% do total e no ano de 2007 sete trabalhos, totalizando 18% do total publicado naquele ano (PAGNUSSAT, 2008). Ainda assim aquém do necessário, face à importância da questão.

Quando se fala sobre a relação que ocorre entre as propriedades influentes na reologia das argamassas de revestimento (leia-se: retenção de água, ar incorporado, tensão de cisalhamento, entre outros) e a rugosidade presente nos substratos em que elas são aplicadas na resistência de aderência destes sistemas, torna-se mais difícil ainda encontrar trabalhos sobre o assunto, já que esta correlação tem sido pouco abordada.

Dentre os trabalhos apresentados no SBTA nos últimos anos, que discutem a aderência de revestimentos argamassados, se pode citar o desenvolvido por Pretto (2007), onde a autora avalia o efeito na resistência de aderência de substratos com diferentes rugosidades, mas as mesmas eram na verdade consequência de tratamentos superficiais diferenciados em

substratos de concreto. Desta forma, a ideia do presente trabalho seria, ao contrário, controlar a rugosidade do substrato de concreto, tornando-a uma variável de estudo.

Outro trabalho relacionado a este tema foi o executado por Lofrano et al. (2009), onde os autores avaliaram as características reológicas de argamassas somente utilizando-se do ensaio de squeeze-flow, o qual verifica a trabalhabilidade de revestimentos argamassados. Os autores avaliaram a influência da rugosidade da base do equipamento nos resultados obtidos, sem estabelecer relações com a resistência de aderência de um sistema de revestimento.

Fernandes et al. (2009) avaliaram a relação entre a forma de projeção e a reologia da argamassa com os resultados de aderência. Entretanto, não considerou aspectos relativos à rugosidade da base, além disso, focou em argamassas projetadas.

Ainda no SBTA de 2009, Barbosa et al. avaliaram a interação entre porosidade do substrato e alteração da reologia da argamassa. Todavia, os autores não entraram no mérito da questão da rugosidade, tampouco a relação dos parâmetros estudados com a resistência de aderência.

Observa-se nos trabalhos publicados a preocupação em abordar isoladamente alguns fatores intervenientes no mecanismo de aderência; ou a rugosidade da base, ou a reologia das argamassas ou a porosidade, não correlacionando estes diversos fatores, o que seria importante, pois estudaria os comportamentos sinergicamente. John (2003) corrobora com esta afirmação quando diz que raramente são encontrados experimentos que controlam três fatores essenciais ao entendimento do mecanismo de aderência das argamassas: reologia da argamassa, energia de lançamento e área de contato entre a argamassa e a base, sendo estas as lacunas do conhecimento que serão abordadas nesta pesquisa. Agregando-se ao fato que Pretto (2007) salienta que os estudos de aderência de revestimentos de argamassa em substrato de concreto é um tema relativamente novo no Brasil e pouco pesquisado internacionalmente.

1.2 OBJETIVOS

O principal objetivo desta pesquisa consiste em verificar a influência da interação entre o aumento da área potencial de contato do substrato e a reologia da argamassa de revestimento no desempenho quanto à resistência de aderência a tração e ao cisalhamento.

1.2.1 Objetivos Específicos

Os objetivos secundários desta pesquisa consistem em:

- a) verificar a influência das propriedades reológicas das argamassas afetadas pelo teor de aditivo incorporador de ar na resistência de aderência à tração e na resistência de aderência ao cisalhamento de revestimentos de argamassa;
- b) verificar a influência da rugosidade sobre o incremento na área de contato da interface e aumento da resistência de aderência à tração e ao cisalhamento de revestimentos de argamassa.
- c) desenvolver um dispositivo para a realização do ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento em revestimentos de argamassa.

1.3 HIPÓTESES

A hipótese verificada com este trabalho é: há uma influência da interação entre rugosidade e reologia, dependendo do nível de variação das mesmas.

1.4 LIMITAÇÕES

Visando planejar adequadamente o experimento para se alcançar os objetivos esperados, foi necessário fixar algumas variáveis do programa experimental.

Quanto aos substratos de concreto, estes foram moldados com resistência à compressão de 35 MPa aos 28 dias, utilizando-se cimento Portland CP-II Z de um mesmo lote, areia média e brita zero.

Para evitar que exista fator de ruído referente à mão de obra, as argamassas foram assentadas nos substratos por meio de uma caixa de queda, dispositivo que permite controlar a energia de aplicação. Foi utilizada apenas uma altura de aplicação, a qual foi estabelecida por meio de testes laboratoriais como sendo a mais próxima da energia da mesma argamassa assentada por um operário da construção, para o aparelho disponível no laboratório de materiais do NORIE.

1.5 ESTRUTURA DA PESQUISA

Este trabalho está estruturado em seis capítulos. No primeiro capítulo apresenta-se a introdução onde se justifica a importância do tema abordado nesta pesquisa, bem como se discutem os objetivos, hipóteses e as delimitações desta.

No segundo capítulo é realizada uma discussão a respeito da adesão e aderência das argamassas de revestimento aos substratos. É abordado o fenômeno da aderência, bem como todos os fatores intervenientes neste fenômeno, além do ensaio realizado para avaliar esta propriedade.

No terceiro capítulo abordam-se assuntos relacionados aos substratos de concreto e sua influência na resistência de aderência à tração. São debatidas as principais propriedades destes substratos e como estas influenciam no comportamento da argamassa a ser assentada sobre ele, além disso, discute-se a influência da rugosidade na resistência de aderência e os parâmetros utilizados na sua medição.

O quarto capítulo aborda as características das argamassas de revestimento, as propriedades que influenciam na sua reologia e a influência dos materiais constituintes no seu comportamento.

O programa experimental está detalhado no quinto capítulo, onde estão especificadas as variáveis do projeto experimental, a matriz experimental, os materiais que serão utilizados e os ensaios laboratoriais utilizados buscando-se responder as questões propostas por esta pesquisa.

No sexto capítulo, estão apresentados os resultados obtidos com os ensaios laboratoriais e realizadas análises e discussões a respeito destes.

No sétimo capítulo são feitas as considerações finais a respeito do trabalho bem como as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2 ADESÃO E ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS

A NBR 13528 (ABNT, 2010) define aderência como sendo “a propriedade do revestimento de resistir tensões normais ou tangenciais atuantes na interface do substrato”. Ainda, Carasek, Cascudo e Scartezini (2001), definem a aderência como sendo a resistência e a extensão de contato entre a argamassa e uma base porosa.

O desenvolvimento do mecanismo da aderência se dá em duas etapas distintas, consecutivas e intrinsecamente relacionadas: a adesão inicial e a aderência. A primeira ocorre no momento em que a argamassa no estado fresco é lançada sobre o substrato poroso, a segunda é a aderência propriamente dita, que se desenvolve ao longo do processo de hidratação dos aglomerantes da argamassa (MORENO JUNIOR; SELMO, 2007).

A adesão depende de vários fenômenos presentes na zona interfacial, como: a molhabilidade do substrato, as forças de atração físicas induzidas no sistema, a geometria da superfície do substrato e o teor de umidade do substrato *versus* o tipo de material a ser assentado (GARBACZ, COURARD e KOSTANA, 2006). Bauer (2005) acrescenta que este mecanismo de aderência instantânea da argamassa ao substrato no momento do lançamento é governado pela difusão e adsorção das moléculas de argamassa nas paredes dos poros do substrato e que a aderência final em si ocorre com o processo de enrijecimento da argamassa, no período em que a argamassa está à espera do sarrafeamento.

Ainda, segundo Recena (2008) a aderência instantânea, ou adesão, depende basicamente da coesão e da plasticidade da argamassa e ocorre pelo vácuo formado no processo de deformação que a argamassa experimenta quando projetada sobre a superfície do substrato.

Estimuladas pelo trabalho considerado pioneiro neste assunto no Brasil, desenvolvido por Carasek (1996), novas teorias passaram a ser discutidas no tocante à questão da aderência. A grande questão em debate é definir se a aderência entre a argamassa e o substrato ocorre pela penetração da pasta aglomerante da própria argamassa nos poros do substrato, pela ancoragem da argamassa nas irregularidades do mesmo, ou por ambos os fatores.

Carasek, Cascudo e Scartezini (2001) afirmam que a aderência da argamassa endurecida ao substrato é um fenômeno essencialmente mecânico, devido, basicamente, à penetração da pasta aglomerante ou da própria argamassa nos poros ou retida entre a rugosidade da base de

aplicação. Segundo estes autores, quando a argamassa no estado plástico entra em contato com a superfície absorvente do substrato, parte da água de amassamento, que contém em dissolução ou estado coloidal os componentes do aglomerante, penetra pelos poros e cavidades desse substrato. No interior destes, ocorrem fenômenos de precipitação dos produtos de hidratação do cimento e da cal, e, transcorrido algum tempo, com a cura, esses precipitados intracapilares exercem ação de ancoragem da argamassa à base.

Por outro lado, o assunto da ancoragem poderia ser eminentemente fruto da garantia de extensão de contato entre a rugosidade da base e o revestimento argamassado, conforme propõe Gonçalves (2004) afirmando que o travamento mecânico, pela penetração do adesivo nas irregularidades do substrato pode ser a força principal de atuação na aderência.

A figura 1 apresenta o comportamento da argamassa ao ser assentada sobre um substrato poroso, segundo Antunes (2005), onde a água da argamassa é absorvida logo que esta molha sua superfície e é atraída para dentro de seus capilares juntamente com partículas aglomerantes. Ainda, no momento do assentamento, parte da água da argamassa é perdida para o meio ambiente, acelerando o seu processo de endurecimento e possível ocorrência de retração.

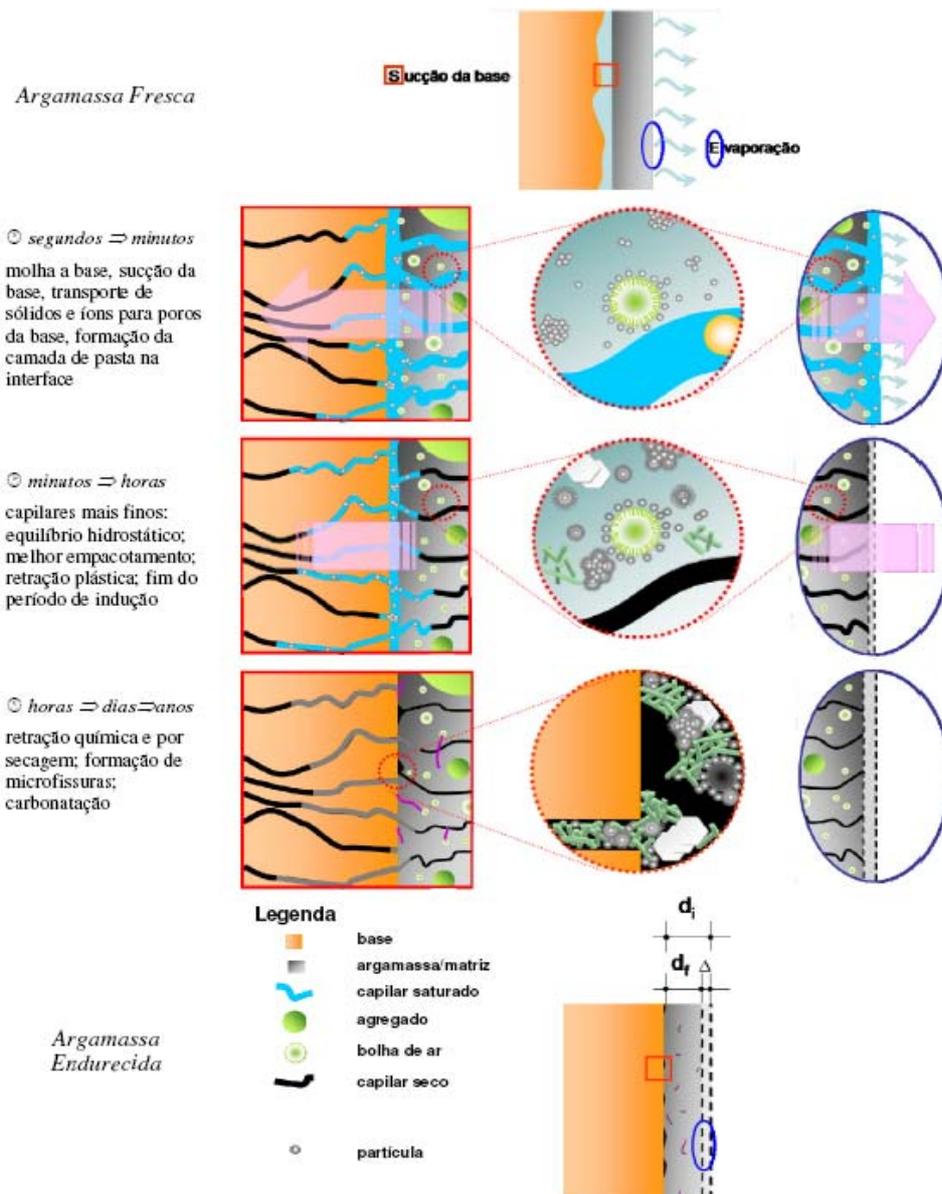


Figura 1: mecanismo de aderência por sucção capilar (ANTUNES, 2005)

Neste contexto, cabe dissertar a respeito das teorias defendidas por Carasek (1996) e Gonçalves (2004) as quais caracterizam, respectivamente, os fenômenos de microaderência e macroaderência.

A microaderência se dá pela absorção da pasta da argamassa no momento do contato desta com um substrato poroso, sendo que o preenchimento destes poros garante uma fixação mecânica da argamassa ao substrato (RECENA, 2008). O autor ainda afirma que, enquanto ocorre à formação desta microancoragem, a estabilidade do revestimento é garantida pela macroestrutura.

A macroaderência é caracterizada pelo preenchimento de reentrâncias e saliências, propositalmente ou não, presentes na superfície as quais manterão a porção da argamassa

projetada presa à superfície (RECENA, 2008). Para garantir a macroaderência é importante que a superfície seja provida de rugosidade adequada, sendo que os principais efeitos desta rugosidade superficial na aderência são: o intertravamento mecânico, ou seja, a influência da macrorugosidade; e a modificação do ângulo de contato, afetado diretamente pela microrugosidade (CZARNECKI, GARBACZ e KOSTANA⁵, 2003 *apud* GARBACZ, COURARD e KOSTANA, 2005).

Quanto maior a rugosidade proporcionada, maiores superfícies reais de contato pode se conseguir. Portanto, para se maximizar a aderência, devem-se criar grandes macrorugosidades, pois desta maneira, se maximizaria a superfície real que se poderia molhar com um determinado adesivo ou resina (ROMERO, 2010). Porém, cabe salientar que o intertravamento mecânico depende da extensão de aderência, sendo que esta é a razão entre a área de contato efetivo e a área total possível de ser unida (CARASEK e DJANIKIAN, 1997). Segundo Pagnussat (2008) é fundamental considerar aspectos relativos à extensão de aderência, já que muitas falhas de aderência ocorrem devido à ineficiência ou ausência de contato na interface argamassa/substrato.

Conforme a figura 2 pode-se observar a influência de uma baixa área de contato na aderência de uma argamassa ao substrato. Observa-se que, neste caso, a argamassa empregada não era provida de fluidez adequada para penetrar nas rugosidades formadas pelo chapisco desempenado, não permitindo que a maior rugosidade superficial gerada pelo chapisco cumprisse sua função de ampliar a extensão de aderência e aumentar a aderência da argamassa ao chapisco e, pelo contrário, reduzindo esta propriedade. Esta imagem instiga a pensar a respeito do objetivo deste trabalho, onde rugosidades diferentes exigem argamassas com diferentes comportamentos reológicos para cumprir sua função de aumento da área de contato.

Para que se obtenha uma extensão de aderência adequada entre as camadas é necessário que exista certa uniformidade de contato, a qual é conseguida através de uma boa molhagem do substrato pela argamassa e da escassez de falhas, além da utilização de um adesivo com boa trabalhabilidade, potencializando o efeito de molhagem e conseqüentemente a aderência ao substrato (GONÇALVES, 2004).

35

⁵ Czarnecki L, Garbacz A, Kostana K. The effect of concrete surface roughness on adhesion in industrial floor systems. 5th Int Colloq—industrial floors, Esslingen, Germany, January 21–23; 2003. p. 168–74



Figura 2: extensão de aderência da argamassa ao chapisco (PRETTO, 2007)

A figura 3 esquematiza um intertravamento mecânico ideal entre a superfície e o adesivo, onde a extensão de aderência é de 100%, contribuindo para uma maior resistência de aderência entre as camadas.



Figura 3: intertravamento mecânico entre a superfície e o adesivo (GONÇALVES, 2004)

Recena (2008) ressalta que para determinados tipos de argamassa deverá ser privilegiada a aderência por macroancoragem, é o caso das argamassas com aditivos incorporadores de ar, onde bolhas de ar aprisionam-se entre a argamassa e o substrato, reduzindo a superfície de contato entre os dois materiais, comprometendo a resistência de aderência. Nestes casos é necessário que a superfície de ancoragem seja provida de adequada rugosidade superficial, neste sentido pode-se realizar o preparo destas superfícies.

O preparo das superfícies deve atentar para dois objetivos principais: a forma da superfície deve garantir uma boa ancoragem e o preparo deve ser realizado de maneira que se alcance uma superfície homogênea (GARBACZ, COURARD e KOSTANA, 2005). Garbacz, Courard e Kostana (2005), afirmam que o objetivo deste tratamento é obter superfícies homogêneas, podendo-se, para tal fim, ser realizado um jateamento de areia ou água. Além disso, para possibilitar uma boa ancoragem, a superfície deve apresentar solidez e coesão, estar seca e isenta de poeira, óleo ou hidrocarbonetos. Abu-Tair (2000) afirma que a aderência em si depende de se ter uma superfície limpa e rugosa.

Segundo Pretto (2007) é necessário remover totalmente resíduos de desmoldante que ficam aderidos à superfície do concreto, além de outras partículas que podem estar depositadas sobre a superfície. A autora salienta que esta limpeza pode ser realizada de diversas formas:

mecânica (jato de areia ou de água quente), química (escovamento com água e detergente) ou com o apicoamento do concreto.

A aderência mecânica das argamassas ao substrato resulta da conjunção de três propriedades da interface argamassa-substrato atuantes no sistema, sendo elas (CARASEK, CASCUDO e SCARTEZINI, 2001 e GONÇALVES, 2004):

- a) a resistência de aderência à tração, devido aos esforços normais gerados na utilização de um sistema de revestimento;
- b) a resistência de aderência ao cisalhamento, pelos esforços verticais e tangenciais ao revestimento gerados com a atuação da gravidade na argamassa aderida ao substrato; e
- c) a extensão de aderência, que evidencia a possível existência de falhas de contato com espaços vazios na interface.

Nesse contexto, Prudêncio et al. (1999) afirmam que são diversos os fatores que influenciam na resistência de aderência: as condições da base, a porosidade e absorção de água, a resistência mecânica, a textura superficial e as condições de execução do assentamento de componentes da base. Carasek, Cascudo e Scartezini (2001) complementam afirmando que a energia de aplicação da argamassa e a pressão exercida após o seu lançamento (o chamado “aperto”); a espessura da camada de argamassa, as condições climáticas durante a aplicação e as condições de cura do revestimento também devem ser consideradas quando se deseja o incremento e a garantia da resistência de aderência. Ainda, outros fatores que influenciam na resistência de aderência são o tipo de preparo do substrato (sendo que para cada substrato há um tipo de tratamento mais adequado); a idade do revestimento e o tipo de cura, a qual é influenciada pelo tipo de preparo do substrato (SCARTEZINI e CARASEK, 2003).

Uma resistência de aderência eficaz permitirá que a argamassa absorva solicitações tais como variações térmicas (expansão e contração) e minimize a penetração de água na edificação além da permeabilidade da água nos elementos estruturais, os quais são suscetíveis a ela (CEMENT & CONCRETE ASSOCIATION OF AUSTRALIA, 2003).

Concluindo, é essencial existir durabilidade da aderência ao longo do tempo, a qual começa com o endurecimento inicial da argamassa e continua ao longo da vida útil do revestimento. Caso ocorram fissuras durante ou após o endurecimento da argamassa, a aderência poderá ficar comprometida (CARASEK, CASCUDO e SCARTEZINI, 2001).

Nos itens a seguir serão abordadas as formas de avaliar a resistência de aderência à tração e ao cisalhamento de argamassas de revestimento.

2.1 RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA

“A resistência de aderência deve ser entendida como o resultado do comportamento de um sistema, dependendo tanto das características da argamassa, como das características do substrato” (RECENA, 2008).

2.1.1 Resistência de aderência à tração

No Brasil, a resistência de aderência à tração é determinada através de método normalizado pela NBR 13528 (ABNT, 2010), onde uma pastilha de 50 mm de diâmetro é colada sobre uma seção de argamassa previamente cortada, sendo isolada do restante do revestimento até ultrapassar 5 mm do substrato sendo submetida, na sequência, a uma tensão de tração através de um equipamento mecânico ou hidráulico, registrando-se a tensão na qual ocorre a ruptura e a forma de ocorrência da ruptura. Os resultados obtidos devem ser comparados com os limites especificados na NBR 13749 (ABNT, 1996), que estabelece os limites aceitáveis de resistência de aderência à tração para revestimentos de camada única e emboço, conforme a tabela 1.

Tabela 1: limites de resistência de aderência à tração (Ra) para emboço e camada única (ABNT, 1996)

Local	Acabamento	Ra (MPa)
Parede	Interna Pintura ou base para reboco	≥0,20
	Cerâmica ou laminado	≥0,30
Parede	Externa Pintura ou base para reboco	≥0,30
	Cerâmica	≥0,30
Teto		≥0,20

Segundo Gonçalves (2004), é comum se observar um coeficiente de variação da ordem de 50% nos resultados dos ensaios de resistência de aderência à tração, não representando bem o desempenho do revestimento quanto à aderência. O autor ainda complementa que dentre os diversos fatores que podem contribuir para a variabilidade do ensaio de resistência de aderência à tração pode-se citar o fator humano, devido ao empirismo na execução das tarefas, o tipo de substrato, bem como o seu preparo, o tipo de argamassa utilizada e a granulometria do agregado. Além destes fatores, podem-se citar outros provenientes do método executivo que podem influenciar na resistência de aderência: tempo de mistura da argamassa (afetando o teor de ar incorporado), a altura de lançamento no substrato, o tempo de espera para o sarrafeamento, a existência de cura, etc. (GONÇALVES, 2004).

Além dos fatores decorrentes da execução do revestimento, listados anteriormente por Gonçalves (2004), existe ainda a variabilidade atribuída ao processo de execução do ensaio,

como por exemplo, a falta de verticalidade da serra copo no momento do corte, a aplicação não ortogonal da força de tração devido a falta de verticalidade do equipamento, a vibração causada pela furadeira no momento do corte, a elevada retração da cola utilizada para a colagem das pastilhas e o tipo de equipamento utilizado para a realização dos ensaios, entre outros.

Buscando a redução da variabilidade dos resultados obtidos, a antiga norma do ensaio de resistência de aderência à tração, NBR 13528/95, vigente até o ano de 2009, recentemente sofreu uma revisão. A norma de 1995 estabelecia uma amostragem de, pelo menos, seis corpos-de-prova para cada situação com mesmas características (tipo de preparo do substrato, argamassa de revestimento, tipo de cura e aplicação, entre outros) a ser analisada, sendo que, conforme a norma de requisitos, NBR 13749 (ABNT, 1996), desta amostragem pelo menos quatro valores de resistência devem ser iguais ou superiores aos estabelecidos em norma. Após sua revisão, a qual entrou em vigor no ano de 2010, ficou estabelecido que cada situação com mesmas características a ser analisada deverá ser composta por não menos de doze corpos-de-prova. Todavia, a NBR 13749 (ABNT, 1996) de requisitos de argamassas não sofreu semelhante revisão, permanecendo ainda o texto que estabelece que pelo menos quatro corpos-de-prova em seis devem apresentar resistências de aderência à tração compatíveis com o estabelecido em norma.

Neste contexto, enquanto não houver compatibilidade entre as normas, cabe ao profissional que irá realizar a referida análise estabelecer uma coerência entre as mesmas, fazendo com a que a amostragem caracterize de forma fiel o revestimento que está sendo analisado.

Cabe ainda salientar que além do aumento no número de corpos-de-prova, a nova NBR 13528 (ABNT, 2010) preconiza que devem ser coletadas amostras do revestimento antes da realização do ensaio de resistência à tração, já que a presença de umidade do revestimento no momento do ensaio influencia nos valores de aderência e nos coeficientes de variação.

Apesar da grande variabilidade e das discussões sobre sua eficiência, este ainda é um dos ensaios mais utilizados para a caracterização e controle de argamassas de revestimento quanto a sua resistência de aderência, além de ser o único ensaio normalizado pela ABNT, para a avaliação da resistência de aderência das argamassas de revestimento.

2.1.1.1 Formas de ruptura

Um dos resultados a ser analisado no ensaio de resistência de aderência à tração é a forma como ocorre a ruptura e em que camada ou interface a mesma ocorreu, sendo este um dado fundamental, já que identifica a camada ou interface de menor resistência do revestimento. Segundo a norma 13528 (ABNT, 2010) as rupturas podem acontecer de diferentes formas, conforme pode ser visualizada na figura 4:

- do tipo coesiva, quando ocorre no interior da argamassa ou da base;
- do tipo adesiva, ou seja, ocorre na interface argamassa/substrato;
- quando a porção mais fraca é a camada superficial do revestimento;
- quando houve um defeito de colagem, devendo este ensaio ser desprezado.

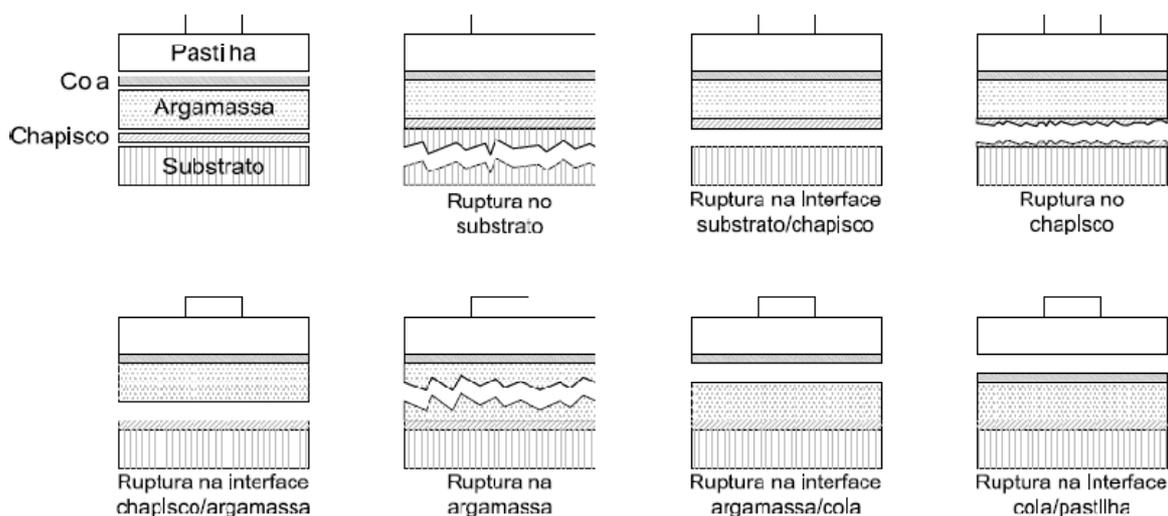


Figura 4: tipos de ruptura do ensaio de resistência de aderência (adaptado de ABNT, 2010)

Neste trabalho, devido à ausência de camada de chapisco, serão possíveis apenas rupturas no substrato, na interface substrato/argamassa, na argamassa, na interface argamassa/cola e na interface cola/pastilha. Ainda, devido a avaliação da resistência de todo o sistema, serão considerados válidos os resultados das rupturas na interface substrato/argamassa e na argamassa.

2.1.2 Resistência de aderência ao cisalhamento

O ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento não possui normalização no Brasil, sendo pouco utilizado neste país. No entanto, alguns trabalhos que utilizam o referido ensaio baseiam-se nas normas da RILEM, que propõe dois métodos para a medição da resistência de aderência ao cisalhamento, sendo eles a MR-14: “*Determination of the Bond of renderings by shear tests*” e a MR-20: “*Determination of the bond strenght of rendering by torsion test*”.

Verificam-se no meio técnico poucos trabalhos que realizam este ensaio, dentre os averiguados, pode-se citar Candia (1998) e Dubaj (2000). O estudo de Dubaj (2000) foi executado através da utilização de um torquímetro, baseado na norma RILEM MR-20. Já Candia (1998) desenvolveu um dispositivo para a realização do ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento direta, com a aplicação da força através de um braço de alavanca, o qual apresentou bom desempenho, segundo o autor.

Isto posto, apesar de existirem os dois métodos recomendados pela RILEM, não foram realizados estudos consistentes que permitam estabelecer alguns parâmetros como no caso dos ensaios de resistência de aderência à tração, tais como valores individuais e média das resistências (CANDIA, 1998).

3 SUBSTRATOS DE CONCRETO

Estudos a respeito da influência dos substratos no comportamento dos revestimentos de argamassas vêm sendo realizados por diversos pesquisadores. Um fator a ser considerado é que os substratos possuem diferentes características superficiais, as quais influenciam diretamente no comportamento quanto à resistência de aderência de revestimentos aplicados sobre eles. O substrato de concreto é menos absorvente do que o substrato de alvenaria, por exemplo, fator que influencia no tempo de sarrafeamento e desempenho (BAUER, 2005).

Microscopicamente o substrato de concreto constitui-se em uma superfície com uma série de irregularidades, sendo que o parâmetro de rugosidade a ser considerado em um estudo depende da profundidade máxima e do comprimento das irregularidades (ABU-TAIR et al., 2000).

O tipo de substrato utilizado exerce influência direta sobre a resistência de aderência à tração, bem como as propriedades da argamassa sobre ele aplicada e o seu teor de umidade. Em estudo realizado por Carasek e Djanikian (1997), onde foi examinada a influência de diferentes tipos de substratos na resistência de aderência à tração, verificou-se que as argamassas que obtiveram melhores resistências de aderência foram aquelas com maiores teores de cimento e os substratos que apresentaram melhores desempenhos foram os utilizados secos, sem pré-umedecimento. Rudit (2009) por sua vez, analisando mais de 2600 ensaios realizados pela CIENTEC- Fundação de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, obteve semelhante constatação. O autor verificou resistências de aderência significativamente inferiores nos revestimentos aplicados sobre substratos de concreto em relação ao substrato de alvenaria.

Outro estudo interessante neste contexto foi o realizado por Carasek e Cascudo (2007) em diversos canteiros de obras brasileiros, onde se constatou a presença de uma faixa de moderada a intensa fissuração acompanhada por descolamento em argamassas aplicadas sobre substratos de concreto, enquanto não foram constatados descolamentos importantes em revestimentos aplicados sobre alvenarias.

Neste sentido, observa-se o quão importante é o estudo da influência do substrato na resistência de aderência à tração dos revestimentos, com o intuito de melhorar a condição de ancoragem da argamassa à base de aplicação, levando-se em conta os materiais existentes

em cada região, sobretudo o material do substrato (SCARTEZINI e CARASEK, 2003). Ainda é importante considerar que, segundo Moreno Junior e Selmo (2007), a aderência é inicialmente determinada pela reologia da argamassa no estado fresco e pela porosidade do substrato que define a intensidade do fenômeno da capilaridade.

3.1 POROSIDADE DO SUBSTRATO

O estudo da porosidade dos substratos é essencial no que diz respeito à aderência das argamassas de revestimento a estes já que características peculiares dos substratos como o diâmetro, a estrutura, o volume e a distribuição dos poros influenciam diretamente no transporte de água da argamassa (BAUER, 2005). Desta forma, é importante um melhor conhecimento da composição da microestrutura dos substratos de concreto para que ocorra uma melhor compreensão do seu comportamento.

A microestrutura do concreto é composta pela pasta de cimento hidratada, pelos agregados e pela zona de transição na interface entre a pasta de cimento e o agregado. Esta é altamente heterogênea e complexa, já que varia conforme o tipo, a quantidade, a forma e a distribuição das suas fases (MEHTA e MONTEIRO 2008).

A zona de transição na interface é uma pequena região próxima às partículas de agregado graúdo formando uma zona geralmente mais fraca do que os outros dois componentes do concreto (agregado e pasta de cimento hidratada), quando a relação água/comento da mistura é mais elevada. A porosidade, forma e textura dos agregados afetam diretamente as propriedades do concreto, bem como a sua composição mineralógica, a presença de microfissuras e vazios. A pasta de cimento hidratada (pasta de cimento Portland) é composta por sólidos, vazios e água (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Os vazios presentes na pasta de cimento hidratado podem ser provenientes do espaço interlamelar no C-S-H (silicato de cálcio hidratado), dos vazios capilares e de bolhas de ar incorporado. Os vazios provenientes do espaço interlamelar do C-S-H estão situados na faixa de $0,001\mu\text{m}$ a $0,003\mu\text{m}$, tamanho que não exerce influência na resistência nem na permeabilidade do concreto. Os vazios capilares são os espaços irregulares quanto à forma não preenchidos pelos componentes sólidos da pasta de cimento hidratada, os quais podem variar seu tamanho de $0,01\mu\text{m}$ a $0,1\mu\text{m}$ dependendo da distância original entre as partículas do cimento anidro na pasta de cimento no estado fresco e o grau de hidratação do cimento (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Vazios capilares maiores, na ordem de 50nm (macroporos) têm maior influência na permeabilidade e na resistência, ao passo que os microporos (menores que 50nm) influenciam na retração por secagem e na fluência.

Neste sentido Kazmierczak, Brezezinski e Collatto (2007) afirmam que a distribuição de poros da base influencia fortemente na aderência da argamassa ao substrato, em função de sua grande influência na capacidade de absorção de água do substrato, ainda, a quantidade de poros com diâmetro superior a 50nm (macroporos) exerce grande influência na capacidade de absorção de água, uma vez que esses são os principais responsáveis pela permeabilidade da base. Os mesoporos (2 a 50 nm) e os microporos, por sua vez, estão relacionados com outras propriedades, como a retração e a fluência.

É consenso no meio técnico que há uma relação inversa entre a porosidade e a resistência dos sólidos. A quantidade de vazios capilares depende da quantidade de água adicionada à mistura e do grau de hidratação do cimento, desta forma, com o aumento do grau de hidratação do cimento e a redução da relação água/cimento se tem uma redução na porosidade capilar.

Conforme as considerações feitas anteriormente, pode-se sintetizar que quanto maior a resistência do concreto, menor será a sua porosidade capilar e conseqüentemente maior será a dificuldade de aderência dos revestimentos argamassados a este, devido principalmente à baixa absorção da pasta da argamassa pelos poros do substrato, dificultando que se desenvolva o intertravamento mecânico. O contrário também é válido, pois se a porosidade do concreto for muito elevada, a argamassa pode vir a perder a água necessária para que sejam completas as reações de hidratação do cimento para o substrato.

Neste contexto Seele (2010)⁶ afirma que materiais de construção, como o concreto de alto desempenho, com a maioria de seus poros constituídos por microporos, não tem nenhuma ou muito baixa capacidade de transporte de água para a formação de pontes de aderência. Este fato pode se agravar quando os substratos de concreto apresentam uma superfície hidrófuga, quando esta se encontra impregnada por desmoldante, por exemplo, impedindo a penetração da pasta aglomerante para o interior a camada superficial da base (CARASEK e CASCUDO, 2007). Desta forma, o ideal é que se obtenha um substrato com superfície hidrofílica, com boa molhabilidade, utilizado com uma argamassa compatível às suas propriedades (PRETTO, 2007).

A molhabilidade dos substratos irá depender tanto da composição química destes quanto da sua rugosidade, a qual altera o ângulo de contato, sendo que as interações entre a argamassa

44

⁶ SEELE, J. Apostila do curso de restauro em prédios históricos. Porto Alegre, 2010.

e o substrato devem ter as menores tensões superficiais possíveis bem como altas pressões capilares (PRETTO, 2007).

A absorção de água da argamassa pelo substrato ocorre logo que esta é aplicada sobre ele, momento em que os capilares da argamassa são superiores aos do substrato. Com a perda de água da argamassa para o substrato e o ambiente ocorre a retração da camada de argamassa concomitantemente a uma aceleração do processo de hidratação do cimento, gerando perda da trabalhabilidade e permitindo a sequencia de operações (corte e sarrafeamento) (BAUER, 2005).

Segundo Pretto (2007) faz-se necessário um estudo com base científica para se compreender a adesão e a relação desta com a rugosidade da superfície, assim, é importante estudar aspectos relacionados ao ângulo de contato relacionando-o com o comportamento das tensões superficiais e da energia de superfície dos materiais envolvidos.

A tensão superficial é uma medida direta das forças intermoleculares. A tensão nas camadas superficiais é resultado da atração de todo o material sobre a camada superficial e esta tende a reduzir o numero de moléculas na região, gerando um aumento na distância intermolecular (ROMERO, 2010).

As forças de atração mais comuns são as de Van der Waals, podendo estas serem atribuídas a forças de dispersão e forças polares. Quando um líquido entra em contato com um sólido aparecem forças opostas: por um lado o sólido tende a ser envolto por moléculas de líquido para diminuir a energia potencial das moléculas de sua superfície, por outro, o líquido tende a permanecer agrupado para diminuir sua superfície exterior. Somente quando a energia superficial do sólido é igual ou superior a tensão superficial do líquido é possível a desagregação do líquido na superfície do sólido, produzindo-se o molhamento (ROMERO, 2010).

Uma forma de se observar a molhabilidade de um substrato consiste no cálculo do ângulo de contato, sendo que se considera que um líquido molha um sólido quando o ângulo de contato é inferior a 90° . Este parâmetro se define como o ângulo que a superfície do sólido forma com a superfície do líquido na zona de contato entre ambas as fases. Então verifica-se que quanto maior o ângulo de contato menor é o molhamento da superfície (ROMERO, 2010).

A figura 5 representa o comportamento de molhabilidade nos diferentes substratos, nas três diferentes situações expostas por Quéré (2002):

- a) na situação “a” observa-se que uma gota de água molha uma superfície normal, formando um ângulo de contato interno pequeno;

- b) na situação “b” observa-se que se tem uma superfície muito hidrófuga, formando uma gota quase esférica em sua superfície, com um ângulo de contato interno bastante alto, não gerando molhamento;
- c) na situação “c” pode-se observar o comportamento de uma gota de água sobre uma superfície com irregularidades. Nesta situação, se tem uma superfície revestida com repelente à água e os espaços entre as irregularidades, preenchidos com ar. Este comportamento é chamado de “regime de Fakir”, onde a gota de água encontra-se com um ângulo de contato aparente maior do que 150° (comportamento comum em superfícies muito hidrófugas). Caso a altura das irregularidades fosse menor, reduz-se o ângulo de contato, pois o ar não ficará mais preso abaixo da gota.

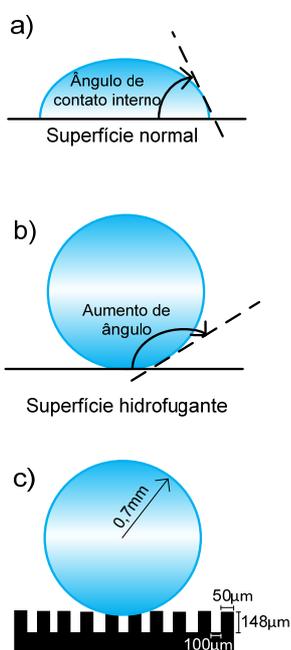


Figura 5: comportamento das diferentes superfícies quanto à molhabilidade (adaptado de QUÉRÉ, 2002)

Neste sentido, Moreno Junior e Selmo (2007) afirmam que quanto menor for o valor de tensão superficial e a viscosidade de uma pasta aglomerante, maior será sua capacidade de molhar o substrato, fato que reduz o ângulo de contato entre as superfícies, aumenta o contato físico e implementa a adesão e a extensão de aderência entre a argamassa e o concreto. Estas forças estão diretamente ligadas à reologia da argamassa e à porosidade do substrato.

O ângulo de contato pode variar conforme a massa de líquido depositada sobre a superfície de um sólido e suas propriedades reológicas, bem como a rugosidade de um substrato pode ocasionar erros na medida deste (ROMERO, 2010).

A composição das argamassas de revestimento influencia diretamente no ângulo de contato destas com o substrato e conseqüentemente no molhamento da superfície. Este é um assunto bastante complexo e importante para o entendimento do mecanismo de aderência das argamassas ao substrato e principalmente na formação da extensão de aderência.

3.2 RUGOSIDADE

A rugosidade é o conjunto de irregularidades, ou seja, pequenas saliências e reentrâncias que caracterizam uma superfície (ALVES, 2002).

Tanto em aplicações industriais como na vida cotidiana, conhecer o grau de rugosidade das superfícies é importante, já que em algumas ocasiões é desejável se ter uma rugosidade alta e em outras esta condição é indesejável, principalmente quando se busca o brilho, melhor aparência e redução do atrito de uma superfície ao entrar em contato com a outra, reduzindo o desgaste e a corrosão e erosão dos materiais (RIVERA e MELO, 2001).

Segundo Rosa (2007), do ponto de vista da engenharia mecânica, por mais perfeitas que sejam as superfícies apresentam irregularidades, sendo estas compostas por dois tipos de rugosidades: macrogeométricas e microgeométricas.

As rugosidades macrogeométricas são irregularidades, verificadas por meio de instrumentos convencionais de medição, como micrômetros, relógios comparadores, projetores de perfil, entre outros. Nestas irregularidades estão incluídas divergências de ondulações, ovalização, retilidade, planicidade, circularidade, etc. (ALVES, 2002).

Estas irregularidades superficiais, em materiais cimentícios, podem ser geradas pela fôrma, pela vibração e conseqüente migração de bolhas de ar para a superfície em concretos, e pelo desempenho em argamassas, deformações durante a cura, entre outros (PRETTO, 2007).

A figura 6 apresenta a diferença entre rugosidade, ondulação e variação de forma, segundo Rosa (2007).

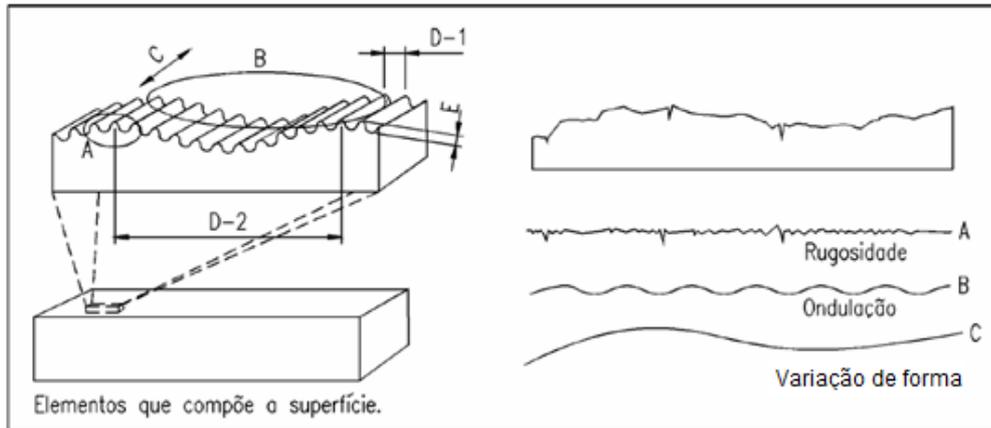
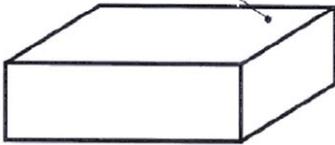
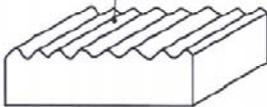
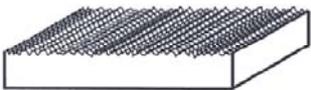
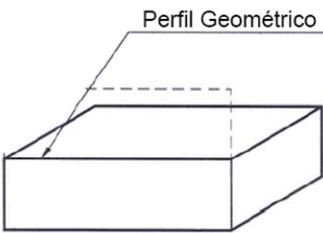
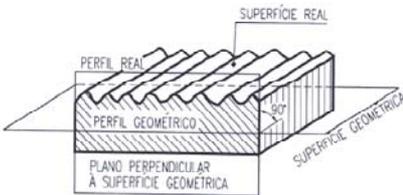


Figura 6: elementos que compõem uma superfície (adaptado de ROSA, 2007)

É importante ressaltar que existem três tipos de superfícies: a superfície geométrica, a superfície real e a superfície efetiva, as quais geram os seus perfis (planos perpendiculares a elas) correspondentes (tabela 2).

Tabela 2: tipos de superfícies (Adaptado de ALVES, 2002)

Superfície geométrica	Superfície Real	Superfície efetiva
Superfície ideal prescrita no projeto, na qual não existem erros de forma e acabamento. Na realidade isto não existe, trata-se apenas de uma definição.	Superfície que limita o corpo e o separa do meio que o envolve. Superfície que podemos ver e tocar.	Superfície avaliada pela técnica de medição, com forma aproximada da superfície real de uma peça. É a superfície apresentada e analisada pelo aparelho de medição
<p>Superfície Geométrica</p> 	<p>Superfície Real</p> 	
<p>Perfil Geométrico</p> 	<p>PERFIL REAL</p> <p>SUPERFÍCIE REAL</p> <p>PERFIL GEOMÉTRICO</p> <p>PLANO PERPENDICULAR A SUPERFÍCIE GEOMÉTRICA</p> <p>SUPERFÍCIE GEOMÉTRICA</p> 	<p>Perfil efetivo</p> 

Conforme se observa na tabela 2, a superfície geométrica considerada ideal é algo inexistente, pois como já mencionado anteriormente, toda a superfície é composta por pequenas irregularidades superficiais. Esta pode ser correlacionada àquela especificada em projeto. Por

mais precisos que sejam os equipamentos de medição, o levantamento da rugosidade superficial real não será expresso com total fidelidade, gerando uma superfície efetiva, ou perfil efetivo. Este fato também foi citado por Silva (2002) que atribui à diferença dos perfis efetivos aos perfis reais ao sistema de medição de rugosidade utilizado. A figura 7, de Bet (1999)⁷, citado por Silva (2002) representa a dificuldade de representação deste perfil efetivo dependendo do ângulo da agulha do apalpador utilizado.

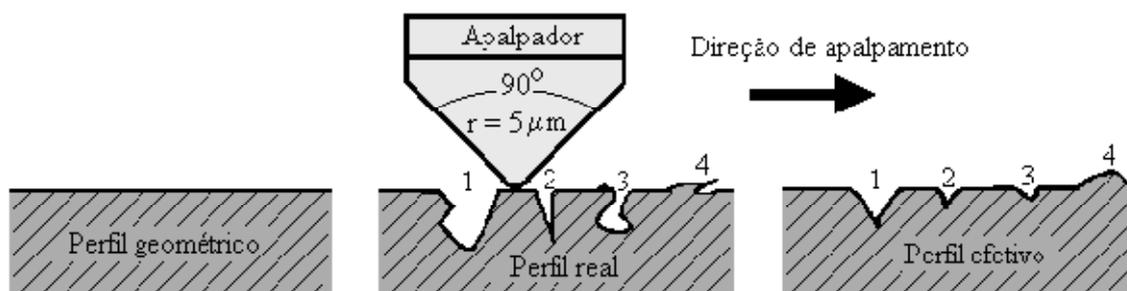


Figura 7: influência do apalpador no perfil efetivo de rugosidade (BET, 1999 apud SILVA, 2002)

Ao se realizar a medição da rugosidade, o equipamento tende a mostrar o perfil composto da rugosidade e das ondulações, conforme a figura 8 (PALMA, 2006). Para uma adequada medição da rugosidade esta deve ser separada das ondulações e desvios através de uma filtragem. Esta filtragem é realizada através do *cutoff*, ou comprimento de onda, determinando o que deve ou não passar através da frequência emitida, por exemplo: o sinal da rugosidade apresenta altas frequências (pequenos comprimentos de onda) enquanto as ondulações e demais desvios de forma apresentam baixas frequências (altos comprimentos de onda). Desta forma, equipamentos como o rugosímetro, deixam passar sinais de altas frequências e eliminam os sinais de baixas frequências (PALMA, 2006).

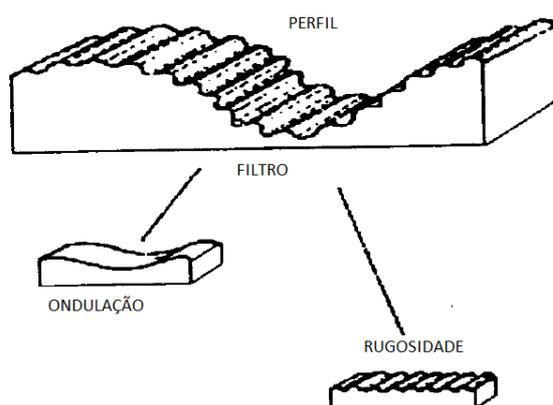


Figura 8: perfis de rugosidade (PALMA, 2006)

No presente trabalho considerou-se como sendo rugosidade a estampa superficial gerada pela utilização de moldes pré-determinados, formando depressões na superfície do substrato de concreto utilizado. Tomou-se a decisão, por este ser um termo já bastante difundido no meio técnico da construção civil para definir variações de forma da superfície dos substratos, visando aumentar sua área potencial quando aplicado o revestimento sobre eles.

3.2.1 Métodos para medição de rugosidade

Existem diferentes métodos para a medição da rugosidade superficial de concretos, principalmente pavimentos, porém nenhum deles é aceito como padrão. Desta forma, diferentes organizações utilizam diferentes métodos (ABU-TAIR et al., 2000).

De acordo com o *American National Standards Institute* (ANSI), os métodos para mensuração da rugosidade e textura superficial podem ser classificados em três tipos: métodos de contato, tunelamentos e métodos ópticos (sem contato) (MAERZ et al., 2001).

Os métodos de contato incluem perfilômetros ou rugosímetros do tipo caneta, testes táteis, medição de atrito cinético, medições com esferas rotativas, microscópios de força atômica, entre outros (MAERZ et al., 2001; RIVERA; MELO, 2001). Já o tunelamento consiste em cortar a superfície em um pequeno ângulo, amplificando assim as alturas das asperezas.

Os equipamentos sem contato são, em geral, ópticos sendo que os microscópios de força atômica podem também ser operados sem contato. Estes equipamentos baseiam-se nas mudanças da aproximação da luz monocromática que correspondem a diferenças de altura na superfície, ainda, alguns equipamentos ópticos aproveitam o fenômeno da interferência, chamados de interferômetros (RIVERA e MELO, 2001). Alguns exemplos de equipamentos sem contato são o comparador óptico, microscópios ópticos e eletrônicos, perfilômetros a laser, entre outros (MAERZ et al., 2001).

Quanto ao método mais adequado para caracterizar a rugosidade de superfícies de concreto Maerz et al. (2001) indicam a perfilometria a laser, já que está é um método capaz de medir as diferenças de rugosidade. Porém em superfícies de concreto tratadas com jateamento manual, por exemplo, por serem muito heterogêneas, haveria a necessidade de medições em múltiplos pontos para sua ideal caracterização.

González (1987)⁸ afirma que existem diversos recursos para medição das rugosidades, sendo estes divididos em três grupos (SIQUEIRA et al., 2003):

- a) placas graduadas para comparação visual;

50

⁸ GONZÁLEZ, R. V. B. Rugosidade superficial. Joinville. 1987.

- b) aparelhos de leitura de parâmetros: sistemas eletrônicos que contém uma agulha de diamante que entra em contato com a superfície da peça;
- c) aparelhos que fornecem leituras e gráficos: aparelhos eletrônicos com unidades de registro gráfico acopladas que fornecem a curva de rugosidade ou o perfil efetivo.

Silva (2006) afirma que o método de medição da rugosidade deve ser escolhido dependendo da sua faixa de operação da medição, e apresenta em seu trabalho a figura 9 que demonstra a relação entre o método a ser utilizado dependendo desta faixa.

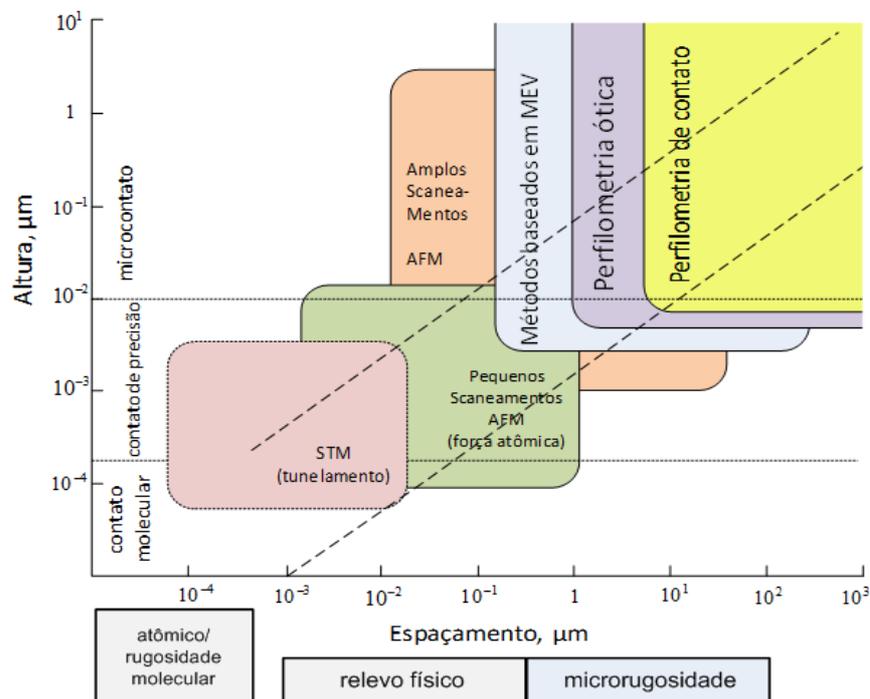


Figura 9: principais métodos de medição de rugosidade e suas faixas de operação (adaptado de MYSHKIN, 1998 apud SILVA, 2006)

Ainda, segundo Rivera e Melo (2001), o rugosímetro (ou perfilômetro) é o equipamento mais utilizado na indústria em geral para medir a rugosidade de componentes de engenharia. Segundo os autores, seu princípio de operação é simples: uma fina ponta em contato com a superfície a ser analisada realiza uma varredura controlada em linha reta e as variações de altura se convertem em sinais elétricos que são registrados ou graficados. É possível construir imagens 3D com varreduras sucessivas, técnica chamada de “Microscopia Mecânica de Varredura”.

Outra técnica bastante precisa é a digitalização tridimensional, que é utilizada para captar imagens e dados em 3D com grande precisão, através de ferramentas computacionais (SILVA, 2006). Esta pode ser realizada em equipamentos com contato e sem contato, sendo que foi

utilizada para caracterização de rugosidades de superfícies no trabalho de Pretto (2007) com sucesso.

Os sistemas de contato são bastante úteis para formas simples onde apenas poucos pontos são necessários, são mais lentos e não podem ser utilizados em superfícies que se deformem com o contato (SILVA, 2006).

Quanto ao sistema sem contato, pode-se citar alguns deles: triangulação por laser, triangulação por cores, fotogrametria por conjuntos de câmeras CCD, fotogrametria por fotografias digitalizadas, radar a laser, tomografia, tunelamento, luz infravermelha com CCD linear e sensor conoscópico a laser (SILVA, 2006).

A digitalização tridimensional a laser tem como vantagens ser mais precisa e rápida do que os sistemas com contato, porém depende de algumas características do objeto que está sendo digitalizado, como a opacidade e a cor. Além disso, devido a não existência de contato com o objeto a ser digitalizado, é adequada sua utilização em objetos com grande quantidade de detalhes, independente da sua dureza (SILVA, 2006).

O scanner tridimensional a laser foi utilizado nesta pesquisa para caracterização e avaliação da área de contato potencial do substrato, bem como da área de contato real entre a argamassa e o substrato. Esta decisão foi tomada devido às diversas possibilidades de caracterização e análise proporcionadas por este equipamento, sendo estas inovadoras na área, bem como pelo bom desempenho apresentado por este na pesquisa realizada por Pretto (2007) para a caracterização da rugosidade de substratos.

4 ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

O revestimento de argamassa pode ser definido como “o cobrimento de uma superfície com uma ou mais camadas sobrepostas aptas a receber acabamento decorativo ou constituir-se em acabamento final” (ABNT, 1995).

Seu uso surgiu com o início do processo de urbanização das cidades devido ao interesse de se proteger a edificação com uma “pele”. Os primeiros estudos sobre aderência de argamassas ao substrato surgiram na década de 30, sendo que apenas na década de 90 houve uma expansão nos estudos sobre o tema (GONÇALVES, 2004).

A NBR 13529 (ABNT, 1995) determina que o revestimento pode ser constituído por camada única, ou seja, um único tipo de argamassa aplicado sobre o substrato a ser revestido ou em duas camadas, onde o revestimento é constituído por argamassa de emboço e reboco. Nessa perspectiva, o chapisco não é considerado uma camada do revestimento, mas um tratamento superficial do substrato.

Neste capítulo, serão abordadas algumas propriedades e materiais que influenciam no desempenho destes revestimentos no estado fresco e conseqüentemente também no estado endurecido.

4.1 REOLOGIA

A reologia é um dos parâmetros das argamassas que vêm sendo largamente estudado. Segundo Cincotto e Rago (1995) ela está relacionada com a deformação dos materiais, podendo-se correlacionar as propriedades do material com seu comportamento em situações práticas.

Bauer (2005) conceitua reologia como sendo “a ciência que estuda deformação e escoamento da matéria”. Esta propriedade estuda os materiais compreendidos entre sólidos elásticos, que obedecem à lei de Hooke e os fluidos Newtonianos. Os sólidos elásticos sofrem deformações proporcionais às aplicadas; já um fluido Newtoniano, em condições semelhantes, deforma-se com uma velocidade que aumenta com o aumento da intensidade da força (CINCOTTO e RAGO, 1995).

A argamassa no estado fresco é constituída por suspensões reativas, as quais têm sua consistência modificada ao longo do tempo, sobretudo pela atuação do cimento. O estudo reológico destas é bastante complexo devido a sua natureza multifásica, com a presença de aglomerantes, agregados, bolhas de ar e adições minerais (ANTUNES, 2005).

Os principais modelos reológicos utilizados para interpretar o comportamento de argamassas no estado fresco são o Newtoniano e o Não Newtoniano. Materiais com comportamento Newtoniano, como descrito anteriormente, exibem uma relação linear entre tensão e a taxa de cisalhamento, estes apresentam viscosidade constante a uma dada temperatura e pressão. Nos materiais não Newtonianos a viscosidade não é constante e depende da taxa de cisalhamento aplicada a uma dada temperatura e pressão, como por exemplo: pseudoplásticos, dilatantes e viscoplásticos ou fluidos de Bingham (BAUER, 2005).

Há um grande número de trabalhos publicados que sugerem que a pasta de cimento apresenta um comportamento próximo a um fluido de Bingham, o qual pertence à classe dos fluidos não Newtonianos que são não dependentes do tempo, porém, ressalta-se que esta pode apresentar comportamento que varia desde um fluido Newtoniano viscoso até um sólido pseudoplástico (CINCOTTO e RAGO, 1995). Bauer (2005) justifica estas investigações pelo fato de que o Fluido de Bingham incorpora um segundo fator, além da viscosidade, em sua equação; a tensão de escoamento (equação 1). Esta representa a tensão necessária a ser aplicada a um determinado material para que o escoamento inicie (BAUER, 2005).

$$\tau = \tau_0 + \eta_p \dot{\gamma} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

τ = Tensão de cisalhamento;

$\dot{\gamma}$ = Taxa de cisalhamento;

η_p = Viscosidade plástica.

Betioli (2007) define como viscosidade a relação diretamente proporcional entre a taxa de cisalhamento e a tensão de cisalhamento, considerando duas placas paralelas de área “A”, uma estacionária e outra em movimento, e entre elas um fluido, para manter a placa móvel com velocidade constante. A autora ainda complementa dizendo que “do ponto de vista físico, a viscosidade é uma medida de resistência ao fluxo, podendo ser compreendida como o atrito interno do sistema” (BETIOLI, 2007).

As propriedades no estado fresco que influenciam diretamente na reologia das argamassas são: coesão ou estruturação interna, tixotropia, plasticidade, consistência e trabalhabilidade

(DO Ó, 2004), sendo que seu estudo é essencial já que sem propriedades satisfatórias no estado fresco é pouco provável que as propriedades desejadas no estado endurecido sejam alcançadas (BANFILL, 2003). A tabela 3 apresenta o conceito de cada uma destas propriedades que influenciam no comportamento das argamassas no estado fresco.

Tabela 3: propriedades que influenciam na reologia de argamassas

Propriedade	Conceito
Coesão	Propriedade da argamassa em manter seus constituintes homogêneos, sem segregação
Tixotropia	Variação da consistência de uma argamassa em pasta, por ação de um movimento ou força de agitação*
Plasticidade	Propriedade que permite que a argamassa deforme-se e absorva certas deformações após a redução das tensões que lhe foram impostas
Consistência	Fluidez de uma argamassa fresca (EM 1015-3 e EM 12706)*
Trabalhabilidade	Conjunto de propriedades de aplicação de uma argamassa que caracterizam sua adequação ao uso (EM 1025-9)*

*Fonte: European Mortar Industry Association, 2001

Antunes (2005) afirma que são diversos os constituintes que agem sobre o comportamento reológico das argamassas, como a matriz (constituída pelas partículas inferiores a 100 μm), os agregados (constituídos por partículas maiores), a interação com a água de amassamento, a utilização de aditivos que interferem nas forças intrínsecas do sistema e as forças extrínsecas provenientes do processo construtivo.

Neste sentido, a principal propriedade quando se fala em reologia das argamassas é a trabalhabilidade, sendo esta o resultado visível das características de plasticidade, coesão, consistência, viscosidade, adesão e densidade (YOSHIDA, BARROS e BOTURA, 1995).

A trabalhabilidade pode ser entendida como a “maior ou menor facilidade de dispor a argamassa em sua posição final, cumprindo adequadamente sua finalidade, sem comprometer o bom andamento da tarefa em termos de rendimento e uso” (RECENA, 2008). Na prática, ela interfere diretamente no trabalho do operário, na aderência da argamassa ao substrato (uma argamassa de boa trabalhabilidade proporciona maior contato entre substrato e a argamassa, melhorando as condições de extensão de aderência) e nas propriedades da argamassa no estado endurecido, podendo alterar-se completamente em função da relação água/aglomerante, da relação aglomerante/areia, da granulometria do agregado e da natureza e qualidade do aglomerante (YOSHIDA, BARROS e BOTTURA, 1995).

Do Ó (2004) e Bauer (2005) afirmam que a consistência e a plasticidade são as propriedades reológicas básicas em termos de trabalhabilidade das argamassas, desta forma, estas devem ser avaliadas de forma sinérgica, pois atuam e influenciam diretamente na trabalhabilidade. Por

outro lado, Recena (2008) afirma que se pode entender trabalhabilidade como sendo a interação entre consistência e coesão.

Recena (2008) contribui dizendo que a alteração da trabalhabilidade de uma argamassa pode se dar pela adição de água na mistura, desde que haja uma quantidade adequada de finos, preferencialmente aglomerantes, para absorvê-la, garantindo uma adequada coesão e estabilidade de volume, necessárias para a ocorrência de uma aderência instantânea sem segregação. O excesso de água acarretará em uma perda de coesão, tornando a argamassa mais fluida e menos trabalhável.

Existem algumas formas de melhorar a trabalhabilidade das argamassas sem a necessidade do uso excessivo de água, e, portanto sem prejudicar suas propriedades mecânicas. Uma delas é o uso de aditivos incorporadores de ar, os quais influenciam positivamente na trabalhabilidade, isso porque servem de “lubrificante” entre os grãos sólidos (YOSHIDA e BARROS, 1995).

Sendo assim, em um contexto prático o que se espera de uma argamassa de revestimento é que, ao mesmo tempo, tenha viscosidade suficiente para permitir manuseio e aplicação pelo operário ao substrato e apresente tensão limite de escoamento tal que, após a aplicação, permaneça em contato com o substrato sem descolar ou escorregar sob a ação de seu peso próprio (BAUER, 2005).

As diversas propriedades que caracterizam a reologia das argamassas influenciam diretamente no mecanismo de aderência, uma vez que, por exemplo, sua trabalhabilidade é determinante quanto à facilidade de espalhamento da argamassa e conseqüentemente o incremento na extensão de aderência (MARANHÃO et al., 2003). John (2003) contribui afirmando que a reologia afeta a aderência da argamassa, pois são as deformações visco-plásticas no momento do lançamento contra o substrato que permitem a liberação ou não do ar incorporado entre as camadas de base e revestimento. Além disso, o teor de água de amassamento pode determinar uma argamassa de reologia muito fluida, fato que pode eliminar o teor de ar incorporado para determinada energia de aplicação, porém pode resultar em poros pela evaporação de água, afetando a resistência mecânica (JOHN, 2003).

Betioli (2007) salienta que devido à complexidade dos fenômenos reológicos e às diferentes solicitações as quais os materiais cimentícios são submetidos, a sua caracterização reológica requer uma associação de técnicas complementares, por exemplo, as argamassas colantes sofrem um cisalhamento durante a aplicação, necessitando de ensaios de fluxo para simular esta situação.

4.1.1 Ensaios de caracterização reológica

Os testes utilizados para a caracterização das argamassas no estado fresco geralmente se correlacionam com um dos parâmetros reológicos. Existem diversos ensaios que vêm sendo utilizados para a caracterização reológica de argamassas, sendo que os mais utilizados têm sido o ensaio de penetração de cone, o ensaio K-Slump e o Vane test (ou ensaio de palheta), que controlam a tensão de escoamento, e os ensaios de mesa de consistência e cone de escoamento que controlam a viscosidade (BAUER, 2005), além da reometria rotacional (ensaio de fluxo e oscilatório), a técnica *creeprecovery* e os ensaios tradicionais como o mini-slump (BETIOLI, 2007) e o ensaio de *dropping-ball*.

A mesa de consistência é um ensaio bastante utilizado pela sua facilidade e agilidade de execução. No Brasil este ensaio é normalizado segundo a NBR 7215 (ABNT 1996), sendo que o método consiste no espalhamento horizontal de uma argamassa moldada em cone padrão ao ser submetida a sucessivos impactos após a retirada do cone (figura 10). Este é bastante criticado no meio técnico, principalmente devido a sua medição ser pontual, com valores de índice de consistência e não valores de parâmetros reológicos usualmente analisados.

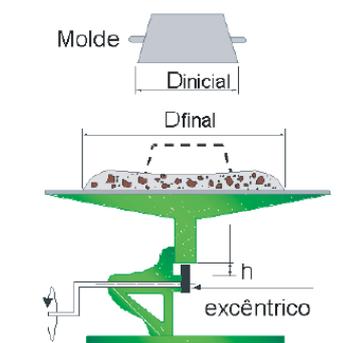


Figura 10: representação esquemática da mesa de consistência (CARDOSO, 2009)

A reometria rotacional é um ensaio realizado com a utilização de reômetros, os quais avaliam propriedades reológicas de fluidos, suspensões, argamassas e concretos. O método fornece os dois parâmetros fundamentais para a descrição do comportamento reológico de argamassas, a viscosidade e a tensão de escoamento (BAUER, 2005). Segundo Cardoso (2009) seus princípios básicos de funcionamento são a aplicação de um torque ao fluido ou suspensão e medida do cisalhamento resultante e o controle do cisalhamento aplicado, avaliando-se o torque necessário para tal. A figura 11 apresenta alguns modelos de reômetros utilizados na caracterização de argamassas.

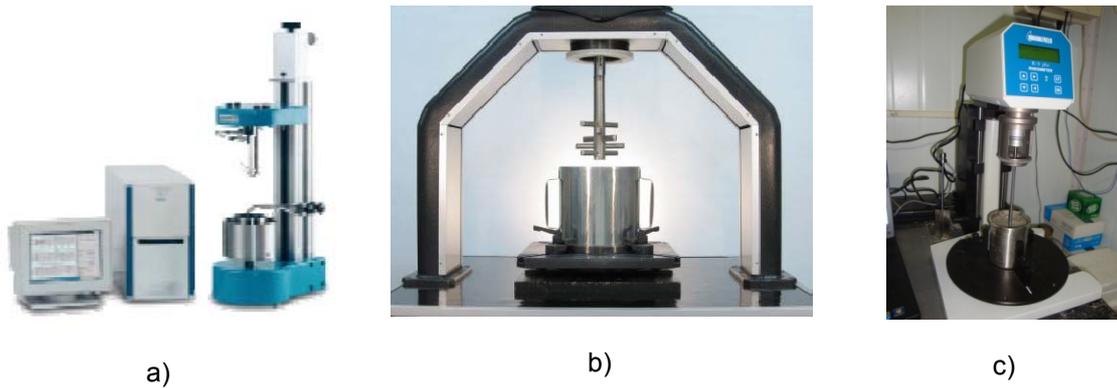


Figura 11: exemplos de reômetros utilizados para argamassas. a) reômetro Viskomat, b) reômetro utilizado por PILEGGI et al. (2010), c) reômetro Brookfield

Nos últimos anos diversos autores (SILVA, 2006; COSTA, 2006; CARDOSO, 2009) vêm utilizando o método do squeeze flow para a caracterização reológica de argamassas e pastas. Este se baseia na medida do esforço necessário para a compressão uniaxial de uma amostra cilíndrica do material entre duas placas paralelas gerando deformações por cisalhamento e alongação da mesma, conforme mostra a figura 12 (CARDOSO; PILEGGI; JOHN, 2005)

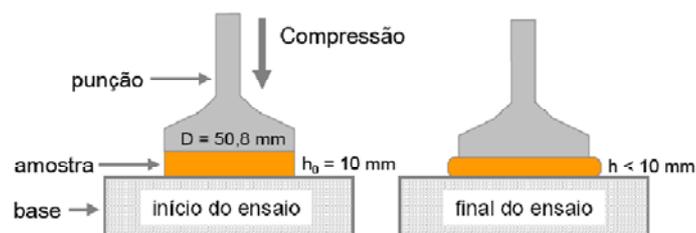


Figura 12: ensaio squeeze-flow (CARDOSO; PILEGGI; JOHN, 2005)

Este ensaio foi normalizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas no ano de 2010, resultando na NBR 15839 (ABNT, 2010).

Os seus resultados são expressos na forma de um gráfico de carga (N) versus deslocamento (mm), sendo que este, segundo Cardoso et al. (2005), apresenta uma curva com três regiões bem distintas, conforme mostra a figura 13. Segundo os autores, o estágio I trata-se de um pequeno deslocamento que mostra a deformação elástica do material, o estágio II trata-se de um deslocamento intermediário mostrando a deformação plástica ou fluxo viscoso e o estágio III trata-se de um grande deslocamento e enrijecimento por deformação, influenciado pela aproximação dos agregados e o atrito formado pelos mesmos.

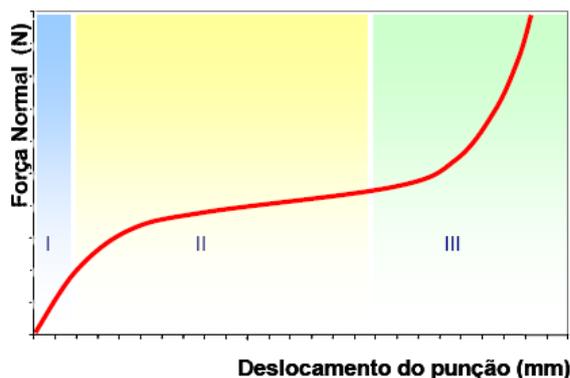


Figura 13: perfil típico de carga versus deslocamento do ensaio de Squeeze flow (Cardoso et al., 2005)

Neste trabalho a caracterização reológica das argamassas será realizada através dos ensaios de mesa de consistência e squeeze flow. A escolha dos métodos se deu pela disponibilidade dos referidos equipamentos e por acreditar-se que com a análise dos resultados fornecidos pelos mesmos será possível uma adequada caracterização das diferentes argamassas utilizadas.

4.2 INFLUÊNCIA DOS MATERIAIS CONSTITUINTES

Os materiais constituintes das argamassas de revestimento influenciam diretamente no seu comportamento nos estados fresco e endurecido, sendo que a escolha destes se dá conforme o uso que se pretende dar à argamassa produzida. Atualmente, diversos novos produtos, tais como aditivos, adições, argamassas especiais, fibras, entre outros, vêm surgindo no mercado, fazendo com que a escolha, de forma empírica, de qual produto utilizar venha sendo cada vez menos eficaz, exigindo mais especificações e conhecimento por parte do profissional da construção civil.

O cimento Portland é o componente mais ativo quimicamente da argamassa e o mais empregado em produção das argamassas de revestimento no Brasil, sendo que a escolha do seu tipo depende do uso que se pretende dar à argamassa (BAUER, 2005). Atualmente, são poucas as pesquisas que abordam a influência do tipo de cimento utilizado em argamassas, no entanto, é sabido que as propriedades de cada tipo de cimento podem ser determinantes no desempenho destas, no estado fresco e endurecido (BAUER, 2005).

O teor de cimento influencia diretamente nas propriedades mecânicas das argamassas, já que estas aumentam proporcionalmente à quantidade de cimento adicionada à mistura. Porém, deve-se estar atento, pois o alto consumo de cimento incrementa o módulo de elasticidade deixando-as mais rígidas, ou seja, com menos capacidade de deformar-se sem ruptura, gerando um maior risco de fissuração (BAUER, 2005).

A finura dos componentes é uma propriedade que influencia diretamente na reatividade e na velocidade das reações químicas ocorridas durante a pega e o endurecimento. Cimentos mais finos desenvolvem maiores resistências mecânicas nas primeiras idades, por outro lado a velocidade de desprendimento do calor de hidratação, o teor de água para uma mesma trabalhabilidade, a retração e/ou risco de fissuração estão também diretamente relacionados à finura (BAUER, 2005). A consequência disso é uma maior necessidade de água para manter esta trabalhabilidade (YOUNG et al., 1998).

A adição de partículas finas para a interface argamassa/substrato, enquanto a argamassa ainda está fluída é extremamente importante no desenvolvimento da aderência (CEMENT & CONCRETE ASSOCIATION OF AUSTRALIA, 2001). Ainda, o volume de finos na argamassa promove trabalhabilidade e coesão, resultando em uma maior adesão na interface argamassa/substrato (CEMENT & CONCRETE ASSOCIATION OF AUSTRALIA, 2001). Neste sentido, a adição de cal, por sua finura, pode contribuir muito para as propriedades no estado fresco da argamassa, além de ser um material aglomerante.

As cales são aglomerantes que desenvolvem seu endurecimento através da sua transformação em carbonato de cálcio pela fixação do gás carbônico presente no ar. As mais empregadas na construção civil são a cal virgem (extinta em obra) e a cal hidratada (BAUER, 2005), sendo que hoje em dia a cal virgem tem sido raramente utilizada.

Carasek, Cascudo e Scartezini (2001) complementam dizendo que as cales podem ser classificadas, segundo a sua classificação química, em: cálcica (teor de $\text{CaO} \geq 90\%$, em relação aos óxidos totais), magnésiana ($65\% < \text{CaO} < 90\%$) e dolomítica ($\leq 65\% \text{ CaO}$). Os autores afirmam que diversos estudos indicam que há uma relação direta entre a proporção de hidróxido de magnésio presente na cal e a resistência de aderência, sendo que tal fato pode estar relacionado com as diferenças microestruturais observadas nas diferentes cales.

O conhecimento do papel da cal, um dos mais tradicionais aglomerantes utilizados nas argamassas, ainda é predominantemente empírico (JOHN, 2003). O mesmo autor afirma que, devido a sua finura, possui importantes propriedades plastificantes e de retenção de água, fato que acarreta uma melhora da reologia (ou trabalhabilidade) comprovada por vários métodos de ensaio de base empírica e também pelos artesãos. Esta maior trabalhabilidade pode ser explicada pelo fato de a cal propiciar uma maior coesão entre as partículas sólidas (CINCOTTO e RAGO, 1995).

Devido às propriedades acima citadas pode-se afirmar que, as argamassas com cal proporcionam uma maior extensão de aderência, preenchendo mais facilmente a superfície do substrato (CARASEK, CASCUDO e SCARTEZINI, 2001).

Uma argamassa deve possuir capacidade de reter água necessária para molhar a superfície dos grãos e do aglomerante. Assim, sua capacidade de retenção de água está relacionada com a superfície específica dos seus constituintes, nesse sentido, a cal é bastante recomendada, devido, além de sua elevada superfície específica, à sua alta capacidade adsortiva. A capacidade de retenção de água pode ser também obtida com o uso de aditivos (derivados da celulose) (YOSHIDA, BARROS e BOTTURA, 1995).

Por sua vez, a durabilidade da aderência é proporcionada pelo restabelecimento ou reconstituição autógena, a qual é caracterizada pela habilidade da cal em evitar fissuras e preencher vazios, o que é conseguido através da reação de carbonatação que se processa ao longo do tempo (CARASEK, CASCUDO e SCARTEZINI, 2001).

No estudo de Carasek e Djanikian (1997) verificou-se que a presença de cal nas argamassas em comparação a outras, de cimento e areia, houve um aumento significativo na extensão de aderência desta ao substrato. Tal fato pode ser explicado pela melhora na trabalhabilidade da argamassa com cal, permitindo maior penetração nas reentrâncias do substrato.

A adição de cal em argamassas diminui a tensão superficial contribuindo para uma melhor molhagem dos agregados e do substrato e dando mais plasticidade ao material, influenciando positivamente na trabalhabilidade da argamassa (GONÇALVES, 2004).

O agregado miúdo é definido como o “esqueleto” dos sistemas de revestimento argamassados, influenciando diretamente em propriedades como retração, módulo de deformação, entre outras (BAUER, 2005).

Nas argamassas podem ser utilizados agregados naturais e artificiais, sendo os primeiros provenientes de rios e cavas e os segundos provenientes da britagem de rochas (BAUER, 2005). É de grande importância se conhecer as características do agregado a ser utilizado, principalmente no que diz respeito à sua granulometria e a presença de matéria orgânica, já que estes fatores podem colaborar na ocorrência de manifestações patológicas.

Dependendo da granulometria do agregado utilizado as argamassas são classificadas em finas, médias ou grossas. Antigamente utilizavam-se argamassas grossas em camadas de emboço e as mais finas para o reboco, porém, com o passar do tempo, passou-se a confeccionar argamassas de revestimento com apenas uma camada, utilizando-se para esta uma areia com granulometria contínua através da mistura da areia fina com a areia grossa (RECENA, 2007).

Atualmente, utilizam-se largamente areias finas na confecção de argamassas em função do melhor acabamento que esta proporciona, porém, esta prática compromete a resistência mecânica, inclusive a resistência de aderência, além da estabilidade de volume destas

(RECENA, 2007) devido ao alto índice de inchamento, consenso na literatura, de grãos mais finos.

A adição de aditivos incorporadores de ar se dá buscando-se conferir às argamassas plasticidade, rendimento, capacidade de absorver deformações e reduzir fissuração. O aumento de viscosidade causado pelo aditivo incorporador de ar nas argamassas resulta em argamassas que suportam mais agregados, lubrificando-os e facilitando seu deslocamento relativo. Ao mesmo tempo, as bolhas de ar geradas auxiliam na lubrificação dos agregados (ANTUNES, 2005).

5 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Uma pesquisa experimental é caracterizada por manipular diretamente as variáveis relacionadas ao objeto de estudo, sendo que a relação entre a causa e o efeito de um fenômeno ocorre pela manipulação destas variáveis através da criação de situações de controle (CERVO e BERVIAN, 2002).

Por sua vez, Yin (2005) destaca que se realiza uma pesquisa experimental em campo ou em laboratório quando o comportamento pode ser manipulado pelo pesquisador de forma direta, precisa e sistemática.

Desta forma, esta pesquisa experimental foi estruturada buscando contribuir para o entendimento do fenômeno da aderência de argamassas de revestimento a substratos de concreto, especificamente com relação ao comportamento de argamassas com diferentes comportamentos reológicos, ao serem aplicadas em substratos com diferentes rugosidades. Para tal é descrito a seguir o planejamento experimental proposto.

5.1 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Segundo Ribeiro e Ten Caten (2000) um planejamento experimental permite maior eficiência em termos de informação do que qualquer outra sequência de ensaios não estruturada. Também possibilita a otimização de custos, viabilizando o projeto tanto do ponto de vista econômico quanto técnico, assegurando maior confiabilidade na interpretação final do comportamento do material em estudo. Seu uso permite uma estruturação da sequência de ensaios, traduzindo assim de melhor forma os objetivos do pesquisador.

Winer (1971)⁹ apud Broota (2003) afirma que o planejador de experimentos desempenha um papel semelhante ao de um projetista, sendo que o projetista recebe as necessidades básicas do proprietário da edificação e idealiza o melhor projeto em cima destas, da mesma forma, o planejador de experimentos, deve planejá-los de forma que estes cumpram os objetivos finais da pesquisa.

63

⁹ WINER, B.J. *Statistical principles in experimental desing*. 2.ed. New York: McGraw Hill, 1971. 897p.

Além do mencionado anteriormente, a etapa de planejamento experimental é de grande importância para o bom andamento do experimento, já que nesta etapa são definidas as variáveis de resposta e os fatores controláveis presentes no estudo.

Fatores controláveis, ou variáveis independentes, são aqueles parâmetros do processo que foram eleitos a serem estudados em vários níveis de um experimento, enquanto os fatores constantes são aqueles que não foram escolhidos como prioritários na pesquisa e, portanto, são mantidos constantes durante o experimento. Ainda há os fatores não controláveis, também conhecidos como fatores de ruído, estes não podem ser controlados e são responsáveis pela variabilidade do experimento (RIBEIRO e TEN CATEN, 2003).

As variáveis de resposta, também conhecidas como variáveis dependentes são os aspectos do produto que podem ser medidos e que permitem quantificar as características de qualidade (RIBEIRO e TEN CATEN, 2003).

O conjunto destas informações forma o programa experimental do presente trabalho, o qual será mais detalhado nos itens que seguem.

5.1.1 Escolha das variáveis do projeto experimental

Após embasamento teórico a respeito do assunto, foram definidas as variáveis do projeto experimental. As variáveis de resposta a serem avaliadas são:

- a) resistência de aderência à tração (R_t);
- b) resistência de aderência ao cisalhamento (R_c);

Uma vez definidas as variáveis de resposta, foram definidos os fatores controláveis, quais sejam:

- a) rugosidade do substrato: três diferentes tipos, sendo uma lisa e duas com rugosidades diferentes, estampadas no substrato de concreto durante sua produção;
- b) proporcionamentos das argamassas (1:1:3,10 - cimento:cal hidratada:areia, proporcionamentos em massa, material seco, com relação a/c fixa de 1,2;
- c) uso de aditivo incorporador de ar em três com proporções de 0, 0,2 e 0,5%, respectivamente, sobre a massa de cimento;
- d) resistência à compressão do concreto utilizado na confecção dos substratos (f_{ck} = 35MPa, aos 28 dias);
- e) idades de realização dos ensaios de aderência à tração e ao cisalhamento (28 e 91 dias);

Definidas estas variáveis, formulou-se uma matriz experimental que expressa o andamento deste trabalho, conforme a figura 14.

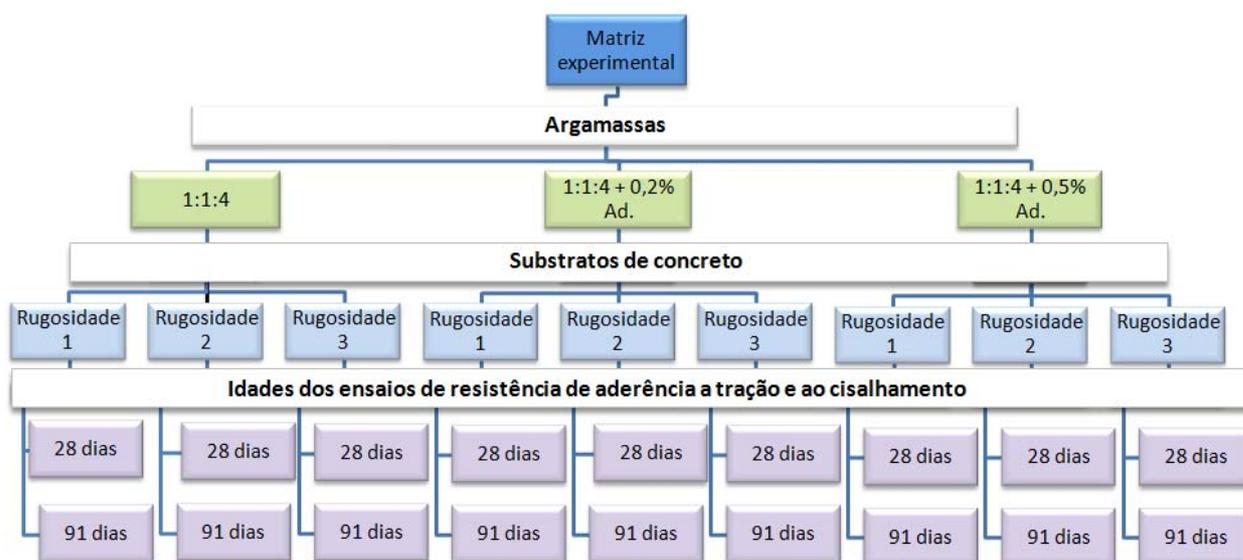


Figura 14: matriz experimental adotada na pesquisa

A escolha do teor de aditivo se deu baseada nas recomendações do fabricante do aditivo utilizado, o qual sugere que se utilizem adições em teores de 0,2 a 0,5% de aditivo sobre a massa de cimento, então se optou por utilizar os extremos recomendados.

Neste programa experimental não se utilizou da camada de chapisco propositalmente, visando avaliar a interação argamassa/substrato sem nenhum tipo de preparo.

5.1.1.1 Estudo piloto

A escolha da rugosidade a ser utilizada foi realizada através de estudo piloto de caráter exploratório onde seis diferentes rugosidades superficiais do concreto foram testadas com o objetivo de verificar qual delas geraria uma análise mais satisfatória da contribuição da rugosidade na aderência das argamassas de revestimento. Para tal, foram aplicadas sobre estes substratos de concreto duas argamassas mistas de cimento, cal hidratada e areia, nos proporcionamentos 1:1:6 e 1:2:9 (em volume seco). A aplicação das argamassas ocorreu através da utilização de caixa de queda, a 1 metro de altura, para eliminar a influência da energia de aplicação nos resultados obtidos. A figura 15 apresenta imagens das seis rugosidades ensaiadas, todas obtidas a partir de superfícies elastoméricas, comercializadas para utilização em pisos industriais.

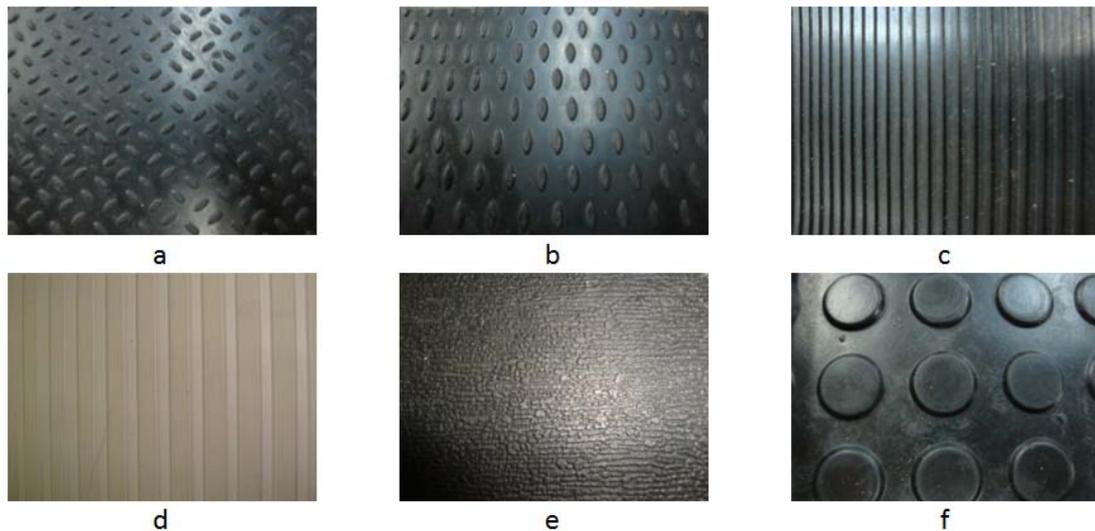


Figura 15: rugosidades utilizadas no estudo piloto. a) rugosidade 1; b) rugosidade 2; c) rugosidade 3; d) rugosidade 4; e) rugosidade 5; f) rugosidade 6

As placas de borracha foram utilizadas para forrar o fundo das fôrmas a serem concretadas, estampando assim a superfície do concreto com suas irregularidades após a desforma, formando “depressões” controladas. Este aspecto superficial pode ser observado na figura 16.

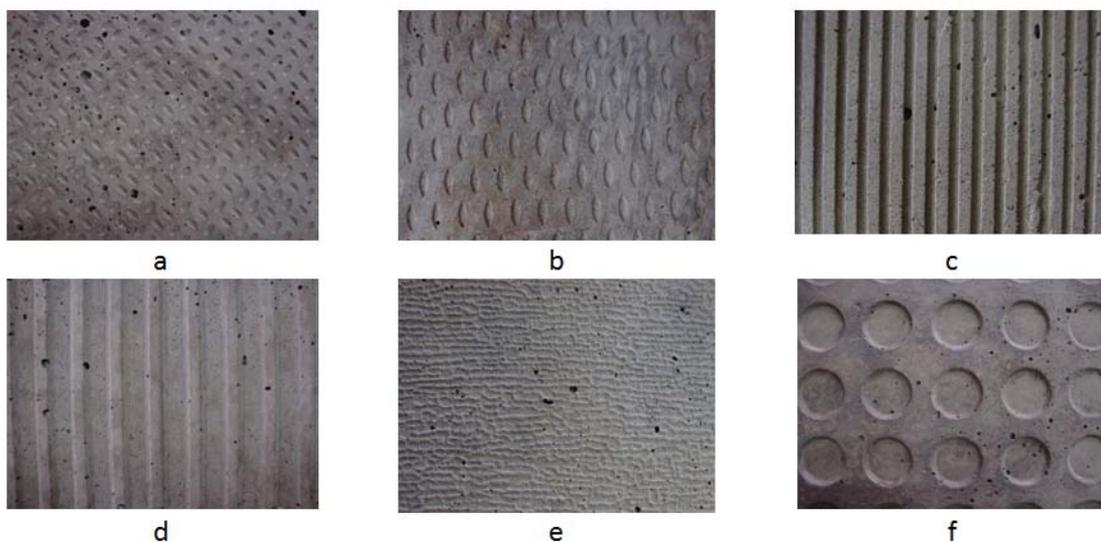


Figura 16: aspecto superficial dos substratos de concreto estampados com diferentes rugosidades. a) rugosidade 1; b) rugosidade 2; c) rugosidade 3; d) rugosidade 4; e) rugosidade 5; f) rugosidade 6

Após a aplicação das argamassas sobre os diferentes substratos, executou-se a análise visual da interface argamassa/substrato através de lupa estereoscópica e o ensaio de resistência de aderência à tração.

A análise das amostras na lupa estereoscópica mostrou que em ambas as argamassas todas as rugosidades proporcionaram uma extensão de aderência satisfatória, sendo que foram encontrados vazios na interface em casos pontuais. Na figura 17, pode-se observar o resultado

destas análises em alguns casos, onde é visível a total penetração da argamassa nas rugosidades do substrato.

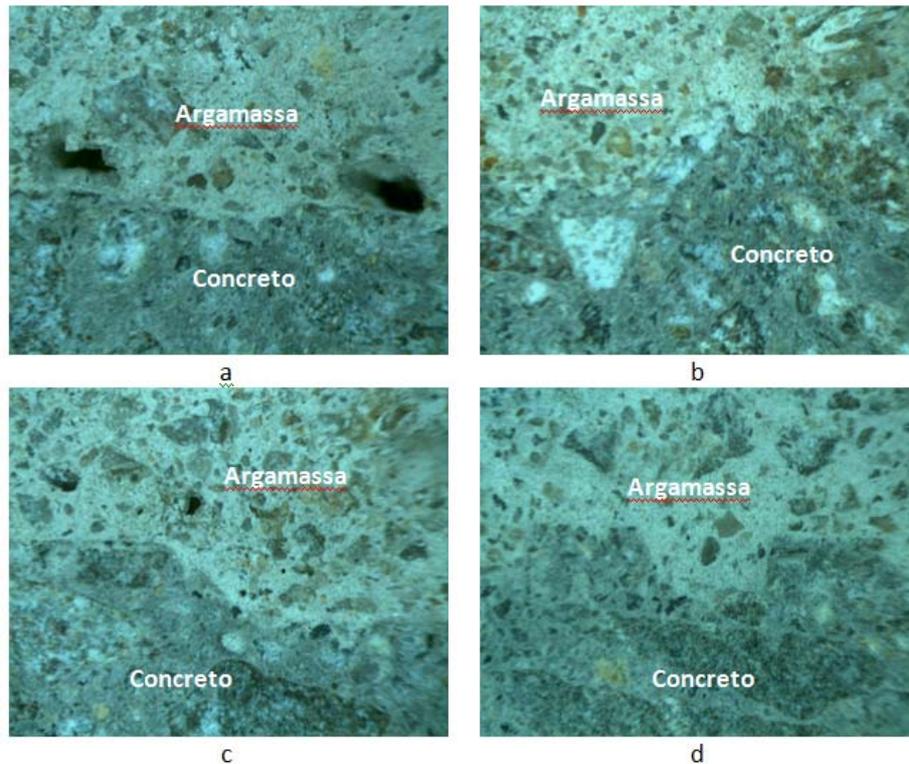


Figura 17: análises com lupa estereoscópica. a) rugosidade b com argamassa 1:1:6; b) rugosidade d com argamassa 1:2:9; c) rugosidade f com argamassa 1:1:6; d) rugosidade c com argamassa 1:1:6.

Além da análise demonstrada acima, realizaram-se dois arrancamentos amostrais conforme o ensaio de resistência de aderência à tração em cada conjunto de argamassa e substrato com o intuito de perceber possíveis mudanças no comportamento das diferentes rugosidades do substrato de concreto assentadas com as diferentes argamassas.

Estes ensaios foram realizados utilizando-se de um equipamento manual, com a técnica de “braço de alavanca”, sendo que foi anotada a carga em kg necessária para a ruptura do corpo-de-prova. Em seguida, a tensão em MPa foi obtida através da seguinte fórmula:

$$\sigma = \frac{(P \cdot 25,1 + F2 \cdot di)}{10,8 \cdot A}$$

Onde:

P: peso do equipamento (N);

F2: peso da haste com gancho (N) + peso do balde (N) + peso colocado no balde (N);

A: área do corpo-de-prova (mm²)

Os resultados obtidos nestes ensaios podem ser observados na tabela 4.

Tabela 4: resultados de resistência de aderência à tração do estudo preliminar

n	Substrato	Argamassa	hm (cm)	dm (cm)	Área (mm ²)	Carga de ruptura (kg)	Forma de ruptura (%)				Tensão (MPa)
							Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	
5	a	1;1;6	1,85	5,3	2206,12	3,9306		100			0,09
6	a		0	5,3	2206,12	0		100			0,00
15	b	1;1;6	0	5,3	2206,12	12,2106			100	100	0,27
16	b		2,3	5,3	2206,12	11,0706		100			0,24
19	c	1;1;6	0	5,3	2206,12	6,9506				100	0,15
20	c		2,65	5,3	2206,12	4,8506		100			0,11
3	d	1;1;6	3,3	5,3	2206,12	0		100			0,00
4	d		2,3	5,3	2206,12	7,2506		100	-		0,16
11	e	1;1;6	2,15	5,3	2206,12	6,2306		50	50		0,14
12	e		1,95	5,3	2206,12	6,6106		70	30		0,14
9	f	1;1;6	0	5,3	2206,12	9,6906				100	0,21
10	f		2,3	5,3	2206,12	9,7506		100			0,21
1	a	1;2;9	1,25	5,3	2206,12	0		100			0,00
2	a		1,35	5,3	2206,12	0		100			0,00
21	b	1;2;9	2,5	5,3	2206,12	6,0706		100			0,13
22	b		0	5,3	2206,12	0		100			0,00
7	c	1;2;9	2,4	5,3	2206,12	6,1706		100			0,14
8	c		2,45	5,3	2206,12	6,5506		100			0,14
17	d	1;2;9	2,7	5,3	2206,12	5,7506		100			0,12
18	d		2,7	5,3	2206,12	3,2306		100			0,07
23	e	1;2;9	0	5,3	2206,12	0		100			0,01
24	e		2,5	5,3	2206,12	1,8306		100			0,04
13	f	1;2;9	2,7	5,3	2206,12	4,2506		100			0,09
14	f		2,35	5,3	2206,12	4,4706		100			0,10

hm: altura média; dm: diâmetro médio

Pode-se observar a partir dos resultados que os maiores valores de resistência de aderência à tração foram registrados nos ensaios realizados no substrato de rugosidade b revestido com a argamassa 1:1:6, esta também obteve um resultado coerente na argamassa 1:2:9. Além da rugosidade b, a rugosidade f também obteve resultados mais expressivos do que as demais. Ainda, a rugosidade c mostrou-se interessante já que obteve resultados muito semelhantes com a utilização de ambas argamassas enquanto as demais rugosidades apresentaram quedas expressivas de resistência de aderência à tração.

Para uma melhor análise e escolha final das rugosidades a serem utilizadas realizou-se uma divisão das rugosidades estudadas em duas diferentes categorias, sendo uma categoria de rugosidades estriadas, ou “listradas”, e outra categoria de rugosidades que proporcionam diferenças de relevo com geometria mais arredondada. Na primeira categoria, encaixaram-se as rugosidades “c” e “d”, enquanto na segunda encaixaram-se as rugosidades “a”, “b”, “e” e “f”.

Durante a desforma e o transporte, observou-se que as rugosidades estriadas, pertencentes à primeira categoria, apresentaram-se bastante frágeis proporcionando falhas em suas estrias devido ao impacto. Por este motivo, resolveu-se descartar estas superfícies, já que para uma melhor análise dos resultados é necessária uma homogeneidade na rugosidade dos substratos estudados.

Quanto às rugosidades da segunda categoria, descartou-se a “a” e a “e” devido ao seu baixo desempenho nos ensaios de resistência de aderência à tração, ou seja, a contribuição proporcionada pela alteração superficial foi tão pequena que poderia mascarar ou não permitir

que se chegasse a resultados conclusivos. Restaram desta forma, as rugosidades “b” e “f” para serem utilizadas neste programa experimental, as quais serão denominadas a partir de agora como Rugosidade 2 e Rugosidade 3, respectivamente, sendo a Rugosidade 1 a placa lisa de referência.

A definição de resistência à compressão do concreto a ser utilizado para a confecção dos substratos foi realizada através de uma pesquisa em concreteiras e construtoras da cidade de Porto Alegre/RS para verificar qual a resistência média mais utilizada nas estruturas de concreto desta cidade, buscando-se assim reproduzir em laboratório os substratos empregados usualmente. Como resultado desta pesquisa definiu-se um fck de 35MPa.

As idades de 28 e 91 dias para a realização dos ensaios de resistência à tração e ao cisalhamento foram escolhidas por dois motivos: os ensaios aos 28 dias foram realizados por esta idade ser um valor de referência para grande parte de normas e ensaios em elementos à base de cimento Portland; e à grande quantidade de trabalhos realizados no meio técnico com semelhante data de referência, permitindo desta forma, comparações dos resultados obtidos nesta pesquisa com os de outros autores. Os ensaios na idade mais avançada, de 91 dias, foram realizados visando identificar alterações de resistência de aderência em idades maiores que não a de referência aos 28 dias devido à reação dos aglomerantes e cura das argamassas.

Ainda, foi realizada análise com lupa estereoscópica das interfaces argamassa/substrato de todas as combinações estudadas, objetivando analisar a extensão de aderência.

O tratamento estatístico dos resultados foi realizado através do método de análise de variância (ANOVA), utilizando-se do software *Statística 7*.

A análise de variância é um procedimento geral para isolar as fontes de variabilidade em um conjunto de medições (GIRDEN, 1992), sendo este utilizado muito frequentemente, fato que é explicado por Rutherford (2001) pela sua adequação a diferentes tipos de projetos de pesquisa, tanto experimentais como não experimentais.

O objetivo desta análise estatística foi observar quais variáveis têm influência sobre as variáveis de resposta, podendo-se assim, chegar a conclusões sobre o comportamento das argamassas de revestimento quanto às resistências de aderência à tração e ao cisalhamento variando-se a rugosidade do substrato e a reologia das argamassas.

5.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão detalhados os procedimentos utilizados na execução deste programa experimental, além dos materiais utilizados e os ensaios a serem realizados.

5.2.1 MATERIAIS UTILIZADOS

5.2.1.1 Cimento

O cimento utilizado na confecção dos substratos de concreto foi o cimento Portland CII-Z, classificado segundo a NBR11578 (ABNT, 1991) como um cimento composto com adição de pozolana. As suas características estão expressas na tabela 5.

Tabela 5: características do cimento Portland CII-Z utilizado

Ensaio	Método	Resultados CP II-Z
Superfície específica Blaine*	NBR NM 76/98	4896 cm ² /g
Massa específica*	NBR NM 23/01	2,95g/cm ³
Finura peneira nº 200**	NBR 11579/91	3,4%
Início de pega**	NBR NM 65/02	256min
Fim de pega**	NBR NM 65/02	334min
Resistência à compressão**	7 dias	NBR 7215/96
	28 dias	NBR 7215/96
Resíduo insolúvel**	NBR NM 22/04	11,50%
Anidrido Carbônico (CO ₂)**	NBR NM 20/04	4,51%
Anidrido Sulfúrico (SO ₃)**	NBR NM 146/04	3,01%
Óxido de Magnésio (MgO)**	NBR NM 14/04	5,29%

*ensaio realizado no NORIE - UFRGS

**dados fornecidos pelo fabricante

O cimento utilizado na confecção das argamassas de revestimento foi o cimento Portland CPIV, classificado segundo a NBR 5736 (ABNT, 1991) como um cimento pozolânico. Sua caracterização está apresentada na tabela 6.

Tabela 6: características do cimento Portland CP IV utilizado

Ensaio	Método	Resultados CP IV
Superfície específica Blaine**	NBR NM 76/98	4590 cm ² /g
Massa específica*	NBR NM 23/01	2,7g/cm ³
Finura peneira nº 200**	NBR 11579/91	1,10%
Início de pega**	NBR NM 65/02	225min
Fim de pega**	NBR NM 65/02	287min
Resistência à compressão**	7 dias	NBR 7215/96
	28 dias	NBR 7215/96
Óxido de Cálcio livre (CaO)	NBR NM 13/04	1,49%
Anidrido Sulfúrico (SO ₃)**	NBR NM 146/04	2,42%
Óxido de Magnésio (MgO)**	NBR NM 14/04	4,72%
Resíduo insolúvel**	NBR NM 22/04	26,17%

* ensaio realizado no NORIE - UFRGS

** dados fornecidos pelo fabricante

5.2.1.2 Cal hidratada

A cal utilizada na confecção das argamassas foi do tipo calcária classificada como hidratada CH-I conforme a NBR 7175 (2003), de fabricante qualificado em dezembro de 2009 pelo PBQPH (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat). Esta qualificação indica que a cal foi produzida em conformidade com os requisitos especificados na NBR 7175 (2003).

Conforme os dados repassados pela fabricante, a cal utilizada atende as seguintes especificações (tabela 7).

Tabela 7: características fornecidas pelo fabricante da cal CH-I utilizada

Descrição	Unidade	Limites	Metodologia
CaO total	%	55,00 mínimo	NBR 6473
MgO total	%	29,00 máximo	NBR 6474
Resíduos insolúveis	%	10,00 máximo	NBR 6475
Ca (OH) ₂	%	72,65 mínimo	NBR 6476
Umidade	%	2,00 máximo	NBR 6477
Retenção em 200 mesh	%	5,00 máximo	NBR 9289

Além das características fornecidas pela fabricante, foram realizados os ensaios de massa específica conforme a NBR NM 23 (2001) no Laboratório de materiais do NORIE/UFRGS e granulometria a laser, conforme o anexo A no Laboratório de materiais cerâmicos – LACER/UFRGS (tabela 8).

Tabela 8: características físicas ensaiadas da cal hidratada CH-I

Ensaio	Método	Resultado
Massa específica	NBR NM 23/01	2,37g/cm ³
Diâmetro médio		22,4µm

5.2.1.3 Agregado miúdo

A areia utilizada para a confecção dos substratos de concreto é denominada comercialmente como “média”, de origem quartzosa, provenientes do Rio Jacuí/RS.

Para a confecção do concreto para os substratos a areia foi apenas seca em estufa ou exposta ao sol.

Para a utilização na confecção das argamassas de revestimento, também foi utilizada uma areia de origem quartzosa, provenientes do Rio Jacuí/RS a qual, além de seca, passou por um peneiramento, sendo utilizadas as seguintes frações para compô-la em proporções iguais (25% de cada fração):

- a) fração passante na peneira 2,4mm e retida na 1,2mm;
- b) fração passante na peneira 1,2mm e retida na 0,6mm;

- c) fração passante na peneira 0,6mm e retida na 0,3mm;
- d) fração passante na peneira 0,3mm e retida na 0,15mm.

A análise granulométrica destas areias foi realizada conforme a NBR NM 248 (ABNT, 2003). Além da granulometria, outros ensaios de caracterização física foram realizados e são apresentados nas tabelas 9 e 10.

Tabela 9: características físicas do agregado miúdo utilizado na confecção dos concretos

Peneira (abertura)	% retida	% retida acumulada
4,75mm	1	1
2,36mm	4	5
1,18mm	11	16
600µm	19	35
300µm	34	69
150µm	26	95
<150µm	5	100
Módulo de finura		2,21
Dimensão máxima (mm)		2,36
Massa unitária (NBR NM 45/96)		1,57g/cm ³
Massa específica (NBR NM 52/02)		2,50g/cm ³

Tabela 10: características físicas do agregado miúdo utilizado na confecção das argamassas

Peneira (abertura)	% retida	% retida acumulada
1,18mm	25	25
600µm	25	50
300µm	25	75
150µm	25	100
Módulo de finura		2,50
Dimensão máxima (mm)		2,36
Massa unitária (NBR NM 45/96)		1,68g/cm ³
Massa específica (NBR NM 52/02)		2,50g/cm ³

5.2.1.4 Agregado Graúdo

O agregado graúdo utilizado na produção do concreto do substrato é de origem basáltica, chamado comercialmente de brita zero ou pedrisco, sua classificação é dada segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009). A tabela 11 apresenta as características físicas deste agregado.

Tabela 11: características físicas do agregado graúdo utilizado na confecção dos substratos de concreto

Peneira (abertura)	% retida	% retida acumulada
19mm	-	-
9,5mm	1	1
4,75mm	81	82
2,36mm	17	99
1,18mm	1	100
600µm	0	100
300µm	0	100
150µm	0	100
Módulo de finura		5,82
Dimensão máxima (mm)		9,5
Massa unitária (NBR NM 45/96)		1,38g/cm ³
Massa específica (NBR NM 53/02)		2,98g/cm ³

5.2.1.5 Água

A água utilizada na confecção dos substratos de concreto e das argamassas foi a disponível para abastecimento local, fornecida pelo Departamento de Água e Esgoto de Porto Alegre (DMAE).

5.2.1.6 Aditivo utilizado nas argamassas

O aditivo utilizado na composição de duas das argamassas produzidas foi um incorporador de ar com ação plastificante à base de resina vegetal. Sua massa específica situa-se entre 0,99 a 1,01 kg/dm³ e possui um teor de sólidos entre 5 a 6,5%. Este aditivo é compatível com os cimentos CPI, CPII, CPIII, CPIV e CPV, sendo que o teor de adição sobre a massa de cimento recomendado pelo fabricante situa-se entre 0,2 a 0,5%.

5.2.2 PRODUÇÃO DO CONCRETO DOS SUBSTRATOS

A produção do concreto para os substratos ocorreu em duas etapas distintas. Inicialmente foi realizada a dosagem dos materiais para que se chegasse a um proporcionamento de concreto, com os materiais utilizados nesta pesquisa, que alcançasse uma resistência à compressão pré-estabelecida em projeto. Em seguida foram realizadas as moldagens dos corpos-de-prova utilizados como substratos para aplicação das argamassas.

5.2.2.1 Dosagem dos materiais

A dosagem do concreto utilizado para a confecção dos substratos foi realizada de acordo com o método IPT/EPUSP, conforme a tabela 12, objetivando produzir substratos com a resistência à compressão de 35 MPa, aos 28 dias, pré-estabelecida no planejamento experimental.

Tabela 12: proporcionamentos utilizados

α (%)	Traço (em massa)				Quantidade de material (kg)					Propriedades		Consumo cimento (Kg/m ³)	Consumo de água (L/m ³)
	cim	a	p	m	cim	a	p	água	a/c	H(%)	slump (mm)		
56	1	1,52	1,98	3,5	10,1	15,35	20	4,52	0,45	9,94	80	486	217,50
	1	2,36	2,64	5	7,58	17,88	20	4,5	0,59	9,89	110	362	214,91
	1	3,2	3,3	6,5	6,06	19,39	20	4,5	0,74	9,90	80	288	213,86

Para cada proporcionamento foram moldados seis corpos-de-prova de 9,5x19 cm, os quais foram ensaiados quanto à sua resistência à compressão, sendo três ensaiados aos 7 dias e três aos 28 dias. Os resultados destas rupturas podem ser visualizados na tabela 13.

Tabela 13: resistência à compressão dos concretos aos 7 e 28 dias

Traço	fcj 7dias				fcj 28dias			
	KN	MPa	Média (MPa)	CV (%)	KN	MPa	Média (MPa)	CV (%)
1:3,5	218,50	30,83	31,16	1,29	300,00	42,33	40,77	3,90
	224,00	31,60			277,50	39,15		
	220,00	31,04			289,50	40,84		
1:5	131,50	18,55	18,39	2,61	170,50	24,05	23,96	0,68
	133,00	18,76			168,50	23,77		
	126,50	17,85			170,50	24,05		
1:6,5	71,50	10,09	10,04	2,15	93,00	13,12	13,83	4,68
	72,50	10,23			102,00	14,39		
	69,50	9,81			99,00	13,97		

A partir dos resultados das rupturas nas duas idades foi gerado um gráfico de dosagem, o qual pode ser observado na figura 18.

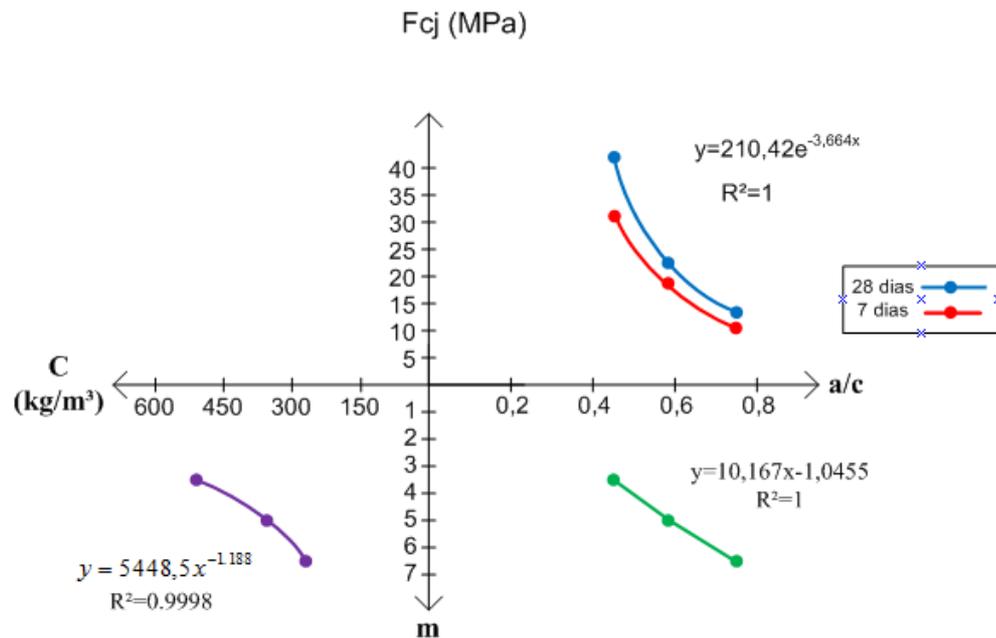


Figura 18: dosagem do concreto do substrato

Para o cálculo do f_{cj} utilizou-se a equação 2:

$$f_{cj} = f_{ck} + 1,65 \cdot S_d \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

f_{cj} : resistência à compressão na idade de “j” dias;

f_{ck} : resistência característica do concreto;

S_d : desvio padrão de dosagem.

A escolha do desvio padrão S_d ocorreu em função das prescrições normativas da NBR 12655 (2006), sendo adotado um valor de $S_d = 4$, correspondente a condição A de controle de produção do concreto disponível na referida norma (o cimento e o agregado são medidos em massa, bem como a água, a qual é corrigida em função da umidade dos agregados).

Desta forma, os valores utilizados no proporcionamento do concreto para o substrato foram os expressos na tabela 14.

Tabela 14: proporcionamento do concreto utilizado nos substratos

Dosagem (traço)	α (%)	Traço			Propriedades			Consumo cimento (Kg/m³)	Consumo de água (L/m³)
		cim	a	p	a/c	H(%)	slump (cm)		
1:3,73	56	1	1,65	2,08	0,47	9,94	10±2	461	217,00

5.2.2.2 Moldagem dos prismas de concreto

A moldagem dos prismas foi realizada no laboratório de materiais do NORIE (Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação) e para cada dia de moldagem foram confeccionados 18 prismas de 25x35x5cm, sendo seis prismas com a rugosidade 1, seis prismas com a rugosidade 2 e seis prismas com a rugosidade 3. Ainda, foram moldados seis corpos-de-prova cilíndricos de 9,5x19 cm para os ensaios de controle de resistência à compressão e absorção de água por capilaridade, para cada betonada, ambos executados aos 28 dias. Ao todo, foram realizadas quatro concretagens, totalizando 72 prismas.

Todas as fôrmas dos prismas tiveram o seu fundo forrado com placas de borracha nas diferentes rugosidades estudadas, inclusive as com o fundo liso, para que houvesse um maior controle sobre as superfícies a serem analisadas posteriormente.

O adensamento das placas e dos corpos-de-prova cilíndricos foi realizado através de uma mesa vibratória, sendo o tempo de adensamento padronizado através de controle com cronômetro de 10 segundos para os corpos-de-prova e de 30 segundos para as placas de concreto.

Após moldados, os corpos-de-prova e as placas foram cobertos com sacos plásticos permanecendo em ambiente de laboratório durante 24 horas e posteriormente desformados. Após desforma, todos foram submetidos à cura imersa em água com cal durante 28 dias.

A figura 19 apresenta um passo a passo da moldagem dos prismas e dos corpos-de-prova de controle do concreto.



Figura 19: passo-a-passo da produção dos substratos de concreto

5.2.3 PRODUÇÃO DAS ARGAMASSAS

O proporcionamento dos materiais utilizados na confecção das argamassas foi realizado em massa, sendo que todos os materiais foram pesados em balança de precisão de 0,1g. As argamassas foram preparadas em argamassadeira universal com turbilhonador da marca Betomac, modelo MT-40, com capacidade para 40 litros e rotação de 50 rpm, disponível no laboratório de materiais do NORIE (figura 20).



Figura 20: argamassadeira utilizada

A confecção das argamassas foi realizada basicamente em três etapas distintas:

- a) separação e pesagem dos materiais;
- b) maturação da cal: mistura da cal com a areia e quantidade de água suficiente para umedecer seus grãos, 16 a 24 horas antes da sua utilização;
- c) execução da argamassa: após o período de maturação, foi acrescentada à mistura já maturada a água perdida por evaporação durante o período de maturação, por menor que fosse esta, já que a mistura permanecia coberta. Ainda acrescentou-se o cimento e o restante da água da mistura. Estes componentes foram homogeneizados por quatro minutos em velocidade baixa da argamassadeira.

Antes da aplicação da argamassa sobre o substrato de concreto, os prismas de concreto passaram por uma lavagem com água em temperatura de $40\pm 10^{\circ}\text{C}$ com a utilização de esponja macia com passadas suaves e controladas. Este preparo foi realizado com o objetivo de eliminar qualquer resquício de desmoldante que pudesse influenciar na aderência da argamassa ao substrato.

Então, após 28 dias de cura do concreto, foi realizada a aplicação da argamassa sobre este substrato através da utilização de um dispositivo denominado caixa de queda (figura 21), a uma altura de queda de 1,00 m. A escolha desta altura de queda foi determinada por Pagnussat (2011)¹⁰ pela comparação da densidade de massa de uma argamassa aplicada por um funcionário experiente de forma manual e as densidades de massa de diferentes alturas de queda da argamassa da caixa de queda. Assim, a altura da caixa de queda que mais se aproximou da densidade de massa da argamassa aplicada manualmente pelo funcionário foi a de 1,00 m.



Figura 21: caixa de queda

Para que se obtivesse uma padronização da espessura da argamassa assentada, foram utilizados gabaritos de madeira, sendo a espessura dos revestimentos fixada em dois centímetros. Após lançada, a argamassa foi rasada com régua de madeira sobre o gabarito acima descrito, este procedimento foi realizado após a argamassa “puxar”, ou seja, após ela perder parte da água de amassamento para o substrato e o meio ambiente, fenômeno que ocorreu, para as condições de ensaio, entre 15 a 30 minutos após o assentamento.

Paralelamente à moldagem da argamassa sobre o substrato de concreto foram realizados os ensaios de caracterização da argamassa no estado fresco: índice de consistência; densidade de massa; além da moldagem dos copos-de-prova 4x4x16cm para os ensaios de absorção de água por capilaridade, de resistência à tração na flexão e compressão, e as pastilhas de 10cm de diâmetro por 2cm de espessura para a realização do módulo de elasticidade dinâmico.

A cura das argamassas foi realizada em câmara climatizada com temperatura e umidade controladas de $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar de $60\pm 5\%$.

Todo o procedimento de produção das argamassas de revestimento está ilustrado na figura 22.

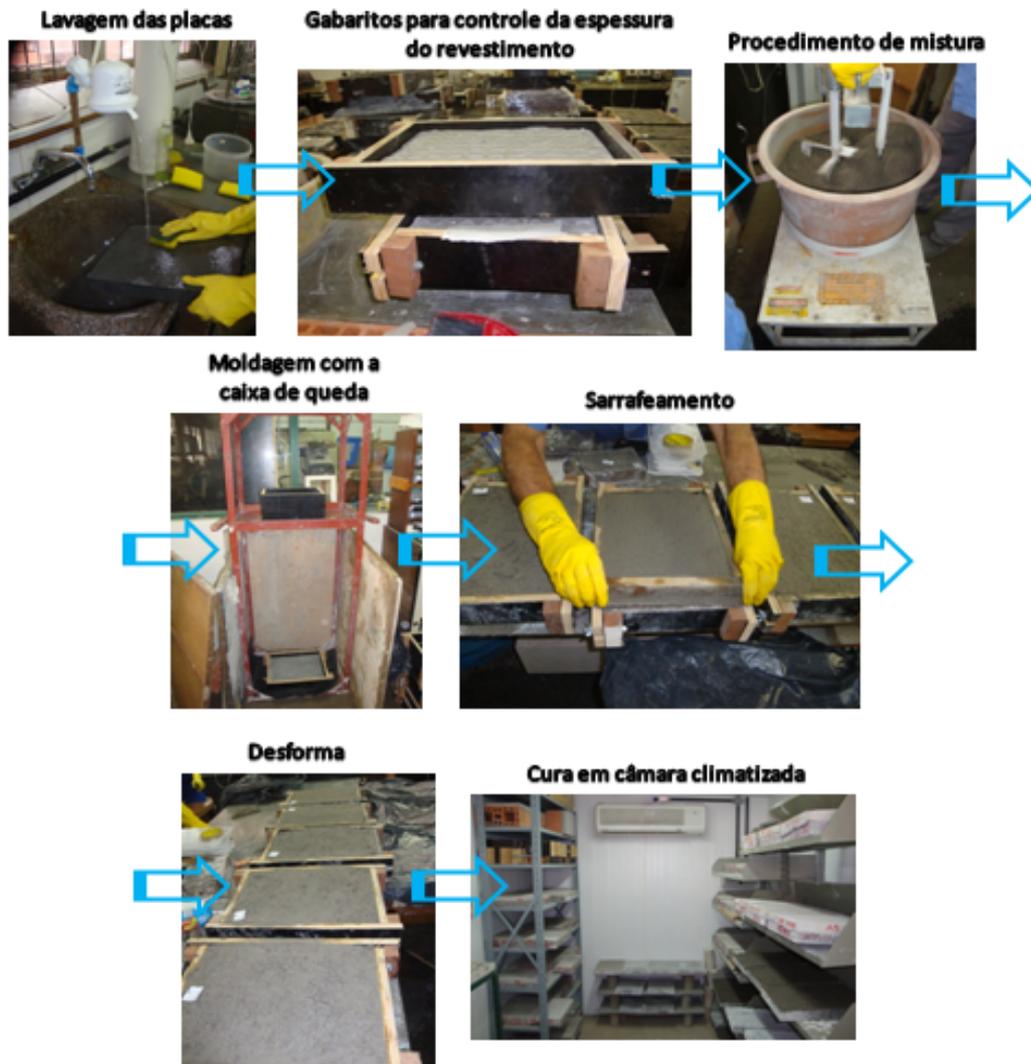


Figura 22: procedimento de moldagem do revestimento de argamassa

5.3 ENSAIOS REALIZADOS

Para a caracterização e controle tecnológico das argamassas e concreto diversos ensaios foram realizados, os quais estão apresentados nos próximos itens.

5.3.1 Caracterização e controle do concreto

Na tabela 15 está apresentado um resumo dos ensaios realizados para a caracterização do concreto utilizado na confecção dos substratos. Salienta-se que os ensaios mecânicos foram realizados em prensa da marca Shimadzu – AG 100 kN, disponível no Laboratório de ensaios e modelos estruturais (LEME) da UFRGS.

Tabela 15: resumo dos ensaios de caracterização do concreto

Ensaio de caracterização do concreto dos substratos	
Estado fresco	Estado endurecido
<p>Abatimento (NBR NM 67/98)</p> 	<p>Resistência à compressão - 28 dias (NBR 5739/07)</p>  <p>Absorção de água por capilaridade - 28 dias (NBR 9779/95)</p> 

5.3.2 Caracterização e controle das argamassas

Na tabela 16 estão apresentados os ensaios de caracterização e controle das argamassas produzidas no programa experimental.

Os ensaios mecânicos foram realizados em prensa da marca Shimadzu – AG 100 kN disponível no Laboratório de ensaios e modelos estruturais (LEME) da UFRGS, com aplicação de carga de 50 ± 10 N/s para o ensaio de resistência à tração na flexão e de 500 ± 50 N/s para o ensaio de resistência à compressão.

Para a execução do ensaio de módulo de elasticidade dinâmico foram moldados três anéis de PVC de 10 cm de diâmetro por 2,5 cm de altura, para cada argamassa estudada, sobre uma superfície forrada com plástico filme. O preenchimento do molde com argamassa foi realizado em duas camadas com 15 golpes em cada uma, sendo a superfície rasada em seguida, com régua metálica, deixando-a mais lisa e plana possível, conforme prescreve a NBR 15630 (ABNT, 2008). O aparelho utilizado para a realização do ensaio foi o PUNDIT (*Portable Ultrasonic Non-destructive Digital Indicating Tester*), disponível no Laboratório de ensaios e modelos estruturais (LEME) da UFRGS.

Tabela 16: resumo dos ensaios de caracterização das argamassas

Ensaio de caracterização das argamassas	
Estado fresco	Estado endurecido
<p>Índice de consistência (NBR 7215/96)</p> 	<p>Resistência à compressão - 28 dias (NBR 13279/05)</p> 
<p>Densidade de massa (NBR 13278/05)</p> 	<p>Resistência à tração na flexão - 28 dias (NBR 13279/05)</p> 
<p>Teor de ar incorporado (NBR NM 47/02)</p> 	<p>Absorção de água por capilaridade - 28 dias (NBR 15259/05)</p> 
<p>Retenção de água (NBR 13277/05)</p> 	<p>Densidade de massa aparente no estado endurecido (NBR 13280/05)</p> 
<p>Squeeze-flow (NBR 15839/10)</p> 	<p>Módulo de elasticidade (baseado na NBR 15630/08)</p> 

5.3.3 Ensaio de avaliação

Os ensaios de avaliação foram realizados a fim de se obter as variáveis de resposta deste estudo, são eles: resistência de aderência à tração, resistência de aderência ao cisalhamento,

Influência da interação entre os parâmetros reológicos de argamassas e a área de contato potencial de substratos na aderência de argamassas de revestimento.

análise da interface argamassa/substrato com lupa estereoscópica e digitalização tridimensional a laser.

5.3.3.1 Resistência de aderência à tração

O ensaio de resistência de aderência à tração das argamassas de revestimento ao substrato foi realizado conforme a NBR 13528 (2010), a qual preconiza que devem ser executados no mínimo 12 arrancamentos para cada argamassa avaliada. Nesta pesquisa foram realizados 12 arrancamentos para cada argamassa aplicada em cada uma das três rugosidades estudadas.

Os prismas que serviram como substrato foram moldados em concreto, conforme já foi descrito anteriormente no item 5.2.2.2, e sobre os quais, após os 28 dias da cura úmida foram assentadas as argamassas de revestimento e submetidas à cura em câmara climatizada por mais 28 dias. Decorrido o tempo da cura, foram executados os cortes referentes aos pontos de arrancamento em cada mini parede, espaçados 5 cm entre si e aprofundados 5 mm além do substrato (figura 23).

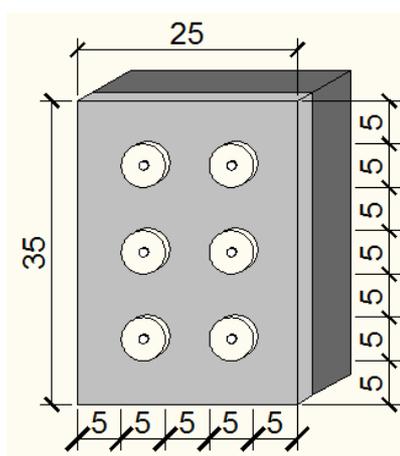


Figura 23: esquema para realização do ensaio de resistência de aderência à tração (cotas em centímetros)

Após o corte, realizou-se a limpeza da superfície do revestimento argamassado de modo a retirar a poeira e executar a colagem das pastilhas de arrancamento. Estas foram fixas um dia de antes da realização do ensaio com cola à base de resina epóxi.

O ensaio de resistência de aderência à tração foi realizado com aderímetro da marca Pavitest com resolução de 1,00kgf e leitor digital, conforme a figura 24. A taxa de carregamento aplicada foi constante.



Figura 24: vista geral do aderímetro utilizado

5.3.3.2 Resistência de aderência ao cisalhamento

Para a realização do ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento foi utilizado o mesmo procedimento de produção dos prismas de concreto e assentamento da argamassa do ensaio de resistência de aderência à tração (item 5.3.3.1). Posteriormente ao preparo dos corpos-de-prova, foi aplicada sobre estes uma tensão perpendicular à superfície de assentamento da argamassa, com dispositivo conforme o esquematizado na figura 25.

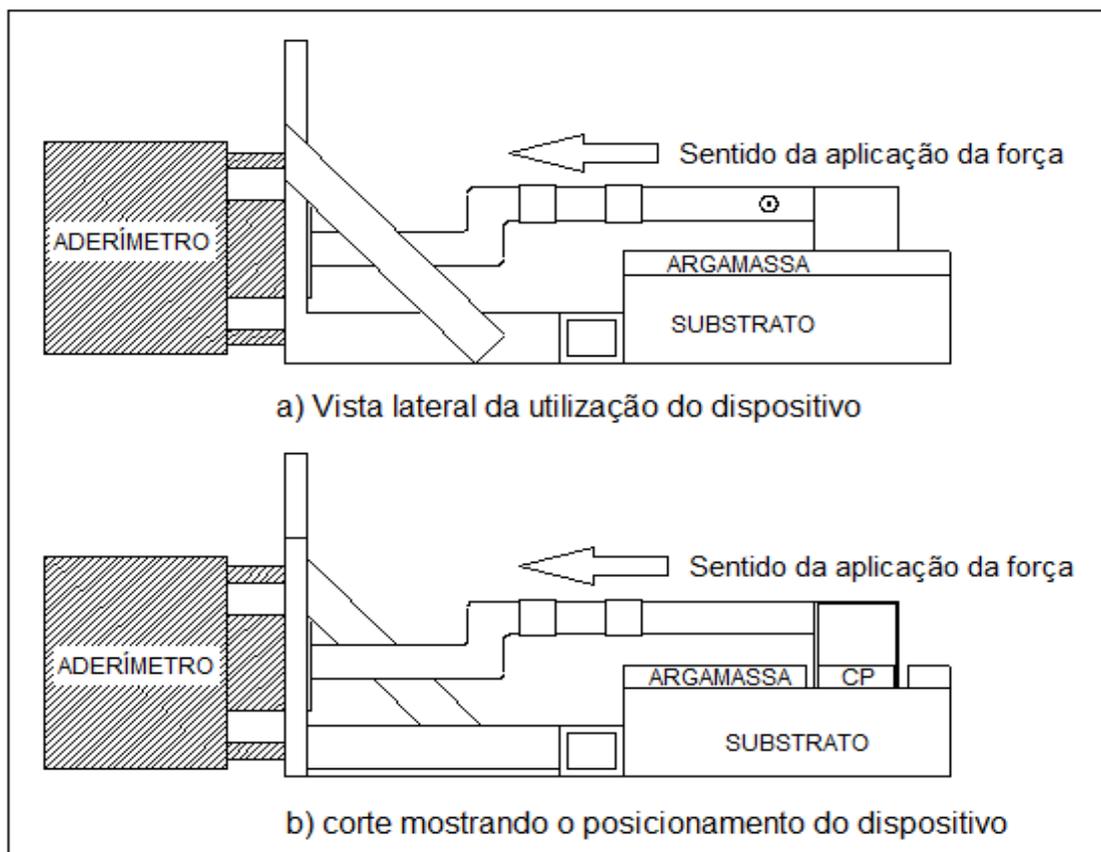


Figura 25: representação esquemática do dispositivo de ensaio para resistência de aderência ao cisalhamento

A figura 26 mostra o ensaio de cisalhamento sendo realizado com o dispositivo desenvolvido para este fim.



Figura 26: execução do ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento (a) vista geral (b) detalhe da fixação do equipamento do CP

Mais detalhes sobre o dispositivo desenvolvido e o preparo dos corpos-de-prova para a execução do ensaio estão apresentados no apêndice A: descrição e roteiro de execução do ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento.

5.3.3.3 Análise com lupa estereoscópica

A análise com lupa estereoscópica foi realizada em equipamento modelo TA-0124 XS OPTON, juntamente com o software HDCE-10A, conforme a figura 27. As amostras foram retiradas dos conjuntos formados pelos três proporcionamentos de argamassa assentadas nos substratos com as três diferentes rugosidades. O objetivo desta análise é verificar a extensão de aderência na interface entre a argamassa e o substrato.

Foi realizado o registro fotográfico destas observações para posterior auxílio durante a análise dos resultados obtidos nos ensaios de resistência de aderência.



Figura 27: lupa estereoscópica utilizada na pesquisa

5.3.3.4 Digitalização tridimensional a laser

A digitalização tridimensional a laser foi realizada com o objetivo de caracterizar as três diferentes rugosidades estudadas nos substratos de concreto. Este estudo teve como objetivo auxiliar no entendimento do comportamento das argamassas assentadas sobre estas diferentes superfícies.

Este ensaio foi executado na superfície dos prismas de concreto moldados sobre as três diferentes rugosidades e após serem submetidos à cura úmida com temperatura e umidade controladas de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ e 100% U.R. durante 28 dias.

Para a realização desta caracterização foi utilizado um scanner tridimensional a laser da marca Tecnodrill, modelo Digimill (3D), disponível no Laboratório de Design e Seleção de materiais (LdSM) da UFRGS (figura 28).



Figura 28: scanner tridimensional a laser

Este é um equipamento controlado por um computador que possui dois cabeçotes, sendo um para usinagem e outro para digitalização, ou seja, trata-se de um equipamento híbrido fresadora CNC e scanner tridimensional a laser. O scanner 3D movimenta-se sobre a peça analisada no plano dos eixos X e Y, através do CNC, enquanto o cabeçote Laser mede a altura do eixo Z, obtendo-se como resultados arquivos de texto com os pontos da superfície do objeto, gerando uma nuvem de pontos em coordenadas (x, y, z) (SILVA, 2006).

6 APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo estão apresentados os resultados dos ensaios propostos e descritos no programa experimental, bem como uma análise da influência das variáveis estudadas.

6.1 CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO UTILIZADO NA CONFECÇÃO DOS SUBSTRATOS

Nesta etapa serão apresentados todos os ensaios de caracterização realizados para os concretos no estado fresco e endurecido utilizados na confecção dos substratos.

As tabelas completas, com todos os resultados obtidos neste trabalho para a caracterização do concreto estão apresentadas no apêndice B.

6.1.1 Caracterização no estado fresco

A seguir estão apresentados os ensaios realizados no estado fresco para os concretos utilizados na confecção dos substratos.

6.1.2 Abatimento

A caracterização do concreto quanto ao seu abatimento foi realizada no instante do término da mistura conforme prescreve a NBR NM 67 (ABNT, 1998). Os resultados médios dos abatimentos das oito concretagens executadas para a moldagem dos substratos estão expressos na tabela 17.

Tabela 17: abatimento médio dos substratos de concreto

Abatimento médio do concreto (mm)	Desvio padrão	Coef. De variação (%)
121	13,2	10,95

6.1.3 Caracterização no estado endurecido

Os ensaios realizados no estado endurecido para caracterização dos concretos estão apresentados nos itens que seguem.

6.1.3.1 Resistência à compressão

Os ensaios de resistência à compressão foram realizados, aos 28 dias de idade, do concreto conforme prescreve a NBR 13279 (ABNT, 2005). O resultado médio obtido para este ensaio está apresentado na tabela 18.

Tabela 18: resultados de resistência à compressão do concreto

Resistência à compressão média (MPa)	Desvio padrão	Coef. de variação (%)
38,2	2,71	7,10

6.1.3.2 Absorção de água por capilaridade

A absorção de água por capilaridade dos corpos-de-prova de concreto foi determinada aos 28 dias de cura dos mesmos. Este ensaio se deu conforme prescreve a NBR 9779 (ABNT, 1995).

Os resultados deste ensaio estão apresentados na tabela 19 e na figura 29. Observa-se nestes que a absorção média final, a 72 hs, foi de 0,36 g/cm², com um coeficiente de variação de 16,7%.

Tabela 19: absorção capilar do concreto

	C (g/cm ²)				
	3hs	6hs	24hs	48hs	72hs
Média	0,13	0,17	0,26	0,33	0,36
Desv. Padrão	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06
CV (%)	31,9	25,5	20,2	17,1	16,7

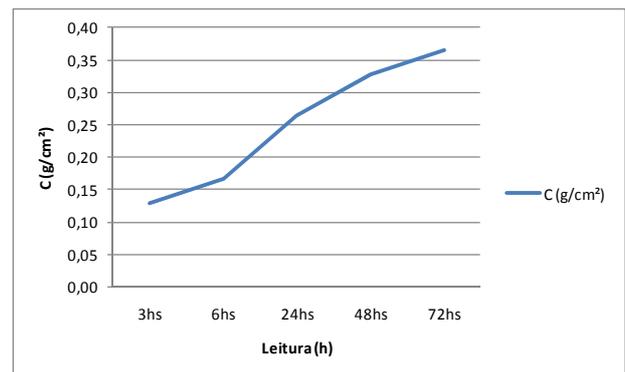


Figura 29: absorção capilar do concreto empregado na confecção dos substratos

6.2 CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

Neste tópico são apresentados os resultados da caracterização das argamassas utilizadas na execução do programa experimental, tanto no estado fresco quanto no endurecido.

Todos os valores obtidos nos ensaios de caracterização das argamassas encontram-se no apêndice C.

Observa-se que os valores médios foram obtidos de um total de CPs moldados para cada argamassa. A tabela 20, apresenta o número total de CPs/repetições para cada ensaio de caracterização realizado.

Tabela 20: número de corpos-de-prova utilizados nos ensaios de caracterização das argamassas de revestimento

Ensaio	Número de CPs		
	A1	A2	A3
Índice de consistência	6	7	6
Densidade no estado fresco	12	14	12
Ar incorporado	2	2	2
Retenção de água	2	2	2
Densidade no estado endurecido	18	21	18
Absorção capilar	18	21	18
Resistência à compressão	18	21	18
Resistência à tração na flexão	36	42	36
Módulo de elasticidade dinâmico	18	21	18

6.2.1 Caracterização no estado fresco

A seguir estão apresentados os resultados dos ensaios realizados no estado fresco das argamassas de revestimento.

6.2.1.1 Índice de consistência

A tabela 21 apresenta os valores médios de índice de consistência encontrados para as três argamassas estudadas, executado conforme prescrição da NBR 13276 (ABNT, 2004).

Tabela 21: Índice de consistência das argamassas estudadas

Argamassa	Teor de aditivo (%)	Índice de consistência médio (mm)	desvio padrão	coef. de variação (%)
A1	0	272	1,17	0,43
A2	0,2	284	1,50	0,53
A3	0,5	288	0,85	0,29

Observa-se na tabela 21 que conforme se aumenta a porcentagem de aditivo incorporador de ar, há um pequeno aumento no índice de consistência das argamassas estudadas. Todavia, ao se realizar uma análise estatística dos valores de índice de consistência obtidos é possível concluir que não há significância estatística entre os três valores encontrados, conforme mostra a tabela 22.

Tabela 22: análise estatística do índice de consistência das argamassas estudadas

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
ARG	8,83	2	4,42	2,96	0,080573	Não
Erro	23,87	16	1,49			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática;
Fcalc: valor calculado de F

A pequena diferença entre os índices de consistência verificados através do ensaio nos permite concluir que este não é o método mais adequado para a caracterização de argamassas com diferentes teores de aditivo incorporador de ar, não sendo sensível o suficiente para mostrar a

grande diferença de trabalhabilidade que foi observada subjetivamente durante o manuseio e produção das mesmas.

6.2.1.2 Squeeze flow

A tabela 23 apresenta os gráficos resultantes do ensaio do *squeeze flow* para as velocidades de 0,1 mm/s e 3 mm/s, nos tempos de 15 e 65 minutos e 10 e 60 minutos, respectivamente.

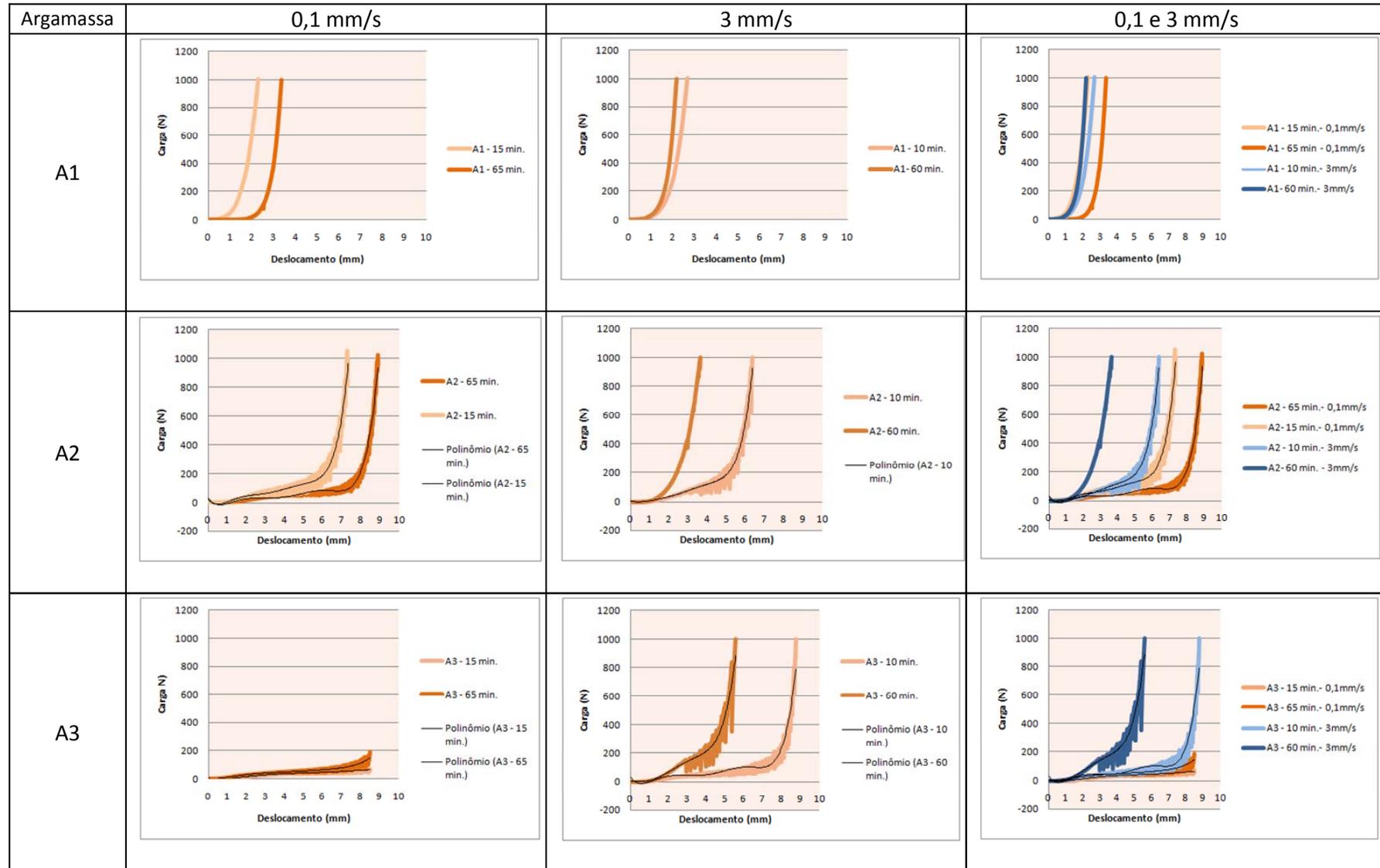
A primeira característica que se destaca com relação ao comportamento destes diz respeito ao traçado das curvas. Observa-se que a argamassa 1 (A1), a qual não contém aditivo incorporador de ar, apresenta um traçado contínuo, diferentemente do observado para as argamassas 2 e 3 (A2 e A3), as quais apresentam aditivo incorporador de ar em sua composição, onde observa-se uma leve variação no traçado dos mesmos, devido a oscilação da carga aplicada.

Cardoso (2009) explica que estas variações de carga ocorrem devido ao fluxo descontínuo do material durante o espalhamento radial, processo no qual algumas argamassas fluem e depois param, sendo que quando param de fluir a carga sobe e depois cai repentinamente quando estas espalham-se radialmente. O autor ainda afirma que este fenômeno está relacionado ao atrito entre as placas e a argamassa, bem como aos mecanismos internos de deformação e fluxo do material, principalmente quando a separação de fases atua aumentando a concentração localizada de agregados e o atrito na região central.

A presença deste tipo de comportamento oscilatório no ensaio do *squeeze flow* é indicativo de que o material que está sendo ensaiado apresenta altos níveis de cisalhamento interno (CARDOSO, 2009). Para a realização da análise destes resultados foram traçadas curvas de tendência com a utilização do software Microsoft Office Excel, suavizando o comportamento e facilitando a visualização deste.

As análises que seguem a respeito dos gráficos obtidos pelo ensaio do *squeeze flow* foram realizadas baseando-se no gráfico de comportamento já apresentado anteriormente no item 4.1.1 deste trabalho (figura 13).

Tabela 23: gráficos resultantes do ensaio do squeeze flow das argamassas estudadas



Observa-se que a argamassa 1, ao ser ensaiada com velocidade de 0,1 mm/s, apresentou um baixo deslocamento, devido a manifestação imediata do estágio III (enrijecimento por deformação). Esta argamassa apresenta um perfil que passa do estágio I (elástico) para uma pequena deformação plástica (estágio II) e em seguida para o enrijecimento por deformação, também conhecido como *strain-hardening*, onde as cargas apresentam um grande aumento para pequenos deslocamentos.

A argamassa 2 apresenta um deslocamento intermediário, onde se observa as três fases bem distintas, com significativa deformação plástica e com valores baixos de cargas.

A argamassa 3 apresenta comportamento predominantemente plástico, com baixos valores de carga e grandes deslocamentos. Observa-se nesta argamassa que há indícios do início do terceiro estágio apenas quando os agregados começam a ser comprimidos entre as placas, com valores de deslocamentos próximos a 8 mm.

Na figura 30 pode-se observar o aspecto de cada uma das argamassas ensaiadas, depois da aplicação da carga, onde verifica-se a veracidade das observações já realizadas anteriormente.

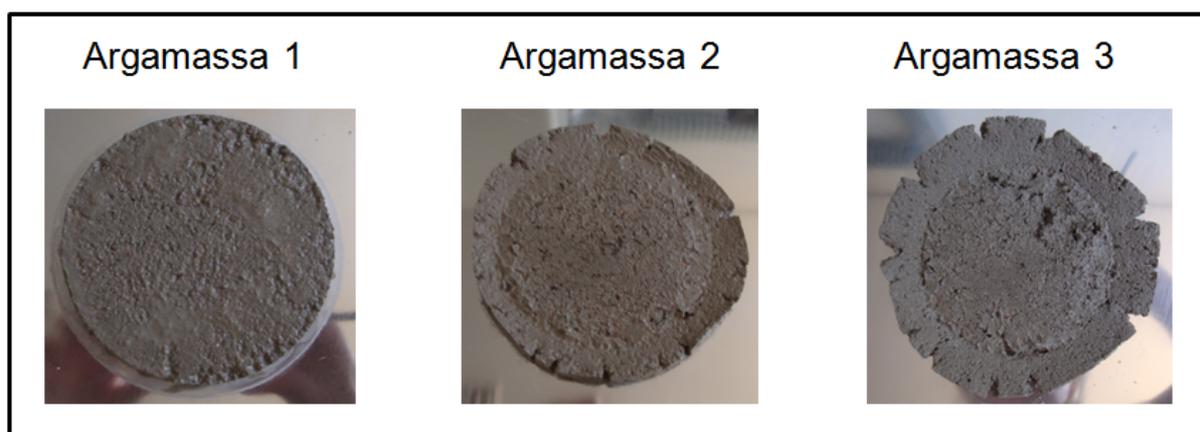


Figura 30: aspecto visual das argamassas estudadas após o ensaio de squeeze flow

Com o aumento da velocidade observa-se que houve uma redução no deslocamento máximo das argamassas, com aumento da carga necessária para tal. POITOU e RACINEUX (2001)¹¹ *apud* Cardoso (2009) esclarecem que este comportamento pode ser explicado devido a duas possíveis causas: (1) erros durante a realização do teste, seja devido a demora entre os ensaios nas diferentes velocidades e conseqüente aumento da viscosidade da pasta, ou por problemas no posicionamento inicial da punção; e (2) que este comportamento seja de fato a resposta reológica do material frente ao aumento de velocidade de sollicitação, principalmente em materiais onde a segregação é pequena ou inexistente.

Observa-se neste trabalho, bem como foi observado por Cardoso (2009) que o comportamento reológico das argamassas apresentou clara tendência em relação ao teor de ar incorporado destas, onde a maior presença deste resultou em maiores deslocamentos com menores cargas. Este fato era esperado, pois evidencia que, conforme já é de conhecimento, a incorporação de ar na argamassa tende a aumentar sua plasticidade, o que é claramente observado no ensaio, principalmente quando da aplicação de uma velocidade de 0,1 mm/s, onde as fases plásticas foram tanto maiores quanto maior foi o teor de ar incorporado à mistura.

De forma geral, o comportamento das argamassas apresentados pelo ensaio do *squeeze flow* pode dar indícios da facilidade de aplicabilidade que cada uma delas apresenta. O estágio desejável para que se tenha uma boa aplicabilidade é o plástico (II), argamassas que apresentam um longo estágio plástico tendem a ser mais fáceis de aplicar. Porém deve-se observar que quando este estágio é muito longo pode-se enfrentar problemas de escorregamento da argamassa aplicada. Para tanto deve haver um equilíbrio entre a presença do estágio II e do estágio III, havendo assim um enrijecimento adequado desta argamassa.

Quanto às argamassas estudadas neste trabalho, pode-se sugerir que talvez a A1 apresente um comportamento de difícil aplicabilidade e baixa produtividade, devido ao curto estágio plástico que ela apresenta. Por outro lado, a A3 poderia apresentar um estágio plástico muito longo, podendo ocasionar o escorregamento desta ao ser aplicada sobre o substrato. No contexto desta análise, poderia se sugerir que, entre as argamassas estudadas a que apresenta um comportamento mais coerente seria a A2, com a presença de um estágio plástico intermediário seguido por um comportamento de enrijecimento por deformação. Entretanto, cabe-se ressaltar que não se encontram na bibliografia trabalhos que mostrem o perfil ideal do ensaio do *squeeze flow* para que se tenha uma argamassa ideal para ser aplicada em diversas situações. Portanto, é necessária uma ponderação ao se analisar se uma argamassa é melhor do que a outra em termos de aplicabilidade.

Finalmente, conclui-se que diferentemente do observado no ensaio de índice de consistência, o ensaio do *squeeze flow* caracterizou adequadamente as argamassas de revestimento estudadas, mostrando a influência do aditivo incorporador de ar em sua composição, bem como pôde ser observado empiricamente no manuseio das mesmas.

6.2.1.3 Densidade de massa

Os resultados médios da densidade de massa no estado fresco, expressos na tabela 24 e na figura 31 demonstram o que já era esperado: quanto maior o teor de aditivo incorporador de ar (A1) adicionado às argamassas de revestimento, menor o valor da densidade de massa. Este fato se explica pela presença de bolhas de ar, incorporadas através deste aditivo, tornando a argamassa mais aerada e conseqüentemente mais leve.

Tabela 24: densidade de massa das argamassas estudadas

Argamassa	Densidade de massa (kg/m ³)	desvio padrão	coef. de variação (%)
A1	1639	96,78	5,91
A2	1536	20,82	1,36
A3	1446	15,10	1,04

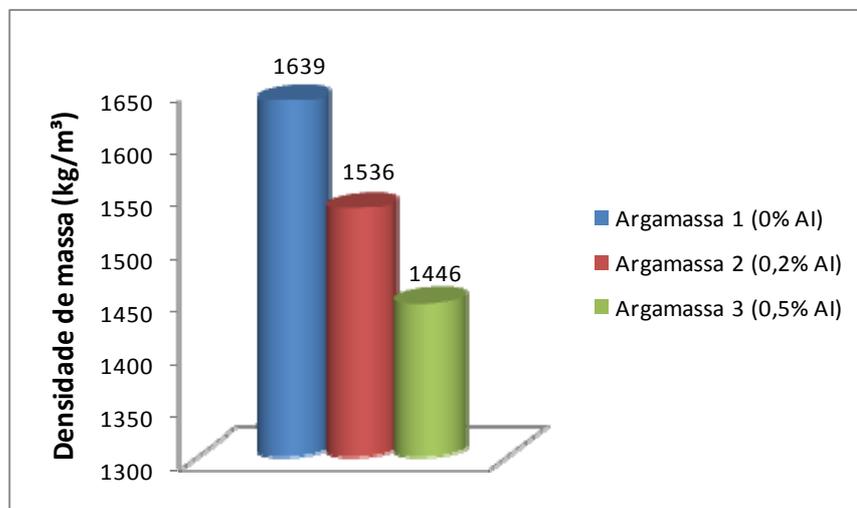


Figura 31: densidades de massa médias das argamassas estudadas

Realizando-se uma análise de variância foi possível observar que estatisticamente as densidades de massa das argamassas estudadas possuem inferência estatística entre si (tabela 25).

Tabela 25: análise de variância da densidade de massa das argamassas estudadas

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
ARG	111691	2	55846	17,67	0,000089	Sim
Erro	50572	16	3161			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática;
Fcalc: valor calculado de F

Ainda é possível afirmar que todas elas são diferentes entre si através da realização da análise múltipla de médias pelo teste de Duncan (tabela 26).

Tabela 26: teste de Duncan para a densidade de massa no estado fresco das argamassas estudadas

Argamassa	A1	A2	A3
A1		S	S
A2	S		S
A3	S	S	

S=significativo; NS: Não-significativo

6.2.1.4 Teor de ar incorporado

O teor de ar incorporado das três argamassas foi calculado através do método pressiométrico, conforme a NBR NM 47/2002. As médias dos valores obtidos para cada argamassa estão apresentadas na tabela 27.

Tabela 27: teor de ar incorporado das argamassas estudadas

Argamassa	Ar incorporado médio (%)	Desvio padrão	Coef. De variação (%)
A1	2,65	0,07	2,67
A2	4,9	0	0,00
A3	6,45	0,35	5,48

Através dos resultados foi possível observar que a A1 foi a que apresentou uma menor presença de ar incorporado, conforme esperado, já que esta argamassa é a única entre as três utilizadas nesta pesquisa que não possui aditivo incorporador de ar (AI) (figura 32). As argamassas 2 e 3 apresentaram maior presença de ar incorporado, também apresentado comportamento esperado, com a argamassa 2 com menor quantidade de ar incorporado do que a argamassa 3, já que a A2 possui 0,2% de aditivo incorporador de ar (AI), em relação a massa de cimento, enquanto a A3 apresenta 0,5% do mesmo. Este mesmo comportamento foi observado por Do Ó (2004).

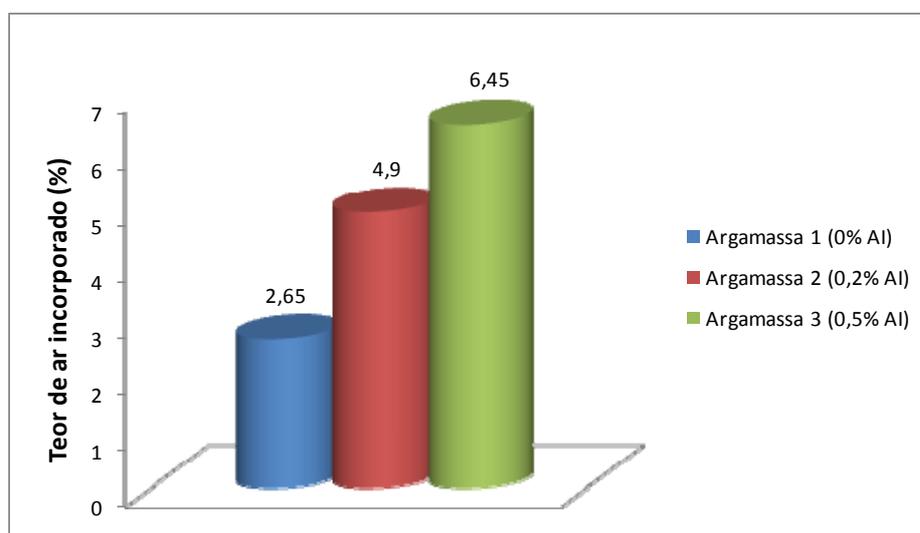


Figura 32: resultados para o ar incorporado das argamassas estudadas

A análise estatística dos valores obtidos mostra que há significância entre os valores de ar incorporado obtido para as três argamassas, conforme mostra a tabela 28. Complementarmente, a análise múltipla de médias pelo método de Duncan mostrou que todas as argamassas possuem inferência estatística entre si para esta característica (tabela 29)

Tabela 28: análise de variância do teor de ar incorporado das argamassas estudadas

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Argamassa	14,6033	2	7,3017	168,500	0,000829	Sim
Erro	0,1300	3	0,0433			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática;

Fcalc: valor calculado de F

Tabela 29: teste de Duncan para o teor de ar incorporado das argamassas estudadas

Argamassa	A1	A2	A3
A1		S	S
A2	S		S
A3	S	S	

S: significativo; NS: não significativo

Observa-se que apesar de ter sido realizado o ensaio de teor de ar incorporado também pelo método gravimétrico, este não foi utilizado na análise dos resultados pois, bem como foi verificado por Alves (2002b) e Carasek (1996), este ensaio apresentou valores de alta magnitude e diferença em relação ao método pressiométrico.

6.2.1.5 Retenção de água

O ensaio de retenção de água foi realizado conforme as prescrições da NBR 13277 (ABNT, 2005) e os resultados médios obtidos para cada uma das argamassas pode ser observado na tabela 30.

Tabela 30: retenção de água das argamassas estudadas

Argamassa	Ra média (%)	Desv. Padrão	Coef. de variação (%)	Classificação (NBR 13281/2005)
A1	96	1,85	1,93	U5
A2	84	0,37	0,44	U3
A3	79	0,05	0,07	U2

A figura 33 apresenta os valores obtidos para a retenção de água das argamassas 1, 2 e 3. Nesta, pode-se observar que a A1 foi a que apresentou uma maior porcentagem de retenção de água, com 96%, seguida da argamassa 2 e da argamassa 3 com 84% e 79%, respectivamente.

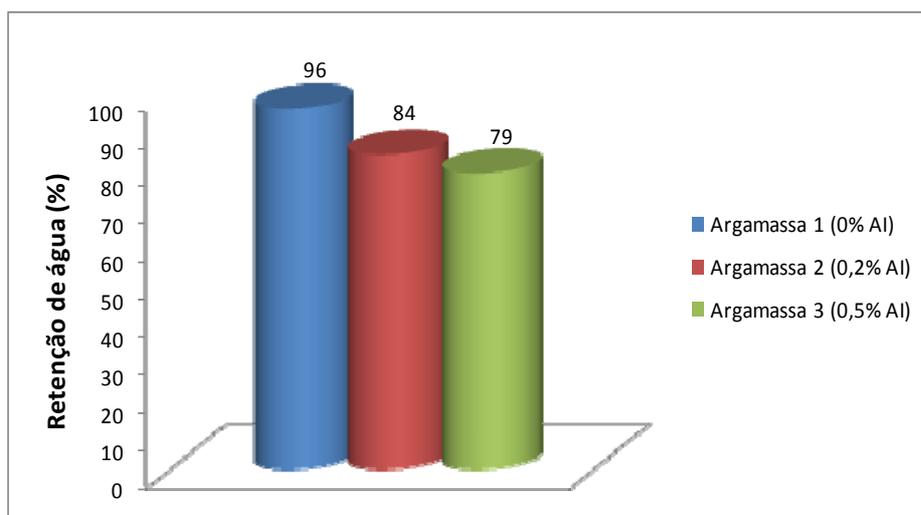


Figura 33: resultados para a retenção de água das argamassas estudadas

A análise estatística dos valores obtidos está apresentada na tabela 31. Nesta, observa-se que há inferência estatística entre os valores de retenção de água para as diferentes argamassas.

Tabela 31: análise de variância da retenção de água das argamassas estudadas

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Argamassa	310,58	2	155,29	130,92	0,001206	Sim
Erro	3,56	3	1,19			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática;

Fcalc: valor calculado de F

Complementarmente, realizou-se a análise múltipla de médias pelo método de Duncan. Esta análise está apresentada na tabela 32, e mostra que há inferência estatística entre todas as argamassas estudadas.

Tabela 32: teste de Duncan para a retenção de água das argamassas estudadas

Argamassa	A1	A2	A3
A1		S	S
A2	S		S
A3	S	S	

S: significativo; NS: não significativo

Os resultados obtidos neste ensaio indicam que quanto maior o teor de ar incorporado na argamassa, menor a retenção de água. O mesmo comportamento foi encontrado por Do Ó (2004) quando analisada a retenção de água de argamassas com diferentes teores de aditivo incorporador de ar nos instantes iniciais. O autor afirma que este comportamento pode ser explicado pelo fato de que argamassas com maiores teores de ar incorporado são menos consistentes e conseqüentemente mais fluidas, o que possivelmente promove uma maior quantidade de água livre em sua estrutura, fazendo com que a perda de água seja mais acentuada.

6.2.2 Caracterização no estado endurecido

A seguir estão apresentados os resultados dos ensaios das argamassas de revestimento no estado endurecido.

6.2.2.1 Resistência à compressão e à tração na flexão

As médias dos ensaios de resistência à compressão (R_{tc}) e à tração na flexão (R_t), realizados aos 28 dias, estão expressas na tabela 33. Complementarmente, na figura 34 podem-se observar graficamente os resultados de resistência à compressão aos 28 dias para as três argamassas estudadas, bem como os resultados de resistência à tração na flexão.

Observa-se nestes resultados que, como era esperado, quanto maior o teor de aditivo incorporador de ar presente na argamassa, menor a R_{tc} . Alves (2002b) sugere que este comportamento pode estar relacionado à presença de bolhas de ar maiores conforme a maior adição de aditivo incorporador de ar, as quais reduzem a resistência mecânica das argamassas.

Tabela 33: resistência à compressão e à tração na flexão das argamassas aos 28 dias

Argamassa	Rtc média (MPa)	Desvio padrão	Coef. de variação (%)	Classificação (NBR 13281/2005)	Rt média (MPa)	Desvio padrão	Coef. de variação (%)	Classificação (NBR 13281/2005)
A1	7,08	2,52	35,57	P5	1,28	0,33	25,70	R2
A2	5,19	0,73	14,06	P4	1,14	0,13	11,41	R1
A3	3,52	0,51	14,47	P3	0,90	0,10	11,11	R1

Rt: Resistência à tração na flexão

Rtc: Resistência à compressão

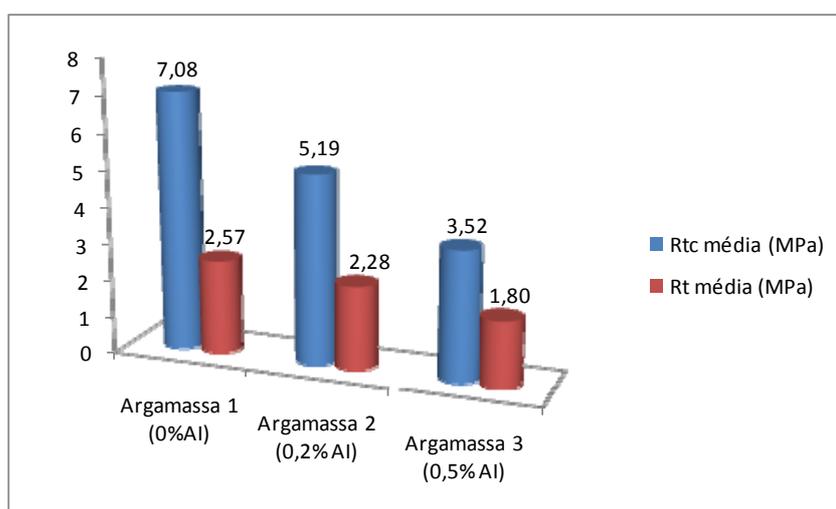


Figura 34: resistência à compressão (Rtc) e resistência à tração na flexão (Rt) médias aos 28 dias para as três argamassas estudadas

Conforme análise de variância realizada com o programa Statística 7 foi possível verificar que as argamassas estudadas são diferentes quanto aos resultados de resistência à compressão aos 28 dias (tabela 34).

Tabela 34: análise de variância das resistências à compressão médias das argamassas aos 28 dias

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Argamassa	228,471	2	114,235	49,703	0,000000	Sim
Erro	255,120	111	2,298			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática;

Fcalc: valor calculado de F

Ainda, realizou-se o teste de Duncan, buscando-se verificar através da análise múltipla de médias se todas as argamassas são diferentes entre si. Conforme pode-se observar na tabela 35, as três argamassas mostraram-se diferentes quanto a resistência à compressão aos 28 dias.

Tabela 35: teste de Duncan para a resistência à compressão das três argamassas estudadas

Argamassa	A1	A2	A3
A1		S	S
A2	S		S
A3	S	S	

S= significativo; NS: não-significativo

Quanto à resistência à tração na flexão, a análise de variância também mostrou que há inferência estatística entre as argamassas estudadas, fato confirmado pelo teste de Duncan.

Tabela 36: análise de variância das resistências à tração na flexão médias das argamassas aos 28 dias

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Argamassa	278,2839	1	278,2839	1626,677	0,000000	Sim
Erro	5,4324	2	2,7162	15,877	0,000004	

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática;

Fcalc: valor calculado de F

Tabela 37: teste de Duncan para a resistência à tração na flexão das três argamassas estudadas

Argamassa	A1	A2	A3
A1		S	S
A2	S		S
A3	S	S	

S= significativo; NS: não-significativo

Estes resultados permitem que se conclua que os teores de aditivo incorporador de ar utilizados na pesquisa estão apresentando influência nas propriedades mecânicas das argamassas analisadas.

6.2.2.2 Densidade de massa aparente

As médias dos resultados de densidade de massa aparente no estado endurecido para cada argamassa podem ser observadas na tabela 38, bem como na figura 35.

Tabela 38: densidade de massa aparente média no estado endurecido das argamassas estudadas, avaliada aos 28 dias de idade

Argamassa	ρ méd (kg/m³)	Desvio padrão	Coef. De variação (%)	Classificação (NBR 13281/2005)
1	1857	18,42	0,99	M5
2	1728	15,23	0,88	M4
3	1657	20,62	1,24	M4

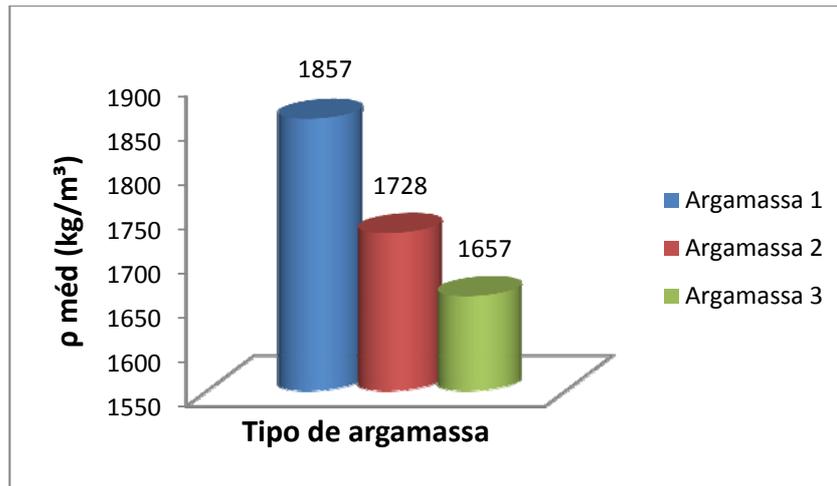


Figura 35: densidade de massa aparente média no estado endurecido das argamassas estudadas, avaliada aos 28 dias de idade

Como esperado, a argamassa 1, sem a adição de incorporador de ar, foi a que apresentou maiores valores de densidade de massa, seguida pela A2 com 0,2% de aditivo e pela A3 com 0,5% de aditivo. Este mesmo fato foi observado por Alves (2002) que afirma que a argamassa com aditivo incorporador de ar, pela presença de microbolhas de ar no interior da sua mistura, apresenta diminuição da densidade de massa e maior rendimento, sendo que se consegue um maior volume de argamassa para uma mesma quantidade de material anidro ao se comparar com uma argamassa sem aditivo.

Realizando-se uma análise de variância dos valores obtidos, pode-se observar que a diferença de valores de densidade de massa aparente no estado endurecido de uma argamassa para a outra é significativa, conforme expresso na tabela 39. O teste de Duncan confirma que as três argamassas possuem diferença entre si, fato que já era esperado devida a presença de aditivo incorporador de ar nas argamassas 2 e 3.

Tabela 39: análise de variância da densidade de massa aparente no estado endurecido das argamassas estudadas, avaliada aos 28 dias de idade

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Argamassa	373164	2	186582	571,2	0,00	Sim
Erro	17639	54	327			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática;

Fcalc: valor calculado de F

Tabela 40: teste de Duncan para a densidade de massa aparente no estado endurecido das argamassas estudadas, avaliada aos 28 dias de idade

Argamassa	A1	A2	A3
A1		S	S
A2	S		S
A3	S	S	

S: significativo; NS: não significativo

6.2.2.3 Absorção de água por capilaridade

O ensaio de absorção de água por capilaridade foi executado conforme a NBR 15259 (ABNT, 2005) e obteve como resultado o coeficiente de capilaridade (C), as médias destes valores estão apresentadas na tabela 41.

Tabela 41: coeficiente de capilaridade das argamassas aos 28 dias de idade

Argamassa	C _{médio} (g/dm ² .min ^{1/2})	Desvio Padrão	Coef. de variação (%)	Classificação (NBR 13281/2005)
A1	9,43	1,97	20,89	C5
A2	9,26	1,24	13,39	C5
A3	9,13	0,96	10,51	C5

A análise estatística dos valores do coeficiente de capilaridade obtidos para as três argamassas mostrou que não há inferência estatística entre elas, ou seja, quanto à absorção capilar, as três argamassas podem ser consideradas equivalentes (tabela 42). Este mesmo comportamento foi observado por Alves (2002) que não conseguiu observar uma correlação entre o teor de ar e a absorção capilar das argamassas estudadas por ele.

Tabela 42: análise de variância dos resultados de coeficiente de capilaridade aos 28 dias de idade

	SQ	GDL	MQ	F _{calc}	Fator p	Significativo
Argamassa	0,824	2	0,412	0,198	0,820914	Não
Erro	112,332	54	2,080			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática;

F_{calc}: valor calculado de F

Os resultados obtidos nos permitem concluir que a presença de aditivos incorporadores de ar nas argamassas estudadas não exerceu influência sobre a absorção capilar destas.

6.2.2.4 Módulo de elasticidade dinâmico

Os resultados médios obtidos para o ensaio de módulo de elasticidade dinâmico (E_d), realizado conforme as prescrições da NBR 15630 (ABNT, 2008), estão apresentados na tabela 43 e figura 36. Nestas pode-se observar que a argamassa 1 e a argamassa 2 apresentaram comportamento muito semelhante quanto a esta propriedade, sendo estas distintas do apresentado na argamassa 3.

Tabela 43: módulo de elasticidade dinâmico médio das argamassas estudadas, aos 28 dias de idade

Argamassa	Ed (GPa)	Desvio padrão	Coef. de variação (%)
A1	7,77	2,16	27,82
A2	7,59	1,65	21,79
A3	6,39	0,64	9,94

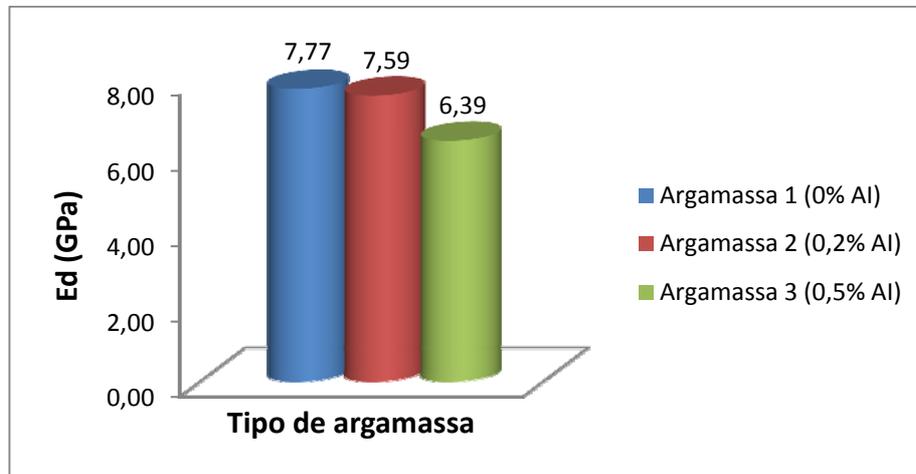


Figura 36: módulo de elasticidade dinâmico médio das argamassas estudadas, aos 28 dias de idade

A análise estatística dos valores obtidos mostrou que há inferência estatística entre os valores de módulo de elasticidade dinâmico obtidos para as três argamassas, conforme a tabela 44.

Tabela 44: análise de variância dos resultados de módulo de elasticidade dinâmico médio das argamassas estudadas, aos 28 dias de idade

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Argamassa	20,453	2	10,227	3,921	0,025713	Sim
Erro	140,856	54	2,608			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática;

Fcalc: valor calculado de F

A análise múltipla de médias através do método de Duncan confirmou que há inferência estatística entre as argamassas 1 e 3 e 2 e 3, conforme mostra a tabela 45.

Tabela 45: teste de Duncan para o módulo de elasticidade dinâmico médio das argamassas estudadas, aos 28 dias de idade

Argamassa	A1	A2	A3
A1		NS	S
A2	NS		S
A3	S	S	

S=significativo / NS= não significativo

Estes resultados mostram que a quantidade de ar incorporado pela adição de 0,2% de aditivo incorporador de ar em relação à massa de cimento não se mostrou significativo em relação ao módulo de elasticidade dinâmico da argamassa sem adição de incorporador de ar. Porém, ao se

adicionar 0,5% de aditivo incorporador de ar em relação à massa de cimento, a maior presença de bolhas exerceu influência nos resultados dos ensaios em relação ao obtido pelas argamassas sem aditivo e com 0,2% deste.

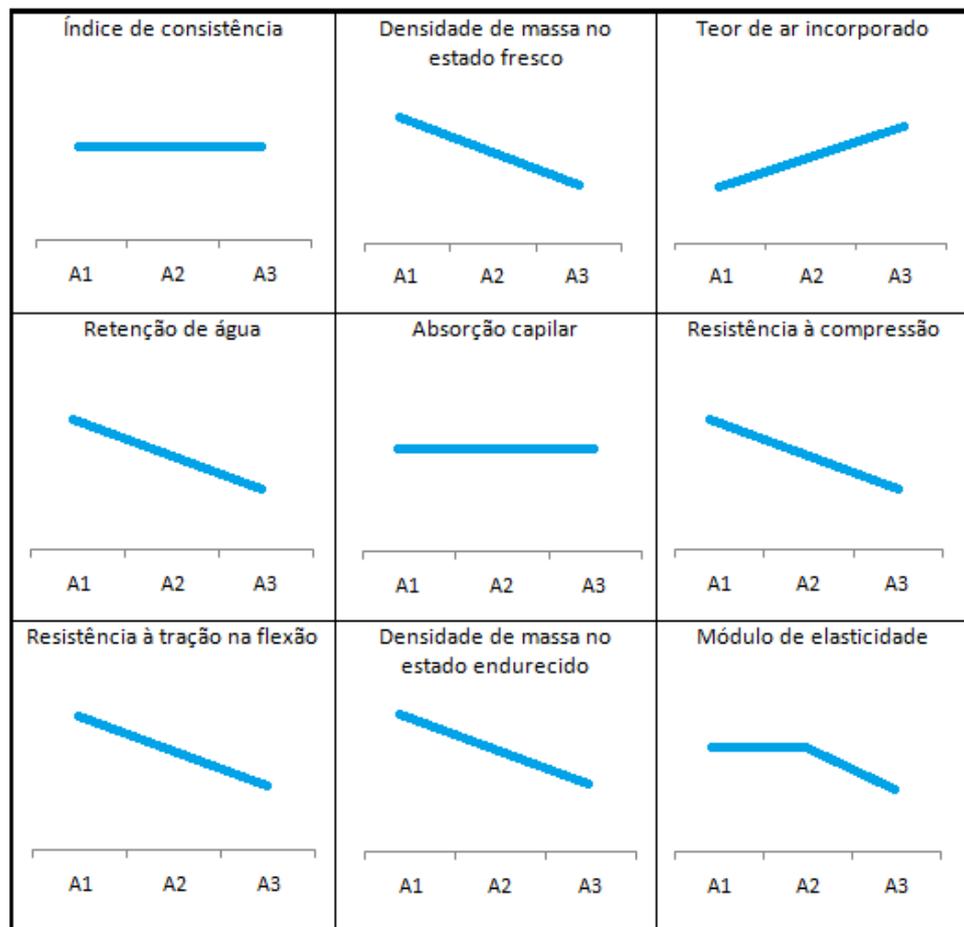
Este fato pode ter ocorrido devido ao tamanho das bolhas de ar proporcionadas por diferentes teores de aditivo incorporador de ar nas argamassas estudadas, bem como por ocorrência de variabilidade na moldagem dos corpos-de-prova utilizados na realização do ensaio.

6.2.2.5 Resumo dos ensaios de caracterização das argamassas

A tabela 46 apresenta um resumo do comportamento das argamassas de revestimento estudadas quanto aos ensaios de caracterização realizados, conforme a significância ou não dos resultados verificada pelo teste de Duncan e análise de variância.

Verifica-se que o comportamento obtido nestes foi satisfatório, sendo eles influenciados pela presença de aditivo incorporador de ar nas diferentes argamassas em diversos teores.

Tabela 46: resumo dos ensaios de caracterização realizados para as argamassas de revestimento estudadas



6.2.3 Análise da interface argamassa/substrato com lupa estereoscópica

A análise com lupa estereoscópica foi realizada em amostras de todas as combinações de argamassas e substratos utilizadas neste trabalho. Esta teve como objetivo analisar a área de contato da argamassa ao substrato em todos os casos.

É importante salientar que as análises realizadas com a lupa são de caráter exploratório e as imagens são apenas ilustrativas, já que as áreas observadas são pontuais, podendo não caracterizar a área total ensaiada.

Isto posto, na figura 37 estão apresentadas algumas imagens que caracterizam as ocorrências mais relevantes observadas nas amostras analisadas. Ressalta-se que todas as imagens apresentadas foram capturadas com mesma ampliação, de 16x, buscando proporcionar um efeito comparativo entre elas. Nesta figura, podem ser observadas imagens de uma mesma argamassa aplicada sobre uma mesma rugosidade onde, em alguns pontos, foram observadas falhas e em outros observou-se uma perfeita extensão de aderência. Estes casos podem ser analisados nas figuras “b” e “c”, bem como nas figuras “e” e “f”.

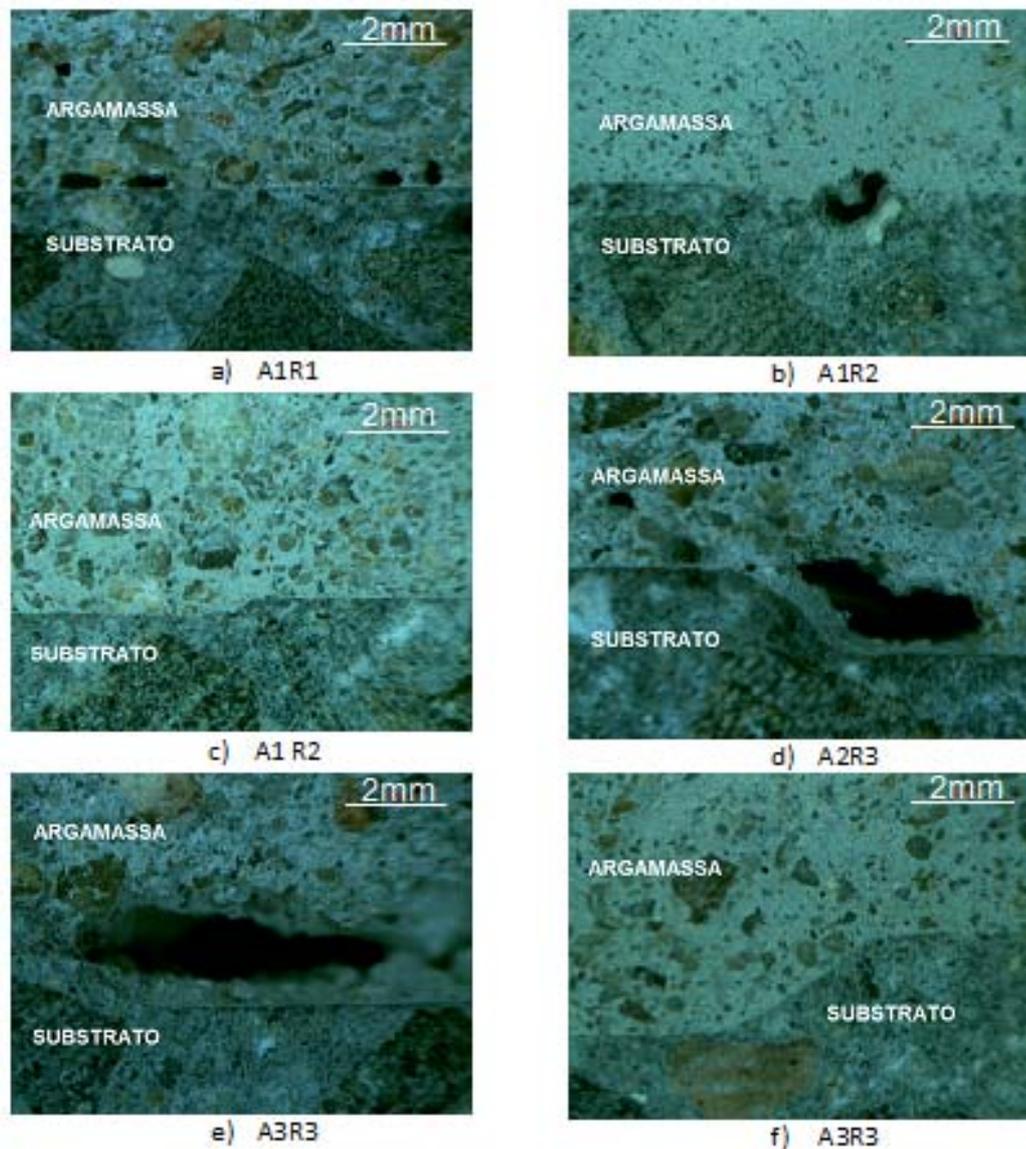


Figura 37: imagens feitas com a lupa estereoscópica, com ampliação de 16x, sendo a) Argamassa 1 (0% de Al) aplicada sobre o substrato de rugosidade 1 (liso), b) Argamassa 1 (0% de Al) aplicada sobre o substrato de rugosidade 2 (diamante), c) Argamassa 1 (0% de Al) aplicada sobre o substrato de rugosidade 2 (diamante), d) Argamassa 2 (0,2% Al) aplicada sobre o substrato de rugosidade 3 (moeda), e) Argamassa 3 (0,5% Al) aplicada sobre o substrato de rugosidade 3 (moeda) e f) Argamassa 3 (0,5% Al) aplicada sobre o substrato de rugosidade 3 (moeda).

Alguns fatos relevantes foram observados ao se realizar a análise através das imagens obtidas na lupa. Primeiramente, observou-se que as falhas verificadas na interface argamassa/substrato para sistemas com a argamassa 1 aplicada mostraram-se de menor diâmetro, algumas vezes em maior quantidade de incidências, independente da rugosidade do substrato. Este fato pode ser observado nas imagens “a” e “b” da figura 37. As argamassas 2 e 3 apresentaram falhas de dimensões maiores, gerando uma maior área sem contato, conforme pode-se observar nas imagens “d” e “e”. Este fato também foi observado por Alves (2002) que afirma que quanto mais aditivos em solução presente na mistura da argamassa, pode-se ter maiores bolhas de ar.

Outro fato interessante observado foi a concentração das falhas nos locais onde há mudança de inclinação do substrato (onde se inicia a formação do desenho da moeda, por exemplo), como mostram as figuras “d” e “e”. Porém, observa-se nas figuras “c” e “f” que em muitos pontos, para todas as argamassas e substratos houve uma perfeita área de contato nestes mesmos locais.

As observações realizadas anteriormente não permitem delinear conclusões sistemáticas sobre o comportamento das argamassas e substratos quanto a sua área de contato, porém são válidas para que se entenda um pouco melhor como está se dando esta área de contato.

6.2.4 Digitalização tridimensional a laser

A digitalização tridimensional a laser foi realizada com a utilização de um scanner tridimensional, conforme já especificado no item 5.3.1.3 desta dissertação.

A análise foi feita com a utilização de uma lente de 150 mm, com precisão entre pontos de 0,2 mm.

As imagens digitalizadas sofreram tratamento com o programa Geomagic Studio 10, resultando nas imagens a seguir (figura 38).

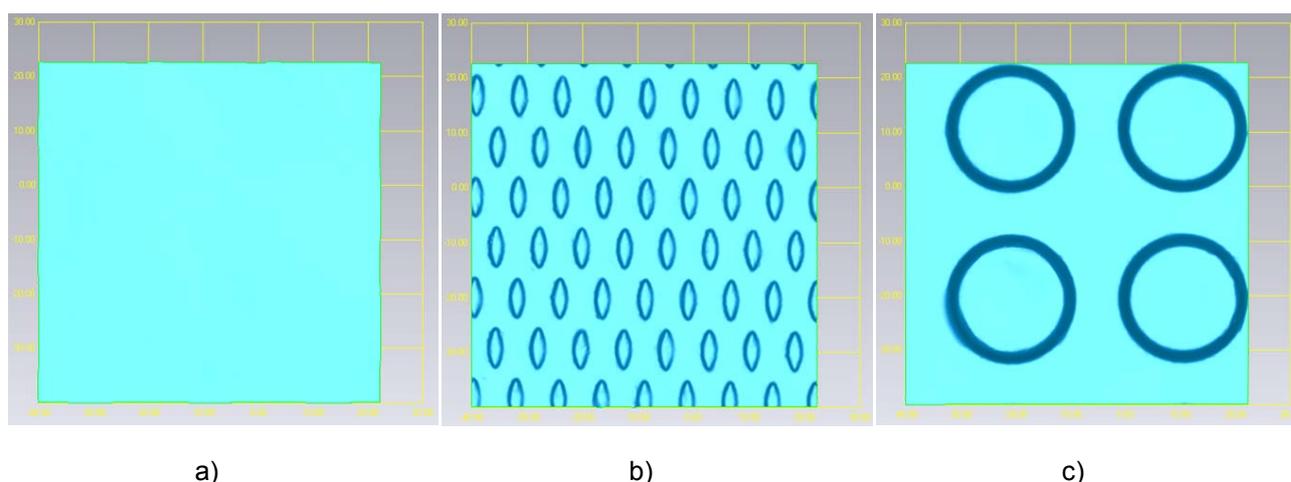


Figura 38: imagens obtidas através de scanner 3D das rugosidades (grade em mm). a) rugosidade 1, b) rugosidade 2, c) rugosidade 3

Através da digitalização das três rugosidades estudadas, foi possível realizar a medição da superfície de cada uma delas, ou seja, a área de contato potencial que cada uma delas proporciona à argamassa aplicada. A medição da área foi realizada sobre uma amostra de 3cmx3cm, a qual resultou nas seguintes áreas de contato potencial para as três rugosidades:

- a) rugosidade 1 (lisa): 3900,72 mm²;
- b) rugosidade 2 (diamante): 3981,72 mm²;
- c) rugosidade 3 (moeda): 4116,34mm².

Através dos valores de áreas de contato potencial, pode-se concluir que a R2 apresenta um aumento de 2,08% na área de contato potencial em relação à R1, enquanto que a R3 apresenta um incremento de 5,53% em relação à R1. Ainda observa-se que a R3 apresenta um incremento de 3,27% de área de contato potencial em relação à R2.

Adicionalmente, buscando-se caracterizar as rugosidades estudadas, realizou-se um comparativo das três rugosidades com uma superfície perfeitamente plana (figura 39). O laudo completo destas análises encontra-se no anexo B.

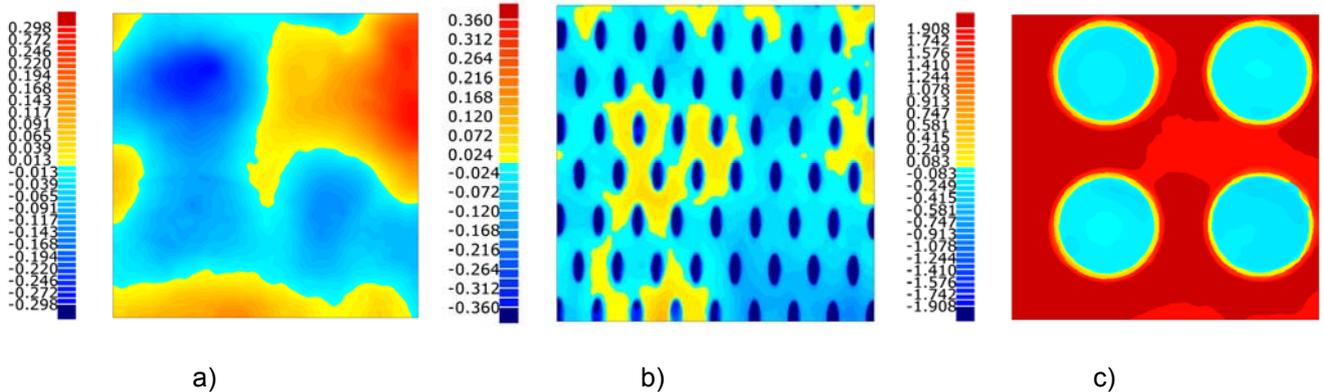


Figura 39: estudo comparativo das rugosidades com uma superfície plana. a) rugosidade 1, b) rugosidade 2, c) rugosidade 3

Esta análise foi realizada com o objetivo de, principalmente, mostrar que a rugosidade 1, apesar de ser chamada de “lisa”, não trata-se de um plano perfeito. A análise mostrou que os desvios máximo e mínimo obtidos para este caso foram de 0,298mm e -0,294mm, respectivamente. Ainda, observou-se que o desvio padrão da amostra resultou em 0,106mm, em relação a um plano perfeito. Salienta-se que em todos os casos que o zero apresentado na escala (entre a cor amarela e azul) representa o plano perfeito. Desta forma, tudo que está acima de zero é considerado um relevo e o que está abaixo de zero é uma depressão.

O resultado da análise obtido para a rugosidade 2 (diamante) mostrou que os desvios máximos e mínimos para esta rugosidade, em relação a um plano perfeito, foram de 0,119mm e -0,623mm, respectivamente. O desvio padrão resultante desta rugosidade foi de 0,151mm.

A imagem comparativa da rugosidade 3 (moeda) com uma superfície perfeitamente plana mostrou que o desvio máximo superior obtido para esta rugosidade foi de 2,108mm, enquanto o desvio máximo inferior foi de -0,302mm, bem como um desvio padrão de 1,01mm.

6.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO (RA) E AO CISALHAMENTO (RC)

Os resultados dos ensaios de Ra e Rc foram obtidos através dos métodos de ensaios já especificados nos itens 5.3.3.1 e 5.3.3.2 desta dissertação. Após a realização destes, os resultados obtidos foram organizados em planilhas. A partir desta organização, foi possível observar uma grande variabilidade nos valores obtidos, fato que poderia mascarar os resultados. Sabe-se que esta variabilidade é característica inerente aos ensaios de resistência de aderência de revestimentos, conforme já constatado por diversos autores, como Carasek et al. (2005) e vêm sendo objeto de estudos como o realizado por Gonçalves (2004) que buscou analisar os diversos fatores que ocasionam esta variabilidade.

Buscando-se uma maior confiabilidade na análise e interpretação destes dados, se resolveu excluir valores espúrios. O critério adotado para a exclusão destes foi o seguinte: calculou-se a média dos valores e o seu desvio padrão, então foram considerados espúrios todos os valores compreendidos fora do intervalo entre a média menos o desvio padrão e a média mais o desvio padrão.

Salienta-se que a média apresentada nas tabelas engloba todos os valores resultantes dos ensaios de Ra e Rc, incluindo os valores espúrios.

Quanto às formas de ruptura observadas nos ensaios verificou-se que estas ocorreram apenas de duas maneiras: na interface argamassa/substrato e na argamassa, sendo que ainda seriam possíveis ocorrências de rupturas no substrato, na interface argamassa/cola e na interface cola/pastilha. Devido a este fato, nas planilhas de resultados, apenas estas duas formas de ruptura estão apresentadas, porém, todas as possibilidades apresentadas pela norma foram consideradas no momento da análise.

Quanto aos altos valores obtidos nos resultados destes ensaios, estes ocorreram possivelmente pelo fato da argamassa utilizada nesta pesquisa ser rica em aglomerantes, bem como as condições favoráveis de produção dos corpos-de-prova e execução dos ensaios.

Realizado este tratamento prévio, foram plotados gráficos comparativos e realizadas análises de variância com o programa Statística 7.

As planilhas completas com os resultados dos ensaios de Ra e Rc estão apresentadas no apêndice D, ao final deste trabalho.

6.3.1 Análise da influência das diferentes argamassas sobre a Resistência de aderência à tração (Ra)

A seguir estão apresentados os valores de Ra obtidos nos ensaios aos 28 e 91 dias de idade das argamassas 1, 2 e 3 para as diferentes rugosidades. Cabe lembrar que a argamassa 1 (A1) tem proporcionamento de 1:1:3,10 (cimento:cal hidratada:areia, em massa seca), a argamassa 2 (A2) tem proporcionamento de 1:1:3,10, em massa seca, com adição de aditivo incorporador de ar em 0,2% sobre a massa de cimento e a argamassa 3 (A3) tem proporcionamento de 1:1:3,10, em massa seca, com adição de aditivo incorporador de ar em 0,5% sobre a massa de cimento. Todas as argamassas possuem uma mesma relação a/c de 1,2.

6.3.1.1 Resultados obtidos para o ensaio de resistência de aderência à tração aos 28 dias de idade

A tabela 47 apresenta os resultados de resistência de aderência à tração aos 28 dias obtidos para a argamassa 1 aplicada sobre as rugosidades 1, 2 e 3.

Tabela 47: valores de resistência de aderência à tração aos 28 dias de idade obtidos para a A1 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3

Resistência de aderência à tração (Ra) aos 28 dias para a argamassa 1 (0% AI)											
Rugosidade 1 (lisa)				Rugosidade 2 (diamante)				Rugosidade 3 (moeda)			
Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)
	Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg	
0,45	100		4,49	1,04	100	0,87	1,08	10	30	4,28	
0,90	80	20	4,55	1,08	60	40	3,53	0,83		100	2,86
0,91		100	4,59	0,96		100	0,88	0,97	90	10	4,29
0,77	100		4,64	1,00	20	80	3,40	0,95		100	1,21
0,74	100		4,40	0,94		100	0,92	1,10		100	1,15
0,67	80	20	4,43	0,94	60	40	3,53	0,95		100	0,96
0,85	100		4,55	0,95	70	30	3,62	0,92		100	2,42
0,84	80	20	4,62	0,58	80	20	3,64	0,60	80	20	3,89
0,88	30	70	3,74	0,68	95	5	3,68	0,64	80	20	3,90
0,67	50	50	4,54	0,83	80	20	3,72	0,69	90	10	4,03
0,89	100		4,43	0,62	100		3,54	0,95	50	50	4,02
0,94	50	50	4,35	0,85	90	10	3,61	1,16		100	2,89
desv. pad.: 0,141			desv. pad.: 0,165			desv. pad.: 0,179					
média: 0,79			média: 0,87			média: 0,90					

* Os valores grifados foram considerados espúrios e excluídos da análise

A análise de variância dos valores apresentados na tabela 47 mostrou que houve inferência estatística entre as três rugosidades utilizadas no comportamento da argamassa 1 quanto a sua resistência de aderência à tração, conforme mostra a tabela 48 e a figura 40.

Tabela 48: análise de variância dos valores de Ra aos 28 dias para a argamassa A1 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Rugosidade	0,10103	2	0,05052	7,731	0,002866	Sim
Erro	0,14376	22	0,00653			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática;
Fcalc: valor calculado de F

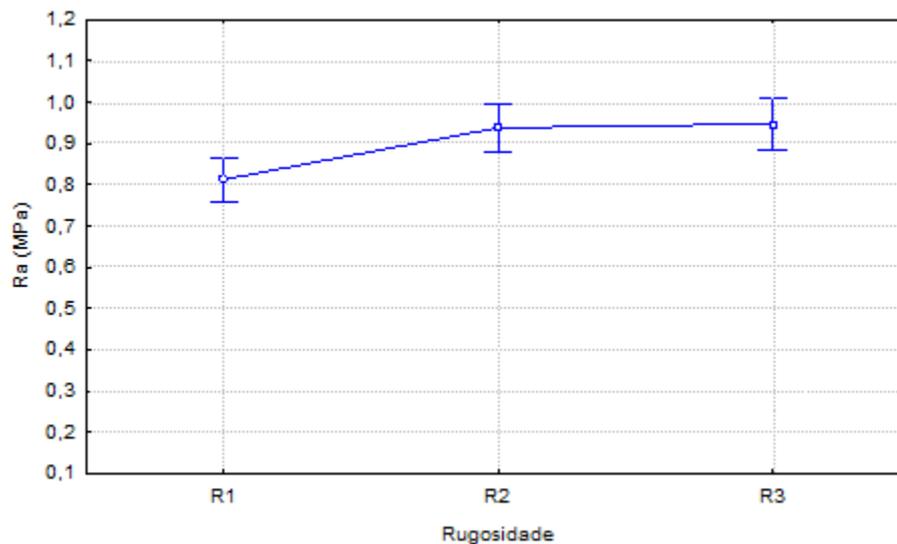


Figura 40: análise de variância dos valores de Ra aos 28 dias para a argamassa A1 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

Através do método de Duncan foi possível verificar que a R1 e a R2, bem como a R1 e a R3 possuem comportamentos estatisticamente diferentes entre si, enquanto a R2 e a R3 são consideradas estatisticamente iguais. Em outras palavras, o aumento da área potencial de contato em R2 e R3 contribuiu substancialmente para o incremento da resistência de aderência à tração em relação ao substrato de R1 (lisa). Todavia entre os substratos de R2 e R3, não houve diferença estatisticamente significativa quanto aos resultados de Ra, no caso da argamassa A1 aos 28 dias. Este fato pode ser explicado pela afirmação realizada por Bauer (2005), quando o autor diz que “o processo de aderência mecânica, de suma importância, vem seguida de outro fator também preponderante para o desenvolvimento do sistema, a extensão de aderência”, o autor ainda lembra que a extensão de aderência diminui à medida que aumenta a ocorrência de falhas de contato na interface argamassa/substrato. Ou seja, se a argamassa não “molhou” totalmente as superfícies proporcionadas pelas rugosidades 2 e 3, a área de contato real foi inferior a área de contato potencial gerada pelo substrato.

Tabela 49: análise pelo método de Duncan dos resultados de Ra aos 28 dias para a argamassa 1 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

	Rugosidade 1	Rugosidade 2	Rugosidade 3
Rugosidade 1		S	S
Rugosidade 2	S		NS
Rugosidade 3	S	NS	

S: significativo; NS: não significativo

A tabela 50 apresenta os resultados de Ra obtidos aos 28 dias ao se aplicar argamassa 2 sobre as diferentes rugosidades estudadas.

Tabela 50: valores de resistência de aderência à tração aos 28 dias de idade obtidos para a A2 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3

Resistência de aderência à tração (Ra) aos 28 dias para a argamassa 2 (0,2% AI)											
Rugosidade 1 (lisa)				Rugosidade 2 (diamante)				Rugosidade 3 (moeda)			
											
Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)
	Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg	
0,79	60	40	3,51	0,81	10	90	3,58	1,06	50	50	3,50
0,88	60	40	3,29	0,93		100	3,08	0,54	20	80	3,51
0,54	80	20	3,71	0,89	40	60	3,76	0,73	90	10	3,61
0,78	80	20	3,50	0,97	20	80	3,50	0,54	90	10	3,64
0,88	100		3,67	0,61	90	10	3,58	0,95		100	2,87
0,66	20	80	3,60	0,96	50	50	3,55	0,65	40	60	3,47
0,77	50	50	2,73	0,75	80	20	3,56	0,58	95	5	3,67
0,57	100		4,52	0,80	100		3,46	0,78	95	5	3,76
0,78	90	10	3,79	0,96	85	15	3,57	1,07	90	10	3,99
0,68	30	70	3,74	0,66	80	20	3,55	0,80	90	10	3,91
0,65	50	50	3,64	0,81	80	20	3,51	0,49	90	10	4,06
0,55	90	10	3,74	0,90	70	30	3,44	0,65	90	10	4,02
desv. pad.: 0,121 média: 0,71				desv. pad.: 0,121 média: 0,84				desv. pad.: 0,200 média: 0,74			

* Os valores grifados foram considerados espúrios e excluídos da análise

Analisando-se estatisticamente o comportamento da argamassa A2 quanto à Ra, quando aplicada sobre as três rugosidades estudadas foi possível observar que há inferência estatística entre as variáveis analisadas (tabela 51 e figura 41). Percebe-se, que para a rugosidade R2 há um provável ruído experimental da A2, já que este foi discrepante em relação ao observado para as demais argamassas.

Tabela 51: análise de variância dos valores de Ra aos 28 dias para a argamassa A2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Rugosidade	0,19606	2	0,09803	14,384	0,000116	Sim
Erro	0,14312	21	0,00682			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática;
Fcalc: valor calculado de F

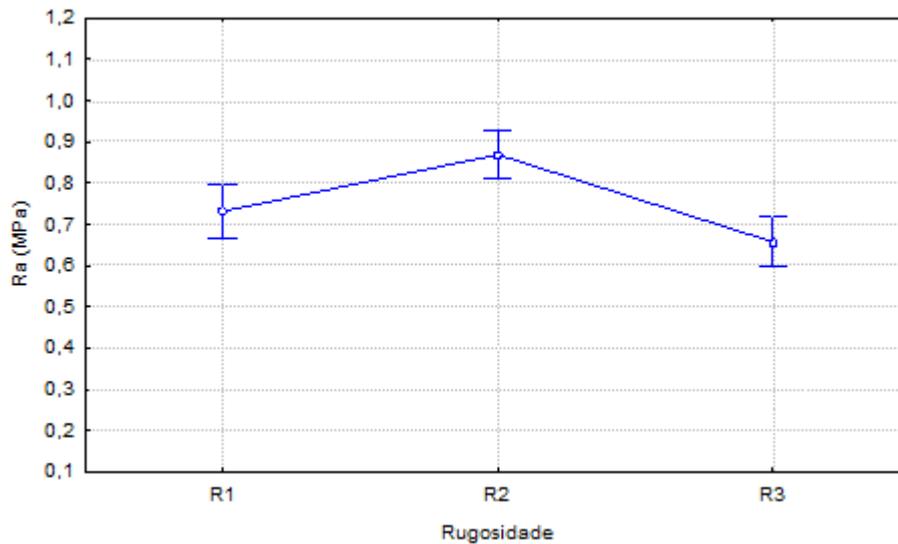


Figura 41: análise de variância dos valores de Ra aos 28 dias para a argamassa A2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

A análise pelo método de Duncan mostra que há inferência estatística entre a R1 e a R2 e entre a R2 e a R3, não havendo diferença estatisticamente relevante entre as rugosidades 1 e 3. Há de se considerar que a existência de algum ruído experimental para R2 possa estar interferindo sobre esta análise, este provavelmente deve ter sido ocasionado pela significativa variação de desempenho que pode ocorrer em argamassas que possuem aditivo incorporador de ar em sua composição, conforme exposto por Recena (2008).

Tabela 52: análise pelo método de Duncan dos resultados de Ra aos 28 dias para a argamassa 2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

	Rugosidade 1	Rugosidade 2	Rugosidade 3
Rugosidade 1		S	NS
Rugosidade 2	S		S
Rugosidade 3	NS	S	

S: significativo; NS: não significativo

Na tabela 53 pode-se observar o comportamento quanto a Ra aos 28 dias da argamassa 3 ao ser aplicada sobre os substratos de rugosidade 1, 2 e 3.

Tabela 53: valores de resistência de aderência à tração aos 28 dias de idade obtidos para a A3 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3

Resistência de aderência à tração (Ra) aos 28 dias para a argamassa 3 (0,5% AI)											
Rugosidade 1 (lisa)				Rugosidade 2 (diamante)				Rugosidade 3 (moeda)			
Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)
	Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg	
0,77	80	20	3,77	0,59		100	2,65	0,00	80	20	2,70
0,46	90	10	3,87	0,45	90	10	3,18	0,38	80	20	2,85
0,65		100	3,85	0,79		100	2,39	0,61		100	2,78
0,71		100	1,95	0,56	50	50	3,03	0,61	50	50	2,76
0,71	70	30	3,31	0,76	80	20	3,15	0,45	50	50	2,70
0,57	20	80	3,83	0,37	100		3,45	0,31	50	50	2,84
0,76		100	1,69	0,54	50	50	2,99	0,63	70	30	3,22
0,72	50	50	3,60	0,57	20	80	2,85	0,43	90	10	3,12
1,01		100	2,08	0,70	30	70	2,87	0,82	90	10	3,13
0,91		100	2,63	0,36	30	70	2,81	0,56	95	5	3,10
0,35	100		3,60	0,36	80	20	2,96	0,40	90	10	3,11
0,52	90	10	3,56	0,49	90	10	2,79	0,45	90	10	3,01
desv. pad.: 0,184 média: 0,68				desv. pad.: 0,150 média: 0,54				desv. pad.: 0,204 média: 0,47			

* Os valores grifados foram considerados espúrios e excluídos da análise

Realizando-se a ANOVA dos valores considerados válidos, observou-se que há inferência estatística entre as variáveis analisadas para a resistência de aderência à tração (tabela 54 e figura 42). O comportamento descrito pela curva da figura 42 permite que se conclua que os substratos estampados com as rugosidades R2 e R3 apresentaram um decréscimo de Ra em relação aos substratos de rugosidade R1 (lisa). Este fato pode ter ocorrido pela formação de bolsões de ar na interface argamassa/substrato, consequência do não molhamento do substrato pela argamassa. Este fato já era esperado, já que em estudos realizados anteriormente, como o de Alves (2002) foi verificado que quanto mais aditivo incorporador de ar presente na mistura da argamassa, podem-se ter maiores bolhas de ar que prejudicam o contato da argamassa com a base.

Tabela 54: análise de variância dos valores de Ra aos 28 dias para a argamassa A3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Rugosidade	0,170320	2	0,085160	9,8253	0,000973	Sim
Erro	0,182017	21	0,008667			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática;

Fcalc: valor calculado de F

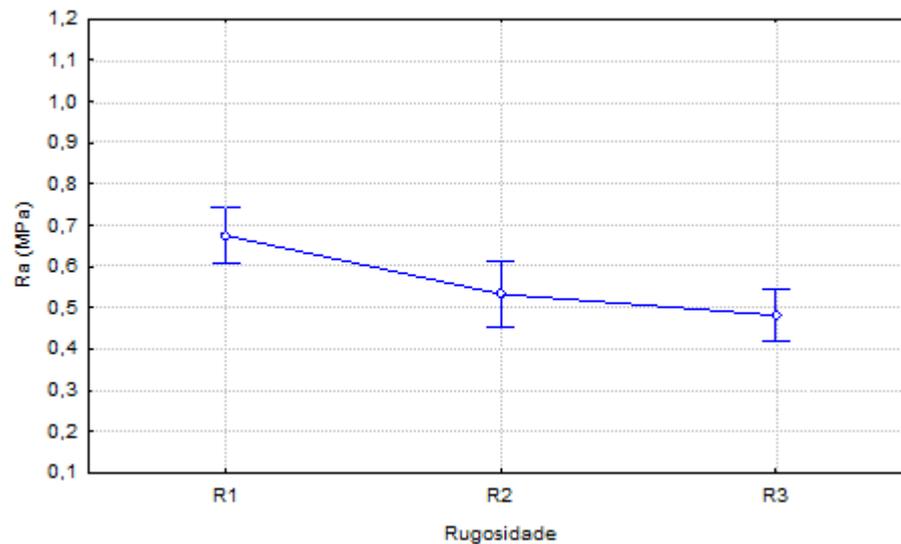


Figura 42: análise de variância dos valores de Ra aos 28 dias para a argamassa A3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

A análise múltipla de médias pelo método de Duncan indica que as rugosidades 1 e 2 e 1 e 3 têm comportamentos estatisticamente diferentes entre si, enquanto as rugosidades 2 e 3 apresentam comportamentos iguais estatisticamente.

Tabela 55: análise pelo método de Duncan dos resultados de Ra aos 28 dias para a argamassa 3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

	Rugosidade 1	Rugosidade 2	Rugosidade 3
Rugosidade 1		S	S
Rugosidade 2	S		NS
Rugosidade 3	S	NS	

S: significativo; NS: não significativo

A partir dos resultados considerados válidos para o ensaio de resistência de aderência à tração aos 28 dias de idade para as argamassas 1, 2 e 3, aplicadas sobre os substratos de rugosidade 1, 2 e 3 plotou-se um gráfico de incidências de valores para todos os casos, visando analisar o comportamento de cada um deles (figura 43). Para tal estabeleceu-se um valor médio de análise, de 0,7 MPa, utilizado-o como referência para a verificação das incidências. Neste gráfico pode-se observar que a argamassa 1 apresentou desempenho bastante superior quanto a Ra aos 28 dias ao ser assentada sobre as rugosidades 2 e 3, em relação a rugosidade 1.

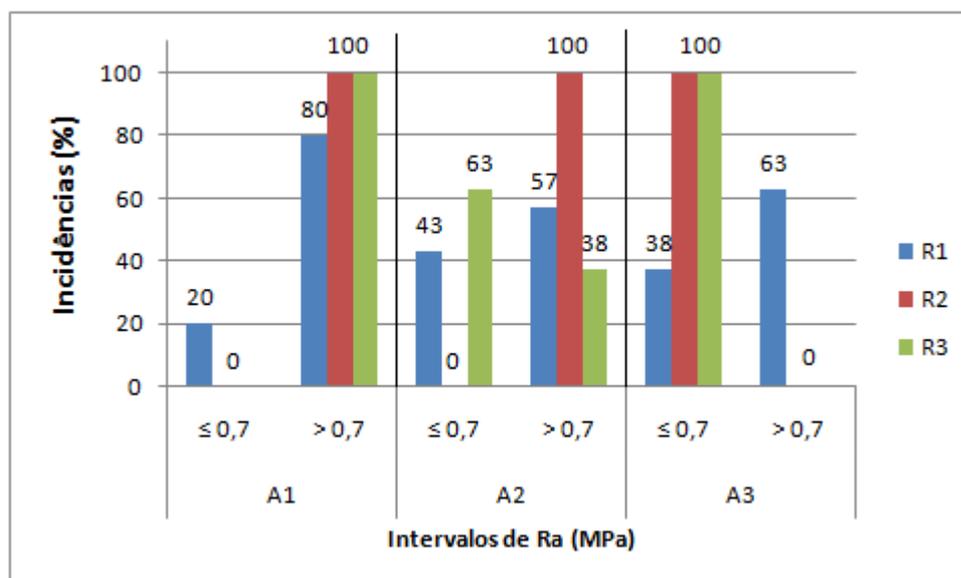


Figura 43: porcentagens de incidências dos valores de resistência de aderência à tração (Ra) aos 28 dias. Observa-se ainda que o mesmo comportamento apresentado pela argamassa 1 não foi verificado para as argamassas 2 e 3. Bem como pôde ser analisado nas imagens da interface feitas com a utilização de lupa estereoscópica, apresentadas no item 6.2.3 deste trabalho, o aumento do tamanho dos bolsões de ar ocasionados pelo aumento do teor de aditivo incorporador de ar nas argamassas, prejudicou o incremento de área de contato potencial proporcionados pelas rugosidades 2 e 3. Este fato já havia sido constatado por Bauer (2005) e por Alves (2002) que afirmam que a possível redução na resistência de aderência encontrada em argamassas com ar incorporado é atribuída a diminuição da superfície de contato entre a argamassa e o substrato, além da redução das propriedades mecânicas devido ao incremento da porosidade na argamassa a partir da incorporação de uma certa quantidade de ar. Alves (2002) ainda verificou em seu estudo que a presença de aditivo incorporador de ar em certos teores pode resultar em uma redução de até 55% na resistência de aderência a tração de argamassas.

A presença destes bolsões reduziu a Ra para as rugosidades 2 e 3 já que, como observado nas imagens da lupa estereoscópica, estes localizam-se com maior frequência em pontos onde existem ângulos proporcionados pela rugosidade do substrato e muito próximos ou na interface argamassa/substrato. Este fato pode ser explicado pelo formato das rugosidades utilizadas nesta pesquisa, já que outras pesquisas, como a de Oliveira et al. (2009), que estudou diferentes formatos de desempenadeiras para a aplicação de chapisco industrializado, verificaram que o formato da rugosidade influencia no molhamento da superfície pela argamassa, no surgimento de falhas de contato e consequentemente na resistência de aderência resultante.

Desta forma, pode-se afirmar que nem sempre o aumento da área de contato potencial de um substrato irá resultar em um aumento na resistência de aderência à tração de revestimentos de argamassa, já que a reologia apresentada pela argamassa aplicada sobre ele pode exercer influência nesta área de contato real. Para a A1 obteve-se um incremento na resistência de aderência à tração com o aumento da área de contato potencial do substrato, não ocorrendo o mesmo para as argamassas 2 e 3.

Uma análise de variância fatorial comprova esta hipótese, conforme pode-se observar na figura 44. Ainda, na tabela 56 verifica-se que para a Ra, aos 28 dias de idade, tanto a argamassa quanto a rugosidade e a interação entre elas exerceram influência significativa nos resultados obtidos.

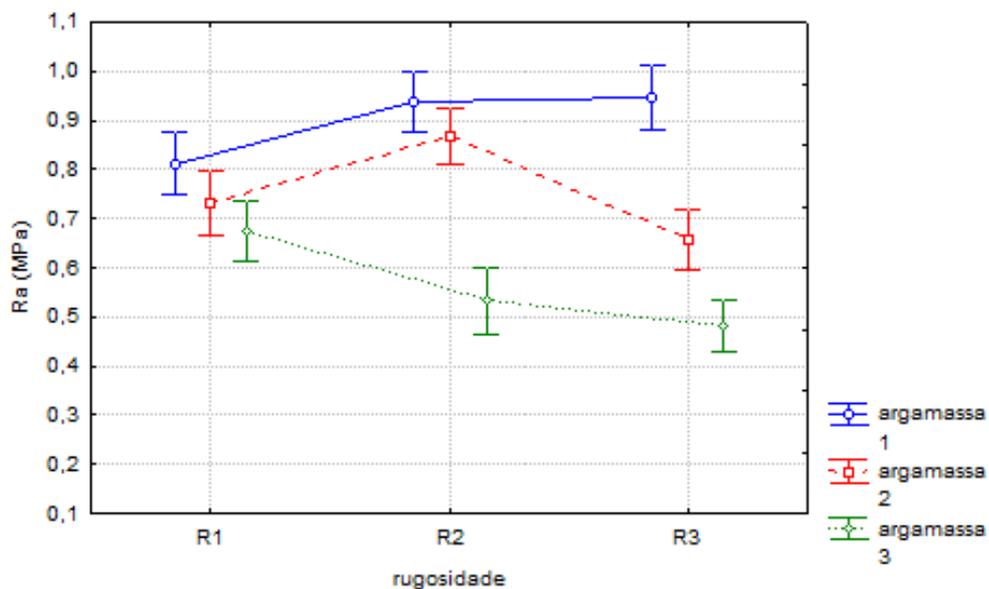


Figura 44: análise de variância do comportamento quanto à resistência de aderência à tração aos 28 dias das argamassas 1, 2 e 3 aplicadas sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3

Tabela 56: análise de variância dos valores de resistência de aderência à tração dos 28 dias para as argamassas 1, 2 e 3 aplicadas sobre os substratos de R1, R2 e R3

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Argamassa	1,34283	2	0,67142	91,642	0,000000	Sim
Rugosidade	0,08318	2	0,04159	5,677	0,005377	Sim
Argamassa*Rugosidade	0,34561	4	0,08640	11,793	0,000000	Sim
Erro	0,46890	64	0,00733			

SQ: soma quadrática; GDL: graus de liberdade; MQ: média quadrática

Fcalc: valor calculado de F

6.3.1.2 Resultados obtidos para o ensaio de resistência de aderência à tração aos 91 dias de idade

Os resultados obtidos para a resistência de aderência à tração aos 91 dias para a argamassa 1 aplicada sobre as rugosidades 1, 2 e 3 estão apresentados na tabela 57.

Tabela 57: valores de resistência de aderência à tração aos 91 dias de idade obtidos para a A1 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3

Resistência de aderência à tração (Ra) aos 91 dias para a argamassa 1 (0% AI)											
Rugosidade 1 (lisa)				Rugosidade 2 (diamante)				Rugosidade 3 (moeda)			
Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)
	Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg	
1,09	80	20	2,97	1,14	40	60	2,53	1,10	70	30	2,41
1,25	70	30	2,79	0,99	30	70	2,56	0,61	60	40	2,40
0,87		100	0,35	1,06	80	20	2,68	0,73	90	10	2,48
1,18	40	60	2,78	0,69	80	20	2,74	0,87	20	80	2,12
0,88		100	0,37	1,10	90	10	2,47	0,88	70	30	2,59
0,61	50	50	2,74	1,04	80	20	2,65	0,87	70	30	2,41
0,86	60	40	2,92	0,32		100	1,79	0,45		100	1,70
1,24		100	2,57	0,29	30	70	2,40	0,57		100	2,06
1,04	70	30	2,89	0,53		100	1,41	0,56	30	70	2,39
0,70	60	40	2,89	0,52		100	1,22	0,42	40	60	2,39
0,90	90	10	2,28	0,46		100	1,31	0,54	10	90	2,33
0,76	60	40	2,77	0,54	90		2,33	0,49	5	95	2,25
desv. pad.: 0,210				desv. pad.: 0,323				desv. pad.: 0,212			
média: 0,95				média: 0,72				média: 0,67			

* Os valores grifados foram considerados espúrios e excluídos da análise

A análise estatística destes valores mostrou que houve inferência estatística entre eles, conforme mostra a tabela 58 e a figura 45. Analisando-se a figura 45 verifica-se que a A1 obteve melhores desempenho quanto a Ra aos 91 dias quando aplicada sobre o substrato de R1. Este comportamento deve ter ocorrido pela formação de bolsões de ar nos ângulos formados pelas rugosidades, influência verificada também nos resultados obtidos aos 28 dias de idade.

Tabela 58: análise de variância dos valores de Ra aos 91 dias para a argamassa A1 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Rugosidade	0,27161	2	0,13580	4,3516	0,026978	Sim
Erro	0,62416	20	0,03121			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática;

Fcalc: valor calculado de F

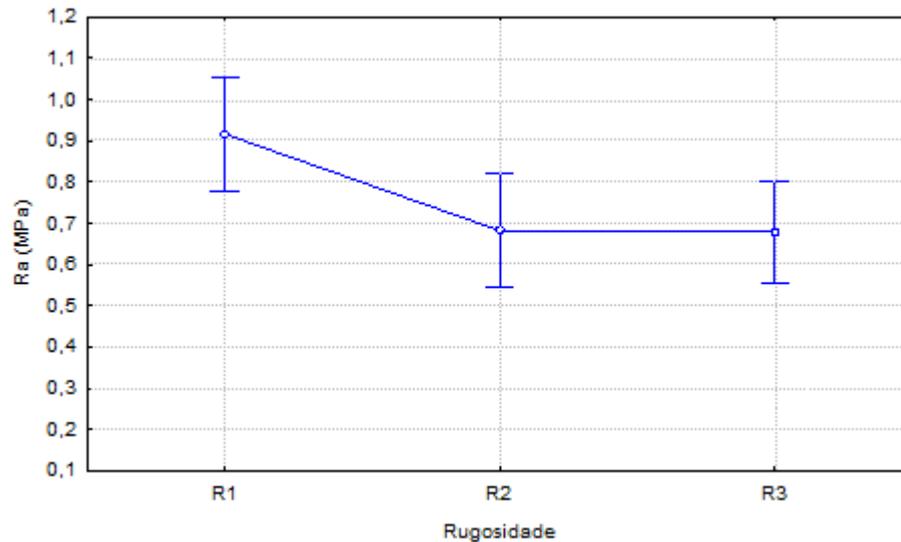


Figura 45: análise de variância dos valores de Ra aos 91 dias para a argamassa A1 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

A análise pelo método de Duncan mostrou o que já pôde ser observado na figura 45, que há inferência estatística entre R1 e R2, bem como entre R1 e R3, enquanto não há inferência estatística entre R2 e R3 (tabela 59).

Tabela 59: análise pelo método de Duncan dos resultados de Ra aos 91 dias para a argamassa 1 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

	Rugosidade 1	Rugosidade 2	Rugosidade 3
Rugosidade 1		S	S
Rugosidade 2	S		NS
Rugosidade 3	S	NS	

S: significativo; NS: não significativo

A tabela 60 apresenta os resultados obtidos para o ensaio de resistência de aderência à tração aos 91 dias para a argamassa 2 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3.

Tabela 60: valores de resistência de aderência à tração aos 91 dias de idade obtidos para a A2 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3

Resistência de aderência à tração (Ra) aos 91 dias para a argamassa 2 (0,2% AI)											
Rugosidade 1 (lisa)				Rugosidade 2 (diamante)				Rugosidade 3 (moeda)			
Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)
	Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg	
0,46	60	40	2,97	0,86	90	10	2,32	0,92	60	40	2,07
0,73	50	50	2,90	0,75	80	20	2,24	0,64		100	1,51
0,63		100	0,53	0,66	90	10	2,34	0,98	30	70	1,94
0,86		100	1,69	0,76	90	10	2,41	0,84	60	40	2,11
0,70	80	20	3,05	0,67	95	5	1,79	0,68	50	50	2,07
0,72	70	30	3,01	0,71	95	5	1,85	0,33	30	70	1,99
0,96	30	70	2,67	0,69	60	40	2,40	0,72	90	10	3,21
0,71	85	15	2,72	1,08	40	60	2,25	0,67	30	70	3,24
0,77	75	25	2,67	0,90	75	15	2,30	0,84	80	20	3,12
1,05	5	95	2,47	1,06	60	40	1,98	0,52	80	20	3,14
0,74	30	70	2,51	0,71	70	30	2,11	0,73	80	20	2,92
0,72	20	80	2,58	0,71	70	30	2,00	0,53	70	30	2,99
desv. pad.: 0,151				desv. pad.: 0,147				desv. pad.: 0,183			
média: 0,75				média: 0,80				média: 0,70			

* Os valores grifados foram considerados espúrios e excluídos da análise

A análise de variância da Ra destes valores mostrou que não houve inferência estatística entre as diferentes rugosidades nas quais a A2 foi aplicada, conforme a tabela 61 e a figura 46. Neste caso, observa-se que a dispersão dos resultados prejudicou a análise da tendência de comportamento das variáveis. Observa-se que, segundo Recena (2008) argamassas com aditivo incorporador de ar em sua composição podem apresentar significativa variação de desempenho, sendo que o autor constatou ocorrências de comportamentos distintos em uma mesma fachada onde, em princípio, havia sido empregada uma mesma argamassa. Esta constatação pode explicar a variabilidade dos resultados obtidos para as argamassas com aditivo incorporador de ar analisadas neste trabalho.

Tabela 61: análise de variância dos valores de Ra aos 91 dias para a argamassa A2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Rugosidade	0,01654	2	0,00827	1,085	0,353176	Não
Erro	0,19053	25	0,00762			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática;

Fcalc: valor calculado de F

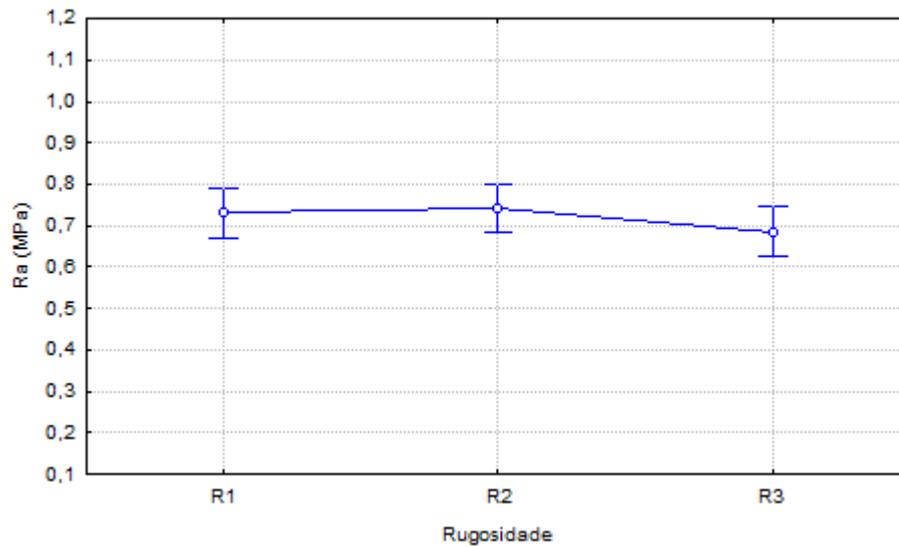


Figura 46: análise de variância dos valores de Ra aos 91 dias para a argamassa A2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

A análise múltipla de médias pelo método de Duncan mostrou que não há inferência estatística entre nenhuma das rugosidades estudadas quanto a Ra.

Tabela 62: análise pelo método de Duncan dos resultados de Ra aos 91 dias para a argamassa 2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

	Rugosidade 1	Rugosidade 2	Rugosidade 3
Rugosidade 1		NS	NS
Rugosidade 2	NS		NS
Rugosidade 3	NS	NS	

S: significativo; NS: não significativo

Na tabela 63 estão apresentados os valores de Ra aos 91 dias para a argamassa 3 aplicada sobre as rugosidades 1, 2 e 3.

Tabela 63: valores de resistência de aderência à tração aos 91 dias de idade obtidos para a A3 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3

Resistência de aderência à tração (Ra) aos 91 dias para a argamassa 3 (0,5% AI)											
Rugosidade 1 (lisa)				Rugosidade 2 (diamante)				Rugosidade 3 (moeda)			
Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)
	Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg	
0,72	80	20	2,69	0,70		100	1,95	0,86		100	2,59
0,76	90	10	2,71	0,00	100		2,84	0,64	80	20	2,77
0,74	100		2,61	0,74	100		2,34	0,67		100	2,02
0,67	5	95	2,47	0,46		100	2,45	0,68	80	20	2,67
0,73	20	80	2,66	0,56	40	60	2,70	0,46	50	50	2,63
0,77	10	90	2,49	0,84	30	70	2,55	0,47	70	30	2,59
0,68	5	95	2,31	0,70	100		3,12	0,62	30	70	3,09
0,79	100		1,69	0,50	50	50	3,12	0,29	100		3,16
0,62	10	90	2,50	0,70	10	90	2,90	0,69	10	90	3,09
0,53	100		2,55	0,69	5	95	2,98	0,79	20	80	3,15
0,56	60	40	2,66	0,58	70	30	2,82	0,81	60	40	2,95
0,43	20	80	2,59	0,79	50	50	2,78	0,70	40	60	3,06
desv. pad.: 0,111				desv. pad.: 0,222				desv. pad.: 0,163			
média: 0,67				média: 0,60				média: 0,64			

* Os valores grifados foram considerados espúrios e excluídos da análise

A análise estatística apresentada na tabela 64 e na figura 47 mostrou que não houve inferência estatística entre os valores obtidos para Ra aos 91 dias. Mais uma vez, observa-se que a grande dispersão entre os valores obtidos não permite a verificação de uma tendência de comportamento para a A3 nestas condições, a qual também deve ter ocorrido pela variabilidade inerente ao uso de aditivo incorporador de ar na argamassa analisada.

Tabela 64: análise de variância dos valores de Ra aos 91 dias para a argamassa A3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Rugosidade	0,00285	2	0,00142	0,339	0,716520	Não
Erro	0,08406	20	0,00420			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática;
Fcalc: valor calculado de F

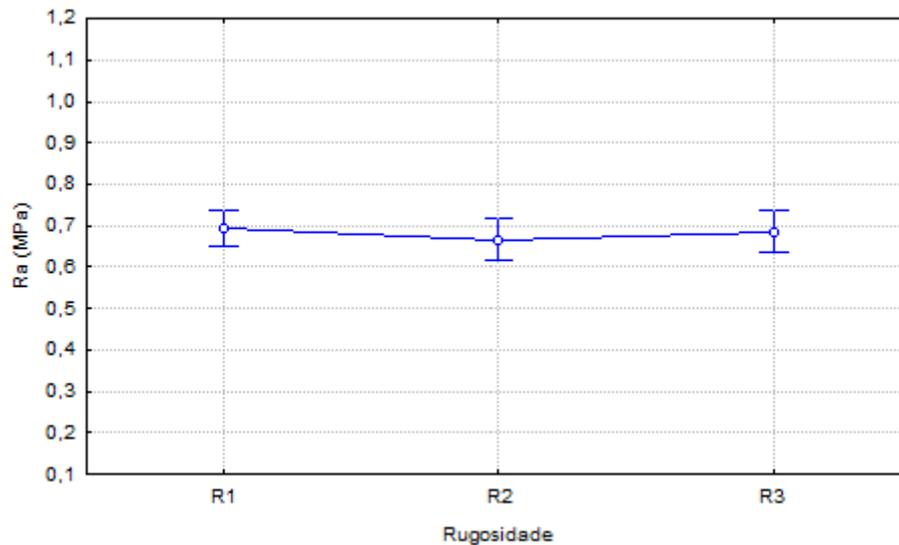


Figura 47: análise de variância dos valores de Ra aos 91 dias para a argamassa A3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

Adicionalmente, a análise múltipla de médias pelo método de Duncan mostrou que não há inferência estatística entre nenhuma das variáveis analisada, conforme mostra a tabela 65.

Tabela 65: análise pelo método de Duncan dos resultados de Ra aos 91 dias para a argamassa 3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

	Rugosidade 1	Rugosidade 2	Rugosidade 3
Rugosidade 1		NS	NS
Rugosidade 2	NS		NS
Rugosidade 3	NS	NS	

S: significativo; NS: não significativo

A partir dos resultados considerados válidos para a resistência de aderência à tração aos 91 dias de idade para as argamassas 1, 2 e 3 aplicadas sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3, foi gerado um gráfico de incidências de valores de resistências (figura 48). Neste pode-se observar que a argamassa 1 foi a que apresentou melhor desempenho quando aplicada sobre as três rugosidades de substrato, bem como foi observado aos 28 dias. Ainda, verifica-se que o substrato de rugosidade 3 foi o que apresentou menores valores de resistência de aderência à tração. Observa-se ainda que, comparativamente aos resultados obtidos aos 28 dias, aos 91 dias a argamassa 2 apresentou um melhor desempenho quando aplicada sobre a rugosidade 1.

Ainda, verifica-se que aos 91 dias a presença dos bolsões de ar decorrentes da presença de aditivo incorporador de ar nas argamassas 2 e 3, bem como a influência dos ângulos das rugosidades na redução do molhamento da superfície fizeram com que a argamassa 1 e a rugosidade 1 proporcionassem melhores desempenhos quanto a resistência de aderência à tração.

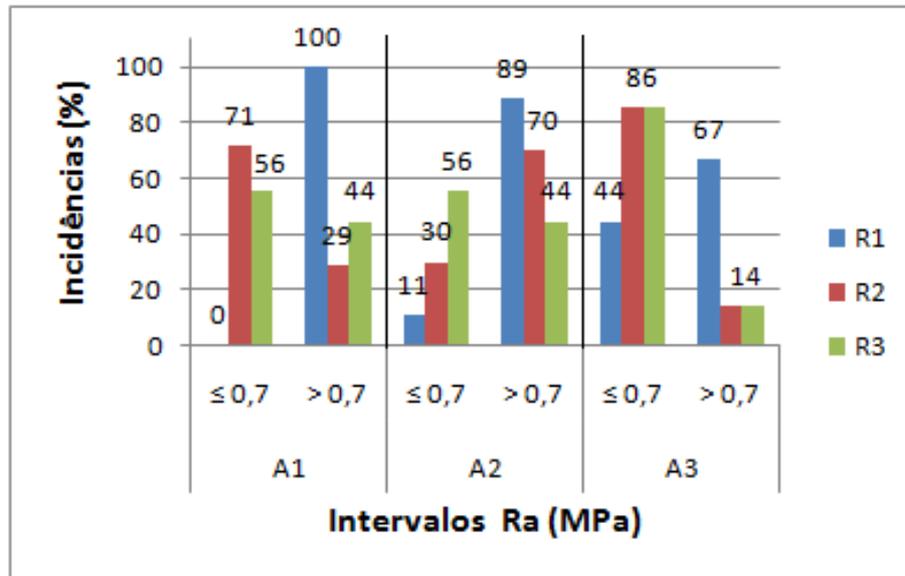


Figura 48: porcentagens de incidências dos valores de resistência de aderência à tração (Ra) aos 91 dias. A figura 49 e a tabela 66 apresentam a análise de variância fatorial que mostra a dispersão dos resultados obtidos para Ra aos 91 dias, tornando evidente apenas o melhor desempenho da A1 quando aplicada sobre a R1. A tabela 66 ainda mostra que o tipo de argamassa não foi significativo para estas variáveis.

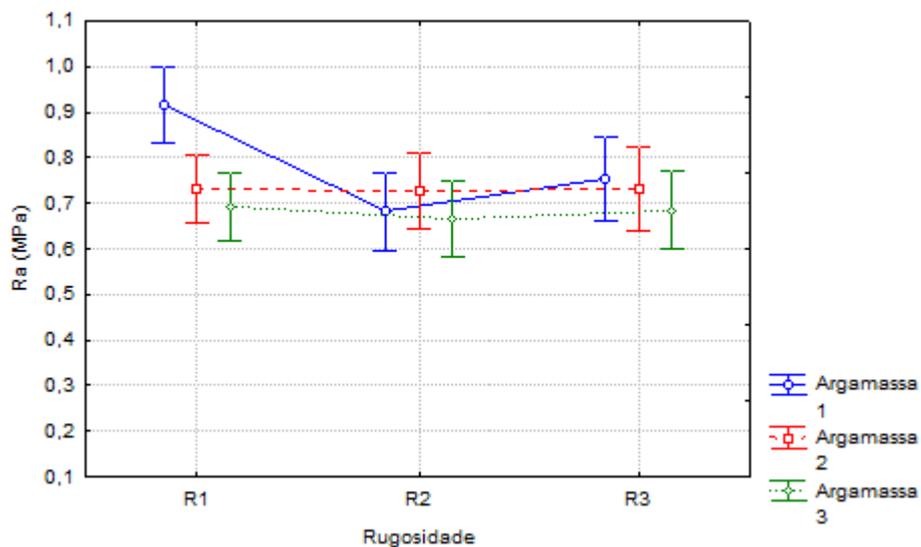


Figura 49: análise de variância do comportamento quanto a resistência de aderência à tração aos 91 dias das argamassas 1, 2 e 3 aplicadas sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3

Tabela 66: análise de variância dos valores de Ra aos 91 dias para as argamassas 1, 2 e 3 aplicadas sobre os substratos R1, R2 e R3

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Argamassa	0,06778	2	0,03389	2,451	0,094144	Não
Rugosidade	0,13595	2	0,06798	4,916	0,010275	Sim
Argamassa*Rugosidade	0,17487	4	0,04372	3,162	0,019476	Sim
Erro	0,89875	65	0,01383			

SQ: soma quadrática; GDL: graus de liberdade; MQ: média quadrática

Fcalc: valor calculado de F

6.3.2 Análise da influência das diferentes argamassas sobre a Resistência de aderência ao cisalhamento (Rc)

A seguir estão apresentados os valores de Rc obtidos nos ensaios aos 28 e 91 dias de idade das argamassas 1, 2 e 3 para as diferentes rugosidades. Cabe lembrar que a argamassa 1 (A1) tem proporcionamento de 1:1:3,10 (cimento:cal hidratada:areia, em massa seca), a argamassa 2 (A2) tem proporcionamento de 1:1:3,10, em massa seca, com adição de aditivo incorporador de ar em 0,2% sobre a massa de cimento e a argamassa 3 (A3) tem proporcionamento de 1:1:3,10, em massa, com adição de aditivo incorporador de ar em 0,5% sobre a massa de cimento. Todas as argamassas possuem uma mesma relação a/c de 1,2.

6.3.2.1 Resultados obtidos para o ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento aos 28 dias de idade

Na tabela 67 podem ser observados os resultados obtidos nos ensaios de resistência de aderência ao cisalhamento (Rc) aos 28 dias para a argamassa 1.

Tabela 67: valores de resistência de aderência ao cisalhamento aos 28 dias de idade obtidos para a A1 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3

Resistência de aderência ao cisalhamento (Rc) aos 28 dias para a argamassa 1 (0% AI)											
Rugosidade 1 (lisa)				Rugosidade 2 (diamante)				Rugosidade 3 (moeda)			
Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)
	Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg	
0,95	100		4,17	0,76	100		3,96	0,67	100		3,94
0,42	100		4,21	0,58	100		4,04	0,77	100		3,89
0,89	100		4,27	0,83	100		3,91	0,71	100		3,89
0,67	100		4,09	0,77	100		3,98	0,57	100		3,85
0,66	80	20	4,12	0,63	100		3,89	0,63	100		3,67
0,59	100		4,03	0,79	100		3,85	0,66	100		3,83
0,85	100		4,54	0,60	100		3,84	0,49	90	10	3,77
0,40	100		4,49	0,45	100		3,90	0,58	100		3,82
0,59	100		4,57	0,58	100		3,77	0,72	90	10	3,87
0,48	100		4,51	0,57	100		3,56	0,67	100		3,79
0,48	100		4,43	0,50	100		3,77	0,57	100		3,93
0,75	100		4,31	0,69	100		3,87	0,65	90	10	4,02
desv. pad.: 0,186				desv. pad.: 0,120				desv. 0,079			
média: 0,65				média: 0,65				média: 0,64			

* Os valores grifados foram considerados espúrios e excluídos da análise

A análise estatística do comportamento da argamassa A1 aplicada sobre as rugosidades R1, R2 e R3 quanto à resistência de aderência ao cisalhamento demonstrou que não houve inferência estatística entre as variáveis, como se pode observar na tabela 68, bem como na figura 50.

Em termos de Rc, a alteração da rugosidade não influenciou os resultados de maneira tão significativa como para Ra, quando do assentamento da argamassa A1 sobre eles. Tal comportamento pode ser explicado pela grande variabilidade inerente a este ensaio realizado e pela grande dispersão dos resultados obtidos, chegando-se a um coeficiente de variação de até 28%, além da influência exercida pelos bolsões de ar localizados na interface. Novamente, a formação de bolsões de ar nos ângulos das rugosidades deve ter influenciado na redução da área de contato nos casos das rugosidades 2 e 3.

Tabela 68: análise de variância dos valores de Rc aos 28 dias para a argamassa A1 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
rugosidade	0,009006	2	0,004503	0,730	0,493096	não
Erro	0,135655	22	0,006166			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática;

Fcalc: valor calculado de F

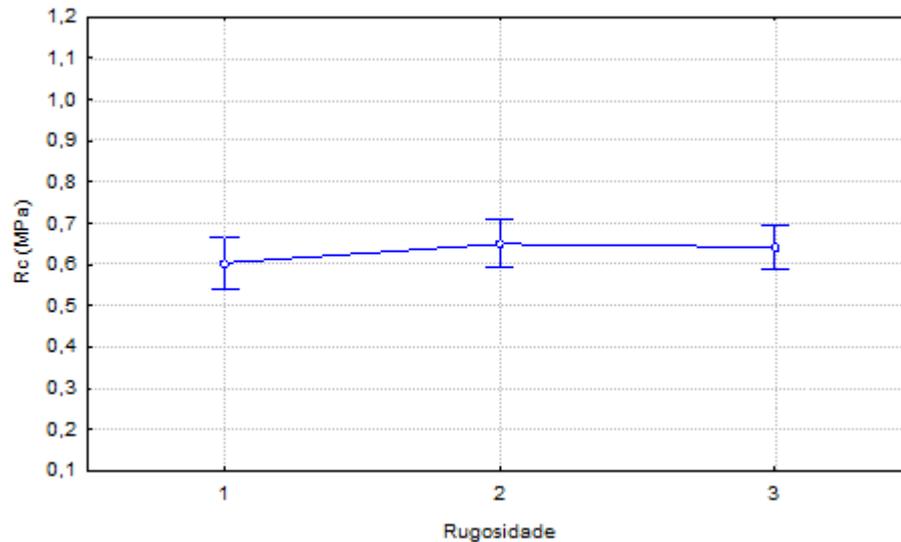


Figura 50: análise de variância dos valores de Rc aos 28 dias para a argamassa A1 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

Na tabela 69 estão apresentados os valores de Rc aos 28 dias de idade para a argamassa 2 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3.

Tabela 69: valores de resistência de aderência ao cisalhamento aos 28 dias de idade obtidos para a A2 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3

Resistência de aderência ao cisalhamento (Rc) aos 28 dias para a argamassa 2 (0,2% AI)											
Rugosidade 1 (lisa)				Rugosidade 2 (diamante)				Rugosidade 3 (moeda)			
Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)
	Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg	
0,39	95	5	3,48	0,65	90	10	2,76	0,55	100		2,83
0,52	95	5	3,52	0,61	100		2,66	0,52	100		2,91
0,53	90	10	3,52	0,57	95	5	2,69	0,39	100		2,87
0,44	80	20	3,47	0,55	95	5	2,55	0,58	100		2,97
0,42	100		3,45	0,56	100		2,64	0,56	90	10	2,92
0,40	90	10	3,43	0,55	100		2,63	0,38	100		2,99
0,61	85	15	3,29	0,42	100		2,85	0,42	100		2,73
0,45	90	10	3,38	0,59	100		2,79	0,54	100		2,77
0,74	90	10	3,38	0,68	100		2,79	0,41	100		2,75
0,61	90	10	5,58	0,62	100		2,83	0,46	100		2,80
0,58	100		3,30	0,57	100		2,75	0,50	100		2,62
0,41	100		3,36	0,60	100		2,88	0,35	100		2,64
desv. pad.: 0,11			desv. pad.: 0,07			desv. 0,08					
média: 0,51			média: 0,58			média: 0,47					

* Os valores grifados foram considerados espúrios e excluídos da análise

O comportamento da argamassa 2 quanto à Rc quando aplicada sobre as três rugosidades estudadas foi estatisticamente significativa, diferentemente do verificado para a argamassa 1, como mostram a tabela 70 e a figura 51.

Tabela 70: análise de variância dos valores de Rc aos 28 dias para a argamassa A2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Rugosidade	0,058899	2	0,029449	7,063	0,003549	Sim
Erro	0,108410	26	0,004170			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática;
Fcalc: valor calculado de F

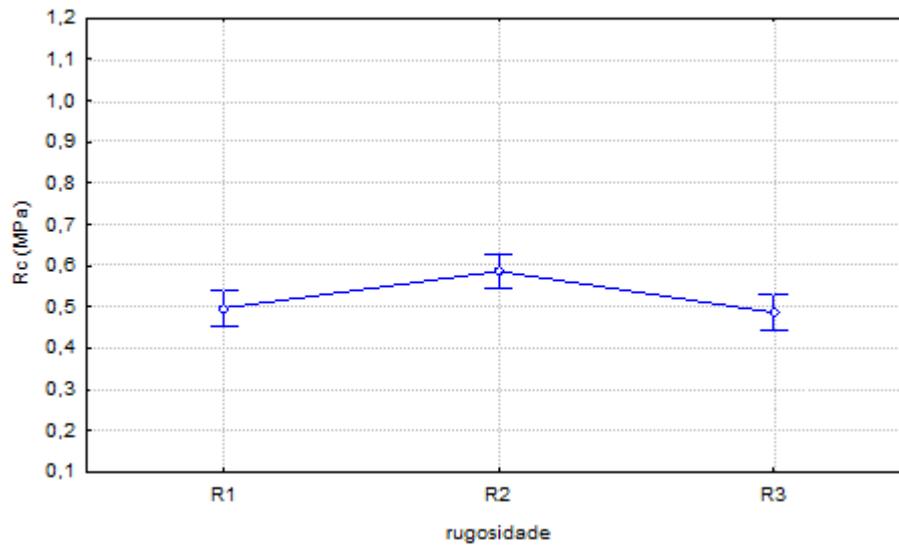


Figura 51: análise de variância dos valores de Rc aos 28 dias para a argamassa A2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

A análise múltipla de médias pelo método de Duncan mostrou que a A2 obteve o mesmo comportamento para a Ra e a Rc, sendo que a R1 e a R2 bem como a R2 e a R3 apresentaram inferência estatística entre si, enquanto a R1 e a R3 não apresentaram diferenças pelo método utilizado (tabela 71). Observa-se que provavelmente ocorreu um ruído experimental no caso da rugosidade 3, já que houve um incremento de resistência favorável da rugosidade 2 em relação a rugosidade 1. Ainda os bolsões de ar localizados na interface podem ter exercido maior influência neste caso, reduzindo a resistência de aderência do sistema, bem como a variabilidade decorrente da utilização de aditivo incorporador de ar na argamassa, como já afirmava Recena (2008), influenciou nos resultados obtidos.

Tabela 71: análise pelo método de Duncan dos resultados de Rc aos 28 dias para a argamassa 2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

	Rugosidade 1	Rugosidade 2	Rugosidade 3
Rugosidade 1		S	NS
Rugosidade 2	S		S
Rugosidade 3	NS	S	

S: significativo; NS: não significativo

Finalmente, na tabela 72 estão apresentados os valores obtidos para a resistência de aderência ao cisalhamento aos 28 dias da argamassa 3 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3.

Tabela 72: valores de resistência de aderência ao cisalhamento aos 28 dias de idade obtidos para a A3 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3

Resistência de aderência ao cisalhamento (Rc) aos 28 dias para a argamassa 3 (0,5% AI)											
Rugosidade 1 (lisa)				Rugosidade 2 (diamante)				Rugosidade 3 (moeda)			
Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)
	Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg	
0,35	90	10	3,50	0,45	90	10	2,30	0,49	100		2,52
0,23	100		3,59	0,45	95	5	2,42	0,52	100		2,47
0,29	100		3,38	0,45	60	40	2,40	0,42	100		2,60
0,34	100		3,61	0,47	100		2,84	0,37	100		2,56
0,26	100		3,50	0,41	90	10	2,30	0,31	100		2,34
0,23	100		3,56	0,46	100		2,48	0,36	95	5	2,47
0,12	100		3,40	0,39	100		2,50	0,48	90	10	2,80
0,16	100		3,47	0,33	100		2,43	0,99	90	10	3,10
0,24	100		3,35	0,58	90	10	2,54	0,55	90	10	2,78
0,56	100		3,46	0,52	100		2,52	0,56	90	10	2,89
0,12	100		3,32	0,38	100		2,55	0,48	95	5	2,70
0,19	100		3,41	0,55	100		2,66	0,45	90	10	2,74
desv. pad.: 0,122				desv. pad.: 0,072				desv. 0,173			
média: 0,26				média: 0,45				média: 0,50			

* Os valores grifados foram considerados espúrios e excluídos da análise

O comportamento dos valores da A3 quanto à Rc apresentaram inferência estatística quanto à análise de variância conforme mostram a tabela 73 e a figura 52. Diferentemente do observado para as demais argamassas, no caso da argamassa 3 a alteração da rugosidade superficial do substrato colaborou para um incremento nos valores de Rc. Uma vez que os valores de Rc foram menores para R1, estes aumentaram em patamares estatisticamente significativos para R2 e R3.

Tabela 73: análise de variância dos valores de Rc aos 28 dias para a argamassa A3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Rugosidade	0,247394	2	0,123697	33,728	0,000000	Sim
Erro	0,091688	25	0,003668			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática;

Fcalc: valor calculado de F

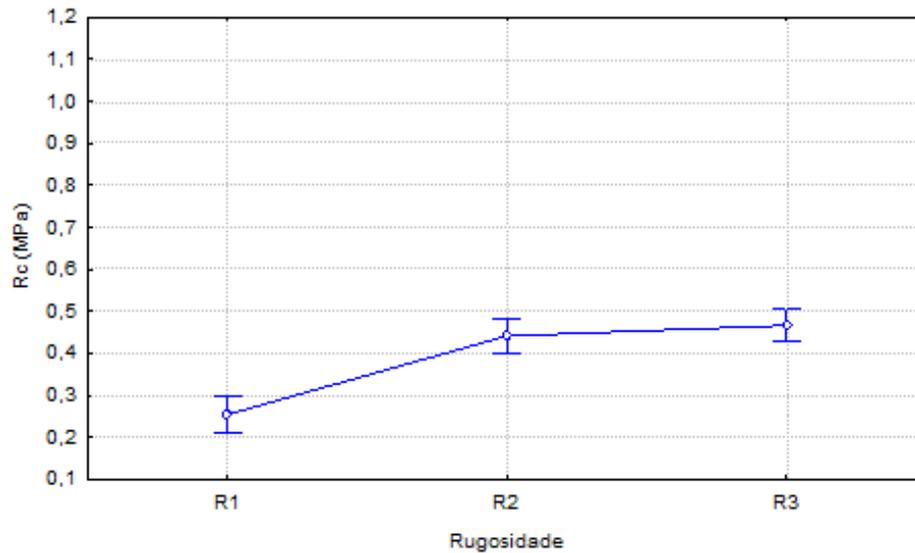


Figura 52: análise de variância dos valores de Rc aos 28 dias para a argamassa A3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

A análise múltipla de médias pelo método de Duncan identifica o mesmo comportamento verificado da A3 para Ra: as rugosidades 1 e 2 e 1 e 3 têm comportamentos estatisticamente diferentes entre si, enquanto as rugosidades 2 e 3 apresentam comportamentos iguais estatisticamente (tabela 74). Este fato ocorre, possivelmente porque, bem como já citado anteriormente, a argamassa com aditivo incorporador de ar apresenta variabilidade em seu comportamento, e neste caso, devem ter ocorrido menores incidências de bolsões de ar na superfície, da R2 o que gerou como consequência um aumento na Ra devido a um aumento da área de contato gerada pela rugosidade do substrato. Já no caso da R3 uma maior incidência de bolsões de ar gerados pelo maior ângulo da rugosidade não permitiram que o aumento da área de contato potencial se tornasse real e incidisse nos valores de Ra obtidos, sendo estes semelhantes aos obtidos para a R2.

Tabela 74: análise pelo método de Duncan dos resultados de Rc aos 28 dias para a argamassa 3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

	Rugosidade 1	Rugosidade 2	Rugosidade 3
Rugosidade 1		S	S
Rugosidade 2	S		NS
Rugosidade 3	S	NS	

S: significativo; NS: não significativo

Com os valores obtidos para Rc aos 28 dias para as argamassas 1, 2 e 3 aplicadas sobre os substratos de rugosidade 1, 2 e 3 analisou-se a interação destas variáveis através das porcentagens de incidências de valores de Rc, conforme mostra a figura 53. Nesta figura pode-se observar que a argamassa 1 foi a que apresentou maiores incidências de valores de Rc

acima de 0,5 MPa, principalmente ao ser aplicada sobre as rugosidades 2 e 3, apresentando assim um melhor desempenho em relação às demais.

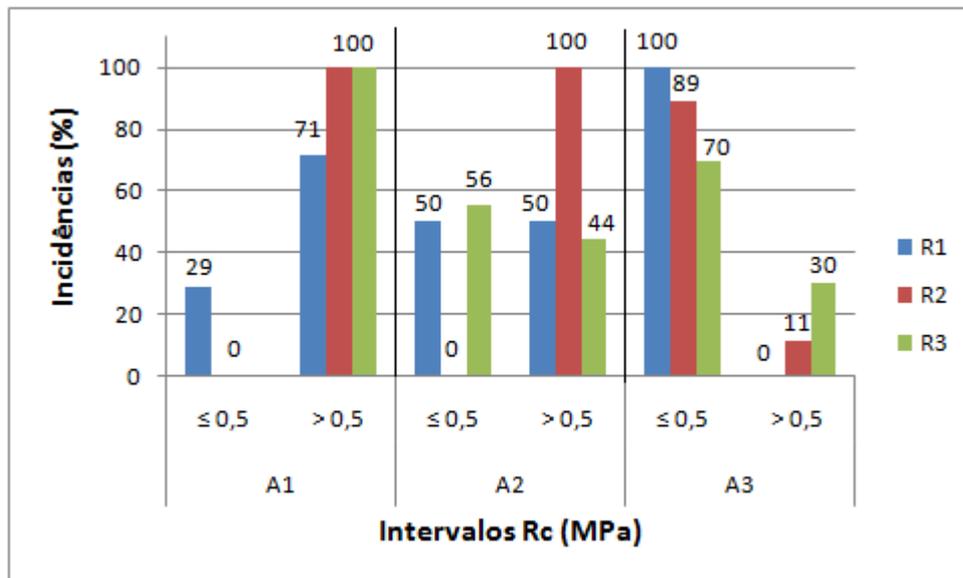


Figura 53: porcentagens de incidências dos valores de resistência de aderência ao cisalhamento (Rc) aos 28 dias

Buscando-se complementar a análise dos valores obtidos para a resistência de aderência ao cisalhamento aos 28 dias, realizou-se uma análise de variância fatorial, na qual verificou-se, bem como pôde-se analisar na figura 53, que a argamassa 1 foi a que apresentou maiores valores de Rc aos 28 dias, independente a rugosidade do substrato na qual ela foi aplicada. Pode-se observar também que a rugosidade 3 proporcionou uma perda de resistência de aderência ao cisalhamento quando aplicadas sobre ela as argamassas 2 e 3. Este comportamento deve estar ligado, bem como foi observado na resistência de aderência à tração, ao ar aprisionado que localiza-se com maior frequência nos locais onde há uma angulação proporcionada pela rugosidade do substrato.

Complementarmente, observa-se que a maior fragilidade apresentada pelas argamassas 2 e 3 devido a presença de aditivo incorporador de ar em sua composição (bem como pôde ser observado nos resultados de ensaios mecânicos) resultou em uma maior quantidade de rupturas na argamassa e, conseqüentemente uma redução nas resistências de aderência ao cisalhamento. Este comportamento pode também ser observado na figura 54, onde uma análise de variância fatorial mostra o melhor desempenho obtido pela argamassa 1 em todos os casos. A tabela 75 mostra ainda que tanto a argamassa quanto a rugosidade exerceram influência significativa nos resultados, bem como a interação entre elas.

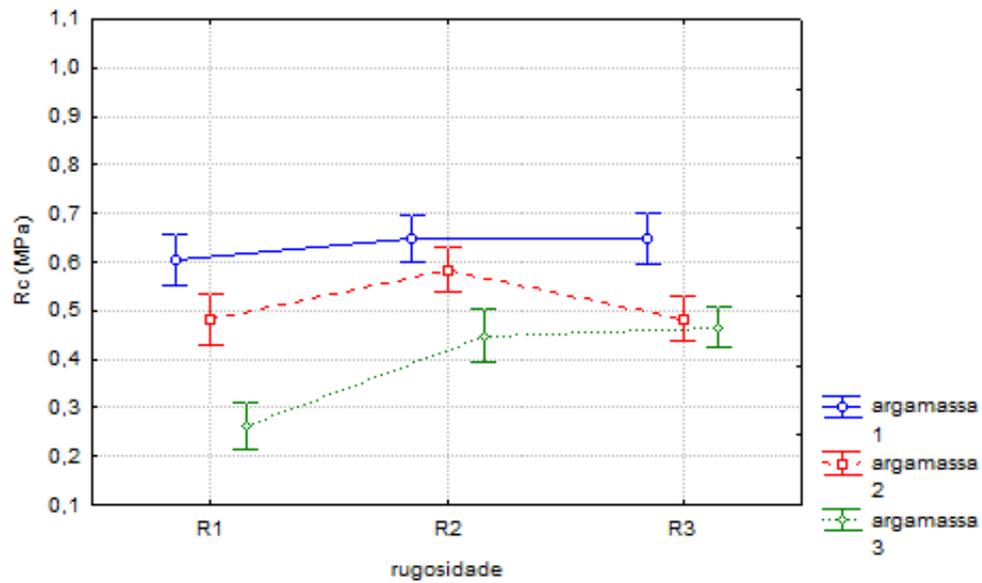


Figura 54: análise de variância do comportamento quanto à resistência de aderência ao cisalhamento aos 28 dias das argamassas 1, 2 e 3 aplicadas sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3

Tabela 75: análise de variância dos valores de Rc aos 28 dias para as argamassas 1, 2 e 3 aplicadas sobre os substratos R1, R2 e R3

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Argamassa	0,78833	2	0,39416	85,700	0,000000	Sim
Rugosidade	0,16174	2	0,08087	17,583	0,000001	Sim
Argamassa*Rugosidade	0,14049	4	0,03512	7,637	0,000034	Sim
Erro	0,33575	73	0,00460			

SQ: soma quadrática; GDL: graus de liberdade; MQ: média quadrática

Fcalc: valor calculado de F

6.3.2.2 Resultados obtidos para o ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento aos 91 dias de idade

A tabela 76 apresenta os resultados obtidos para o ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento aos 91 dias de idade para a argamassa 1 aplicada sobre os substratos de rugosidade 1, 2 e 3.

Tabela 76: valores de resistência de aderência ao cisalhamento aos 91 dias de idade obtidos para a A1 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3

Resistência de aderência ao cisalhamento (Rc) aos 91 dias para a argamassa 1 (0% AI)											
Rugosidade 1 (lisa)				Rugosidade 2 (diamante)				Rugosidade 3 (moeda)			
Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)
	Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg	
0,82	80	20	3,35	0,47	100		3,51	0,30	100		2,68
0,85	95	5	3,34	0,52	100		3,47	0,27	100		2,55
0,85	95	5	3,34	0,55	100		3,48	0,38	100		2,54
0,78	95	5	3,36	0,48	100		3,48	0,26	100		2,67
0,63	90	10	3,29	0,56	100		3,42	0,27	100		2,65
0,52	100		3,29	0,50	100		3,57	0,25	100		2,56
0,70	95	5	3,56	0,43	100		3,54	0,62	100		3,57
0,66	95	5	3,65	0,00	100		3,36	0,67	100		3,60
0,78	95	5	3,56	0,16	100		3,37	0,63	100		3,55
0,77	100		3,55	0,26	100		3,32	0,58	100		3,53
0,63	95	5	3,50	0,00	100		3,33	0,67	90	10	3,42
0,80	90	10	3,52	0,00	100		3,34	0,59	100		3,49
desv. pad.: 0,105				desv. pad.: 0,229				desv. pad.: 0,182			
média: 0,73				média: 0,33				média: 0,46			

* Os valores grifados foram considerados espúrios e excluídos da análise

A análise estatística destes valores mostrou que há inferência estatística entre eles, conforme se pode observar na tabela 77 e na figura 55. No caso da Rc aos 91 dias, observa-se que a A1 obteve um desempenho superior ao ser aplicada sobre o substrato de R1.

Tabela 77: análise de variância dos valores de Rc aos 91 dias para a argamassa A1 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Rugosidade	0,26020	2	0,13010	15,3411	0,000108	Sim
Erro	0,16113	19	0,00848			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática;
Fcalc: valor calculado de F

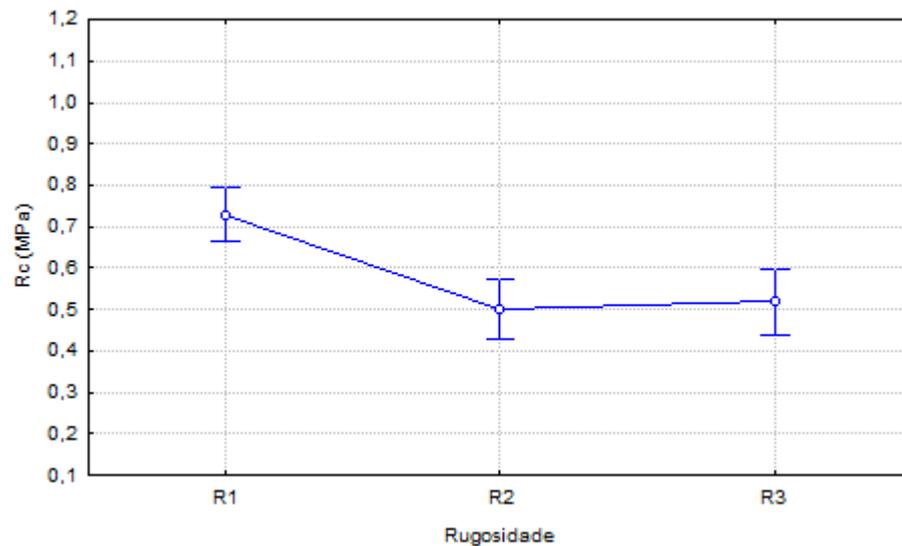


Figura 55: análise de variância dos valores de Rc aos 91 dias para a argamassa A1 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

A análise pelo método de Duncan mostra o que já era possível prever a través da figura 55; há inferência estatística entre R1 e R2 e entre R1 e R3, porém não se observa o mesmo comportamento para R2 e R3 (tabela 78). Este fato já havia sido observado anteriormente e se explica, novamente, pela presença de bolsões de ar na interface devido aos ângulos formados pela rugosidade do substrato.

Tabela 78: análise pelo método de Duncan dos resultados de Rc aos 91 dias para a argamassa 1 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

	Rugosidade 1	Rugosidade 2	Rugosidade 3
Rugosidade 1		S	S
Rugosidade 2	S		NS
Rugosidade 3	S	NS	

S: significativo; NS: não significativo

Observa-se na tabela 79 os resultados obtidos para Rc aos 91 dias da argamassa 2 ao ser aplicada sobre os substratos de rugosidade 1, 2 e 3.

Tabela 79: valores de resistência de aderência ao cisalhamento aos 91 dias de idade obtidos para a A2 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3

Resistência de aderência ao cisalhamento (Rc) aos 91 dias para a argamassa 2 (0,2% AI)											
Rugosidade 1 (lisa)				Rugosidade 2 (diamante)				Rugosidade 3 (moeda)			
Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)
	Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg	
0,86	90	10	2,32	0,49	70	30	3,18	0,52	100		3,38
0,75	80	20	2,24	0,64	90	10	3,23	0,41	100		3,26
0,66	90	10	2,34	0,61	70	30	3,32	0,40	100		3,20
0,76	90	10	2,41	0,43	100		3,38	0,62	100		3,18
0,67	95	5	1,79	0,66	95	5	3,27	0,45	100		3,26
0,71	95	5	1,85	0,51	100		3,33	0,38	100		3,14
0,69	60	40	2,40	0,36	100		3,03	0,66	100		3,32
1,08	40	60	2,25	0,29	100		3,14	0,48	100		3,33
0,90	75	15	2,30	0,49	100		3,06	0,47	100		3,45
1,06	60	40	1,98	0,46	100		3,12	0,62	100		2,31
0,71	70	30	2,11	0,51	90	10	3,01	0,37	90	10	3,46
0,71	70	30	2,00	0,45	100		3,05	0,62	100		3,40
desv. pad.: 0,147				desv. pad.: 0,107				desv. pad.: 0,104			
média: 0,80				média: 0,49				média: 0,50			

* Os valores grifados foram considerados espúrios e excluídos da análise

A análise estatística da Rc mostrou que há inferência estatística entre as rugosidades estudadas, conforme exposto na tabela 80 e na figura 56. Bem como observado para a A1 aos 91 dias, a A2 apresentou um melhor desempenho quanto a Rc ao ser aplicada sobre o substrato de R1, comportamento diferente do observado aos 28 dias.

Tabela 80: análise de variância dos valores de Rc aos 91 dias para a argamassa A2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Rugosidade	0,425691	2	0,212845	57,566	0,000000	Sim
Erro	0,073948	20	0,003697			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática;

Fcalc: valor calculado de F

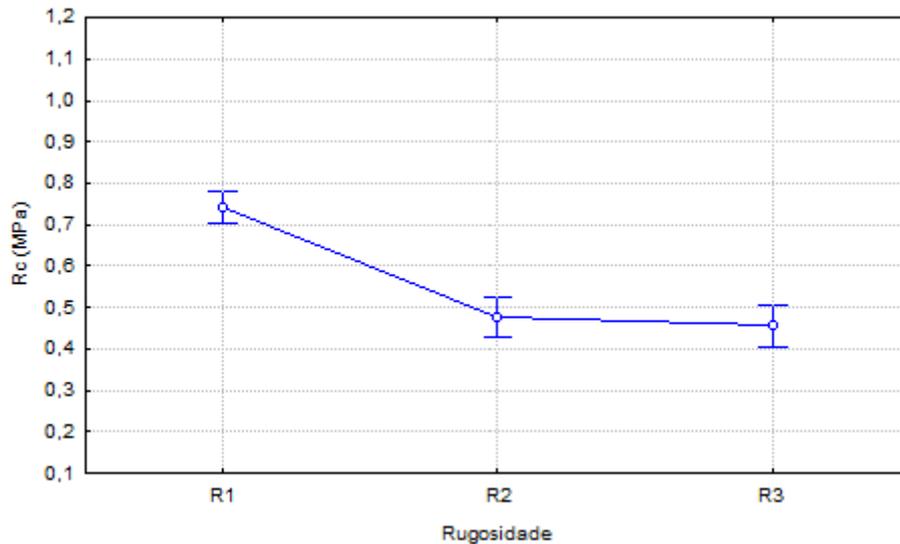


Figura 56: análise de variância dos valores de Rc aos 91 dias para a argamassa A2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

A análise múltipla de médias pelo método de Duncan mostrou que As rugosidades 1 e 2, e 1 e 3 possuem inferência estatística entre si, enquanto as argamassas 2 e 3 não apresentam o mesmo comportamento (tabela 81). Novamente, os bolsões de ar na interface reduziram a Rc.

Tabela 81: análise pelo método de Duncan dos resultados de Rc aos 91 dias para a argamassa 2 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

	Rugosidade 1	Rugosidade 2	Rugosidade 3
Rugosidade 1		S	S
Rugosidade 2	S		NS
Rugosidade 3	S	NS	

S: significativo; NS: não significativo

Finalmente, na tabela 82, apresentam-se os valores referentes à resistência de aderência ao cisalhamento aos 91 dias para a A3 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3.

Tabela 82: valores de resistência de aderência ao cisalhamento aos 91 dias de idade obtidos para a A3 aplicada sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3

Resistência de aderência ao cisalhamento (Rc) aos 91 dias para a argamassa 3 (0,5% AI)											
Rugosidade 1 (lisa)				Rugosidade 2 (diamante)				Rugosidade 3 (moeda)			
Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura		Umidade (%)
	Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg			Sub/Arg	Arg	
0,33	95	5	2,80	0,54	95	5	3,05	0,41	90	10	3,16
0,37	95	5	2,79	0,43	95	5	3,16	0,34	100		3,27
0,56	90	10	2,68	0,38	100		3,02	0,44	95	5	3,19
0,55	30	70	2,60	0,60	95	5	3,19	0,38	100		3,40
0,41	95	5	2,70	0,47	95	5	3,01	0,40	100		3,23
0,40	100		2,66	0,41	30	70	3,17	0,36	100		3,20
0,35	100		2,61	0,48	80	20	2,97	0,36	100		3,13
0,42	95	5	2,72	0,46	90	10	3,02	0,31	100		3,27
0,56	60	40	2,77	0,53	60	40	2,79	0,62	50	50	3,01
0,70	60	40	2,75	0,57	90	10	2,99	0,46	100		3,16
0,47	60	40	2,77	0,39	90	10	2,77	0,46	90	10	2,94
0,44	90	10	2,72	0,51	95	5	2,87	0,43	90	10	2,97
desv. pad.: 0,110				desv. pad.: 0,072				desv. pad.: 0,079			
média: 0,46				média: 0,48				média: 0,42			

* Os valores grifados foram considerados espúrios e excluídos da análise

A análise estatística dos valores válidos de Rc mostrou que há inferência estatística entre as variáveis analisadas (tabela 83 e figura 57). O comportamento da argamassa 3 quanto a Rc aos 91 dias foi diferente do observado para a A1 e a A2, as quais obtiveram comportamentos semelhantes. Observa-se que apesar da dispersão dos resultados, a A1 e a A2 apresentaram melhores desempenhos em relação a A3 ao serem aplicadas sobre o substrato de R3. Este fato já era esperado, pois conforme já citado anteriormente, a maior presença de aditivo incorporador de ar nas argamassas tende a reduzir a resistência de aderência devido a formação de bolsões de ar maiores em sua interface.

Tabela 83: análise de variância dos valores de Rc aos 91 dias para a argamassa A3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Rugosidade	0,024846	2	0,012423	3,409	0,049066	Sim
Erro	0,091100	25	0,003644			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática;

Fcalc: valor calculado de F

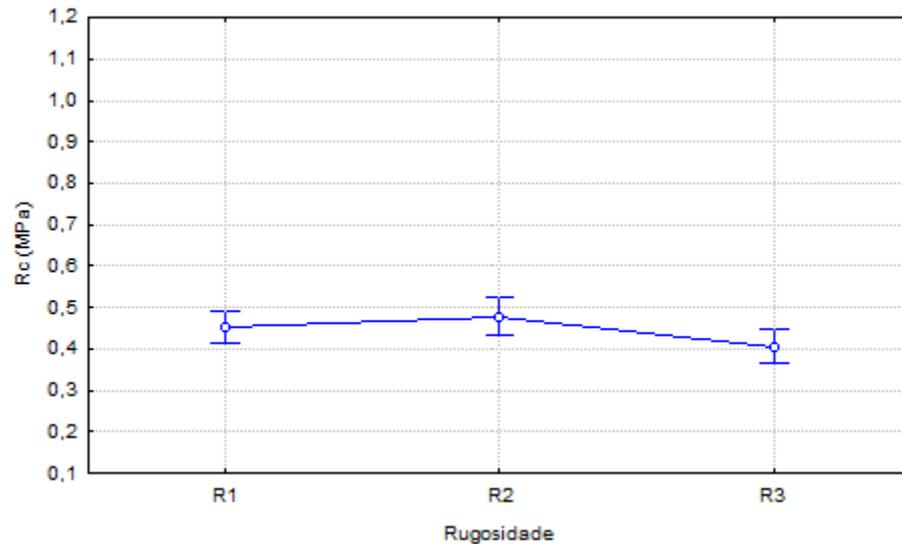


Figura 57: análise de variância dos valores de Rc aos 91 dias para a argamassa A3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

A análise múltipla de médias pelo método de Duncan mostrou que apenas há inferência estatística entre as argamassas 2 e 3, conforme a tabela 84.

Tabela 84: análise pelo método de Duncan dos resultados de Rc aos 91 dias para a argamassa 3 aplicada sobre os substratos de R1, R2 e R3

	Rugosidade 1	Rugosidade 2	Rugosidade 3
Rugosidade 1		NS	NS
Rugosidade 2	NS		S
Rugosidade 3	NS	S	

S: significativo; NS: não significativo

A representação das porcentagens de incidências de Rc aos 91 dias para todos os casos analisados mostrou novamente que a argamassa 1 (figura 58) obteve um melhor desempenho em relação às demais, bem como a argamassas 2. A argamassa 3 obteve um pior desempenho ocasionado pelo maior teor de aditivo incorporador de ar em sua composição o qual deve ter propiciado a formação de bolsões de ar maiores na interface, reduzindo a área de contato e consequentemente à resistência de aderência. Este comportamento também pode ser observado na análise de variância fatorial apresentada na figura 59.

Complementarmente, na tabela 85, observa-se que todas as variáveis exerceram influência significativa sobre os resultados obtidos.

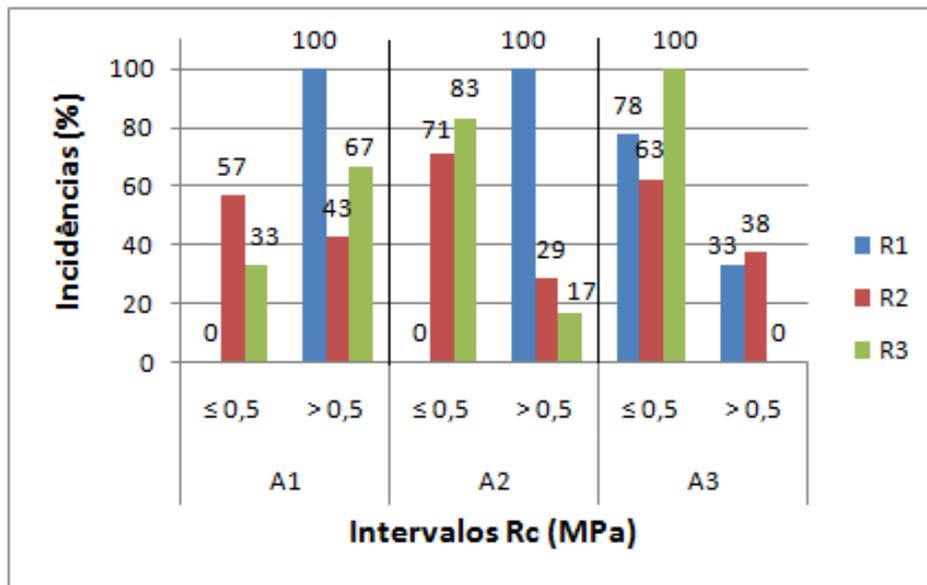


Figura 58: porcentagens de incidências dos valores de resistência de aderência ao cisalhamento (Rc) aos 91 dias

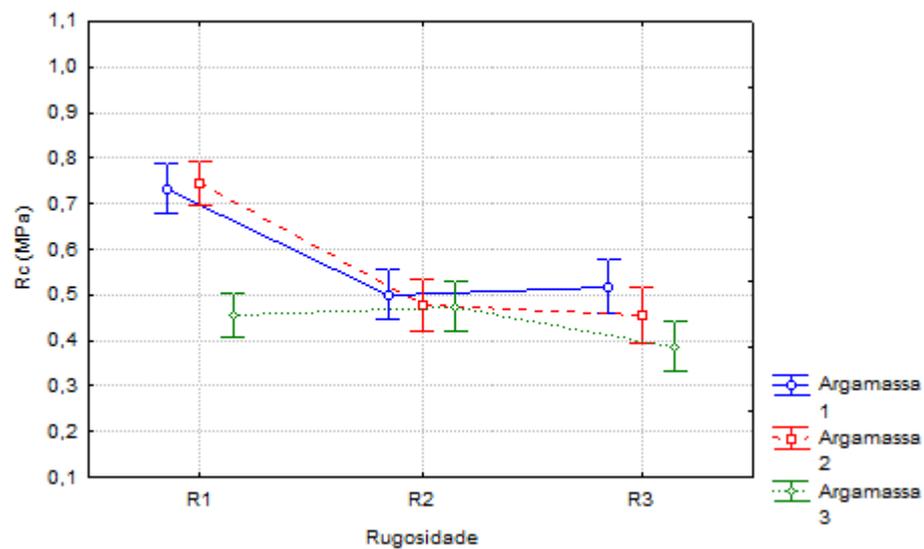


Figura 59: análise de variância do comportamento quanto à resistência de aderência ao cisalhamento aos 91 dias das argamassas 1, 2 e 3 aplicadas sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3

Tabela 85: análise de variância dos valores de Rc aos 91 dias para as argamassas 1, 2 e 3 aplicadas sobre os substratos R1, R2 e R3

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Argamassa	0,26907	2	0,13453	26,397	0,000000	Sim
Rugosidade	0,49427	2	0,24713	48,491	0,000000	Sim
Argamassa*Rugosidade	0,24950	4	0,06237	12,239	0,000000	Sim
Erro	0,32618	64	0,00510			

SQ: soma quadrática; GDL: graus de liberdade; MQ: média quadrática

Fcalc: valor calculado de F

6.3.3 Análise comparativa entre os resultados dos ensaios de resistência de aderência à tração e ao cisalhamento

Buscando-se verificar a interação entre os resultados obtidos para a resistência de aderência à tração e ao cisalhamento realizou-se uma análise de variância fatorial, considerando-se os resultados das duas idades (figura 60), na qual se pode perceber que em todos os casos os valores de resistência de aderência à tração (R_a) apresentam-se superiores aos resultados de resistência de aderência ao cisalhamento (R_c). Verifica-se ainda que o comportamento de ambas as variáveis foi semelhante, sendo que a argamassa 1 foi a que apresentou maiores valores de resistência independentemente da rugosidade do substrato. Bem como o gráfico demonstra, observou-se através da análise de variância que a rugosidade não apresentou influência significativa sobre os valores obtidos (tabela 86).

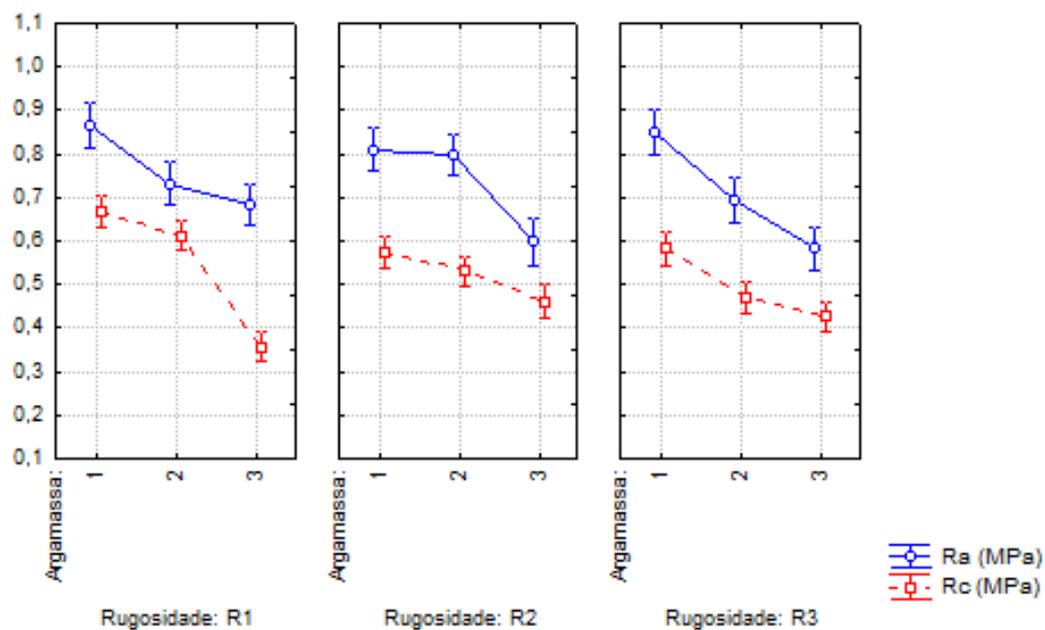


Figura 60: análise de variância do comportamento quanto à resistência de aderência à tração e ao cisalhamento para as duas idades avaliadas das argamassas 1, 2 e 3 aplicadas sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3

Tabela 86: comportamento quanto à R_a e R_c obtidos para as duas idades avaliadas das argamassas 1, 2 e 3 aplicadas sobre os substratos de rugosidades 1, 2 e 3

	Erro	Fator	p	Significativo
Argamassa	250	0,000000		Sim
Rugosidade	250	0,051945		Não
Argamassa*Rugosidade	250	0,000004		Sim

Buscando-se referências na literatura que também tenham trabalhado com estas propriedades, verificou-se que Candia (1998) avaliou a resistência de aderência à tração e ao cisalhamento ao variar os diversos tipos de preparo da base, os diferentes equipamentos de ensaio de tração e a

forma do preparo dos corpos-de-prova para o ensaio de cisalhamento. Além disso, utilizou diferentes argamassas. Em geral, o autor verificou que os valores de resistência de aderência ao cisalhamento apresentaram-se superiores aos obtidos para resistência de aderência à tração. No entanto, quando se aplicou argamassa industrializada sobre o substrato de estrutura de concreto, o autor observou que as maiores médias obtidas corresponderam aos valores de resistência de aderência à tração, quando o ensaio foi executado com o equipamento de alavanca de tração. Este mesmo fato foi observado neste trabalho, onde os valores de R_c mostraram-se inferiores aos de R_a , para as argamassas utilizadas quando aplicadas sobre o substrato de concreto.

Observa-se que prováveis diferenças de comportamento verificadas de um trabalho para outro podem ocorrer devido aos diferentes materiais utilizados, bem como as condições ambientais nas quais ocorreram a moldagem e a cura dos corpos-de-prova.

Comparando-se estatisticamente o comportamento da resistência de aderência a tração quanto a idade (28 e 91 dias) verifica-se que o desempenho foi muito semelhante para as argamassas aplicadas sobre a rugosidade 1 (figura 61). Ao serem aplicadas sobre as rugosidades 2 e 3 verifica-se uma certa variabilidade no comportamento a qual pode ser explicada pela propensão da presença de bolhas de ar nos substratos onde há uma rugosidade com relevos que apresentam determinada angulação. Adicionalmente, verifica-se na tabela 87 que a idade não exerceu influência estatisticamente significativa sobre os resultados de R_a .

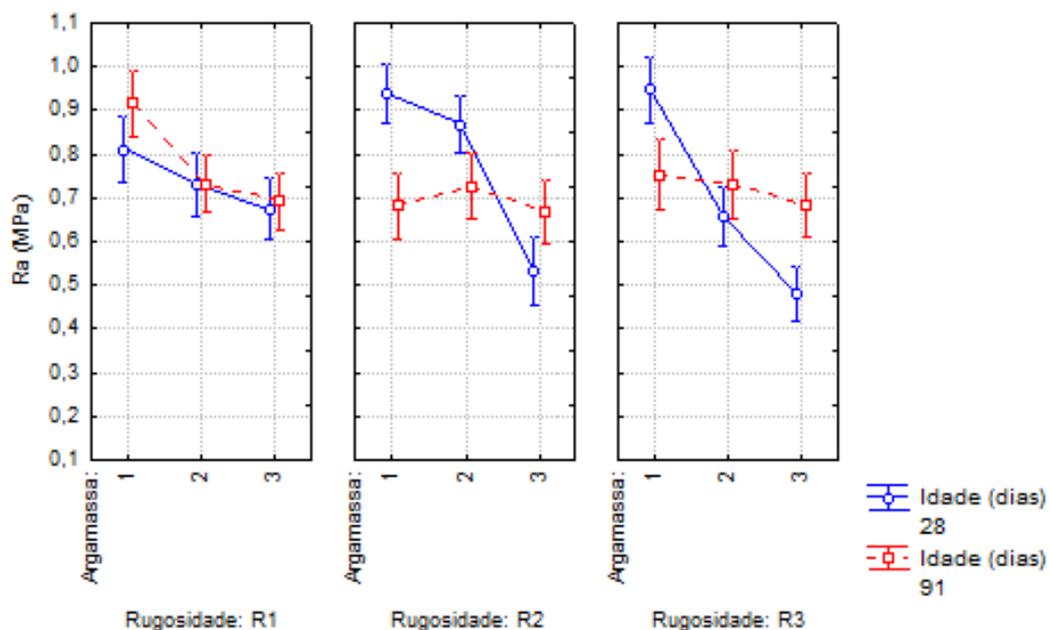


Figura 61: influência da idade no comportamento da resistência de aderência a tração (R_a)

Tabela 87: influência da idade nos valores de Ra aos 28 e 91 dias

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Argamassa	0,99282	2	0,49641	46,823	0,000000	Sim
Rugosidade	0,12852	2	0,06426	6,061	0,003049	Sim
Idade (dias)	0,01223	1	0,01223	1,153	0,284825	Não
Argamassa*Rugosidade	0,14651	4	0,03663	3,455	0,010212	Sim
Argamassa*Idade (dias)	0,39164	2	0,19582	18,470	0,000000	Sim
Rugosidade*Idade (dias)	0,09091	2	0,04545	4,287	0,015751	Sim
Argamassa*Rugosidade*Idade (dias)	0,39218	4	0,09805	9,248	0,000001	Sim
Erro	1,36765	129	0,01060			

SQ: soma quadrática; GDL: graus de liberdade; MQ: média quadrática

Fcalc: valor calculado de F

Quanto a resistência de aderência ao cisalhamento verifica-se que o fator idade foi mais significativo para o as argamassas assentadas sobre o substrato de rugosidade 1 (liso), não sendo observado um comportamento muito relevante para as rugosidades 2 e 3 (figura 62). No entanto, análise de variância mostrou que a idade não apresentou influência estatisticamente significativa sobre os valores de Rc (tabela 88).

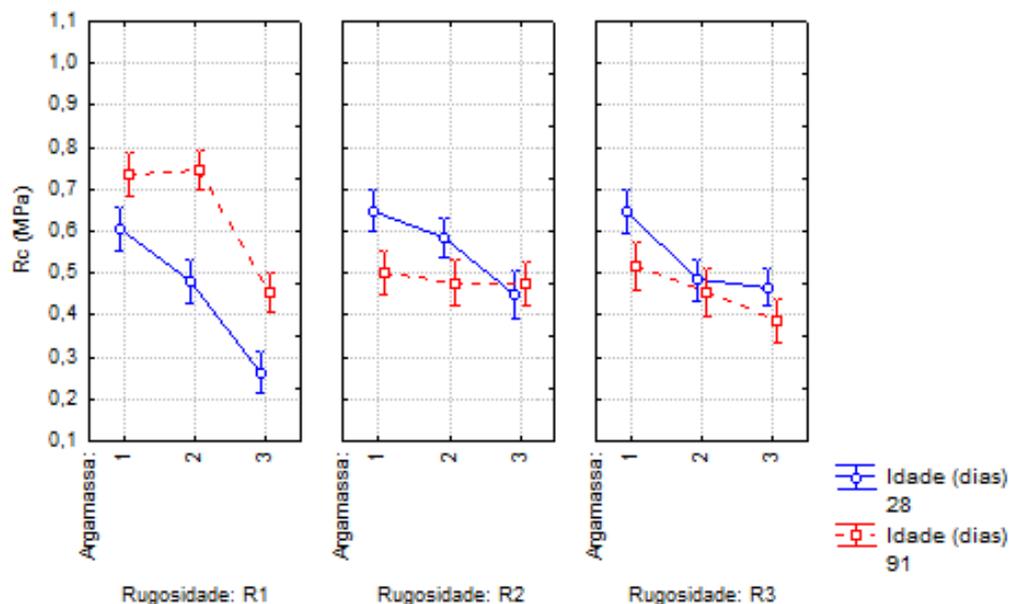


Figura 62: influência da idade na resistência de aderência ao cisalhamento (Rc)

Tabela 88: influência da idade nos valores de Rc aos 28 e 91 dias

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Argamassa	0,96145	2	0,48073	99,496	0,000000	Sim
Rugosidade	0,06580	2	0,03290	6,809	0,001516	Sim
Idade (dias)	0,00828	1	0,00828	1,714	0,192659	Não
Argamassa*Rugosidade	0,33719	4	0,08430	17,447	0,000000	Sim
Argamassa*Idade (dias)	0,07754	2	0,03877	8,024	0,000507	Sim
Rugosidade*Idade (dias)	0,59539	2	0,29770	61,614	0,000000	Sim
Argamassa*Rugosidade*Idade (dias)	0,05108	4	0,01277	2,643	0,036293	Sim
Erro	0,66193	137	0,00483			

SQ: soma quadrática; GDL: graus de liberdade; MQ: média quadrática

Fcalc: valor calculado de F

Verificando-se trabalhos que analisaram a evolução de resistência de aderência de argamassas de revestimento ao longo do tempo pode-se observar que não há um consenso sobre como se dá a evolução desta propriedade. Scartezini e Carasek (2003) afirmam que “a idade do revestimento influencia na resistência de aderência, porém sem uma coerência física ao longo do tempo”. Por outro lado, Nakakura et al. (2009) afirmam que os sistemas de revestimentos apresentaram clara evolução na resistência de aderência ao longo do tempo, sugerindo inclusive que haja uma revisão na norma vigente que prevê uma resistência de aderência mínima de 0,3MPa aos 28 dias, já que a argamassa pode não apresentar este valor de aderência nesta idade, mas sim aos 56 ou 91 dias. Desta forma, conclui-se que o comportamento de um sistema de revestimento de argamassa ao longo do tempo varia conforme os materiais utilizados em sua composição, o material do substrato, as condições de exposição, entre outros fatores.

Uma análise estatística da influência de todas as variáveis controláveis nos resultados obtidos para a resistência de aderência à tração e ao cisalhamento mostrou que apenas a idade não se apresentou significativa no caso dos materiais e condições de execução de ensaios utilizados neste trabalho, sendo que todas as demais interações apresentaram inferência nos resultados obtidos (tabela 89).

Tabela 89: ANOVA das variáveis controláveis nos resultados da resistência de aderência à tração e cisalhamento

	Erro	p	Significativo
Argamassa	232	0,000000	Sim
Rugosidade	232	0,003217	Sim
Idade (dias)	116	0,505282	Não
Argamassa*Rugosidade	232	0,000000	Sim
Argamassa*Idade (dias)	232	0,000000	Sim
Rugosidade*Idade (dias)	232	0,000000	Sim
Argamassa*Rugosidade*Idade (dias)	232	0,000014	Sim

6.4 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DAS ARGAMASSAS NA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO E NA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA AO CISALHAMENTO

Buscando-se verificar a influência das diferentes características das argamassas avaliadas neste trabalho na resistência de aderência à tração (R_a) e na resistência de aderência ao cisalhamento (R_c) traçaram-se gráficos comparativos das diferentes características e dos valores de resistência que estas argamassas apresentaram aos 28 dias.

Primeiramente se analisou o comportamento de R_a e R_c quanto aos valores de índice de consistência obtidos. Observou-se que estes são inversamente proporcionais aos valores de resistência de aderência à tração e ao cisalhamento, ou seja, quanto maior o índice de consistência, menores os valores de R_a (figura 63) e R_c (figura 64). Cabe lembrar que apesar das diferenças entre os valores de índice de consistência obtidos para as três argamassas não ter sido significativo, o pequeno aumento do índice de consistência foi consequência do aumento da adição de aditivo incorporador de ar, que como foi observado anteriormente, aumentou o tamanho dos bolsões de ar próximos à interface, fato que justifica o aumento do índice de consistência ter reduzido a resistência de aderência à tração e ao cisalhamento.

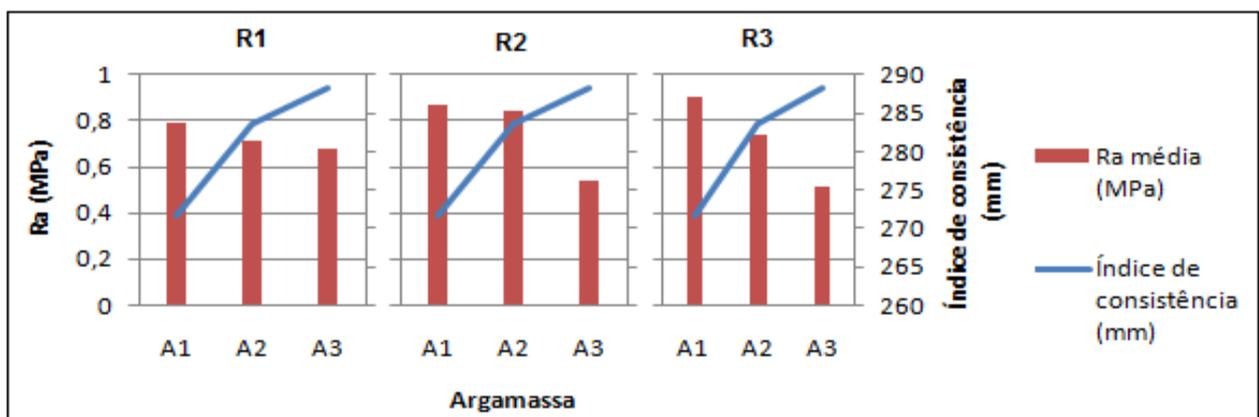


Figura 63: comparativo do comportamento de R_a em relação ao índice de consistência

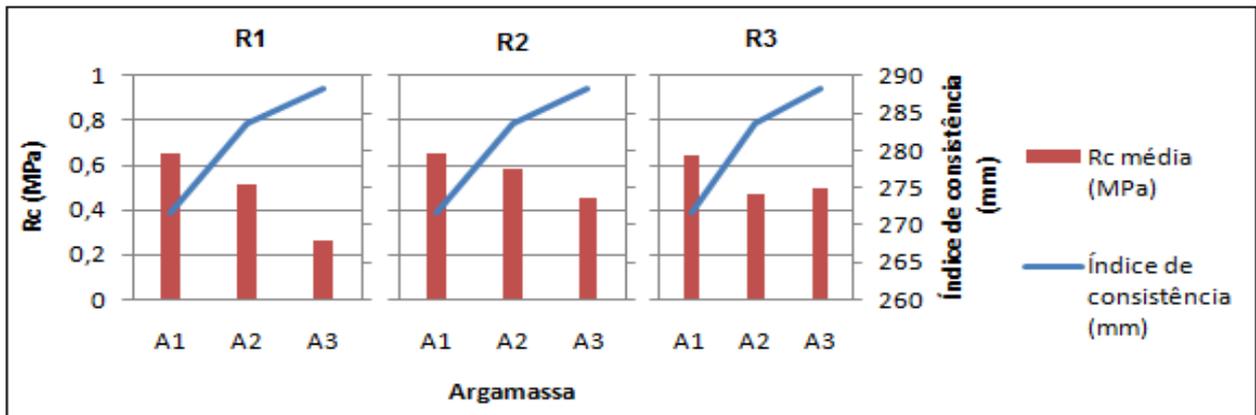


Figura 64: comparativo do comportamento de Rc em relação ao índice de consistência

A densidade de massa no estado fresco apresentou comportamento diretamente proporcional ao apresentado pela Ra (figura 65) e pela Rc (figura 66) com as diferentes argamassas aplicadas sobre as diferentes rugosidades. Este comportamento pode ser explicado pela presença de bolhas de ar provenientes da utilização do aditivo incorporador de ar que reduzem a densidade de massa e as resistências à tração e ao cisalhamento.

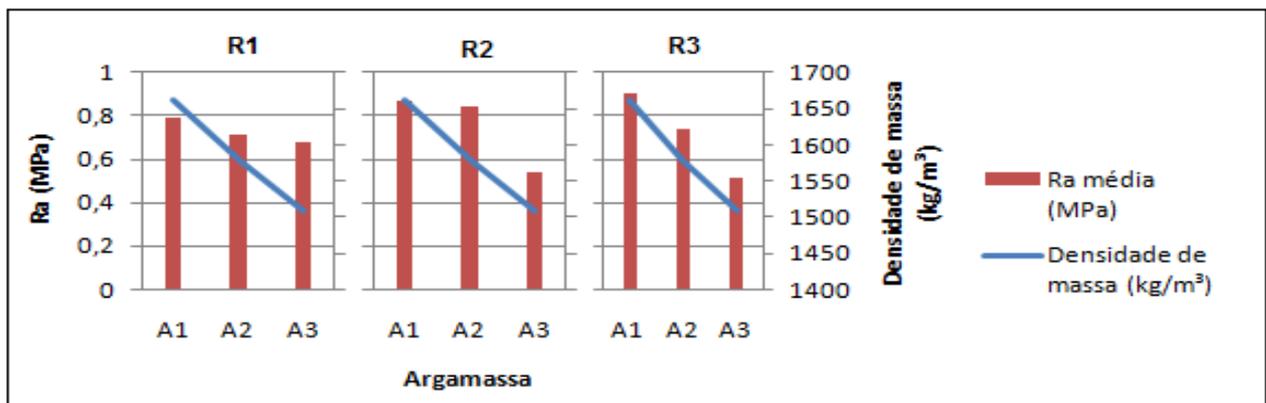


Figura 65: comparativo do comportamento de Ra em relação à densidade de massa no estado fresco

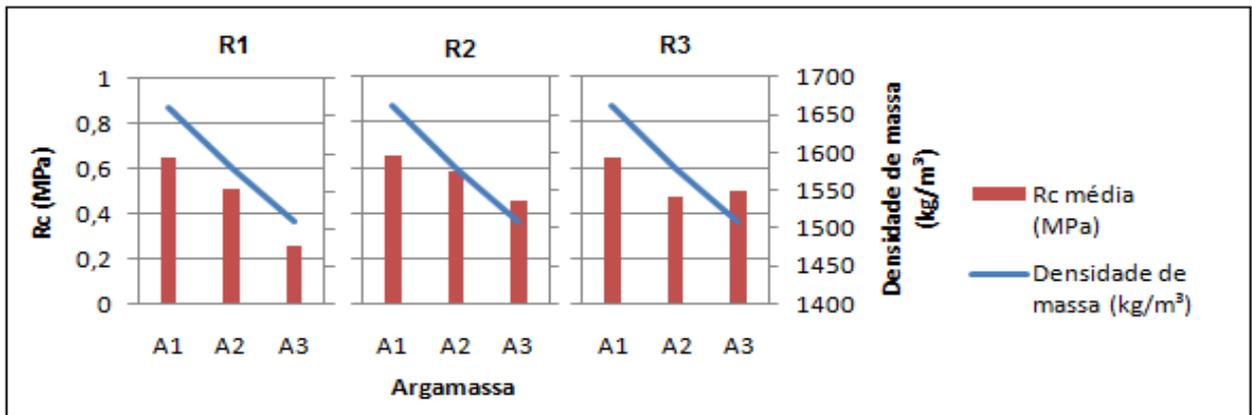


Figura 66: comparativo do comportamento de Rc em relação à densidade de massa no estado fresco

Quanto ao teor de ar incorporado presente nas argamassas, observa-se que o comportamento destas quanto a este parâmetro é inversamente proporcional ao observado para os valores de Ra (figura 67) e Rc (figura 68). Nestas figuras verifica-se que, em geral, quanto maior o teor de ar incorporado presente na argamassa, menores são os valores de Ra e Rc que esta apresenta. O mesmo comportamento foi observado por Alves (2002b), que notou em seus resultados que o teor de ar incorporado presente nas argamassas de revestimento utilizadas por ele e a resistência de aderência à tração são inversamente proporcionais.

O autor sugere que esta diminuição na resistência de aderência à tração ocorre devido à redução da superfície de contato entre a argamassa e o substrato em função da presença de bolhas de ar na interface e pela perda de resistência mecânica da argamassa, principalmente devido a perda de compacidade do material (ALVES, 2002b). Ainda, o aumento das bolhas de ar reduz a resistência mecânica das argamassas, possibilitando uma maior fragilidade no sistema, com rupturas na argamassa com menores cargas.

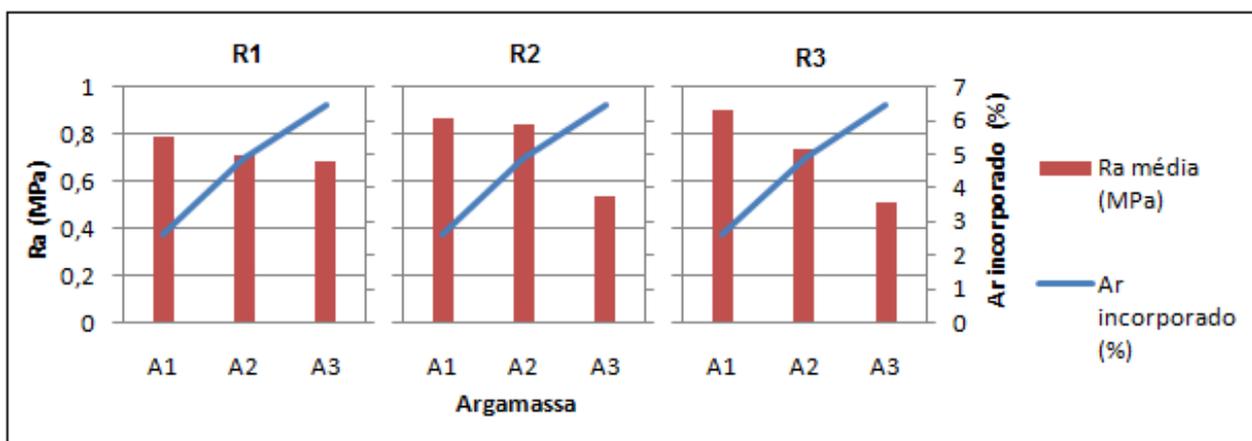


Figura 67: comparativo do comportamento de Ra em relação ao teor de ar incorporado

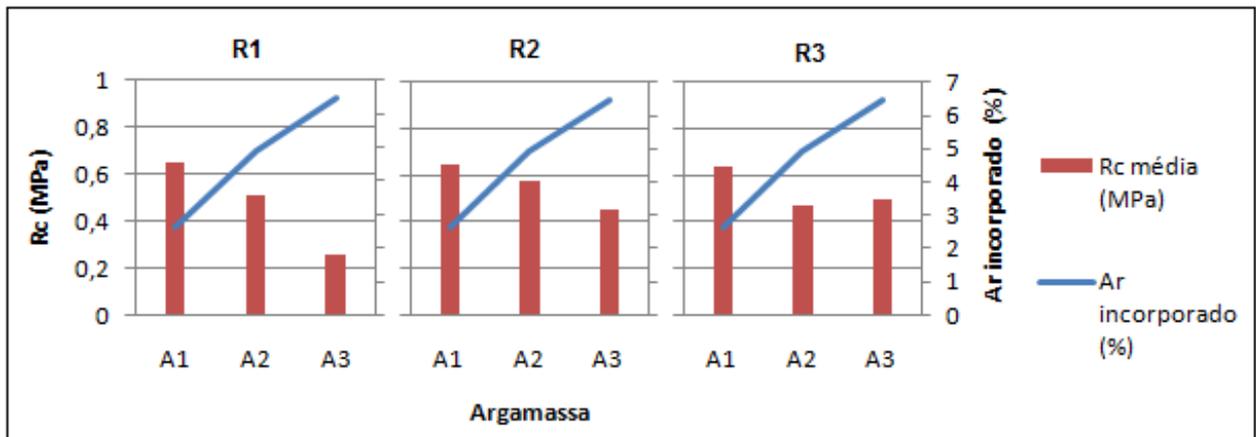


Figura 68: comparativo do comportamento de Rc em relação ao teor de ar incorporado

A retenção de água das argamassas 1, 2 e 3 apresentou-se diretamente proporcional aos valores de Ra (figura 69) e Rc (figura 70) para as três argamassas aplicadas sobre as três rugosidades estudadas. Este fato justifica-se devido a argamassas com maior retenção de água perder água mais lentamente para o substrato e para o ambiente, fato que reduz o fenômeno da retração além de disponibilizar mais água para a hidratação dos aglomerantes e formação de agulhas de aderência da argamassa com o substrato.

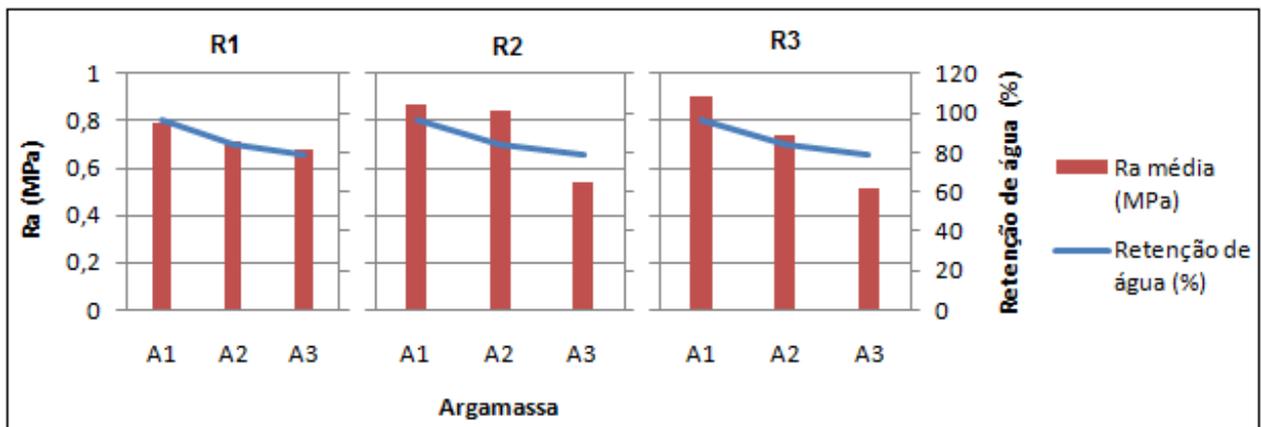


Figura 69: comparativo do comportamento de Ra em relação à retenção de água

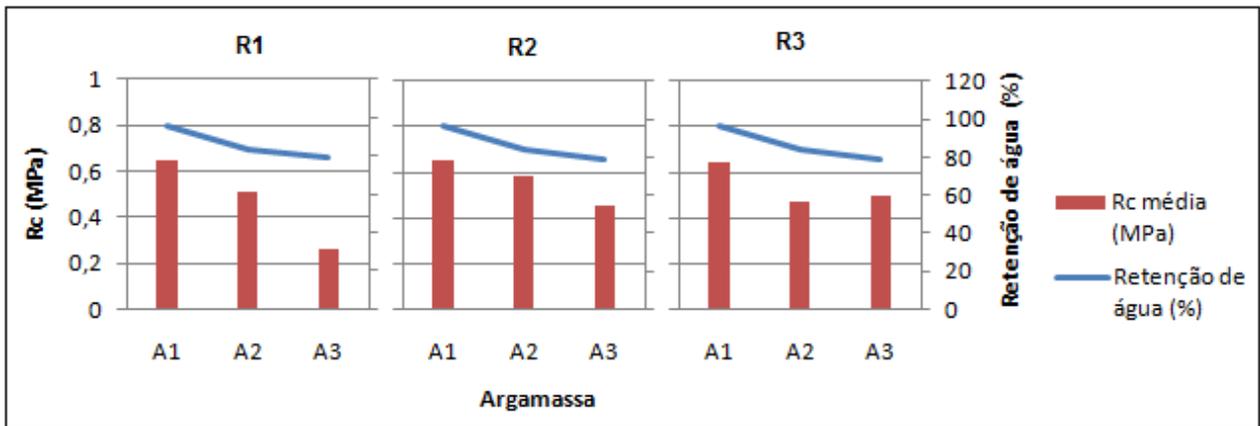


Figura 70: comparativo do comportamento de Rc em relação à retenção de água

As figuras 71 e 72 mostram, respectivamente, o comportamento das argamassas 1, 2 e 3 quando aplicadas sobre os substratos de rugosidade 1, 2 e 3 quanto ao coeficiente de capilaridade (C) e à Ra e à Rc. Observa-se que, em geral, a relação entre Ra e Rc e o coeficiente de capilaridade é diretamente proporcional, ou seja, quanto maior o coeficiente de capilaridade da argamassa, maiores os valores de Ra e Rc.

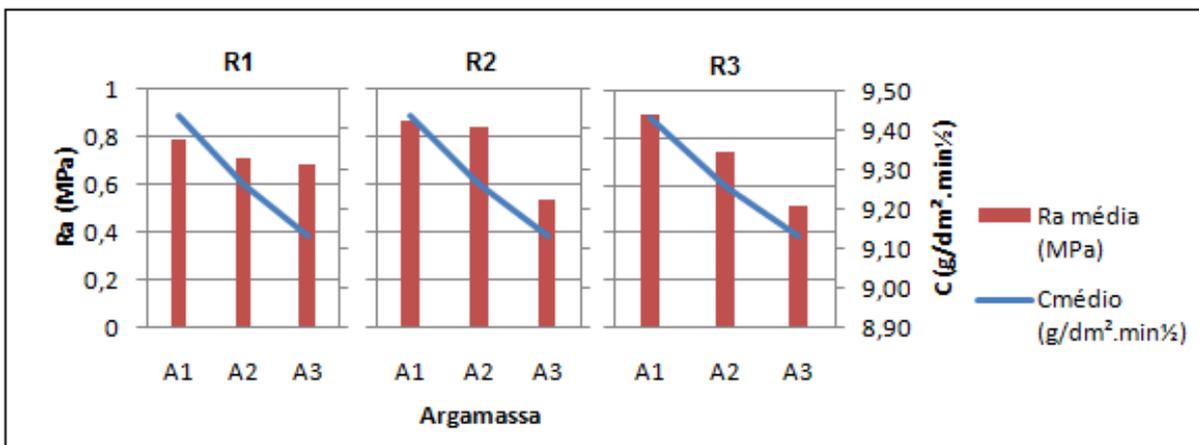


Figura 71: comparativo do comportamento de Ra em relação ao coeficiente de capilaridade

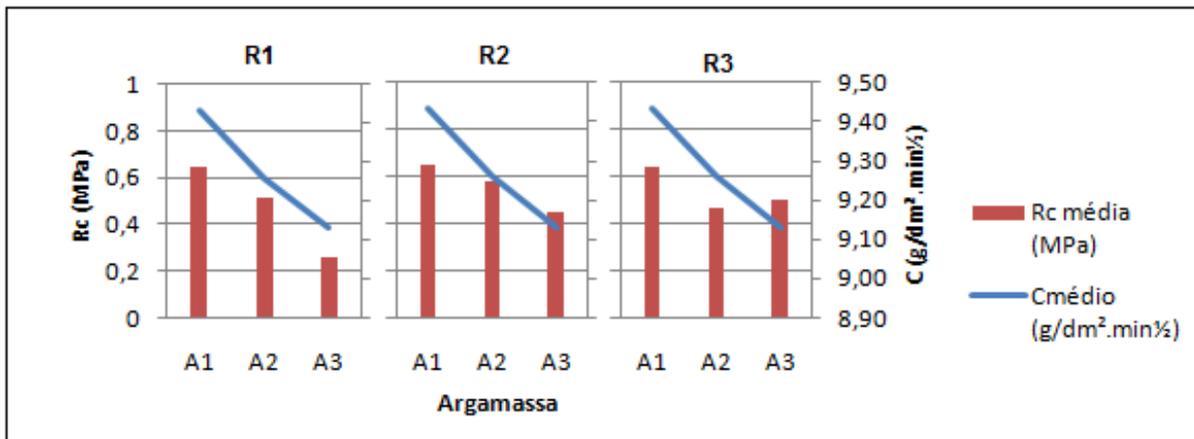


Figura 72: comparativo do comportamento de Rc em relação ao coeficiente de capilaridade

Quanto à resistência à compressão das argamassas analisadas, verifica-se que o aumento da Ra e da Rc é diretamente proporcional ao aumento desta propriedade, conforme mostram as figuras 73 e 74.

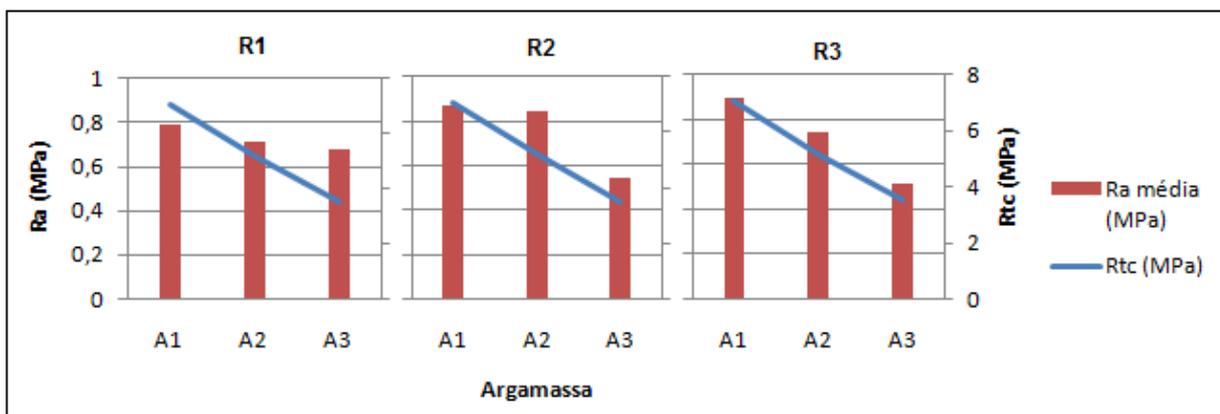


Figura 73: comparativo do comportamento de Ra em relação à resistência a compressão

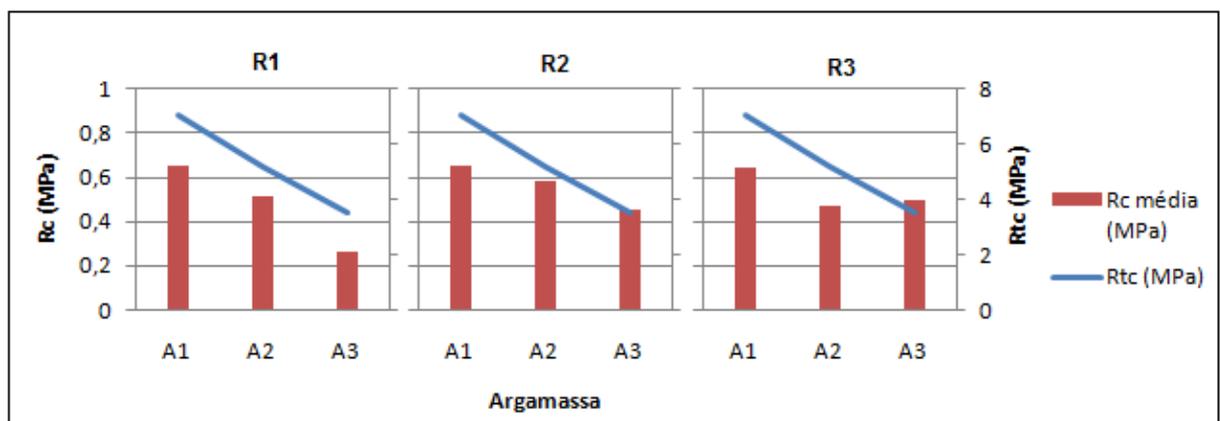


Figura 74: comparativo do comportamento de Rc em relação à resistência a compressão

O comportamento observado para a resistência à tração na flexão (R_t) das argamassas 1, 2 e 3, mostra que quanto maior a R_t , maiores os valores de R_a e R_c para as três rugosidades de substratos analisadas figuras 75 e 76.

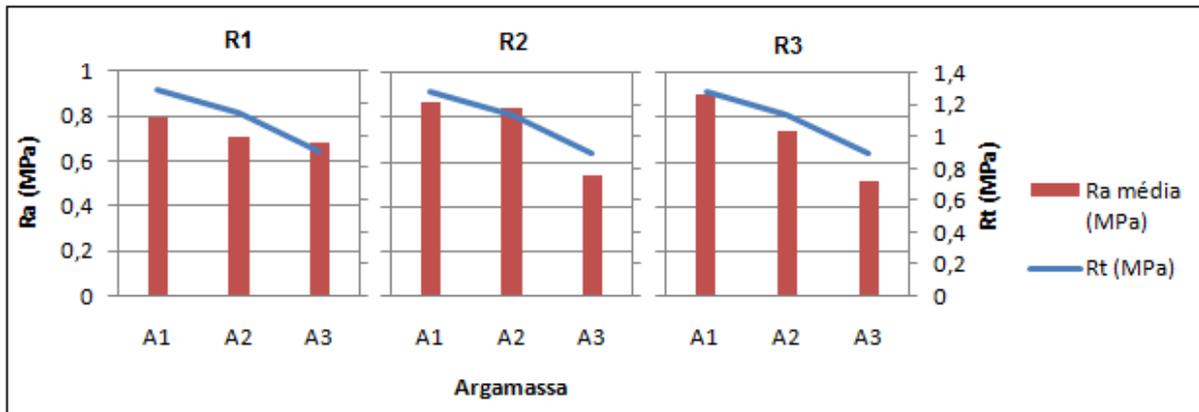


Figura 75: comparativo do comportamento de R_a em relação à resistência a tração na flexão

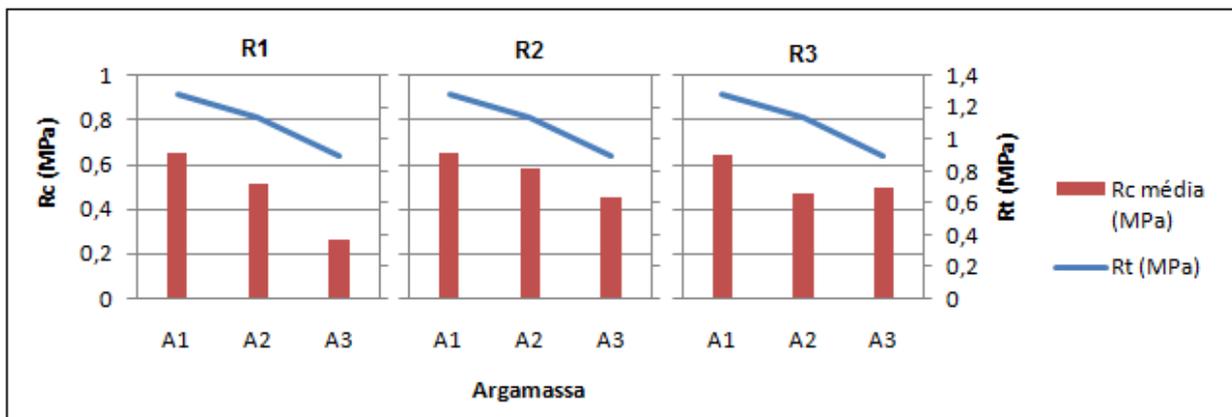


Figura 76: comparativo do comportamento de R_c em relação à resistência a tração na flexão

A caracterização quanto à densidade de massa no estado endurecido das argamassas 1, 2 e 3 mostra que quanto maior a densidade de massa apresentada, maiores os valores de R_a e R_c para as rugosidades analisadas figuras 77 e 78.

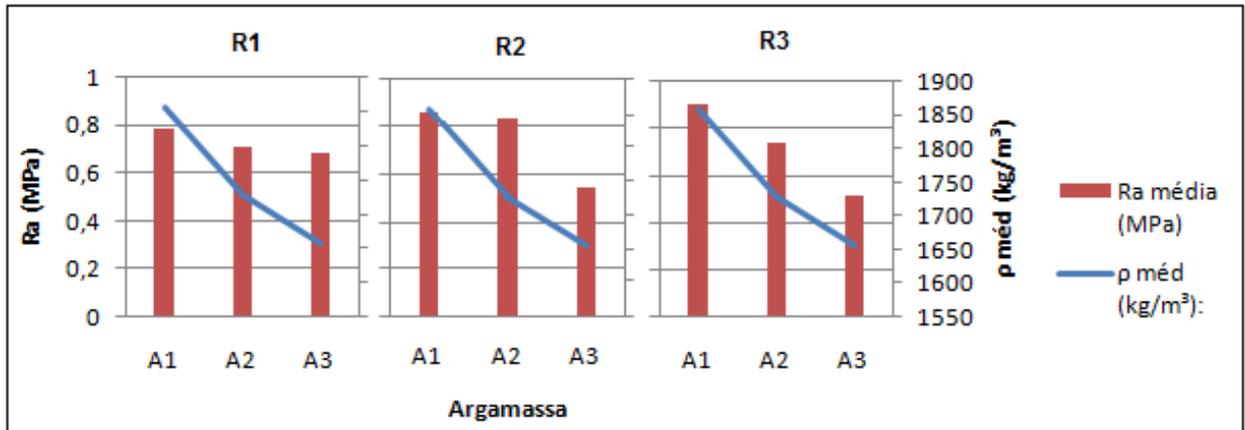


Figura 77: comparativo do comportamento de R_a em relação à densidade de massa aparente no estado endurecido

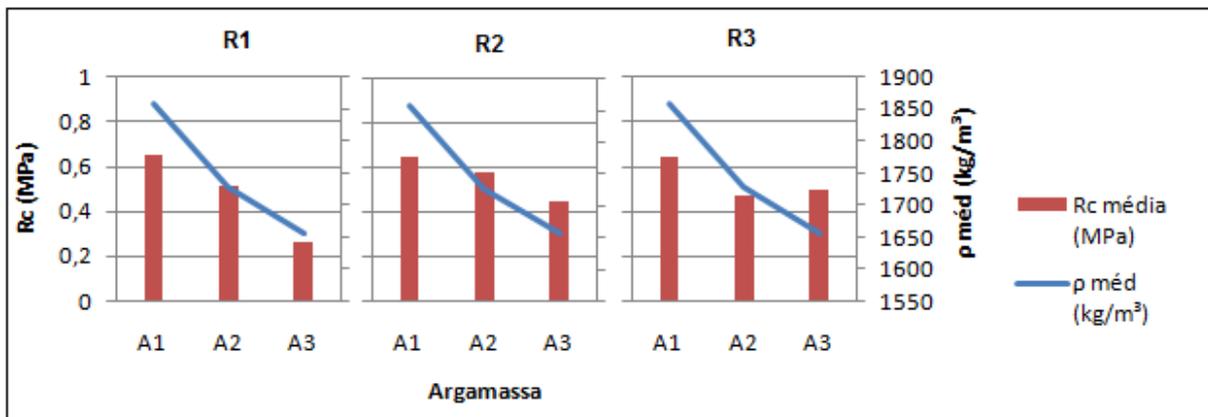


Figura 78: comparativo do comportamento de R_c em relação à densidade de massa aparente no estado endurecido

O módulo de elasticidade dinâmico também se mostrou diretamente proporcional aos valores de R_a e R_c aos 28 dias, conforme mostram as figuras 79 e 80.

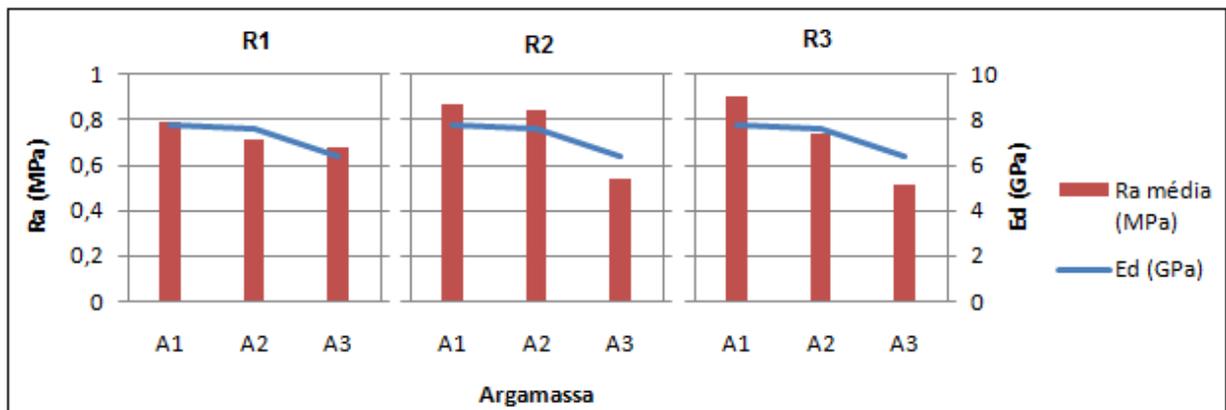


Figura 79: comparativo do comportamento de R_a em relação ao módulo de elasticidade dinâmico

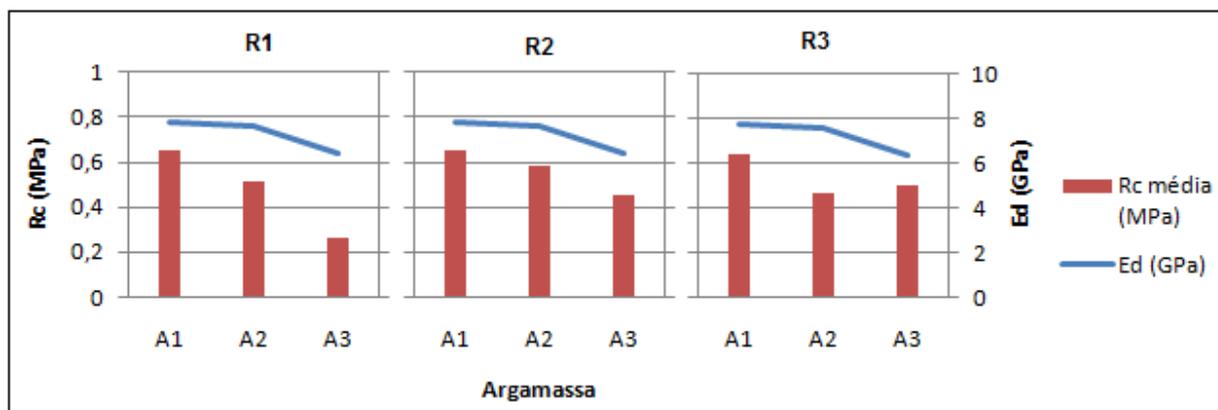


Figura 80: comparativo do comportamento de Rc em relação ao módulo de elasticidade dinâmico

6.5 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA ÁREA POTENCIAL DE CONTATO NOS RESULTADOS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO (RA) E AO CISALHAMENTO (RC)

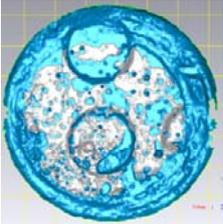
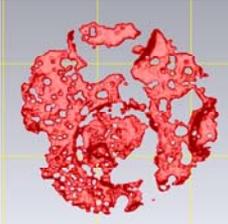
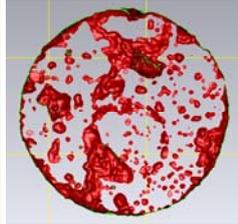
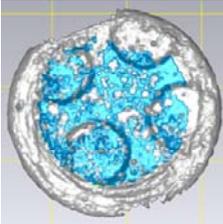
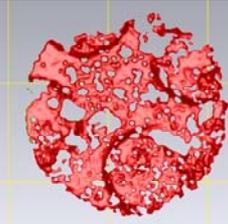
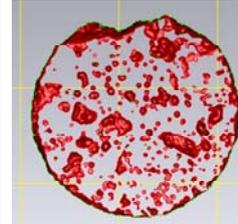
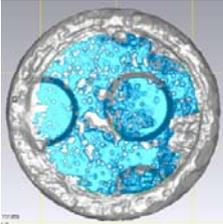
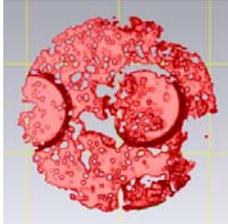
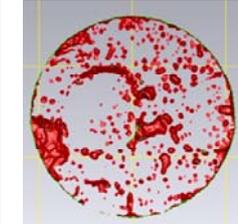
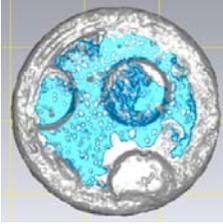
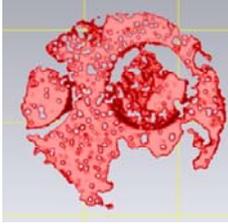
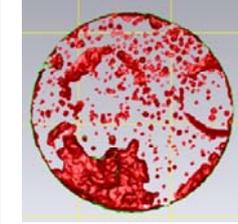
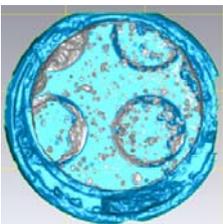
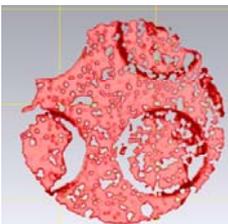
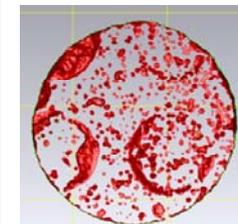
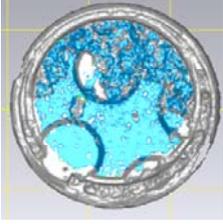
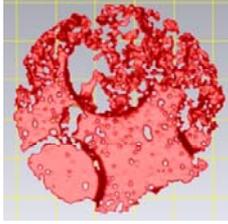
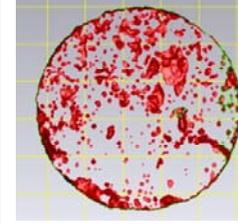
Complementarmente aos métodos já utilizados para analisar os resultados obtidos para a Ra e a Rc, buscou-se analisar a influência da área de contato da argamassa ao substrato nos valores obtidos. Para tal, utilizou-se de digitalizações no scanner tridimensional a laser, já apresentado anteriormente no capítulo 5.3.1.4, gentilmente cedido pelo Laboratório de Design e Seleção de materiais (LdSM) da UFRGS.

Para a realização destas análises foram selecionados alguns corpos-de-prova (CPs) resultantes do ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento, os quais apresentaram resistências de aderência iguais ou discrepantes para uma mesma argamassa e rugosidade. Buscou-se selecionar CPs que obtiveram sua ruptura 100% na interface argamassa/substrato, visando minimizar erros na medição da área de contato devido a perda de partículas de argamassa devido a ruptura nesta.

Os corpos-de-prova selecionados foram digitalizados no scanner 3D a laser, bem como a área do substrato de onde estes foram retirados, gerando duas áreas de contato passíveis de serem “encaixadas”, possibilitando visualizar a área de intersecção destas, ou seja, a área de contato da argamassa ao substrato.

A tabela 90, apresentada a seguir, mostra os seis corpos-de-prova que foram selecionados para a realização desta análise. Observa-se nesta tabela que na primeira coluna está apresentada a imagem resultante da união das duas áreas (argamassa e substrato), onde já se observa através das diferentes cores a área de contato e a área onde não há contato neste “encaixe”. Na segunda coluna, pode-se observar a imagem que corresponde apenas à área de contato, bem como a imagem que corresponde à área onde não houve contato, na terceira coluna.

Tabela 90: análise no scanner tridimensional a laser da área de contato argamassa/substrato

CP	Área total	Área de contato	Área sem contato	Foto
122				
125				
148				
150				
182				
183				

Buscando-se ilustrar o quanto a digitalização foi fiel à aparência real da área superficial da argamassa e do substrato, na quarta coluna da tabela 90, ainda está sendo mostrada uma foto retirada dos CPs analisados.

Após a digitalização das imagens referentes à argamassa e ao substrato dos corpos-de-prova selecionados foi possível realizar a medição da área referente à parcela de contato e a parcela sem contato entre elas através do programa Geomagic Studio 10. A Tabela 91 mostra os valores das áreas disponibilizadas pelo programa, bem como a porcentagem que cada uma delas representa.

Tabela 91: áreas de contato através da digitalização 3D a laser

Corpo-de-prova	Argamassa	Rugosidade	Rc (MPa)	Área de contato (mm ²)	Área sem contato (mm ²)	Área total (mm ²)	Área de contato (%)	Área sem contato (%)
122	1	3	0,27	1338,09	1402,26	2740,35	48,83	51,17
125	1	3	0,27	1444,34	1154,14	2598,48	55,58	44,42
148	2	3	0,62	1798,59	924,84	2723,43	66,04	33,96
150	2	3	0,38	1413,75	1334,15	2747,9	51,45	48,55
182	3	3	0,31	1519,01	1071,74	2590,75	58,63	41,37
183	3	3	0,62	1715,23	894,27	2609,5	65,73	34,27

Observa-se através dos valores de área de contato obtidos na tabela 91 que, tanto nos casos dos CPs 148 e 150, provenientes de uma mesma placa de rugosidade 3 e argamassa 2, quanto nos casos dos CPs 182 e 183, também provenientes de uma mesma placa rugosidade 3 e argamassa 3, os maiores valores de Rc obtidos são correspondentes aos CPs com maior área de contato.

O CP 148 apresenta uma resistência aproximadamente 39% maior do que a apresentada pelo CP 150, bem como uma área de contato 21,4% maior. Neste caso, pode-se afirmar que, provavelmente, a maior resistência de aderência ao cisalhamento apresentada pelo CP 148 ocorreu pela maior área de contato e menor presença de falhas na interface argamassa/substrato.

O CP 183 apresentou uma área de contato 11,4% maior do que a correspondente ao CP 182, bem como uma resistência de aderência ao cisalhamento 50% maior do que a apresentada pelo outro CP de mesma argamassa aplicada sobre a mesma rugosidade.

Os corpos-de-prova 122 e 125 foram propositalmente escolhidos por serem provenientes de mesma argamassa e substrato e terem apresentado valores de Rc iguais. Observa-se que neste caso a área de contato do CP 125 é apenas 7,3% maior do que a apresentada pelo CP 122, fato que pode explicar o valor da carga suportada ser igual para ambos os CPs.

A figura 81 a seguir mostra o comportamento observado quanto a Rc e a área de contato contabilizada para os seis CPs analisados. Observa nesta figura e através das análises já

realizadas anteriormente que há um indicativo de que o aumento da resistência de aderência da argamassa ao substrato está diretamente ligada à área de contato da argamassa ao substrato.

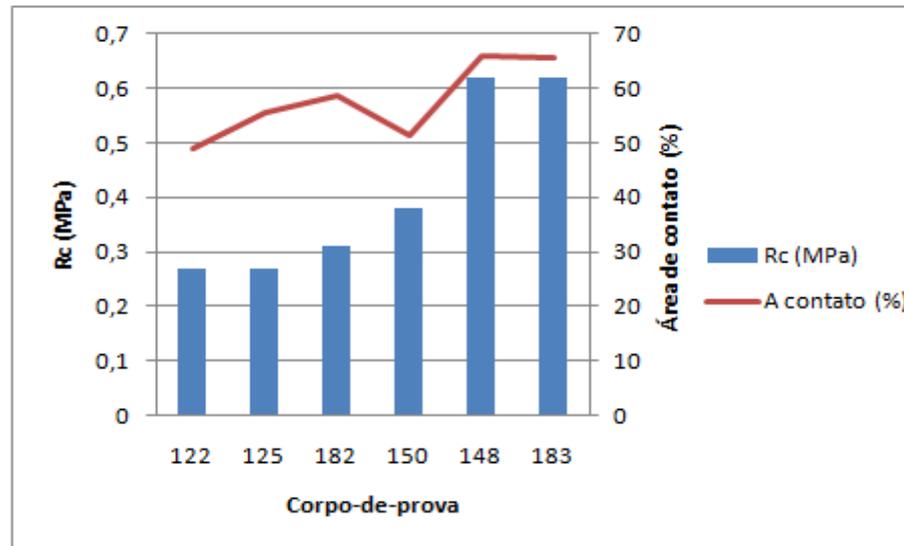


Figura 81: comportamento da resistência de aderência x área de contato

Observa-se que o método proposto neste capítulo é promissor, porém mais amostras precisam ser analisadas para que se possa chegar a uma conclusão a respeito da real interação entre a aderência das argamassas ao substrato e a sua área de contato.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve por objetivo estudar a influência da reologia das argamassas de a área de contato potencial do substrato, incrementada pela rugosidade, no desenvolvimento da resistência de aderência à tração e ao cisalhamento. Para tal produziram-se três argamassas de proporcionamento 1:1:3,10, sendo uma sem aditivo incorporador de ar e duas com adição de 0,2 e 0,5% de aditivo incorporador de ar em relação à massa de cimento, respectivamente. Para se alcançar os objetivos foram realizados ensaios de resistência de aderência à tração e ao cisalhamento das argamassas aos 28 e 91 dias de idade, além de diversos ensaios de caracterização no estado fresco e endurecido das argamassas e do concreto do substrato.

A seguir apresentam-se as conclusões obtidas ao final desta pesquisa, ressaltando-se que estas se referem aos materiais e condições laboratoriais utilizados neste trabalho, bem como a suas quantidades e forma de execução, não podendo ser tomados de forma absoluta.

7.1 CONCLUSÕES

Ao término deste trabalho cabem algumas considerações:

- a) nem sempre o aumento da área de contato potencial de um substrato irá resultar em um aumento na resistência de aderência de revestimentos de argamassa, já que a reologia apresentada pela argamassa assentada sobre ele pode exercer influência nesta área de contato real;
- b) desta forma, conclui-se que a reologia da argamassa exerce maior influência sobre a resistência de aderência, já que depende dela o aumento da área de contato ou não, proporcionada pela rugosidade do substrato;
- c) a rugosidade do substrato também exerce influência sobre os resultados de resistência de aderência, desde que a argamassa assentada sobre ele molhe totalmente sua superfície, proporcionando uma aumento da área de contato que incrementará da resistência de aderência do sistema;
- d) a presença de aditivo incorporador de ar nas argamassas 2 e 3 influenciou negativamente no desenvolvimento da resistência de aderência e no incremento

da área de contato, proporcionando um maior aumento na formação de bolsões de ar na interface;

- e) o ângulo formado pela rugosidade do substrato pode desfavorecer o molhamento do substrato, sendo que este deve ser estudado com maior profundidade para se verificar qual ângulo induz um aumento ou redução no aparecimento dos bolsões de ar na interface;
- f) o dispositivo para a realização do ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento criado mostrou-se adequado para a realização do ensaio, no entanto devem-se realizar estudos que o comparem com métodos já utilizados por outros autores buscando-se confirmar esta afirmação.
- g) o método de análise da interface com a utilização do scanner 3D a laser mostrou-se promissor para a análise da interface argamassa/substrato, sendo que este precisa ser aprimorado com uma maior repetição de amostras e analisado com mais profundidade.

7.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho visou analisar a influência do aumento da área potencial de contato do substrato e da reologia da argamassa na resistência de aderência a tração e ao cisalhamento. No entanto, este ficou limitado às variáveis controláveis propostas, sendo que durante sua realização, alguns novos questionamentos surgiram, podendo estes serem aplicados em temas de pesquisas futuras:

- a) influência do ângulo gerado pela rugosidade no substrato na capacidade de sua molhabilidade pela argamassa e conseqüente formação de falhas de contato da argamassa de revestimento;
- b) comparativo entre a influência de reologia de argamassas alterando-se outros parâmetros de sua composição, como granulometria, relação a/c, entre outros, com os obtidos nas argamassas com aditivo incorporador de ar, na resistência de aderência de revestimentos argamassados;
- c) comparação entre os resultados de resistência de aderência ao cisalhamento obtidos com o dispositivo confeccionado e os obtidos com outros dispositivos, como o desenvolvido por Candia (1998);
- d) desenvolvimento da técnica de análise da área de contato real da interface com a utilização de scanner tridimensional a laser.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. L. **Efeito da medição de rugosidade na massa de padrões de massa classe F2 - a.** 2002. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Centro Técnico Científico da PUC, Pontifícia Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

ALVES, N. J. D. **Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassas de revestimento - b.** 2002. 199 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de Brasília, Brasília.

ANTUNES, R. P. N. **Influência da reologia e da energia de impacto na resistência de aderência de revestimentos de argamassa.** 2005. 187p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529:** Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

_____. **NBR 5736:** Cimento Portland pozolânico. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

_____. **NBR 5738:** Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. **NBR 5739:** Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

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

_____. **NBR 7211:** Agregados para Concreto – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 7215:** Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

_____. **NBR 9779:** Argamassa e concreto endurecido – Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

_____. **NBR 11578:** Cimento Portland Composto. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

_____. **NBR 12655:** Concreto: Preparo, controle e recebimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

_____. **NBR 13276:** Argamassa para assentamento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

_____. **NBR 13277:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 13278:** Argamassa para assentamento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

_____. **NBR 13279:** Argamassa para assentamento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

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

_____. **NBR 13749:** Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

_____. **NBR 15259:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 15630:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultrassônica. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

_____. **NBR 15839:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Caracterização reológica pelo método *squeeze-flow*. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

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

ASOCIACIÓN MERCOSUR DE NORMALIZACIÓN. **NM 47: 02:** Determinação do teor de ar em concreto fresco – Método pressiométrico. [s. l.], 2002.

_____. **NBR NM 23:** Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. [s. l.], 2001.

BANFILL, P. F. G. The reology of fresh cement and concrete – a review. In: International Cement Chemistry Congress, 11., 2003, Duban. **Anais...** Duban, 2003.

BARBOSA, W. S.; JOHN, V. M.; PILEGGI, R. G. Alteração do comportamento reológico de pastas devido à presença de base porosa. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 8., 2009, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBTA, 2009.

BETIOLI, A. M. **Influência dos polímeros MHEC e EVA na hidratação e comportamento reológico de pastas de cimento portland.** 2007. 211p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BAUER, E. **Revestimentos de argamassa – características e peculiaridades.** Brasília: LEM-UnB; Sinduscon, 2005. 92 p.

BROOTA, K. D. **Experimental design in behavioural research.** New Delhi: New age international, 2003. 440p.

CANDIA, M. C. **Contribuição ao estudo das técnicas de preparo da base no desempenho dos revestimentos de argamassa.** 1998. 198 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

CARASEK, H. **Aderência de argamassas à base de cimento Portland a substratos porosos: avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo de ligação.** 1996. 285 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

CARASEK, H.; CASCUDO, O. Descolamento de revestimentos de argamassa aplicados sobre estruturas de concreto – Estudos de casos brasileiros. In: Congresso nacional de argamassas da construção, 2., 2007, Lisboa. **Anais...** Lisboa, 2007.

CARASEK, H.; DJANIKIAN, J. G. Aderência de Argamassas a Base de Cimento Portland a Unidades de Alvenaria. **Boletim Técnico** BT/PCC/179 da escola Politécnica da USP. São Paulo, 1997.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; SCARTEZINI, L. M. Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 4, 2001, Brasília. **Anais...** Brasília: SBTA, 2001.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; JUCÁ, T. Estudo de caso de descolamento de revestimento de argamassa aplicado sobre estrutura de concreto. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 6, 2005, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBTA, 2005.

CARDOSO, F. A. **Método de formulação de argamassas de revestimento baseado em distribuição granulométrica e comportamento reológico.** 2009. 158p. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

CARDOSO, F. A.; PILEGGI, R. G.; JOHN, V. M. Caracterização reológica de argamassas pelo método de squeeze-flow. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 6. International Symposium on Mortars Technology, 1. 2005. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBTA, 2005, p. 121-143.

CARVALHO, M. C. M. **Construindo o Saber.** 19 ed. São Paulo: PAPIRUS, 1989. 172p.

CEMENT & CONCRETE ASSOCIATION OF AUSTRALIA. Bond strength in Masonry Construction. **Technical note**, n. 65, p. 1-8, 2001.

CEMENT & CONCRETE ASSOCIATION OF AUSTRALIA. Masonry Bond strength. **Data sheet**, p. 1-4, 2003.

CERVO, A. L.; BERVIAN, A. Metodologia Científica. 5 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 242p.

CINCOTTO, M.; RAGO, F. A reologia da pasta de cimento e a influência da cal. In: Simpósio Brasileiro de tecnologia das argamassas, 1., 1995. Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBTA, 1995.

DO Ó, S. W. **Análise da retenção de água em argamassas de revestimento aditivadas.** 2004. 173 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de Brasília, Brasília.

DUBAJ, E. **Estudo comparativo entre traços de argamassa de revestimento utilizadas em Porto Alegre.** 2000. 115 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

European Mortar Industry Organization. **Technical dictionary.** 3ed. 22p. 2001.

FERNANDES, H. C.; COSTA, E. B. C.; ARA, A. B.; CAMPORA, F. L.; JOHN, V. M. Influência da forma de aplicação e da reologia da argamassa nas propriedades mecânicas dos revestimentos. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 8., 2009. Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBTA, 2009.

GARBACZ, A.; COURARD, L.; KOSTANA, K. Characterization of concrete surface roughness and its relation to adhesion in repair systems. **Materials Characterization**. v. 56, 2006.

GIRDEN, E. R. **ANOVA, Repeated Measures**. Newbury Park, 1992. 153p.

GONÇALVES, S.R.C. **Variabilidade e fatores de dispersão da resistência de aderência nos revestimentos de argamassa – estudo de caso**. 2004. 148 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília.

JOHN, V. Repensando o papel da cal hidratada nas argamassas. In: Simpósio Brasileiro de tecnologia das argamassas, 5., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBTA, 2003.

KAZMIERCZAK, C. S., BREZEZINSKI, D. E., COLLATTO, D. Influência das características da base na resistência de aderência à tração e na distribuição de poros de uma argamassa. **Estudos tecnológicos**. vol. 3, nº 1, 2007, p 47-58.

LEAL, F. E. C. B. **Estudo do desempenho do chapisco como procedimento de preparação de base em sistemas de revestimento**. 2003. 101p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de Brasília, Brasília.

LOFRANO, F. C.; CARDOSO, F. A.; PILEGGI, R. G.; JOHN, V. M. Influência da rugosidade das placas na caracterização reológica de argamassas por squeeze-flow. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 8., 2009. Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBTA, 2009.

MAERZ, H., CHEPUR, P., MYERS, J., LINZ, J., Concrete Roughness Characterization Using Laser Profilometry for Fiber-Reinforced Polymer Sheet Application. In: **Transportation Research Board**, 80, 2001, Washington, Paper No. 01-0139.

MARANHÃO, F. L.; COSTA E SILVA, A. J.; MEDEIROS, J. S.; BARROS, M. M. S. B. Influência do tipo de argamassa colante e do revestimento na microestrutura e na resistência de aderência. In: Simpósio Brasileiro de tecnologia das argamassas, 5., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBTA, 2003.

MARTINS, G. A. Metodologias convencionais e não convencionais e a pesquisa em administração. **Caderno de pesquisa em administração**. São Paulo, 1994. Disponível em: <<http://www.ead.fea.usp.br/cad-pesq/arquivos/C00-art01.pdf>>. Acesso em março de 2007.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestructura, propiedades e materiais**. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2008. 669 p.

MORENO JUNIOR, R., SELMO, S. M. de S. Aderência de argamassas de reparo de estruturas de concreto. Boletim técnico da escola politécnica da USP. São Paulo, 2007.

NAKAKURA, E.; MUNHOZ, F. A. C.; BATTAGEN, A. Evolução da aderência em sistema de revestimento de argamassa. In: Simpósio Brasileiro de tecnologia das argamassas, 8., 2009, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBTA, 2009.

OLIVEIRA, N. M. de; CARASEK, H.; CASCUDO, O. Estudo de desempenadeiras alternativas para aplicação de chapisco colante. In: Simpósio Brasileiro de tecnologia das argamassas, 8., 2009, Curitiba. **Anais...**Curitiba: SBTA, 2009.

PÁDUA, E. M. M. Metodologia da pesquisa. 13 ed. São Paulo: PAPIRUS, 2007. 113 p.

PAGNUSSAT, D. T. **Contribuição para o entendimento dos mecanismos microestruturais de aderência de argamassas de revestimento em substratos porosos**. 2008. 112 p. Proposta de Tese (Doutorado em Construção Civil) –Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PALMA, Ernani Sales. **Metrologia**. Apostila. Mecatrônica e Engenharia Mecânica. PUC Minas. 2006. pg 110-121.

POLITO, G. **Avaliação da introdução de cal hidratada nas argamassas aplicadas sobre blocos cerâmicos e sua influência no desempenho e morfologia**. 2008. 181 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PRETTO, M.E.J. **Influência da rugosidade gerada pelo tratamento superficial do substrato de concreto na aderência do revestimento em argamassa**. 2007. 180 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PRUDÊNCIO, J. L. R.; ISERNHAGEN, W. O.; STEIL, R. O.; MACARINI, M. R. Resistência de aderência de diferentes tipos de revestimentos de argamassa aplicados em alvenaria de blocos de concreto. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 3., 1999, Vitória. **Anais...** Vitória, 1999.

QUÉRÉ, D. Surface chemistry: Fakir droplets. **Nature materials**. v. 1, 2002. p. 14-15.

RECENA, F. A. P. **Conhecendo Argamassa**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. 192 p.

RIBEIRO, J. L. D.; CATEN, C. **Projeto de Experimentos**. Porto Alegre. PPGEP/UFRGS, 2000. 130p.

RIVERA, M. H.; MELO, M. E. R. La rugosidad de las superficies: Topometría. Revista Ingenierías, v.1, n. 11, 2001. Disponível em: < <http://ingenierias.uanl.mx/11/index.html>>. Acesso em abril de 2010.

ROMERO, J. V. **Adherencia al hormigón de morteros de diferentes bases químicas**. 2010.367p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Politécnica de Madrid, Madrid.

ROSA, L. C. **Acabamento de Superfícies – Rugosidade superficial**. Oficina mecânica para automação. Notas de aula. 2007. Disponível em: <http://www.sorocaba.unesp.br/professor/luizrosa/index_arquivos/oma.htm>. Acesso em: março de 2010.

RUDUIT, F. R. **Influência da cura de chapiscos na aderência em substratos de concreto**. 2009. 177p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

RUTHERFORD, A. Introducing ANOVA and ANCOVA – a GLM approach. Londres: Sage Publications Ltd., 2001. 77 p.

SABBATINI, F.H. **Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria resistentes – ET-91**. São Paulo: ABCP, 1998. 44p.

SCARTEZINI, L. M.; CARASEK, H. Fatores que exercem influência na resistência de aderência à tração dos revestimentos de argamassas. In: Simpósio brasileiro de tecnologia das argamassas, 5, 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBTA, 2003.

SILVA, F. P. da. **Uso da digitalização tridimensional a laser no desenvolvimento e caracterização de texturas aplicadas ao design de produtos**. 2006. 179p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SILVA, J. R. M. da. **Relações de usinabilidade e aderência do verniz com as propriedades fundamentais do Eucalyptus grandis HILL EX. MAIDEN**. 2002. 204p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SIQUEIRA, K. P. de; MONTEFUSCO, A. R. G.; GUIMARÃES NETO, A. B.; BONDUELLE, A. Principais metodologias de medição de estado de superfícies. **Nota técnica**. P 1-8. Centro de ciências florestais e da madeira – Universidade do Paraná. 2003. Curitiba

SUGO, H. O., PAGE, A. W., LAWRENCE, S.J. The development of mortar/unit bond. In: Canadian Masonry Symposium, 9th, Fredericton. **Proceedings...** Department of Civil Engineering – University of New Brunswick, 2001.

VALENTE, V. M. de M. **Caracterização da aderência de argamassas tradicionais em paramentos exteriores constituídos por blocos de betão de argila expandida**. 1996. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

YIN, R. K. **Estudo de Caso – Planejamento e Métodos**. 3ª ed. São Paulo: Bookman, 2005. 212 p.

YOSHIDA, A. T.; BARROS, M. M. S. BOTTURA de. Caracterização de argamassas no estado fresco – Peculiaridades da análise de argamassas industrializadas. In: Simpósio brasileiro de tecnologia das argamassas, 1, 1995, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBTA, 1995.

YOUNG, J.F., et al. The science and technology of Civil Engineering Materials. New York: Prentice Hall, 1998 ,384 p.

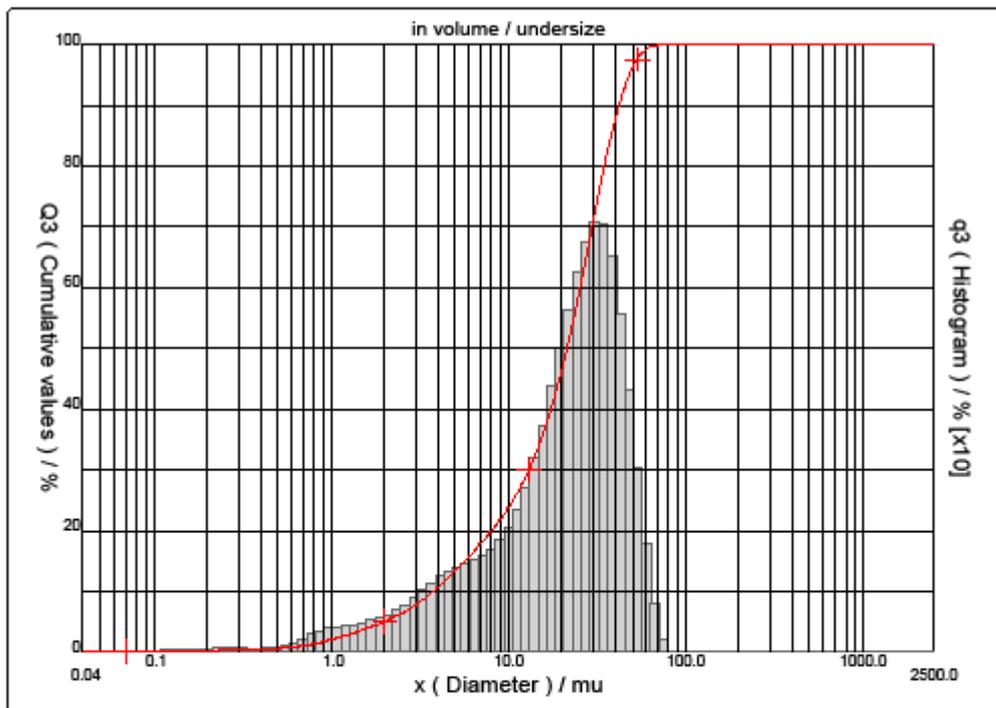
ANEXO A – GRANULOMETRIA A LASER DA CAL



PARTICLE SIZE DISTRIBUTION CILAS 1180 Liquid

Range : 0.04 μ m - 2500.00 μ m / 100 Classes

<p>Sample Ref : Cal 08.07.10 Type produit : Cal Client : NORIE Comments : Liquid : Agua Dispersing agent : Nenhum Operator : Malu Company : Location : Date : 09/07/2010 Time : 15:59:37 Index meas. : 755</p>	<p>Ultrasounds : 60 s (+during) Concentration : 135 Diameter at 10% : 3.72 μm Diameter at 50% : 21.31 μm Diameter at 90% : 42.25 μm Mean diameter : 22.40 μm Fraunhofer : Density/Factor : ----- Specific surface : ----- Automatic dilution : No / No Meas./Rins. : 60/60/2 SOP : Padrão Acil</p>
--	---



Serial no : 570 | Ref : 2,r110,m0,66A1818/5,00/755/m24,12,40,20,1Ph,20,40,20,18h/Q-0,0,0,0/300,0,15,g60,2,16,10,1,10,P7200,27,80,P29,0/V 3,10/35



PARTICLE SIZE DISTRIBUTION CILAS 1180 Liquid

Range : 0.04 mu - 2500.00 mu / 100 Classes

Sample Ref : Cal 06.07.10 Type produit : Cal Client : NORIE Comments : Liquid : Agua Dispersing agent : Nenhum Operator : Malu Company : Location : Date : 09/07/2010 Time : 15:59:37 Index meas. : 755	Ultrasounds : 60 s (+during) Concentration : 135 Diameter at 10% : 3.72 mu Diameter at 50% : 21.31 mu Diameter at 90% : 42.25 mu Mean diameter : 22.40 mu Fraunhofer Density/Factor : ----- Specific surface : ----- Automatic dilution : No / No Meas./Rins. : 60/60/2 SOP : Padrão Acil
---	--

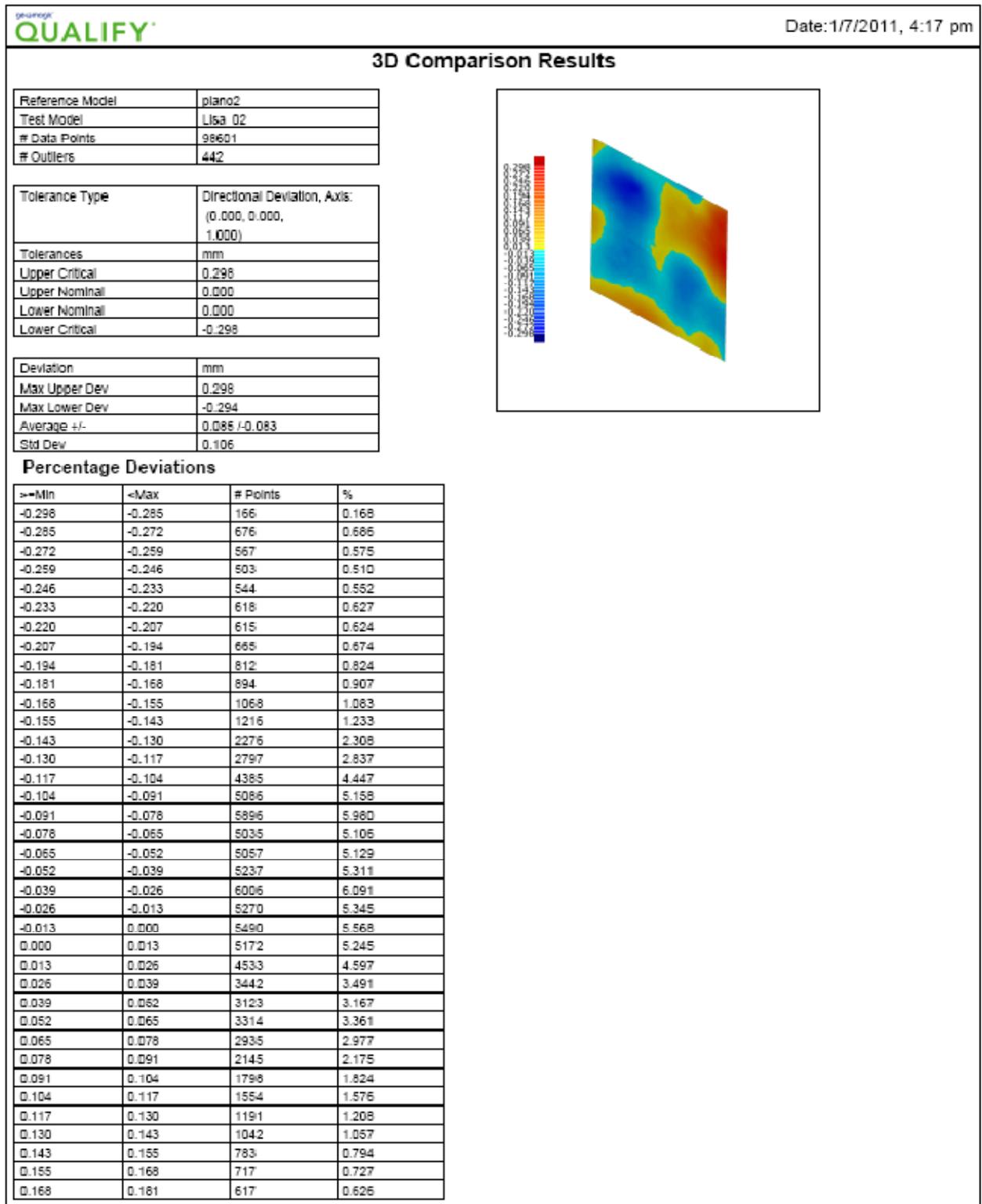
Standards classes in volume / undersize

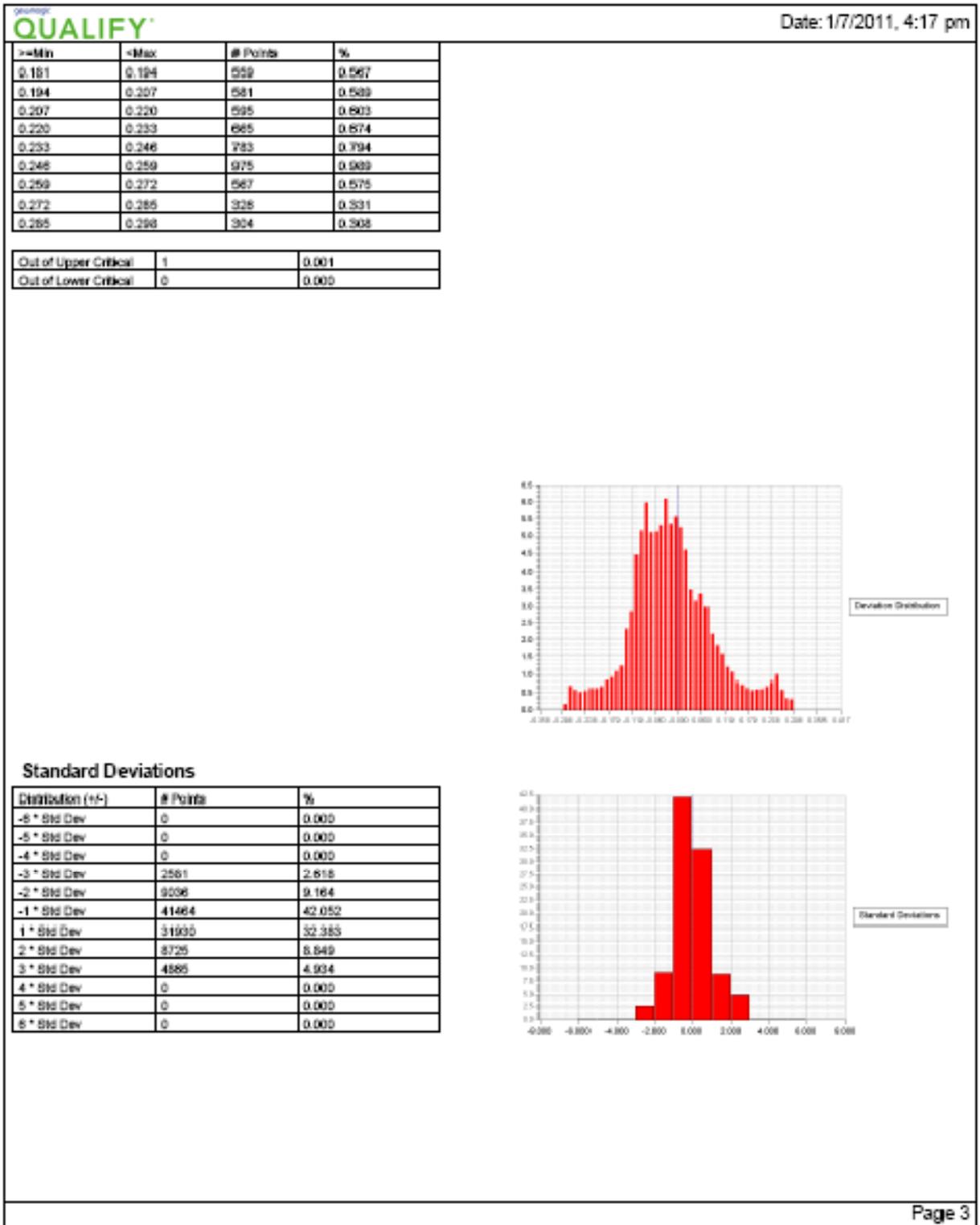
x	0.04	0.07	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
Q3	0.02	0.06	0.08	0.20	0.38	0.50	0.61	0.78	1.03	1.37
q3	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04	0.04	0.04	0.08	0.15	0.23
x	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20
Q3	1.73	2.10	2.43	2.76	3.07	3.37	3.96	4.53	5.08	5.62
q3	0.28	0.32	0.32	0.35	0.35	0.37	0.40	0.44	0.48	0.52
x	2.40	2.60	3.00	4.00	5.00	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00
Q3	6.17	6.71	7.84	10.74	13.44	15.84	16.94	18.00	19.02	20.01
q3	0.58	0.61	0.72	0.92	1.10	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40
x	8.50	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
Q3	20.99	21.96	23.90	25.89	27.94	30.07	32.27	34.54	36.89	39.29
q3	1.47	1.55	1.68	1.90	2.15	2.43	2.71	3.00	3.32	3.61
x	18.00	19.00	20.00	22.00	25.00	28.00	32.00	36.00	38.00	40.00
Q3	41.73	44.20	46.69	51.66	59.01	66.05	74.62	81.89	84.93	87.60
q3	3.89	4.16	4.42	4.75	5.24	5.66	5.85	5.63	5.12	4.74
x	45.00	50.00	53.00	56.00	63.00	71.00	75.00	80.00	85.00	90.00
Q3	92.76	96.13	97.50	98.48	99.63	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	3.99	2.92	2.14	1.62	0.89	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
x	95.00	100.0	106.0	112.0	125.0	130.0	140.0	145.0	150.0	160.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	170.0	180.0	190.0	200.0	212.0	242.0	250.0	300.0	400.0	500.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	600.0	700.0	800.0	900.0	1000.0	1100.0	1200.0	1300.0	1400.0	1500.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
x	1600.0	1700.0	1800.0	1900.0	2000.0	2100.0	2200.0	2300.0	2400.0	2500.0
Q3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
q3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

x : diameter / mu Q3 : cumulative value / % q3 : population density / %

**ANEXO B – LAUDOS DAS ANÁLISES COMPARATIVAS DAS RUGOSIDADES ESTUDADAS
COM UM PLANO PERFEITO NO SCANNER 3D À LASER**

RUGOSIDADE 1: LISA





RUGOSIDADE 2: DIAMANTE

geamagic
QUALIFY
Date:1/7/2011, 4:20 pm

3D Comparison Results

Reference Model	
Test Model	
# Data Points	99143
# Outliers	243

Tolerance Type	Directional Deviation, Axis: (0.000, 0.000, 1.000)
Tolerances	mm
Upper Critical	0.360
Upper Nominal	0.000
Lower Nominal	0.000
Lower Critical	-0.360

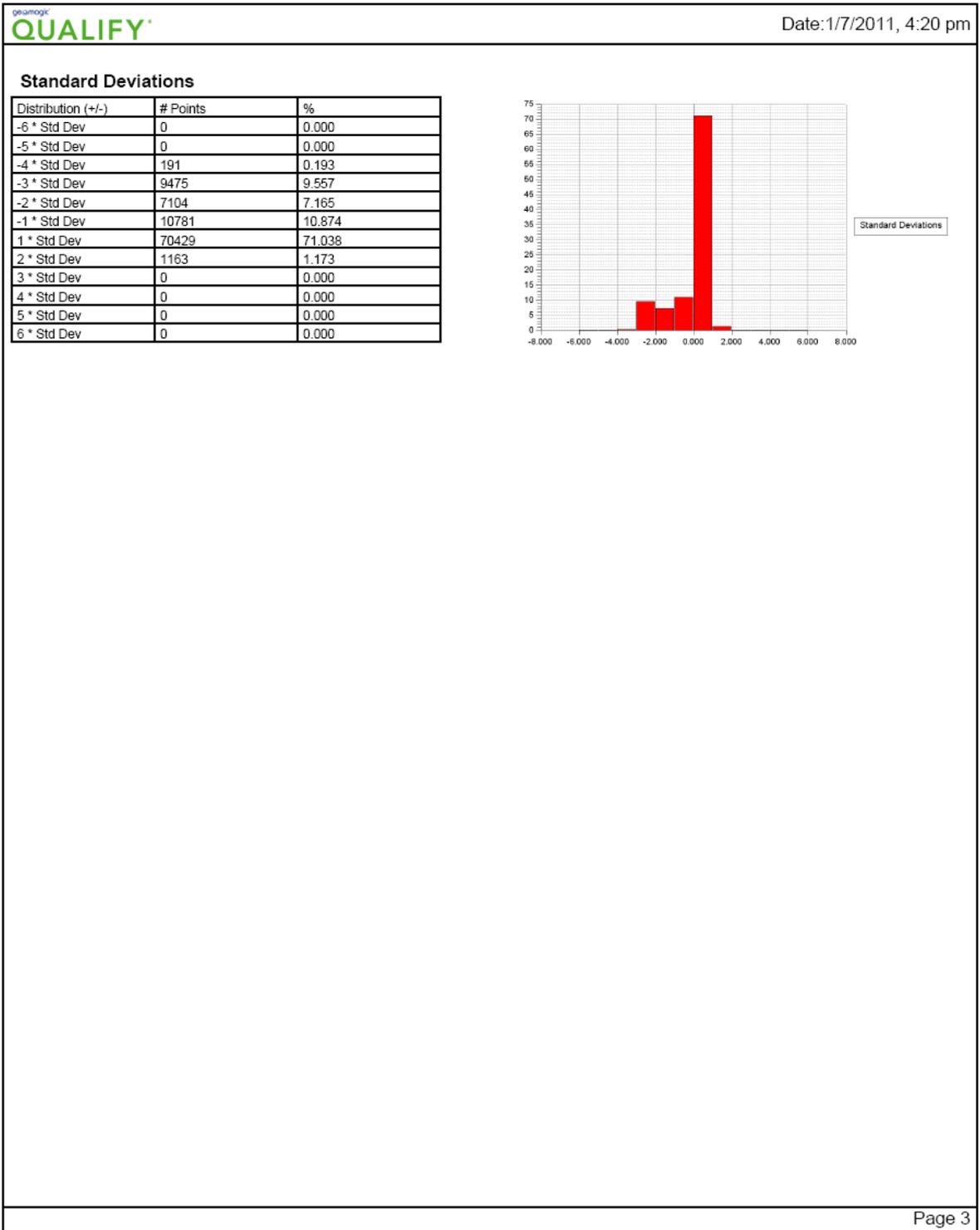
Deviation	mm
Max Upper Dev	0.119
Max Lower Dev	-0.623
Average +/-	0.022 /-0.130
Std Dev	0.151

Percentage Deviations

>=Min	<Max	# Points	%
-0.360	-0.336	1218	1.229
-0.336	-0.312	1011	1.020
-0.312	-0.288	935	0.943
-0.288	-0.264	810	0.817
-0.264	-0.240	753	0.760
-0.240	-0.216	835	0.842
-0.216	-0.192	820	0.827
-0.192	-0.168	1119	1.129
-0.168	-0.144	1536	1.549
-0.144	-0.120	2844	2.869
-0.120	-0.096	3838	3.871
-0.096	-0.072	5261	5.306
-0.072	-0.048	9785	9.870
-0.048	-0.024	16131	16.270
-0.024	0.000	20078	20.252
0.000	0.024	12341	12.448
0.024	0.048	5902	5.953
0.048	0.072	1212	1.222
0.072	0.096	201	0.203
0.096	0.120	125	0.126
0.120	0.144	0	0.000
0.144	0.168	0	0.000
0.168	0.192	0	0.000
0.192	0.216	0	0.000
0.216	0.240	0	0.000
0.240	0.264	0	0.000
0.264	0.288	0	0.000
0.288	0.312	0	0.000
0.312	0.336	0	0.000
0.336	0.360	0	0.000

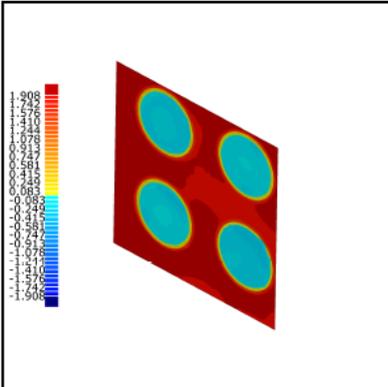
Deviation Distribution

Out of Upper Critical	0	0.000
Out of Lower Critical	12388	12.495



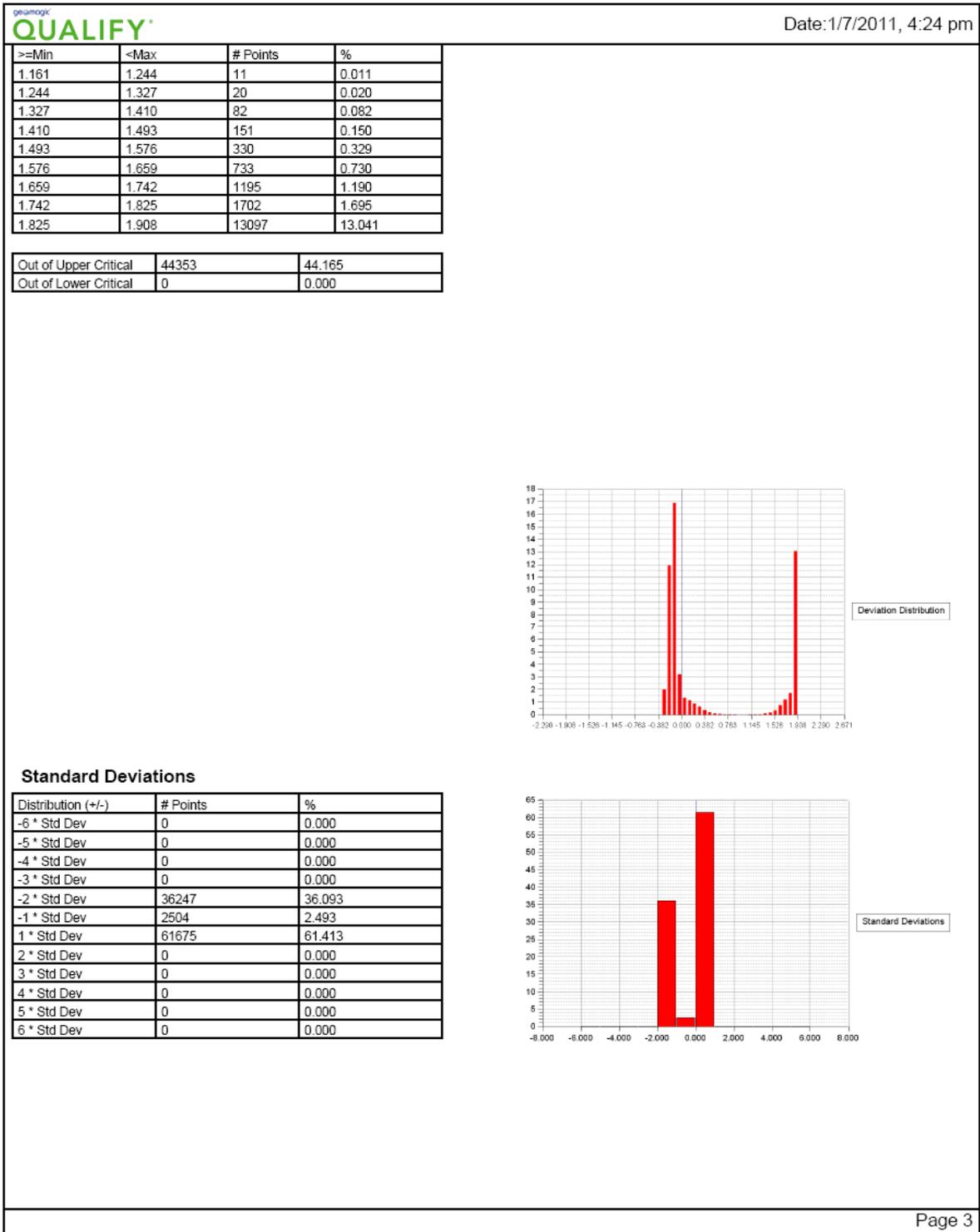
RUGOSIDADE 3: MOEDA

		Date: 1/7/2011, 4:24 pm
3D Comparison Results		
Reference Model		
Test Model		
# Data Points	100426	
# Outliers	20205	
Tolerance Type	Directional Deviation, Axis: (0.000, 0.000, 1.000)	
Tolerances	mm	
Upper Critical	1.908	
Upper Nominal	0.000	
Lower Nominal	0.000	
Lower Critical	-1.908	
Deviation	mm	
Max Upper Dev	2.108	
Max Lower Dev	-0.302	
Average +/-	1.816 +/- 0.154	
Std Dev	1.005	



Percentage Deviations			
>=Min	<Max	# Points	%
-1.908	-1.825	0	0.000
-1.825	-1.742	0	0.000
-1.742	-1.659	0	0.000
-1.659	-1.576	0	0.000
-1.576	-1.493	0	0.000
-1.493	-1.410	0	0.000
-1.410	-1.327	0	0.000
-1.327	-1.244	0	0.000
-1.244	-1.161	0	0.000
-1.161	-1.078	0	0.000
-1.078	-0.995	0	0.000
-0.995	-0.913	0	0.000
-0.913	-0.830	0	0.000
-0.830	-0.747	0	0.000
-0.747	-0.664	0	0.000
-0.664	-0.581	0	0.000
-0.581	-0.498	0	0.000
-0.498	-0.415	0	0.000
-0.415	-0.332	0	0.000
-0.332	-0.249	1972	1.964
-0.249	-0.166	11953	11.902
-0.166	-0.083	16941	16.869
-0.083	0.000	3236	3.222
0.000	0.083	1326	1.320
0.083	0.166	1109	1.104
0.166	0.249	892	0.888
0.249	0.332	624	0.621
0.332	0.415	356	0.354
0.415	0.498	196	0.195
0.498	0.581	89	0.089
0.581	0.664	35	0.035
0.664	0.747	12	0.012
0.747	0.830	4	0.004
0.830	0.913	4	0.004
0.913	0.995	0	0.000
0.995	1.078	0	0.000
1.078	1.161	3	0.003

Page 2



**APÊNDICE A: DESCRIÇÃO E ROTEIRO DE EXECUÇÃO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE
ADERÊNCIA AO CISALHAMENTO**

DESCRIÇÃO E ROTEIRO DE EXECUÇÃO DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA AO CISALHAMENTO

Este roteiro tem como objetivo trazer mais informações a respeito da forma de execução do ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento executado através do dispositivo desenvolvido neste trabalho visando à reprodução do mesmo.

OBJETIVO

O ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento tem como principal objetivo complementar a caracterização dos sistemas de argamassa de revestimento e desta forma, auxiliar no entendimento destes.

DISPOSITIVO PARA ENSAIO

O dispositivo desenvolvido para o ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento trata-se de uma peça adaptadora para que uma força cisalhante seja aplicada através de um aderímetro (equipamento correntemente utilizado para a realização de ensaios de resistência de aderência à tração).

A figura 82 mostra a forma de realização do ensaio proposta.



Figura 82: ilustração da forma de execução do ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento

DETALHES DO DISPOSITIVO DESENVOLVIDO

A seguir estão apresentados croquis do dispositivo desenvolvido. Ressalta-se que as dimensões utilizadas para este foram definidas baseadas na espessura do substrato e da argamassa utilizada neste trabalho, de 5cm e 2cm, respectivamente. Portanto, para a sua reprodução em

substratos e revestimentos com espessuras diferentes destas, algumas adaptações deverão ser realizadas.

A figura 83 mostra a vista lateral e a superior do dispositivo com as respectivas cotas (em mm).

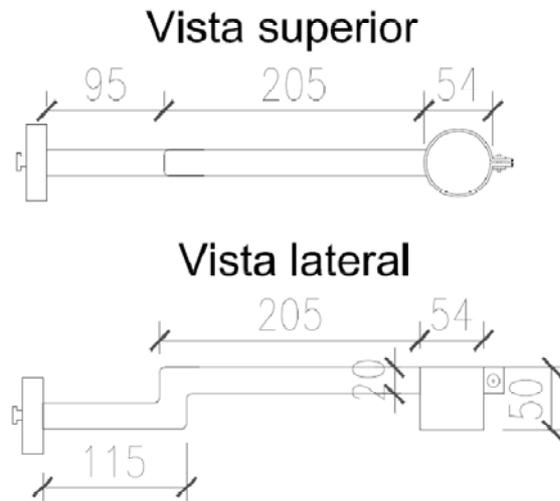


Figura 83: detalhamento do dispositivo (cotas em mm)

Para apoiar o aderímetro, foi desenvolvido um suporte com duas peças. Uma delas, mostrada na figura 84 apóia o aderímetro (peça 1), e a outra mostrada na figura 85, trava a primeira peça sobre a placa (peça 2).

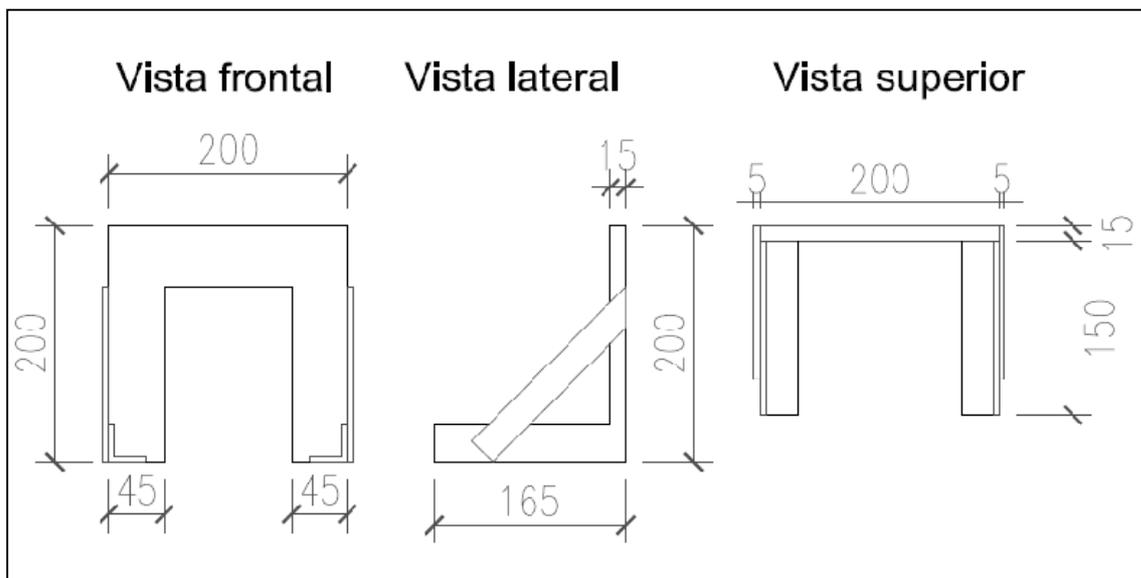


Figura 84: detalhamento da peça 1 (cotas em mm)

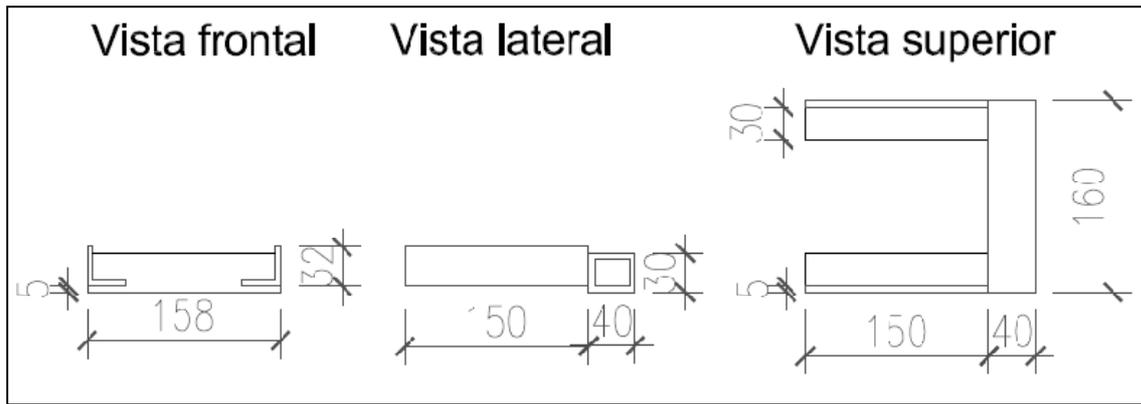


Figura 85: detalhamento da peça 2 (cotas em mm)

Na figura 86 pode-se compreender melhor a aplicação destas duas peças. Adicionalmente, observa-se nesta mesma figura que, tanto a peça 1 quanto a peça 2 precisam ser muito bem fixadas a uma bancada onde será realizado o ensaio de cisalhamento.

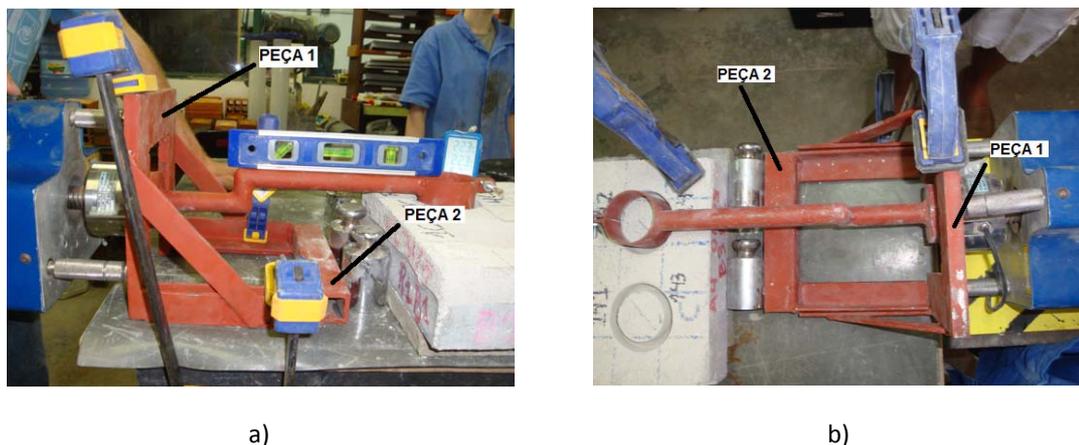


Figura 86: detalhes da função exercida pela peça 1 e pela peça 2 no dispositivo. a) vista lateral. b) vista superior

CONSIDERAÇÕES À RESPEITO DA EXECUÇÃO

A seguir estão apresentadas algumas considerações importantes a serem observadas durante a execução do ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento.

Aplicação da carga

O ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento realizado neste trabalho visou analisar esta propriedade na interface argamassa/substrato, desta forma, a maneira como o dispositivo foi encaixado sobre a amostra forçou a ruptura neste local, conforme mostra a figura 87.

Neste caso, as formas de ruptura possíveis ficam limitadas à ruptura na interface argamassa/substrato ou chapisco/substrato (caso haja uso deste tratamento) e ainda ruptura em parte da argamassa ou chapisco, caso haja presença de rugosidades no substrato.

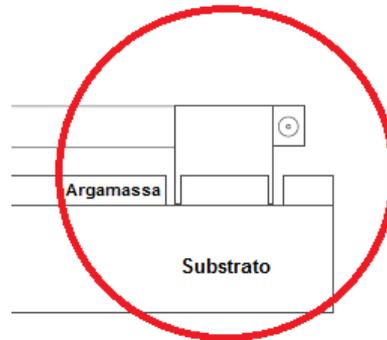


Figura 87: posição do dispositivo para a aplicação da carga na interface entre a argamassa e o substrato. No entanto sugere-se que em casos em que se deseja analisar todo o sistema de revestimento, a forma de aplicação se dê na superfície deste. Esta aplicação de carga pode ser realizada com a utilização de uma pastilha metálica, igual às utilizadas no ensaio de resistência de aderência à tração, conforme mostra a figura 88. Desta forma, todas as formas de rupturas sugeridas na NBR 13528/2010 podem ser verificadas.

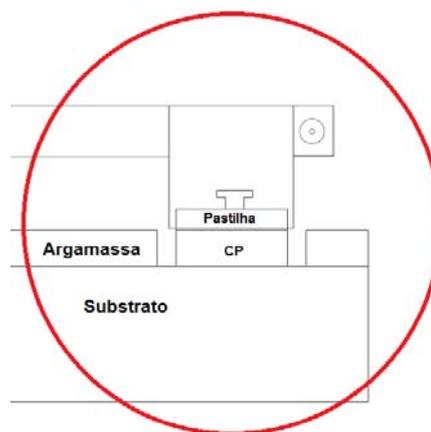


Figura 88: posição do dispositivo para a aplicação da carga com possibilidade de ruptura em todo o sistema de revestimento

Preparo dos corpos-de-prova

Para proporcionar uma área livre suficiente para o deslizamento do equipamento de cisalhamento em torno do corpo-de-prova ensaiado o corte realizado para o ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento foi realizado utilizando-se de duas serras copo de dimensões diferentes. Primeiramente realizou-se o corte com a serra copo de 60 mm de

diâmetro e posteriormente com a de 70 mm de diâmetro. Ambos os cortes foram realizados em uma serra de bancada buscando-se perpendicularidade nestes.

A figura 89, apresenta a serra de bancada utilizada para a realização dos cortes, bem como as serras copo utilizadas na realização destes.



a)



b)



c)

Figura 89: recursos utilizados para o preparo do corpo-de-prova. a) serra de bancada utilizada. b) vista frontal das serras-copo utilizadas para a realização do corte. c) vista lateral das serras-copo utilizadas para a realização do corte

Esta etapa é essencial para que haja um bom desempenho do dispositivo, já que caso o corte seja realizado de forma que não o espaço livre não seja suficiente para o “deslizamento” do equipamento durante o cisalhamento da amostra, pode ocorrer a aplicação de carga cisalhante nas bordas do revestimento que está sendo ensaiado, alterando o resultado, já que a área de aplicação de carga, neste caso, será muito maior do que apenas o diâmetro do corpo-de-prova. Esta situação pode ser observada na figura 90.



Figura 90: erro na execução do ensaio gerado pela realização inadequada do corte dos corpos-de-prova. Para que isso não ocorra, o corte com a serra copo de 70 mm de diâmetro deve ser realizado de forma bem centralizada, distribuindo corretamente os espaços em todo o diâmetro da amostra. A figura 91 mostra o aspecto do corte realizado apenas com a serra copo de diâmetro 60 mm e o aspecto do corte após se realizar também o corte com a serra copo de diâmetro 70 mm.

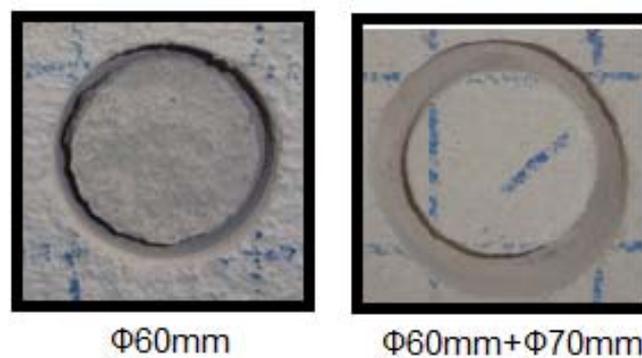


Figura 91: representação do aspecto do corpo-de-prova cortado pelas duas serras copo utilizadas

Nivelamento do dispositivo

Para que se garanta que a carga está sendo aplicada paralelamente ao substrato a ser analisado, sem a formação de uma força de momento no local de sua aplicação, é importante o nivelamento do dispositivo de cisalhamento.

Este nivelamento deve ser realizado antes da aplicação da carga com a utilização de nível de bolha, conforme demonstra a figura 92. É claro que para que se garanta uma correta aplicação da carga de cisalhamento, é importante que o aderímetro também esteja corretamente nivelado.



Figura 92: nivelamento do dispositivo

Fixação do dispositivo

É muito importante que tanto o dispositivo quanto a amostra a ser ensaiada estejam muito bem fixos sobre uma mesa ou bancada para uma correta realização do ensaio. Este travamento deve evitar que, tanto o dispositivo quanto a placa façam movimento de giro, o que alterará a carga aplicada sobre o corpo-de-prova.

Sugere-se que este travamento seja realizado com sargentos e/ou grampos de forma que estas não se desloquem do lugar, evitando erros no resultado obtido.

A figura 93 exemplifica este travamento feito com a utilização de sargentos e grampos.

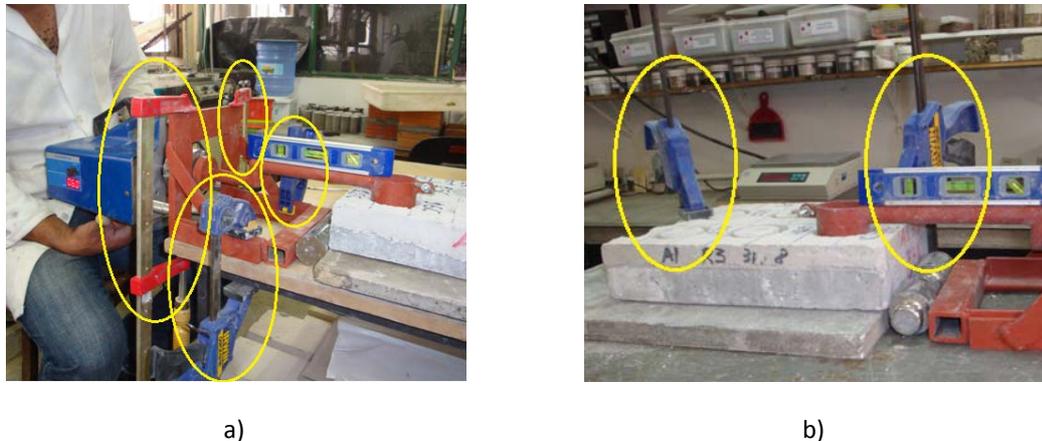


Figura 93: detalhe do travamento do dispositivo. a) travamento da peça 1 e da peça 2. b) travamento da amostra que está sendo ensaiada

CONSIDERAÇÕES SOBRE O DESEMPENHO DO DISPOSITIVO

O desempenho do dispositivo desenvolvido para a realização do ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento foi considerado satisfatório. Observa-se que o mesmo cumpriu bem sua função e apresentou resultados coerentes.

Apesar disso, algumas melhorias podem ser realizadas, buscando-se aprimorar a forma de realização do ensaio e evitar adaptações como as que foram necessárias ser realizadas no decorrer deste trabalho.

A primeira melhoria sugerida diz respeito à forma como se dá o fechamento do anel que cerca o corpo-de-prova a ser ensaiado. Durante a realização dos ensaios verificou-se que a forma como se dava o fechamento não foi a mais adequada pela dificuldade que esta gerava. Observou-se ainda que o local onde se dá o fechamento deste anel é exatamente o local onde se dá a maior área de contato do corpo-de-prova com o equipamento que gera o cisalhamento, ou seja, esta área deve ser o mais isenta possível de irregularidades.

Desta forma, na figura 94 está apresentada a forma atual para fechamento do anel e a sugestão para a melhoria deste.

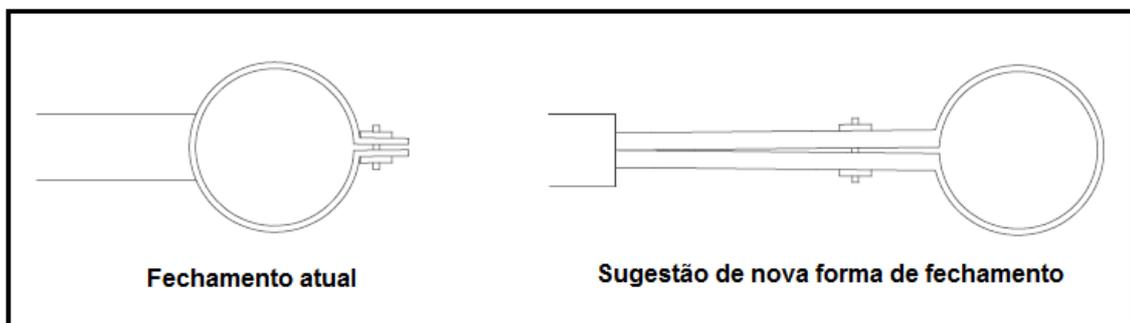


Figura 94: sugestão de melhoria na forma de fechamento do anel quem envolve o corpo-de-prova

Outro ponto que pode ser aprimorado é a possibilidade de regulagem do comprimento dispositivo criado já que a falta desta gerou a necessidade de se realizarem algumas adaptações no momento da realização do ensaio, como mostra a figura 95.



Figura 95: exemplo de adaptação realizada para a execução do ensaio

Para tal, sugere-se que se adapte um parafuso de rosca dupla no dispositivo de cisalhamento ou na peça 2 de apoio (figura 96). Desta forma poderia ser executado um ajuste fino do comprimento do dispositivo, viabilizando a realização do ensaio em distâncias distintas.

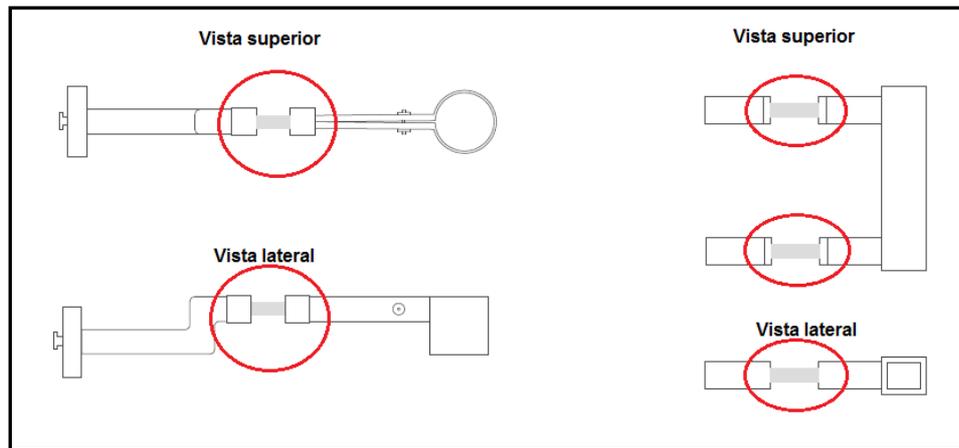


Figura 96: sugestão de melhoria para regulagem do comprimento do dispositivo

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento deste dispositivo para o ensaio de resistência de aderência ao cisalhamento em laboratório busca auxiliar no desenvolvimento de pesquisas sobre a aderência de revestimentos aos diferentes substratos.

Considera-se que o dispositivo criado obteve um bom desempenho na realização dos ensaios, ainda que algumas melhorias possam ser realizadas buscando-se o seu aprimoramento.

Espera-se que, com este roteiro, a forma de execução do ensaio tenha ficado clara para que sua reprodutibilidade seja possível.

**APÊNDICE B: RESULTADOS DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DO CONCRETO
UTILIZADO NOS SUBSTRATOS**

ABATIMENTO		
DATA MOLDAGEM	BETON.:	ABATIMENTO (mm)
03/ago	1	130
03/ago	2	130
04/ago	3	100
04/ago	4	100
09/ago	5	125
09/ago	6	120
11/ago	7	130
11/ago	8	130
Média (mm):	121	
Desv. Padrão:	13,21	
Coef. De variação (%):	10,95	

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO						
CP	DATA MOLDAGEM	BETON.:	RUPTURA	RESISTÊNCIA (KN)	RESISTÊNCIA (MPa)	Média (MPa)
1	03/ago	1	31/ago	228	32,17	34,53
2	03/ago	1	31/ago	244	34,42	
3	03/ago	1	31/ago	270,2	38,12	
4	03/ago	1	31/ago	236,8	33,41	
5	03/ago	2	31/ago	238	33,58	35,13
6	03/ago	2	31/ago	265,6	37,47	
7	03/ago	2	31/ago	243,4	34,34	
8	04/ago	3	01/set	272	38,37	
9	04/ago	3	01/set	261	36,82	37,47
10	04/ago	3	01/set	263,8	37,22	
11	04/ago	4	01/set	265,8	37,50	
12	04/ago	4	01/set	265,8	37,50	38,43
13	04/ago	4	01/set	285,6	40,29	
14	09/ago	5	06/set	259,8	36,65	
15	09/ago	5	06/set	276,0	38,94	37,99
16	09/ago	5	06/set	272,0	38,37	
17	09/ago	6	06/set	274,2	38,69	
18	09/ago	6	06/set	265,8	37,50	38,53
19	09/ago	6	06/set	279,2	39,39	
20	11/ago	7	08/set	291,4	41,11	
21	11/ago	7	08/set	290,2	40,94	40,07
22	11/ago	7	08/set	270,4	38,15	
23	11/ago	8	08/set	298,6	42,13	
24	11/ago	8	08/set	302	42,61	42,47
25	11/ago	8	08/set	302,4	42,66	
26	14/out	9	12/nov	280,8	39,62	
27	14/out	9	12/nov	266,4	37,58	38,98
28	14/out	9	12/nov	281,6	39,73	
Resistência média (MPa):		38,18	Desvio Padrão: 2,71		Coef. de variação (%): 7,10	

ABSORÇÃO POR CAPILARIDADE													
CP	MOLDAGEM CONCRETO	BETON.:	m inicial (g)	m 3hs (g)	m 6hs (g)	m 24hs (g)	m 48hs (g)	m 72hs (g)	C 3hs (g/cm ²)	C 6hs (g/cm ²)	C 24hs (g/cm ²)	C 48hs (g/cm ²)	C 72hs (g/cm ²)
1	03/ago	1	3107,9	3117,1	3120,1	3127,2	3132,9	3136,5	0,13	0,17	0,27	0,35	0,40
2	03/ago	1	3160,7	3167,8	3170,9	3177	3182,4	3185,4	0,10	0,14	0,23	0,31	0,35
3	03/ago	1	3173,5	3181,5	3184,8	3186,2	3195,6	3198,4	0,11	0,16	0,18	0,31	0,35
4	03/ago	2	3157	3174,7	3178,7	3186,9	3192,9	3196,2	0,25	0,31	0,42	0,51	0,55
5	03/ago	2	3145,9	3156,8	3160,1	3166,8	3172,2	3175,6	0,15	0,20	0,29	0,37	0,42
6	03/ago	2	3146,5	3155,6	3158,7	3164,7	3170,3	3173,5	0,13	0,17	0,26	0,34	0,38
7	04/ago	3	3140,2	3145,6	3148,5	3156,2	3161,9	3165,4	0,08	0,12	0,23	0,31	0,36
8	04/ago	3	3153,6	3159,7	3162,6	3168,9	3174	3177	0,09	0,13	0,22	0,29	0,33
9	04/ago	3	3180,2	3185,8	3188,7	3196,2	3201,8	3205,1	0,08	0,12	0,23	0,30	0,35
10	04/ago	4	3134,5	3140,1	3143,2	3151	3157,3	3161,1	0,08	0,12	0,23	0,32	0,38
11	04/ago	4	3191,1	3195,2	3197,5	3203,5	3209,1	3212,5	0,06	0,09	0,17	0,25	0,30
12	04/ago	4	3143,5	3151,2	3154,9	3164,1	3170,9	3174,7	0,11	0,16	0,29	0,39	0,44
13	09/ago	5	3179,8	3190,6	3193,5	3201,6	3205,3	3206,6	0,15	0,19	0,31	0,36	0,38
14	09/ago	5	3136,7	3147,8	3150,3	3159,1	3162,9	3165,2	0,16	0,19	0,32	0,37	0,40
15	09/ago	5	3150,2	3160	3162,3	3170,1	3173,6	3175,2	0,14	0,17	0,28	0,33	0,35
16	09/ago	6	3160,7	3171,4	3173,5	3181,8	3184,9	3187,1	0,15	0,18	0,30	0,34	0,37
17	09/ago	6	3163,3	3173,7	3175,9	3184,4	3187,8	3189,5	0,15	0,18	0,30	0,35	0,37
18	09/ago	6	3195,9	3205,3	3207,8	3216,2	3219,8	3221,5	0,13	0,17	0,29	0,34	0,36
19	11/ago	7	3153,5	3164,2	3166,2	3171,6	3173,4	3175	0,15	0,18	0,26	0,28	0,30
20	11/ago	7	3176,9	3188,2	3190,4	3196,4	3198,6	3200,1	0,16	0,19	0,28	0,31	0,33
22	11/ago	8	3168,6	3178,4	3180	3185,1	3186,4	3187,9	0,14	0,16	0,23	0,25	0,27
23	11/ago	8	3201,8	3210,9	3212,7	3217,7	3219	3220,4	0,13	0,15	0,22	0,24	0,26
24	11/ago	8	3156	3167,9	3170,2	3176,3	3178,1	3179,4	0,17	0,20	0,29	0,31	0,33
Média									0,13	0,17	0,26	0,33	0,36
Desv. Padrão									0,04	0,04	0,05	0,06	0,06
CV (%)									31,50	25,30	20,15	17,13	16,78

APÊNDICE C: RESULTADOS DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA									
DATA	ARGAMASSADA	TIPO DE ARGAMASSA	ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA (cm)				desvio padrão	CV (%)	
			Φ1	Φ3	Φ3	Φ médio			
31/ago	A1	1	27,1	26,1	26,7	26,63			
31/ago	A2	1	27,9	25,6	26,6	26,70			
31/ago	A3	1	29,8	26,93	28,45	28,39	27,17	1,17	4,31
01/set	A4	1	25,7	25,9	25,9	25,83			
01/set	A5	1	27,5	25,9	26,5	26,63			
01/set	A6	1	27,5	29,6	29,4	28,83			
01/set	A8	2	31	32,4	30,4	31,27			
01/set	A9	2	27,5	27,8	27,5	27,60			
01/set	A10	2	28,7	27,1	28,7	28,17			
06/set	A11	2	28,5	27,5	28,6	28,20	28,35	1,50	5,27
06/set	A12	2	27,5	28,5	26,3	27,43			
06/set	A16	2	29,6	28,5	29,3	29,13			
06/set	A17	2	26,5	26	27,5	26,67			
06/set	A13	3	28,6	27,7	27,4	27,90			
08/set	A14	3	28,4	27	28,6	28,00			
08/set	A15	3	29,4	27,7	28	28,37	28,83	0,85	2,95
08/set	A18	3	29,7	29,6	30,3	29,87			
08/set	A19	3	28,9	30	29	29,30			
08/set	A20	3	30,4	28,8	29,5	29,57			

DENSIDADE DE MASSA NO ESTADO FRESCO										
DATA	ARGAMASSADA	TIPO DE ARGAMASSA	DENSIDADE DE MASSA				desvio padrão	CV (%)		
			m1 (g)	m2 (g)	rec. Vazio (g)	vol. Rec. (cm³)			d (kg/m³)	d média (kg/m³)
31/ago	A1	1	955,7	941,78	379,2	392,77	1450,06			
31/ago	A2	1	1020,6	1020,76	379,2	392,77	1633,22			
31/ago	A3	1	1042,35	1043,66	379,2	392,77	1690,06	1639	96,78	5,91
01/set	A4	1	1041,2	1015,4	379,2	392,77	1652,62			
01/set	A5	1	1047,4	1047,5	379,2	392,77	1701,38			
01/set	A6	1	1045,9	1052,2	379,2	392,77	1705,45			
01/set	A8	2	984,9	986,1	379,2	392,77	1543,65			
01/set	A9	2	989,42	990,24	379,2	392,77	1554,68			
01/set	A10	2	964,35	965,64	379,2	392,77	1491,45			
06/set	A11	2	983,53	981,58	379,2	392,77	1536,15	1536	20,82	1,36
06/set	A12	2	984,19	986,56	379,2	392,77	1543,33			
06/set	A16	2	978,86	985,09	379,2	392,77	1534,68			
06/set	A17	2	988,97	985,73	379,2	392,77	1548,36			
06/set	A13	3	956,66	953,96	379,2	392,77	1466,79			
08/set	A14	3	939,31	942,95	379,2	392,77	1430,68			
08/set	A15	3	940,56	944,84	379,2	392,77	1434,68	1446	15,10	1,04
08/set	A18	3	948,79	956,33	379,2	392,77	1459,79			
08/set	A19	3	946,86	950,51	379,2	392,77	1449,92			
08/set	A20	3	941,03	943,95	379,2	392,77	1434,15			

TEOR DE AR INCORPORADO					
Argamassa	Massa (g)	% ar incorporado (A1)	A1 médio (%)	Desv. Padrão	CV (%)
1	4244,5	2,6	2,65	0,07	2,67
	4198,4	2,7			
2	4087,5	4,9	4,9	0,00	0,00
	4097,4	4,9			
3	3984,6	6,7	6,45	0,35	5,48
	4010,6	6,2			

RETENÇÃO DE ÁGUA								
Argamassa	m conjunto	m conj. + argamassa	m conj.+arg pós vácuo	AF	Ra	Ra média	Desv. Padrão	CV (%)
1	591,5	1853,5	1850	0,11	97,37	96	1,85	1,92
1	593,1	1871,7	1864,7	0,10	94,76	96	1,85	1,92
2	592,2	1674,2	1653,5	0,12	83,82	84	0,37	0,45
2	592,3	1716,7	1695,1	0,11	83,29	84	0,37	0,45
3	592,5	1594,8	1568,6	0,12	79,06	79	0,05	0,07
3	592,3	1594,8	1568,5	0,12	78,99	79	0,05	0,07

Compressão e tração na flexão - A1								
CP	Rtc				Rt			
	kN	Rtc (MPa)	Rtc média (MPa)	Desvio Padrão	kN	Rt (MPa)	Rt média (MPa)	Desvio Padrão
A1	13,5	8,44	8,59	0,79	1	2,34	1,16	0,49
A1	15,38	9,61						
A1	11,78	7,36						
A1	13,16	8,23						
A1	14,78	9,24						
A1	13,9	8,69						
A2	5,32	3,33	3,00	0,22	0,62	1,45	0,69	0,07
A2	5,02	3,14						
A2	4,32	2,70						
A2	4,76	2,98						
A2	4,86	3,04						
A2	4,52	2,83						
A3	7,58	4,74	5,03	1,15	1,06	2,48	1,27	0,08
A3	5,42	3,39						
A3	10,06	6,29						
A3	8,8	5,50						
A3	6,64	4,15						
A3	9,8	6,13						
A4	14,16	8,85	9,30	0,49	1,36	3,19	1,54	0,19
A4	14,38	8,99						
A4	14,76	9,23						
A4	16,1	10,06						
A4	14,32	8,95						
A4	15,56	9,73						
A5	16,58	10,36	8,82	0,88	1,28	3,00	1,48	0,03
A5	13,88	8,68						
A5	12,94	8,09						
A5	14,9	9,31						
A5	13,04	8,15						
A5	13,34	8,34						
A6	14,16	8,85	7,76	1,91	1,38	3,23	1,56	0,12
A6	11,9	7,44						
A6	10,52	6,58						
A6	7,52	4,70						
A6	15,16	9,48						
A6	15,26	9,54						
Rtc média (MPa):		7,08	Desv. Pad.: 2,52		CV (%): 35,59			
Rt média (MPa):		2,57	Desv. Pad.: 0,65		CV (%): 25,43			

Compressão e tração na flexão - A2								
CP	R _{tc}				R _t			
	kN	R _{tc} (MPa)	R _{tc} média (MPa)	Desvio Padrão	kN	R _t (MPa)	R _t média (MPa)	Desvio Padrão
A8	8,54	5,34	5,56	0,71	0,82	1,92	1,12	0,30
A8	9,58	5,99						
A8	7,1	4,44						
A8	8,54	5,34						
A8	10,48	6,55						
A8	9,14	5,71						
A9	7,54	4,71	5,12	0,51	1,04	2,44	1,15	0,14
A9	7,14	4,46						
A9	9,42	5,89						
A9	8,48	5,30						
A9	7,96	4,98						
A9	8,62	5,39						
A10	9,3	5,81	4,71	0,77	0,96	2,25	1,06	0,26
A10	8,22	5,14						
A10	8,26	5,16						
A10	6,58	4,11						
A10	6,68	4,18						
A10	6,16	3,85						
A11	7,14	4,46	4,27	0,18	0,74	1,73	0,96	0,19
A11	6,62	4,14						
A11	6,8	4,25						
A11	7,16	4,48						
A11	6,86	4,29						
A11	6,42	4,01						
A12	9,38	5,86	5,36	0,50	1,06	2,48	1,22	0,17
A12	7,52	4,70						
A12	8,86	5,54						
A12	9,48	5,93						
A12	7,98	4,99						
A12	8,22	5,14						
A16	9,98	6,24	5,70	0,63	1,08	2,53	1,21	0,19
A16	8,3	5,19						
A16	9,9	6,19						
A16	10,18	6,36						
A16	8,44	5,28						
A16	7,9	4,94						
A17	8,4	5,25	5,63	0,78	1,14	2,67	1,26	0,14
A17	7,34	4,59						
A17	8,32	5,20						
A17	9,46	5,91						
A17	10,94	6,84						
A17	9,56	5,98						
R_{tc} média (MPa):		5,19	Desv. Pad.: 0,76		CV (%): 14,57			
R_t média (MPa):		2,28	Desv. Pad.: 0,26		CV (%): 11,46			

Compressão e tração na flexão - A3								
CP	Rtc				Rt			
	kN	Rtc (MPa)	Rtc média (MPa)	Desvio Padrão	kN	Rt (MPa)	Rt média (MPa)	Desvio Padrão
A13	5,04	3,15	3,90	0,45	0,74	1,73	0,90	0,11
A13	6,48	4,05			0,82	1,92		
A13	6,86	4,29			0,74	1,73		
A13	5,98	3,74						
A13	6,06	3,79						
A13	7,02	4,39						
A14	6	3,75	3,32	0,29	0,72	1,69	0,91	0,11
A14	4,72	2,95			0,8	1,88		
A14	5,06	3,16			0,8	1,88		
A14	5,64	3,53						
A14	5,42	3,39						
A14	5,02	3,14						
A15	5,2	3,25	3,13	0,44	0,76	1,78	0,88	0,03
A15	5,52	3,45			0,76	1,78		
A15	6	3,75			0,74	1,73		
A15	4,6	2,88						
A15	4,12	2,58						
A15	4,56	2,85						
A18	6,6	4,13	4,09	0,42	0,92	2,16	1,02	0,39
A18	6,72	4,20			1	2,34		
A18	7,44	4,65			0,68	1,59		
A18	6,98	4,36						
A18	5,72	3,58						
A18	5,8	3,63						
A19	5,7	3,56	3,24	0,37	0,72	1,69	0,82	0,05
A19	5,04	3,15			0,68	1,59		
A19	4,22	2,64			0,7	1,64		
A19	4,9	3,06						
A19	5,82	3,64						
A19	5,4	3,38						
A20	5,68	3,55	3,48	0,37	0,78	1,83	0,88	0,10
A20	6,48	4,05			0,76	1,78		
A20	5,14	3,21			0,7	1,64		
A20	6	3,75						
A20	5,08	3,18						
A20	5	3,13						
Rtc média (MPa):		3,52	Desv. Pad.: 0,51		CV (%): 14,49			
Rt média (MPa):		1,80	Desv. Pad.: 0,19		CV (%): 10,65			

Densidade de massa no estado endurecido - Argamassa 1

CP	Altura (mm)			Largura (mm)			Comprimento (mm)			Massa (g)	Volume (cm ³)	ρ máx (kg/m ³)
	1	2	média	1	2	média	1	2	Médio			
A1-1	40,41	40,89	40,65	40,37	40,13	40,25	161,5	161,35	161,43	489,51	264,12	1853
A1-2	40,86	40,58	40,72	40,66	40,42	40,54	161,83	162,21	162,02	501,25	267,46	1874
A1-3	40,47	40,79	40,63	39,98	40,31	40,145	161,39	160,92	161,16	490,65	262,86	1867
A2-1	41,14	41,45	41,295	40,15	40,14	40,145	162,61	162,39	162,5	490,06	269,39	1819
A2-2	41,26	40,77	41,015	39,51	39,03	39,27	161,06	160,82	160,94	478,36	259,22	1845
A2-3	41,27	41,64	41,455	40,34	40,46	40,4	161,25	161,11	161,18	494,96	269,94	1834
A3-1	40,33	40,73	40,53	40,14	40,11	40,125	161,65	160,98	161,32	487,53	262,34	1858
A3-2	41,39	42,37	41,88	40,24	40,54	40,39	160,43	160,38	160,41	496,24	271,33	1829
A3-3	40,65	42,61	41,63	40,49	40,18	40,335	160,3	160,32	160,31	495,01	269,18	1839
A4-1	40,95	40,94	40,945	40,67	39,98	40,325	162,8	162,5	162,65	501,4	268,55	1867
A4-2	41,01	41,12	41,065	40,01	40,11	40,06	162,03	162,38	162,21	502,87	266,84	1885
A4-3	41,32	41,45	41,385	40,19	40,11	40,15	162,09	162,21	162,15	501,55	269,43	1862
A5-1	41,24	42,09	41,665	40,56	40,46	40,51	162,38	162,16	162,27	515,46	273,89	1882
A5-2	41,77	40,72	41,245	40,15	39,89	40,02	162,32	161,87	162,1	497,15	267,56	1858
A5-3	41,84	42,18	42,01	40,15	40,21	40,18	162,95	162,41	162,68	513,61	274,60	1870
A6-1	41,59	41,4	41,495	40,32	40,13	40,225	162,7	162,67	162,69	508,45	271,54	1872
A6-2	41,11	40,83	40,97	44,29	41,82	43,055	162,97	162,67	162,82	531,07	287,21	1849
A6-3	41,74	41,31	41,525	40,05	40,28	40,165	162,79	162,83	162,81	507,57	271,54	1869
ρ méd (kg/m ³):	1857	Desv. Pad.: 18,42					CV (%): 0,99					

Densidade de massa no estado endurecido - Argamassa 2

CP	Altura (mm)			Largura (mm)			Comprimento (mm)			Massa (g)	Volume (cm ³)	Densidade de massa (kg/m ³)
	1	2	média	1	2	média	1	2	Médio			
A8-1	41,16	41,21	41,19	39,89	39,95	39,92	161,44	161,71	161,58	463,7	265,65	1746
A8-2	41,19	41,09	41,14	39,78	39,88	39,83	161,34	161,76	161,55	459,31	264,72	1735
A8-3	41,26	41,75	41,51	39,97	39,9	39,94	161,2	161,4	161,30	465,62	267,36	1742
A9-1	40,63	41,12	40,88	40	39,89	39,95	161,31	161,07	161,19	459,3	263,18	1745
A9-2	41,72	41,29	41,51	39,6	39,16	39,38	160,67	160,91	160,79	454,88	262,81	1731
A9-3	40,46	41,04	40,75	39,79	39,88	39,84	161,13	161,43	161,28	460,09	261,80	1757
A10-1	40,84	41,31	41,08	39,47	39,05	39,26	162,31	161,82	162,07	446,15	261,35	1707
A10-2	40,86	41,1	40,98	39,92	40,12	40,02	162,23	161,83	162,03	455,86	265,73	1715
A10-3	40,44	40,58	40,51	39,92	40,11	40,02	162,86	162,85	162,86	450,13	263,99	1705
A11-1	39,81	40,18	40,00	40,71	40,68	40,70	161,86	161,78	161,82	453,86	263,38	1723
A11-2	40,15	40,3	40,23	40,44	40,64	40,54	162,4	162,27	162,34	458,17	264,72	1731
A11-3	39,59	39,89	39,74	40,36	40,95	40,66	162,3	161,97	162,14	453,01	261,95	1729
A12-1	40,74	40,46	40,60	41,03	40,97	41,00	160,49	160,96	160,73	460,21	267,54	1720
A12-2	40,89	40,79	40,84	41,09	39,78	40,44	160,77	160,99	160,88	456,35	265,67	1718
A12-3	40,29	40,72	40,51	40,57	40,9	40,74	160,82	161,07	160,95	462,3	265,55	1741
A16-1	39,43	39,59	39,51	41,24	42,13	41,69	161,53	163,18	162,36	465,5	267,39	1741
A16-2	42,53	41,02	41,78	41,01	40,88	40,95	162,48	161,71	162,10	471,55	277,26	1701
A16-3	41,46	42,25	41,86	39,96	40,35	40,16	163,71	161,6	162,66	472,46	273,37	1728
A17-1	41,51	40,75	41,13	40,76	40,79	40,78	161,6	161,41	161,51	472,26	270,86	1744
A17-2	40,6	40,3	40,45	42,01	41,66	41,84	161,75	161,28	161,52	469,68	273,32	1718
A17-3	42,7	41,38	42,04	39,67	40,24	39,96	160,29	161,58	160,94	463,24	270,32	1714
ρ méd (kg/m ³):	1728	Desv. Pad.: 15,23					CV (%): 0,88					

Densidade de massa no estado endurecido - Argamassa 3												
CP	Altura (mm)			Largura (mm)			Comprimento (mm)			Massa (g)	Volume (cm ³)	Densidade de massa (kg/m ³)
	1	2	média	1	2	média	1	2	Médio			
A13-1	39,96	39,82	39,89	42,15	40,68	41,42	162,22	161,87	162,05	441,75	267,71	1650
A13-2	40,71	42,62	41,67	40,63	40,79	40,71	161,84	162,08	161,96	453,27	274,71	1650
A13-3	42,33	40,48	41,41	40,83	40,23	40,53	161,61	161,47	161,54	445,93	271,09	1645
A14-1	40,98	40,36	40,67	41,08	42,22	41,65	162,22	162,37	162,30	457,11	274,91	1663
A14-2	39,7	40	39,85	42,08	40,87	41,48	162,36	162,08	162,22	446,04	268,11	1664
A14-3	42,99	41	42,00	40,63	40,73	40,68	162,53	163,2	162,87	453,84	278,23	1631
A15-1	40,4	40,49	40,45	41,36	41,39	41,38	161,21	160,91	161,06	442,43	269,52	1642
A15-2	41,51	40,9	41,21	39,72	39,63	39,68	161,17	160,97	161,07	434,81	263,32	1651
A15-3	40,1	42,04	41,07	40,38	40,35	40,37	160,77	161,47	161,12	442,8	267,10	1658
A18-1	40,19	40,81	40,50	40,82	41,57	41,20	161,44	162,41	161,93	446,49	270,16	1653
A18-2	40,17	40,47	40,32	40,92	41,53	41,23	161,44	161,47	161,46	445,15	268,37	1659
A18-3	40,32	40,21	40,27	41	41,35	41,18	161	161,3	161,15	444,48	267,17	1664
A19-1	41,3	42,17	41,74	40,45	40,72	40,59	160,95	160,89	160,92	453,73	272,57	1665
A19-2	41,75	42,9	42,33	40,42	41,77	41,10	161,11	160,77	160,94	455,41	279,93	1627
A19-3	40,27	39,8	40,04	41,02	42,01	41,52	160,88	160,34	160,61	444,21	266,94	1664
A20-1	40,29	40,54	40,42	41,64	41,2	41,42	161,51	161,59	161,55	448,31	270,43	1658
A20-2	41,61	41,78	41,70	39,73	40,14	39,94	154,11	154,41	154,26	443,56	256,86	1727
A20-3	40,17	40,7	40,44	42	42,47	42,24	161,86	161,77	161,82	457,09	276,34	1654
ρ méd (kg/m³): 1657			Desv. Pad.: 20,62				CV (%): 1,24					

Absorção de água por capilaridade - Argamassa 1										
CP	Argamassa	Massa (g)			A ₁₀ (g/cm ²)	A ₉₀ (g/cm ²)	C (g/dm ² .min ^{1/2})	C _{médio} (g/dm ² .min ^{1/2})	Desvio Padrão	CV (%)
		inicial	10min	90min						
A1-1	1	478,78	493,43	500,33	0,92	1,35	6,90			
A1-2	1	500,26	504,46	511,17	0,26	0,68	6,71			
A1-3	1	489,47	493,8	500,97	0,27	0,72	7,17			
A2-1	1	486,58	494,43	506,84	0,49	1,27	12,41			
A2-2	1	476,8	483,82	495,38	0,44	1,16	11,56			
A2-3	1	492,17	500,14	513,02	0,50	1,30	12,88			
A3-1	1	485,96	492,32	502,87	0,40	1,06	10,55			
A3-2	1	494,06	501,62	512,96	0,47	1,18	11,34			
A3-3	1	493,09	500,96	512,73	0,49	1,23	11,77			
A4-1	1	500,54	504,35	512,57	0,24	0,75	8,22	9,43	1,97	20,87
A4-2	1	502,27	506,62	514,56	0,27	0,77	7,94			
A4-3	1	500,85	505,28	513,85	0,28	0,81	8,57			
A5-1	1	514,23	518,72	527,81	0,28	0,85	9,09			
A5-2	1	495,82	500,57	509,74	0,30	0,87	9,17			
A5-3	1	512,07	517,06	525,73	0,31	0,85	8,67			
A6-1	1	507,29	511,09	518,19	0,24	0,68	7,10			
A6-2	1	530,01	535,28	545,51	0,33	0,97	10,23			
A6-3	1	506,55	511,98	521,47	0,34	0,93	9,49			

Absorção de água por capilaridade - Argamassa 2										
CP	Argamassa	Massa (g)			A ₁₀ (g/cm ²)	A ₉₀ (g/cm ²)	C (g/dm ² .m)	Cmédio (g/dm ² .min ^{1/2})	Desvio Padrão	CV (%)
		inicial	10min	90min						
A8-1	2	461,53	466,19	474,5	0,29	0,81	8,31			
A8-2	2	456,81	461,71	469,7	0,31	0,81	7,99			
A8-3	2	464,12	468,81	476,79	0,29	0,79	7,98			
A9-1	2	458,34	463,29	472,1	0,31	0,86	8,81			
A9-2	2	453,71	457,83	465,6	0,26	0,74	7,77			
A9-3	2	459,02	464,41	474,8	0,34	0,99	10,39			
A10-1	2	444,95	449,73	458,81	0,30	0,87	9,08			
A10-2	2	454,67	460,43	470,76	0,36	1,01	10,33			
A10-3	2	448,47	453,51	462,55	0,31	0,88	9,04			
A11-1	2	454,19	460,18	470,92	0,37	1,05	10,74			
A11-2	2	458,76	464,22	474,98	0,34	1,01	10,76	9,26	1,24	13,40
A11-3	2	453,5	459,63	471,37	0,38	1,12	11,74			
A12-1	2	460,05	465,26	474,43	0,33	0,90	9,17			
A12-2	2	456,57	462,25	472,32	0,36	0,98	10,07			
A12-3	2	462,12	467,91	479,05	0,36	1,06	11,14			
A16-1	2	465,4	471,84	480,37	0,40	0,94	8,53			
A16-2	2	471,5	478,16	486,64	0,42	0,95	8,48			
A16-3	2	472,42	479,93	489,37	0,47	1,06	9,44			
A17-1	2	472,02	479,29	488,43	0,45	1,03	9,14			
A17-2	2	469,46	476,57	485,21	0,44	0,98	8,64			
A17-3	2	463,39	469,2	476,14	0,36	0,80	6,94			

Absorção de água por capilaridade - Argamassa 3										
CP	Argamassa	Massa (g)			A ₁₀ (g/cm ²)	A ₉₀ (g/cm ²)	C (g/dm ² .m)	Cmédio (g/dm ² .min ^{1/2})	Desvio Padrão	CV (%)
		inicial	10min	90min						
A13-1	3	442,04	448,02	457,68	0,37	0,98	9,66			
A13-2	3	453,31	459,69	469,7	0,40	1,02	10,01			
A13-3	3	445,95	451,99	461,6	0,38	0,98	9,61			
A14-1	3	457,4	463,53	473,35	0,38	1,00	9,82			
A14-2	3	445,42	451,69	462,16	0,39	1,05	10,47			
A14-3	3	453,72	460,12	470,47	0,40	1,05	10,35			
A15-1	3	442,43	448,87	457,25	0,40	0,93	8,38			
A15-2	3	434,79	440,42	448,53	0,35	0,86	8,11			
A15-3	3	442,23	449,17	459,45	0,43	1,08	10,28			
A18-1	3	446,32	452,27	459,79	0,37	0,84	7,52	9,13	0,96	10,51
A18-2	3	444,97	450,88	458,61	0,37	0,85	7,73			
A18-3	3	444,04	451,69	461,06	0,48	1,06	9,37			
A19-1	3	453,6	461,14	471,16	0,47	1,10	10,02			
A19-2	3	455,56	463,85	473,21	0,52	1,10	9,36			
A19-3	3	444,02	451,43	459,84	0,46	0,99	8,41			
A20-1	3	448,52	455,38	464,12	0,43	0,98	8,74			
A20-2	3	443,2	450,53	458,81	0,46	0,98	8,28			
A20-3	3	456,89	463,74	471,96	0,43	0,94	8,22			

MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO - ARGAMASSA 1

CP	Vel. Propagação de onda (μs)	Massa (kg)	Diâmetro (mm)		Diâmetro médio (mm)		Altura (mm)		Altura média (mm)	Volume (m³)	Densidade	Velocidade (mm/μseg)	Ed (GPa)	Ed médio (Gpa)	Desv. Padrão	CV (%)
A1-1	6	0,2811	98,05	97,93	97,99	21,1	20,85	20,975	0,00032	888,56	3,50	9,77	7,77	2,16	27,82	
A1-2	7	0,2957	97,37	96,42	96,90	22,59	23,11	22,85	0,00034	877,52	3,26	8,42				
A1-3	6,4	0,2945	96,2	96,59	96,40	22,18	22,07	22,125	0,00032	911,98	3,46	9,81				
A2-1	8,3	0,2934	96,16	96,93	96,55	22,08	22,36	22,22	0,00033	901,88	2,68	5,82				
A2-2	8,7	0,3003	96,67	92,92	94,80	22,28	22,62	22,45	0,00032	947,68	2,58	5,68				
A2-3	9,2	0,286	98,11	96,77	97,44	21,62	21,24	21,43	0,00032	894,87	2,33	4,37				
A3-1	8,7	0,294	96,84	98,09	97,47	21,12	20,9	21,01	0,00031	937,81	2,41	4,92				
A3-2	7,7	0,3117	97,06	96,75	96,91	22,57	23,21	22,89	0,00034	923,19	2,97	7,34				
A3-3	8,4	0,3403	96,9	97,3	97,10	24,7	24,19	24,445	0,00036	940,00	2,91	7,16				
A4-1	7,6	0,3176	98,17	97,08	97,63	21,76	22,55	22,155	0,00033	957,59	2,92	7,32				
A4-2	8,7	0,3421	96,76	97,11	96,94	23,66	24,6	24,13	0,00036	960,57	2,77	6,65				
A4-3	8,7	0,3358	97,46	97,51	97,49	23,62	23,49	23,555	0,00035	955,03	2,71	6,30				
A5-1	7,6	0,3277	95,9	97,31	96,61	23,33	22,2	22,765	0,00033	981,98	3,00	7,93				
A5-2	7,4	0,3435	96,52	96,94	96,73	23,96	22,13	23,045	0,00034	1014,19	3,11	8,85				
A5-3	7,9	0,3011	97,74	97,68	97,71	20,98	20,46	20,72	0,00031	969,03	2,62	6,00				
A6-1	6,6	0,3323	95,64	97,09	96,37	23,48	23,56	23,52	0,00034	968,61	3,56	11,07				
A6-2	6,4	0,3309	97,13	95,83	96,48	23,06	23,12	23,09	0,00034	980,15	3,61	11,48				
A6-3	6,8	0,3421	96,61	96,63	96,62	24,17	23,79	23,98	0,00035	972,89	3,53	10,89				

MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO - ARGAMASSA 2

CP	Vel. Propagação de onda (μs)	Massa (kg)	Diâmetro (mm)		Diâmetro médio (mm)		Altura (mm)		Altura média (mm)	Volume (m³)	Densidade (kg/m³)	Velocidade (mm/μseg)	Ed (GPa)	Ed médio (Gpa)	Desv. Padrão	CV (%)
A8-1	8,7	0,312	96,18	97,36	96,77	23,03	23,52	23,275	0,00034	911,33	2,68	5,87	7,59	1,65	21,79	
A8-2	8,2	0,3191	96,37	97,08	96,73	24,78	23,95	24,365	0,00036	891,20	2,97	7,08				
A8-3	8,7	0,2893	97,97	97,66	97,82	22,1	21,34	21,72	0,00033	886,28	2,50	4,97				
A9-1	8	0,2769	97,42	97,71	97,57	21,04	21,36	21,2	0,00032	873,56	2,65	5,52				
A9-2	6,8	0,2976	96,45	97,2	96,83	23,2	23,51	23,355	0,00034	865,31	3,43	9,19				
A9-3	6,9	0,2745	97,04	97,67	97,36	20,88	20,93	20,905	0,00031	882,00	3,03	7,29				
A10-1	6,8	0,2765	97,91	96,68	97,30	21,46	21,26	21,36	0,00032	870,57	3,14	7,73				
A10-2	7,4	0,302	96,34	96,92	96,63	23,42	23,04	23,23	0,00034	886,39	3,14	7,86				
A10-3	7,3	0,2893	97,2	96,21	96,71	22,55	22,65	22,6	0,00033	871,44	3,10	7,52				
A11-1	8,4	0,2912	97,16	98,54	97,85	21,76	21,7	21,73	0,00033	891,05	2,59	5,37				
A11-2	8,8	0,2912	96,8	96,65	96,73	22,25	22,03	22,14	0,00033	895,01	2,52	5,10				
A11-3	7,7	0,2881	97	96,07	96,54	22,46	22,07	22,265	0,00033	883,98	2,89	6,65				
A12-1	7,8	0,3015	96,88	97,2	97,04	22,99	22,71	22,85	0,00034	892,06	2,93	6,89				
A12-2	7,6	0,2942	96,9	96,43	96,67	22,33	22,7	22,515	0,00033	890,28	2,96	7,03				
A12-3	7,1	0,2896	97,06	96,82	96,94	22,2	22,2	22,2	0,00033	883,76	3,13	7,78				
A16-1	6,4	0,2942	97,27	97,76	97,52	22,2	21,97	22,085	0,00033	891,86	3,45	9,56				
A16-2	6,8	0,3007	96,59	96,17	96,38	22,5	22,88	22,69	0,00033	908,28	3,34	9,10				
A16-3	6,7	0,3028	96,3	96,26	96,28	22,55	22,64	22,595	0,00033	920,37	3,37	9,42				
A17-1	6,7	0,3156	96,77	97,11	96,94	24,03	24,37	24,2	0,00036	883,50	3,61	10,37				
A17-2	7	0,3148	97,11	96,32	96,72	24,17	24,44	24,305	0,00036	881,54	3,47	9,56				
A17-3	6,8	0,3061	96,48	97,26	96,87	23,53	23,34	23,435	0,00035	886,16	3,45	9,47				

MÓDULO DE ELASTICIDADE DINÂMICO - ARGAMASSA 3

CP	Vel. Propagação de onda (μs)	Massa (kg)	Diâmetro (mm)		Diâmetro médio (mm)		Altura (mm)		Altura média (mm)	Volume (m³)	Densidade (kg/m³)	Velocidade (mm/μseg)	Ed (GPa)	Ed médio (Gpa)	Desv. Padrão	CV (%)
A13-1	8,1	0,278	96,29	96,76	96,53	22,41	22,51	22,46	0,00033	845,76	2,77	5,85	6,39	0,64	9,94	
A13-2	7,6	0,2589	96,95	97,54	97,25	20,37	20,72	20,545	0,00031	848,37	2,70	5,58				
A13-3	8,3	0,2851	95,81	96,96	96,39	23,15	23,04	23,095	0,00034	845,97	2,78	5,89				
A14-1	7,9	0,2729	95,94	96,27	96,11	21,98	21,65	21,815	0,00032	862,28	2,76	5,92				
A14-2	8,5	0,2848	96,92	96,71	96,82	21,98	22,23	22,105	0,00033	875,10	2,60	5,33				
A14-3	7,8	0,2819	97,07	96,14	96,61	22,38	22,7	22,54	0,00033	853,17	2,89	6,41				
A15-1	7,2	0,262	96,84	97,13	96,99	21,43	20,73	21,08	0,00031	841,23	2,93	6,49				
A15-2	7,3	0,2663	98,06	97,78	97,92	20,98	20,89	20,935	0,00032	844,59	2,87	6,25				
A15-3	8,1	0,2802	96,22	97,22	96,72	22,5	22,68	22,59	0,00033	844,14	2,79	5,91				
A18-1	7,6	0,2761	97,12	98,28	97,70	21,58	21,64	21,61	0,00032	852,15	2,84	6,20				
A18-2	7,1	0,2768	97,5	97,78	97,64	22,08	22	22,04	0,00033	838,67	3,10	7,27				
A18-3	7,4	0,2951	96,71	97,31	97,01	23,34	23,23	23,285	0,00034	857,34	3,15	7,64				
A19-1	8,1	0,2966	97,21	97	97,11	23,64	23,41	23,525	0,00035	851,24	2,90	6,46				
A19-2	7,4	0,2812	98,08	97,19	97,64	22,16	22,3	22,23	0,00033	844,81	3,00	6,86				
A19-3	8,4	0,2965	96,81	96,64	96,73	23,41	23,84	23,625	0,00035	854,02	2,81	6,08				
A20-1	7,5	0,2855	97,06	96,18	96,62	23,38	23,08	23,23	0,00034	838,14	3,10	7,24				
A20-2	7,6	0,2797	98,42	96,9	97,66	22,12	22,34	22,23	0,00033	839,87	2,93	6,47				
A20-3	7,1	0,272	96,92		96,92	21,56	22,09	21,825	0,00032	844,66	3,07	7,18				

Interação entre parâmetros reológicos de argamassas e a rugosidade de substratos na aderência de argamassas de revestimento.

**APÊNDICE D: RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO
E AO CISALHAMENTO**

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - 28 dias

Data: 27/09/10

Temperatura: 24,9; 24,7; 24,6°C

UR: 60, 66, 66%

n	Subs	Argamassa	Corpo de prova						Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)						
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm²)	h1 (mm)	h2 (mm)			hm (mm)	Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
1	R1B2	A1 - ARG 1	55,33	55,23	55,28	2400,01	30,12	29,05	29,585	111	0,45		100				
2	R1B2	A1 - ARG 1	55,09	55,24	55,165	2390,04	30,08	26,38	28,23	219	0,90		80	20			
3	R1B2	A1 - ARG 1	55,55	55,91	55,73	2439,24	30,45	29,2	29,825	226	0,91			100			
4	R1B2	A1 - ARG 1	55,59	55,48	55,535	2422,20	29,09	30	29,545	190	0,77		100				
5	R1B2	A1 - ARG 1	55,76	55,15	55,455	2415,23	26,65	28,83	27,74	183	0,74		100				
6	R1B2	A1 - ARG 1	55,6	55,23	55,415	2411,75	30,23	28,57	29,4	164	0,67		80	20			
7	R1B4	A1 - ARG 4	55,58	55,01	55,295	2401,31	21,35	21,39	21,37	209	0,85		100				
8	R1B4	A1 - ARG 4	55,22	55,25	55,235	2396,10	22,82	22,54	22,68	206	0,84		80	20			
9	R1B4	A1 - ARG 4	54,94	54,8	54,87	2364,54	14,87	4,46	9,665	213	0,88		30	70			
10	R1B4	A1 - ARG 4	55,47	55,53	55,5	2419,15	25,02	23,18	24,1	166	0,67		50	50			
11	R1B4	A1 - ARG 4	56,25	57,26	56,755	2529,79	16,51	14,77	15,64	230	0,89		100				
12	R1B4	A1 - ARG 4	55,36	55,43	55,395	2410,01	18,05	20,45	19,25	231	0,94		50	50			
13	R1B2	A2 - ARG8	54,44	54,22	54,33	2318,23	14,94	15,44	15,19	188	0,79		60	40			
14	R1B2	A2 - ARG8	54,47	54,34	54,405	2324,63	9,16	15,38	12,27	208	0,88		60	40			
15	R1B2	A2 - ARG8	54,52	54,21	54,365	2321,22	13,31	15,23	14,27	127	0,54		80	20			
16	R1B2	A2 - ARG8	54,71	54,37	54,54	2336,19	14,01	15,96	14,985	187	0,78		80	20			
17	R1B2	A2 - ARG8	54,63	54,55	54,59	2340,47	14,34	19,63	16,985	210	0,88		100				
18	R1B2	A2 - ARG8	54,42	53,97	54,195	2306,72	20,11	12,27	16,19	155	0,66		20	80			
19	R1B3	A2 - ARG 9	54,01	53,4	53,705	2265,20	3,76	7,2	5,48	178	0,77		50	50			
20	R1B3	A2 - ARG 9	54,61	54,67	54,64	2344,76	15,15	17,8	16,475	136	0,57		100				
21	R1B3	A2 - ARG 9	53,92	54,43	54,175	2305,02	14,58	9,64	12,11	184	0,78		90	10			
22	R1B3	A2 - ARG 9	54,68	54,75	54,715	2351,20	16,48	12,39	14,435	162	0,68		30	70			
23	R1B3	A2 - ARG 9	54,12	54,27	54,195	2306,72	10,77	14,76	12,765	154	0,65		50	50			
24	R1B3	A2 - ARG 9	54,28	54,16	54,22	2308,85	16,68	16,37	16,525	130	0,55		90	10			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

Data: 29/09/2010

Temperatura: 23,7; 24,7; 23,9°C

UR: 77, 68%

n	Subs	Argamassa	Corpo de prova						Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)						
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm²)	h1 (mm)	h2 (mm)			hm (mm)	Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
25	R2B4	A1-ARG6	53,31	53,24	53,275	2229,07145	5,04	2,96	4	236	1,04			100			
26	R2B4	A1-ARG6	54,95	55,02	54,985	2374,46368	15,81	16,25	16,03	262	1,08		60	40			
27	R2B4	A1-ARG6	54,01	54,91	54,46	2329,33712	3,95	2,52	3,235	227	0,96			100			
28	R2B4	A1-ARG6	55,19	55,72	55,455	2415,22999	20,14	15,84	17,99	247	1,00		20	80			
29	R2B4	A1-ARG6	53,58	55,26	54,42	2325,91665	4,13	5,04	4,585	223	0,94			100			
30	R2B4	A1-ARG6	55,18	55,36	55,27	2399,14227	19,22	20,58	19,9	229	0,94		60	40			
31	R2B4	A1-ARG5	54,72	55,6	55,16	2389,60208	18,89	18,2	18,545	232	0,95		70	30			
32	R2B4	A1-ARG5	55,51	55,23	55,37	2407,83166	14,61	22,13	18,37	143	0,58		80	20			
33	R2B4	A1-ARG5	55,55	55,54	55,545	2423,07588	19,87	17,32	18,595	167	0,68		95	5			
34	R2B4	A1-ARG5	54,9	55,32	55,11	2385,27192	19,09	19,21	19,15	202	0,83		80	20			
35	R2B4	A1-ARG5	55,27	55,24	55,255	2397,84021	19,1	19,55	19,325	151	0,62		100				
36	R2B4	A1-ARG5	55,41	55,08	55,245	2396,97237	16,59	19,59	18,09	208	0,85		90	10			
37	R2B1	A2-ARG8	53,75	54,26	54,005	2290,57762	15,52	21,28	18,4	190	0,81		10	90			
38	R2B1	A2-ARG8	53,83	53,75	53,79	2272,37583	17,31	7,77	12,54	216	0,93			100			
39	R2B1	A2-ARG8	54,44	54,42	54,43	2326,77153	21,67	19,05	20,36	212	0,89		40	60			
40	R2B1	A2-ARG8	54,48	54,58	54,53	2335,32898	13,57	20,04	16,805	232	0,97		20	80			
41	R2B1	A2-ARG8	54,14	54,44	54,29	2314,8175	18,22	21,77	19,995	144	0,61		90	10			
42	R2B1	A2-ARG8	54,31	54,32	54,315	2316,94989	23,05	19,98	21,515	228	0,96		50	50			
43	R2B4	A2-ARG9	54,62	54,47	54,545	2336,61395	12,91	17,59	15,25	180	0,75		80	20			
44	R2B4	A2-ARG9	53,85	54,58	54,215	2308,42621	15,51	17,85	16,68	188	0,80		100				
45	R2B4	A2-ARG9	54,51	54,9	54,705	2350,3423	16,31	19,49	17,9	231	0,96		85	15			
46	R2B4	A2-ARG9	54,37	54,06	54,215	2308,42621	13,95	16,17	15,06	155	0,66		80	20			
47	R2B4	A2-ARG9	54,23	54,57	54,4	2324,20736	14,6	18,94	16,77	191	0,81		80	20			
48	R2B4	A2-ARG9	54,57	54,14	54,355	2320,36375	12,46	17,37	14,915	212	0,90		70	30			

Interação entre parâmetros reológicos de argamassas e a rugosidade de substratos na aderência de argamassas de revestimento.

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - 28 dias

Data:

Temperatura:

UR:

n	Subs	Argamassa	Corpo de prova							Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	hm (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
			49	R3B4	A1-ARG6	55,43	55,47	55,45	2414,79448			20,8	24,68	22,74	265	1,08	
50	R3B4	A1-ARG6	55,22	55,09	55,155	2389,16889	11,61	2,3	6,955	204	0,83						
51	R3B4	A1-ARG6	55,78	55,85	55,815	2446,68991	20,02	26	23,01	242	0,97		90	100			
52	R3B4	A1-ARG6	50,07	54,44	52,255	2144,53321	2,3	6,6	4,45	236	0,95			100			
53	R3B4	A1-ARG6	53,47	53,21	53,34	2234,51408	4,24	2,4	3,32	251	1,10			100			
54	R3B4	A1-ARG6	54,88	55,68	55,28	2400,0105	2,42	4,15	3,285	216	0,95			100			
55	R3B4	A1-ARG5	55,01	54,89	54,95	2371,44178	3,2	9,27	6,235	222	0,92			100			
56	R3B4	A1-ARG5	54,76	55	54,88	2365,40373	23,93	17,2	20,565	146	0,60		80	20			
57	R3B4	A1-ARG5	55,56	55,59	55,575	2425,69401	18,56	22,94	20,75	159	0,64		80	20			
58	R3B4	A1-ARG5	55,29	55,41	55,35	2406,09252	15,75	22,52	19,135	172	0,69		90	10			
59	R3B4	A1-ARG5	55,45	54,89	55,17	2390,46858	17,63	22,88	20,255	231	0,95		50	50			
60	R3B4	A1-ARG5	55,73	54,89	55,31	2402,61614	2,99	9,82	6,405	283	1,16			100			
61	R3B3	A2-ARG10	55	55	55	2375,75938	21,5	21,73	21,615	257	1,06		50	50			
62	R3B3	A2-ARG10	53,82	53,64	53,73	2267,30922	14,16	18,02	16,09	132	0,54		20	80			
63	R3B3	A2-ARG10	54,31	54,39	54,35	2319,93688	16,71	21,23	18,97	172	0,73		90	10			
64	R3B3	A2-ARG10	54,14	54,18	54,16	2303,74489	15,87	21,14	18,505	129	0,54		90	10			
65	R3B3	A2-ARG10	53,85	54,22	54,035	2293,12318	4	13,76	8,88	223	0,95			100			
66	R3B3	A2-ARG10	54,44	54,32	54,38	2322,4987	12,79	19,76	16,275	151	0,65		40	60			
67	R3B1	A2-ARG8	55	55	55	2375,75938	22,01	21,34	21,675	141	0,58		95	5			
68	R3B1	A2-ARG8	54,4	54,76	54,58	2339,61359	14,23	18,47	16,35	188	0,78		95	5			
69	R3B1	A2-ARG8	55,02	54,69	54,855	2363,24916	15,84	19,34	17,59	257	1,07		90	10			
70	R3B1	A2-ARG8	54,67	54,49	54,58	2339,61359	15,97	21,3	18,635	192	0,80		90	10			
71	R3B1	A2-ARG8	55	55,16	55,08	2382,6757	17,99	21,85	19,92	119	0,49		90	10			
72	R3B1	A2-ARG8	54,55	54,75	54,65	2345,61865	18,23	23,05	20,64	157	0,65		90	10			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - 28 dias

Data: 04/10

Temperatura: 20,3°C

UR: 62%

n	Subs	Argamassa	Corpo de prova							Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	hm (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
			73	R1B6	A3-ARG13	54,84	54,35	54,60	2340,90			21,9	24,9	23,40	184	0,77	
74	R1B6	A3-ARG13	53,7	53,91	53,81	2273,64	24,34	22,67	23,51	109	0,46		90	10			
75	R1B6	A3-ARG13	54,78	54,25	54,52	2334,04	20,39	25,26	22,83	154	0,65			100			
76	R1B6	A3-ARG13	53,48	53,35	53,42	2240,80	4,44	7,34	5,89	169	0,71			100			
77	R1B6	A3-ARG13	53,83	54,14	53,99	2288,88	30,33	25,52	27,93	165	0,71		70	30			
78	R1B6	A3-ARG13	53,73	53,9	53,82	2274,49	26,05	27,79	26,92	133	0,57		20	80			
79	R1B6	A3-ARG15	52,98	53,58	53,28	2229,49	5,83	5,27	5,55	172	0,76			100			
80	R1B6	A3-ARG15	50,95	52,53	51,74	2102,47	25,98	22,8	24,39	163	0,72		50	50			
81	R1B6	A3-ARG15	50,4	51,95	51,18	2056,80	4,05	6,13	5,09	211	1,01			100			
82	R1B6	A3-ARG15	54,21	53,31	53,76	2269,84	10,64	11,27	10,96	190	0,91			100			
83	R1B6	A3-ARG15	53,88	53,85	53,87	2278,72	28,02	28,23	28,13	81	0,35		100				
84	R1B6	A3-ARG15	54,3	53,54	53,92	2283,37	27,29	25,63	26,46	121	0,52		90	10			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - 28 dias

Data:

Temperatura:

UR:

n	Subs	Argamassa	Corpo de prova							Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	hm (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
			85	R2B7	A3-ARG19	51,53	51,73	51,63	2093,54			10,61	4,9	7,76	125	0,59	
86	R2B7	A3-ARG19	52,91	53,06	52,99	2204,87	21,71	16,96	19,34	101	0,45			90	10		
87	R2B7	A3-ARG19	50,45	50,88	50,67	2016,01	7,6	4,47	6,04	163	0,79			100			
88	R2B7	A3-ARG19	53,6	52,85	53,23	2224,89	20,86	18,11	19,49	127	0,56			50	50		
89	R2B7	A3-ARG19	52,98	52,98	52,98	2204,45	19,36	13,89	16,63	172	0,76			80	20		
90	R2B7	A3-ARG19	52,76	52,9	52,83	2191,99	21,25	20,8	21,03	83	0,37			100			
91	R3B8	A3-ARG19	52,81	52,78	52,80	2189,09	20,95	18,68	19,82	0	0,00			80	20		
92	R3B8	A3-ARG19	53,73	53,3	53,52	2249,20	24,02	22,32	23,17	87	0,38			80	20		
93	R3B8	A3-ARG19	52,73	52,61	52,67	2178,73	18,43	15,95	17,19	135	0,61			100			
94	R3B8	A3-ARG19	52,84	53,4	53,12	2216,12	18,75	17,34	18,05	138	0,61			50	50		
95	R3B8	A3-ARG19	53,17	52,65	52,91	2198,63	16,14	21,11	18,63	100	0,45			50	50		
96	R3B8	A3-ARG19	52,94	53,26	53,10	2214,45	20,94	17,02	18,98	70	0,31			50	50		
97	R2B7	A3-ARG19	52,66	52,61	52,64	2175,84	20,07	17,33	18,70	120	0,54			50	50		
98	R2B7	A3-ARG19	52,29	52,02	52,16	2136,33	23,02	16,26	19,64	125	0,57			20	80		
99	R2B7	A3-ARG19	52,77	53,01	52,89	2196,97	21,18	15,31	18,25	156	0,70			30	70		
100	R2B7	A3-ARG19	51,41	51,73	51,57	2088,68	22,24	7,97	15,11	77	0,36			30	70		
101	R2B7	A3-ARG19	53,03	52,91	52,97	2203,62	21,85	17,66	19,76	80	0,36			80	20		
102	R2B7	A3-ARG19	51,71	52,25	51,98	2122,02	21,8	18,94	20,37	106	0,49			90	10		
103	R3B7	A3-ARG20	53,26	53,72	53,49	2247,10	24,11	26,1	25,11	145	0,63			70	30		
104	R3B7	A3-ARG20	53,3	53,86	53,58	2254,67	27,11	23,81	25,46	99	0,43			90	10		
105	R3B7	A3-ARG20	53,17	52,85	53,01	2206,95	24,19	18,97	21,58	185	0,82			90	10		
106	R3B7	A3-ARG20	53,65	54	53,83	2275,33	27,19	22,08	24,64	129	0,56			95	5		
107	R3B7	A3-ARG20	53,21	53,64	53,43	2241,64	25,44	20,4	22,92	91	0,40			90	10		
108	R3B7	A3-ARG20	52,9	53	52,95	2201,96	25,29	20,97	23,13	101	0,45			90	10		

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - 28 dias

Data: 10/12/10

Temperatura: 23,8

UR: 67%

n	Subs	Argamassa	Corpo de prova							Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	hm (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
			217	R1B9	A4	54,23	54,06	54,15	2302,47			23,07	22,15	22,61	110	0,47	
218	R1B9	A4	54,27	54,21	54,24	2310,56	22,3	23,44	22,87	103	0,44			100			
219	R1B9	A4	54,23	54,12	54,18	2305,02	25,18	25,49	25,34	100	0,43			100			
220	R1B9	A4	53,9	54,01	53,96	2286,34	24,19	25,86	25,03	66	0,28			100			
221	R1B9	A4	53,91	54,08	54,00	2289,73	26	27,35	26,68	66	0,28			100			
222	R1B9	A4	53,97	54,09	54,03	2292,70	27,74	25,89	26,82	47	0,20			100			
223	R1B9	A4	54,26	54,07	54,17	2304,17	22,17	22,57	22,37	54	0,23			100			
224	R1B9	A4	54,41	54,11	54,26	2312,26	21	22,19	21,60	75	0,32			100			
225	R1B9	A4	54,28	54,22	54,25	2311,41	24,4	22,57	23,49	80	0,34			100			
226	R1B9	A4	54,23	54,27	54,25	2311,41	19,71	21,8	20,76	90	0,38			90	10		
227	R1B9	A4	54,16	54,2	54,18	2305,45	21,6	23,77	22,69	84	0,36			100			
228	R1B9	A4	54,5	54,26	54,38	2322,50	19,72	22,02	20,87	108	0,46			60	40		
229	R3B9	A4-ARG22	54,14	54,18	54,16	2303,74	25,88	25,33	25,61	84	0,36			100			
230	R3B9	A4-ARG22	54,19	54,23	54,21	2308,00	26,42	24,19	25,31	32	0,14			100			
231	R3B9	A4-ARG22	54,26	54,29	54,28	2313,54	28,77	26,2	27,49	93	0,39			100			
232	R3B9	A4-ARG22	54,28	54,24	54,26	2312,26	27,09	25,79	26,44	45	0,19			100			
233	R3B9	A4-ARG22	54,29	54,17	54,23	2309,70	30,66	27,13	28,90	87	0,37			100			
234	R3B9	A4-ARG22	54,26	54,11	54,19	2305,87	29,73	27,14	28,44	53	0,23			100			
235	R2B8	A4	54,32	54,19	54,26	2311,83	20,91	19,12	20,02	83	0,35			90	10		
236	R2B8	A4	54,35	54,14	54,25	2310,98	19,39	17,17	18,28	69	0,29			95	5		
237	R2B8	A4	54,27	54,37	54,32	2317,38	19,34	18,73	19,04	109	0,46			95	5		
238	R2B8	A4	54,12	54,08	54,10	2298,64	16,93	18,71	17,82	131	0,56			50	50		
239	R2B8	A4	54,02	54,05	54,04	2293,12	14,16	18,09	16,13	96	0,41			70	30		
240	R2B8	A4	54,26	54,22	54,24	2310,56	17,84	16,13	16,99	122	0,52			90	10		

Interação entre parâmetros reológicos de argamassas e a rugosidade de substratos na aderência de argamassas de revestimento.

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - 28 dias

Data: 10/12/10

Temperatura: 24,6 UR: 67%

n	Subs	Argamassa	Corpo de prova							Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	hm (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
241	R3B9	A4	54,07	54,11	54,09	2297,79	25,5	20,79	23,15	87	0,37		90	10			
242	R3B9	A4	54,07	54,03	54,05	2294,40	23,7	16,64	20,17	136	0,58		30	70			
243	R3B9	A4	54,01	53,96	53,99	2288,88	22,99	21,04	22,02	62	0,27		100				
244	R3B9	A4	53,96	53,96	53,96	2286,76	22,23	21,9	22,07	106	0,45		90	10			
245	R3B9	A4	53,97	53,71	53,84	2276,60	22,56	21,21	21,89	58	0,25		95	5			
246	R3B9	A4	53,9	54,45	54,18	2305,02	20,25	17,52	18,89	93	0,40		50	50			
247	R2B9	A4-ARG23	53,26	53,52	53,39	2238,71	19,53	18,92	19,23	88	0,39		100				
248	R2B9	A4-ARG23	53,91	54,01	53,96	2286,76	17,95	16,75	17,35	42	0,18		100				
249	R2B9	A4-ARG23	53,44	53,65	53,55	2251,72	19,24	19,16	19,20	73	0,32		100				
250	R2B9	A4-ARG23	53,55	53,67	53,61	2257,19	11,94	17,61	14,78	123	0,53		60	40			
251	R2B9	A4-ARG23	54,17	53,98	54,08	2296,52	19,35	18,3	18,83	63	0,27		100				
252	R2B9	A4-ARG23	54	53,66	53,83	2275,76	17,29	14,8	16,05	125	0,54		90	10			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA AO CISALHAMENTO - 28 dias

Data: 27/09/10

Temperatura: 22,8; 22,2; 22,5°C UR: 66, 68, 67%

n	Subs	Argamassa	Corpo de prova							Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	hm (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
1	R1B1	A1-ARG1	55,52	55,27	55,4	2410,01	25,84	26,15	25,995	234	0,95		100				
2	R1B1	A1-ARG1	55,11	55,12	55,12	2385,70	26,75	27,6	27,175	103	0,42		100				
3	R1B1	A1-ARG1	55,65	55,49	55,57	2425,26	26,59	26,73	26,66	221	0,89		100				
4	R1B1	A1-ARG1	55,53	55,32	55,43	2412,62	27,3	28,06	27,68	166	0,67		100				
5	R1B1	A1-ARG1	54,53	55,33	54,93	2369,72	26,59	26,25	26,42	160	0,66		80	20			
6	R1B1	A1-ARG1	55,23	55,49	55,36	2406,96	28,31	27,35	27,83	146	0,59		100				
7	R1B1	A1-ARG1	55,34	54,9	55,12	2386,14	30,08	20,29	25,185	208	0,85		100				
8	R1B1	A1-ARG1	54,79	55,09	54,94	2370,58	31,5	29,95	30,725	96	0,40		100				
9	R1B1	A1-ARG1	54,6	54,31	54,46	2328,91	30,61	30,65	30,63	140	0,59		100				
10	R1B1	A1-ARG1	55,16	55,34	55,25	2397,41	30,47	30,41	30,44	117	0,48		100				
11	R1B1	A1-ARG1	55,56	55,48	55,52	2420,90	30,78	30,41	30,595	119	0,48		100				
12	R1B1	A1-ARG1	55,4	55,21	55,31	2402,18	29,9	29,83	29,865	183	0,75		100				

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA AO CISALHAMENTO - 28 dias

Data: 29/09

Temperatura: 23,7; 24,7°C UR: 77%

n	Subs	Argamassa	Corpo de prova							Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	hm (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
13	R2B3	A1-ARG6	55,11	55,1	55,11	2384,84	23,85	23,65	23,75	186	0,76		100				
14	R2B3	A1-ARG6	55,25	55,26	55,26	2397,84	24,24	24,52	24,38	143	0,58		100				
15	R2B3	A1-ARG6	54,83	55,1	54,97	2372,74	21,95	22,38	22,165	200	0,83		100				
16	R2B3	A1-ARG6	55,36	55,17	55,27	2398,71	22,79	23,91	23,35	189	0,77		100				
17	R2B3	A1-ARG6	54,37	54,83	54,6	2341,33	21,02	21,02	21,02	151	0,63		100				
18	R2B3	A1-ARG6	54,6	55,16	54,88	2365,40	22,09	22,14	22,115	190	0,79		100				
19	B2R2	A1-ARG4	54,91	55,34	55,13	2386,57	21,33	21,4	21,365	146	0,60		100				
20	B2R2	A1-ARG4	54,78	55,4	55,09	2383,54	20,66	21,35	21,005	110	0,45		100				
21	B2R2	A1-ARG4	55,14	55,32	55,23	2395,67	20,15	19,44	19,795	143	0,58		100				
22	B2R2	A1-ARG4	55,14	55,65	55,4	2410,01	19,59	20,18	19,885	139	0,57		100				
23	B2R2	A1-ARG4	55,32	55,41	55,37	2407,40	19,34	19,21	19,275	124	0,50		100				
24	B2R2	A1-ARG4	55,35	55,22	55,29	2400,44	18,64	19,08	18,86	170	0,69		100				
25	R3B3	A1-ARG6	55,41	55,75	55,58	2426,13	20,59	18,58	19,585	166	0,67		100				
26	R3B3	A1-ARG6	55,36	55,45	55,41	2410,88	21,84	19,93	20,885	190	0,77		100				
27	R3B3	A1-ARG6	55,29	55,53	55,41	2411,31	17,86	18,3	18,08	174	0,71		100				
28	R3B3	A1-ARG6	55,39	54,99	55,19	2392,20	22,3	20,28	21,29	139	0,57		100				
29	R3B3	A1-ARG6	55,02	55,16	55,09	2383,54	16,75	18,66	17,705	153	0,63		100				
30	R3B3	A1-ARG6	55,34	54,95	55,15	2388,30	21,38	18,29	19,835	161	0,66		100				
31	R3B1	A1-ARG4	55,06	54,98	55,02	2377,49	15,41	16,82	16,115	118	0,49		90	10			
32	R3B1	A1-ARG4	54,5	55,41	54,96	2371,87	15,77	17,38	16,575	140	0,58		100				
33	R3B1	A1-ARG4	55,37	55,87	55,62	2429,62	15,94	18,43	17,185	178	0,72		90	10			
34	R3B1	A1-ARG4	55,36	54,9	55,13	2387,00	16,84	19,06	17,95	164	0,67		100				
35	R3B1	A1-ARG4	55,35	55,38	55,37	2407,40	17,55	19,97	18,76	139	0,57		100				
36	R3B1	A1-ARG4	54,97	55,34	55,16	2389,17	18,52	20,91	19,715	158	0,65		90	10			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA AO CISALHAMENTO - 28 dias

Data: 04/10

Temperatura: 18,6; 19,1°C

UR: 67%

n	Subs	Argamassa	Corpo de prova							Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	hm (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
37	R1B5	A2-ARG11	53,95	53,93	53,94	2285,07	23,39	25,4	24,395	90	0,39		95	5			
38	R1B5	A2-ARG11	54,25	54,44	54,35	2319,51	26,53	26,62	26,575	123	0,52		95	5			
39	R1B5	A2-ARG11	54,4	54,13	54,27	2312,69	24,93	25,58	25,255	126	0,53		90	10			
40	R1B5	A2-ARG11	54,2	54,12	54,16	2303,74	24,71	24,78	24,745	103	0,44		80	20			
41	R1B5	A2-ARG11	54,42	54,27	54,35	2319,51	24,8	25,38	25,09	99	0,42		100				
42	R1B5	A2-ARG11	54,61	54,41	54,51	2333,62	23,3	24,28	23,79	95	0,40		90	10			
43	R1B5	A3-ARG13	54,16	54,43	54,30	2315,24	23,86	24,42	24,14	82	0,35		90	10			
44	R1B5	A3-ARG13	53,44	54,16	53,80	2273,22	26,6	26,93	26,765	53	0,23		100				
45	R1B5	A3-ARG13	54,64	54,01	54,33	2317,80	24,3	24,46	24,38	68	0,29		100				
46	R1B5	A3-ARG13	53,81	53,8	53,81	2273,64	27,69	27,09	27,39	79	0,34		100				
47	R1B5	A3-ARG13	53,47	54,09	53,78	2271,53	25,96	24,9	25,43	61	0,26		100				
48	R1B5	A3-ARG13	53,9	54,09	54,00	2289,73	27,44	27,21	27,325	54	0,23		100				
49	R1B6	A2-ARG11	53,28	53,45	53,37	2236,61	25,37	20,07	22,72	140	0,61		85	15			
50	R1B6	A2-ARG11	54,6	54,71	54,66	2346,05	25,25	25,3	25,275	107	0,45		90	10			
51	R1B6	A2-ARG11	54,33	54,44	54,39	2322,93	26,57	26,53	26,55	175	0,74		90	10			
52	R1B6	A2-ARG11	54,26	54,69	54,48	2330,62	26,07	26,23	26,15	144	0,61		90	10			
53	R1B6	A2-ARG11	54,67	54,5	54,59	2340,04	27,42	27,19	27,305	139	0,58		100				
54	R1B6	A2-ARG11	54,13	54,32	54,23	2309,28	27,07	27,2	27,135	97	0,41		100				
55	R1B5	A3-ARG14	53,71	53,64	53,68	2262,67	30,72	31,39	31,055	27	0,12		100				
56	R1B5	A3-ARG14	53,54	52,98	53,26	2227,82	33,52	34,13	33,825	36	0,16		100				
57	R1B5	A3-ARG14	53,9	53,87	53,89	2280,41	29,81	30,13	29,97	56	0,24		100				
58	R1B5	A3-ARG14	53,03	53,85	53,44	2242,90	32,32	32,38	32,35	128	0,56		100				
59	R1B5	A3-ARG14	53,71	53,84	53,78	2271,11	28,14	28,45	28,295	27	0,12		100				
60	R1B5	A3-ARG14	53,49	53,38	53,44	2242,48	31,03	30,97	31	44	0,19		100				

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA AO CISALHAMENTO - 28 dias

Data:

Temperatura:

UR:

n	Subs	Argamassa	Corpo de prova							Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	hm (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
61	R3B8	A2-ARG16	51,96	52,83	52,40	2156,04	21,11	24,57	22,84	122	0,55		100				
62	R3B8	A2-ARG16	53,91	53,41	53,66	2261,41	25,48	23,02	24,25	120	0,52		100				
63	R3B8	A2-ARG16	53,07	53,3	53,19	2221,55	25,02	22,58	23,8	88	0,39		100				
64	R3B8	A2-ARG16	53,59	53,74	53,67	2261,83	25,63	22,74	24,185	135	0,58		100				
65	R3B8	A2-ARG16	53,43	53,35	53,39	2238,71	25,02	22,12	23,57	129	0,56		90	10			
66	R3B8	A2-ARG16	53,23	53,4	53,32	2232,42	25,13	22,68	23,905	86	0,38		100				
67	R2B8	A2-ARG16	52,77	52,84	52,81	2189,91	18,7	19,22	18,96	145	0,65		90	10			
68	R2B8	A2-ARG16	52,75	52,49	52,62	2174,60	18,18	17,63	17,905	136	0,61		100				
69	R2B8	A2-ARG16	53,09	53,06	53,08	2212,37	17,38	19,07	18,225	128	0,57		95	5			
70	R2B8	A2-ARG16	52,74	52,76	52,75	2185,36	16,63	17,42	17,025	122	0,55		95	5			
71	R2B8	A2-ARG16	53,24	53,51	53,38	2237,45	17,96	18,46	18,21	128	0,56		100				
72	R2B8	A2-ARG16	53,15	52,76	52,96	2202,37	15,22	16,94	16,08	123	0,55		100				
73	R2B7	A3-ARG18	51,21	50,91	51,06	2047,57	20,13	20,84	20,485	93	0,45		90	10			
74	R2B7	A3-ARG18	52,16	51,45	51,81	2107,76	22,24	21,85	22,045	97	0,45		95	5			
75	R2B7	A3-ARG18	51,92	51,97	51,95	2119,16	20,99	12,35	16,67	98	0,45		60	40			
76	R2B7	A3-ARG18	52,75	52,83	52,79	2188,67	23,22	23,52	23,37	105	0,47		100				
77	R2B7	A3-ARG18	51,84	52,22	52,03	2126,11	21,92	22,36	22,14	88	0,41		90	10			
78	R2B7	A3-ARG18	52,58	53,46	53,02	2207,78	23,09	22,84	22,965	104	0,46		100				
79	R2B7	A2-ARG17	52,85	52,67	52,76	2186,18	22,3	23,28	22,79	93	0,42		100				
80	R2B7	A2-ARG17	53,02	53,03	53,03	2208,20	23,58	23,48	23,53	132	0,59		100				
81	R2B7	A2-ARG17	53,2	53,7	53,45	2243,74	23,97	23,81	23,89	156	0,68		100				
82	R2B7	A2-ARG17	52,37	53,12	52,75	2184,94	22,17	21,92	22,045	138	0,62		100				
83	R2B7	A2-ARG17	52,8	52,83	52,82	2190,74	21,51	21,13	21,32	127	0,57		100				
84	R2B7	A2-ARG17	52,86	52,29	52,58	2170,88	20,95	22,34	21,645	134	0,60		100				

Interação entre parâmetros reológicos de argamassas e a rugosidade de substratos na aderência de argamassas de revestimento.

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA AO CISALHAMENTO - 28 dias

Data:

Temperatura:

UR:

n	Subs	Argamassa	Corpo de prova							Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	hm (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
85	R3B8	A2-ARG17	52,6	53,24	52,92	2199,46	27,34	29,51	28,425	95	0,42		100				
86	R3B8	A2-ARG17	52,71	53,34	53,03	2208,20	28,58	30,27	29,425	122	0,54		100				
87	R3B8	A2-ARG17	52,6	52,62	52,61	2173,77	27,13	28,46	27,795	92	0,41		100				
88	R3B8	A2-ARG17	53,74	53,43	53,59	2255,09	28,86	29,04	28,95	107	0,46		100				
89	R3B8	A2-ARG17	52,54	52,37	52,46	2160,98	24,02	24,06	24,04	111	0,50		100				
90	R3B8	A2-ARG17	53,37	53,2	53,29	2229,91	26,26	27,57	26,915	80	0,35		100				
91	R3B8	A3-ARG18	52,74	52,23	52,49	2163,45	26,27	25,29	25,78	108	0,49		100				
92	R3B8	A3-ARG18	51,09	52,33	51,71	2100,03	26,46	24,72	25,59	112	0,52		100				
93	R3B8	A3-ARG18	52,15	51,83	51,99	2122,84	22,9	24,8	23,85	90	0,42		100				
94	R3B8	A3-ARG18	51,63	52,08	51,86	2111,83	25,44	25,49	25,465	79	0,37		100				
95	R3B8	A3-ARG18	51,69	51,6	51,65	2094,76	23,87	24,73	24,3	67	0,31		100				
96	R3B8	A3-ARG18	52,85	52,33	52,59	2172,12	24	22,51	23,255	79	0,36	95	5				
97	R2B8	A3-ARG20	52,26	52,23	52,25	2143,71	24,03	23,78	23,905	85	0,39		100				
98	R2B8	A3-ARG20	52,35	56,76	54,56	2337,47	22,68	23,18	22,93	79	0,33		100				
99	R2B8	A3-ARG20	52,23	51,81	52,02	2125,29	24,78	24,82	24,8	125	0,58	90	10				
100	R2B8	A3-ARG20	51,92	52,15	52,04	2126,51	23,46	23,59	23,525	113	0,52		100				
101	R2B8	A3-ARG20	52,64	52,41	52,53	2166,75	24,83	25,07	24,95	83	0,38		100				
102	R2B8	A3-ARG20	51,74	51,98	51,86	2112,23	23,61	23,41	23,51	119	0,55		100				
103	R3B7	A3-ARG20	53,39	52,34	52,87	2194,89	25,53	26,74	26,135	108	0,48		90	10			
104	R3B7	A3-ARG20	53,32	53,14	53,23	2225,31	25,08	26,84	25,96	225	0,99		90	10			
105	R3B7	A3-ARG20	52,84	52,93	52,89	2196,56	26,75	25,9	26,325	123	0,55		90	10			
106	R3B7	A3-ARG20	53,67	52,65	53,16	2219,46	25,98	24,75	25,365	126	0,56		90	10			
107	R3B7	A3-ARG20	52,9	53,11	53,01	2206,53	28,03	25,53	26,78	107	0,48		95	5			
108	R3B7	A3-ARG20	52,69	52,68	52,69	2179,97	27,45	26,14	26,795	100	0,45		90	10			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA AO CISALHAMENTO - 28 dias

Data: 10/12/10

Temperatura: 26

UR: 65%

n	Subs	Argamassa	Corpo de prova							Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	hm (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
217	R1B9	A4	53,71	53,82	53,77	2270,26	22,45	22,68	22,565	83	0,36		100				
218	R1B9	A4	53,92	53,99	53,96	2286,34	20,1	19,25	19,675	47	0,20		100				
219	R1B9	A4	53,7	54	53,85	2277,45	22,03	21,36	21,695	13	0,06		100				
220	R1B9	A4	53,79	53,9	53,85	2277,03	18,71	19,83	19,27	45	0,19		100				
221	R1B9	A4	54	53,91	53,96	2286,34	22,22	21,03	21,625	23	0,10		100				
222	R1B9	A4	54,2	54,11	54,16	2303,32	19,67	18,64	19,155	51	0,22		100				
223	R3B9	A4	54	53,78	53,89	2280,83	24,25	25,78	25,015	57	0,24		100				
224	R3B9	A4	53,79	53,89	53,84	2276,60	23,71	23,65	23,68	42	0,18		100				
225	R3B9	A4	52,95	54,12	53,54	2250,88	25,88	25,35	25,615	44	0,19		100				
226	R3B9	A4	54,15	53,81	53,98	2288,46	24	23,94	23,97	45	0,19		100				
227	R3B9	A4	53,74	53,33	53,54	2250,88	25,98	26,46	26,22	36	0,16	90	10				
228	R3B9	A4	54	53,97	53,99	2288,88	24,63	23,84	24,235	2	0,01		100				
229	R2B9	A4	53,98	54,02	54,00	2290,15	22,54	22,61	22,575	70	0,30		100				
230	R2B9	A4	54,02	53,97	54,00	2289,73	21,49	21,95	21,72	51	0,22		100				
231	R2B9	A4	54,02	53,96	53,99	2289,31	24,2	23,32	23,76	64	0,27	95	5				
232	R2B9	A4	53,91	53,93	53,92	2283,37	21,59	23,13	22,36	51	0,22		100				
233	R2B9	A4	54,01	54,3	54,16	2303,32	24,03	25,69	24,86	66	0,28		100				
234	R2B9	A4	53,96	54	53,98	2288,46	24,66	22,51	23,585	76	0,33		100				
235	R2B9	A4	54,32	54,16	54,24	2310,56	19,28	18,94	19,11	47	0,20		100				
236	R2B9	A4	54,06	54,28	54,17	2304,60	19,98	19,36	19,67	55	0,23		100				
237	R2B9	A4	54,15	53,94	54,05	2293,97	18,78	18,59	18,685	46	0,20		100				
238	R2B9	A4	54,08	54,11	54,10	2298,22	20,6	20,05	20,325	85	0,36		100				
239	R2B9	A4	54,01	54,04	54,03	2292,27	19,44	19,75	19,595	56	0,24		100				
240	R2B9	A4	54,04	54,1	54,07	2296,09	19,88	18,78	19,33	48	0,20		100				

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA AO CISLHAMENTO - 28 dias

Data: 10/12/10

Temperatura: 26,8

UR: 64%

n	Subs	Argamassa	Corpo de prova							Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	hm (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
241	R3B9	A4-ARG23	53,97	54,02	54,00	2289,73	23,91	23,6	23,755	42	0,18		100				
242	R3B9	A4-ARG23	54,19	54,07	54,13	2301,19	24,53	24,68	24,605	64	0,27		100				
243	R3B9	A4-ARG23	54,07	54,18	54,13	2300,77	24,3	23,02	23,66	39	0,17		100				
244	R3B9	A4-ARG23	54,08	54,18	54,13	2301,19	26,01	25,51	25,76	53	0,23		100				
245	R3B9	A4-ARG23	54,26	54,2	54,23	2309,70	26,33	27,06	26,695	116	0,49		100				
246	R3B9	A4-ARG23	53,99	54,27	54,13	2301,19	26,89	26,63	26,76	46	0,20		100				
247	R1B9	A4	53,82	53,52	53,67	2262,25	26,71	27,9	27,305	31	0,13		100				
248	R1B9	A4	53,76	54,08	53,92	2283,37	26,65	27,49	27,07	80	0,34		100				
249	R1B9	A4	53,74	53,59	53,67	2261,83	25,64	25,53	25,585	10	0,04		100				
250	R1B9	A4	54,12	54,09	54,11	2299,07	24,86	26,02	25,44	37	0,16		100				
251	R1B9	A4	54,07	53,94	54,01	2290,58	23,33	24,26	23,795	0	0,00		100				
252	R1B9	A4	53,76	54,11	53,94	2284,64	22,91	22,74	22,825	35	0,15		100				

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - 91 dias

Data: 30/11/2010

Temperatura: 23,5

UR: 65%

n	Subs	Argamassa	Corpo de prova							Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	hm (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
109	R2B3	A2 - ARG 10	54,54	54,29	54,415	2325,49	13,17	8,15	10,66	204	0,86		90	10			
110	R2B3	A2 - ARG 10	54,39	54,59	54,49	2331,90	11,11	7,36	9,235	178	0,75		80	20			
111	R2B3	A2 - ARG 10	54,43	54,59	54,51	2333,62	13,12	8,89	11,005	158	0,66		90	10			
112	R2B3	A2 - ARG 10	54,35	54,56	54,455	2328,91	12,7	10,73	11,715	180	0,76		90	10			
113	R2B3	A2 - ARG 10	54,46	54,43	54,445	2328,05	14,81	11,23	13,02	158	0,67		95	5			
114	R2B3	A2 - ARG 10	54,65	54,32	54,485	2331,48	14,62	10,82	12,72	168	0,71		95	5			
115	R3B4	A1- ARG 6	54,73	54,94	54,835	2361,53	15,7	8,76	12,23	264	1,10		70	30			
116	R3B4	A1- ARG 6	54,67	54,87	54,77	2355,93	14,89	9,32	12,105	146	0,61		60	40			
117	R3B4	A1- ARG 6	54,6	54,57	54,585	2340,04	17,19	11,55	14,37	174	0,73		90	10			
118	R3B4	A1- ARG 6	55,25	55,05	55,15	2388,74	19,94	6,16	13,05	211	0,87		20	80			
119	R3B4	A1- ARG 6	54,92	54,65	54,785	2357,22	16,64	21,45	19,045	212	0,88		70	30			
120	R3B4	A1- ARG 6	54,91	54,74	54,825	2360,66	21,27	18,38	19,825	209	0,87		70	30			
121	R2B2	A2- ARG9	54,56	55,34	54,95	2371,44	16,18	7,24	11,71	168	0,69		60	40			
122	R2B2	A2- ARG9	54,5	54,64	54,57	2338,76	14,57	6,2	10,385	257	1,08		40	60			
123	R2B2	A2- ARG9	54,64	54,47	54,555	2337,47	14,29	13,45	13,87	215	0,90		75	15			
124	R2B2	A2- ARG9	54,38	54,49	54,435	2327,20	14,95	6,68	10,815	252	1,06		60	40			
125	R2B2	A2- ARG9	54,53	54,49	54,51	2333,62	9,55	13,97	11,76	168	0,71		70	30			
126	R2B2	A2- ARG9	54,74	54,41	54,575	2339,18	13,49	8,42	10,955	170	0,71		70	30			
127	R3B3	A2 - ARG 10	54,28	54,85	54,565	2338,33	8,02	4,08	6,05	219	0,92		60	40			
128	R3B3	A2 - ARG 10	54,25	54,37	54,31	2316,52	5,53	7,21	6,37	151	0,64			100			
129	R3B3	A2 - ARG 10	54,59	54,35	54,47	2330,19	10,63	14,27	12,45	234	0,98		30	70			
130	R3B3	A2 - ARG 10	54,55	54,46	54,505	2333,19	12,43	8,7	10,565	199	0,84		60	40			
131	R3B3	A2 - ARG 10	54,43	54,45	54,44	2327,63	13,58	8,56	11,07	162	0,68		50	50			
132	R3B3	A2 - ARG 10	54,3	54,35	54,325	2317,80	15,59	13,15	14,37	79	0,33		30	70			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - 91 dias

Data: 30/11/2010

Temperatura: 23,5 UR: 65

n	Subs	Argamassa	Corpo de prova						Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)						
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)			hm (mm)	Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
133	R3B2	A2-ARG8	55,27	54,85	55,06	2380,95	22,35	19,59	20,97	175	0,72		90	10			
134	R3B2	A2-ARG8	54,54	54,64	54,59	2340,47	20,78	19,23	20,005	159	0,67		30	70			
135	R3B2	A2-ARG8	54,56	54,77	54,665	2346,91	18,76	20,63	19,695	202	0,84		80	20			
136	R3B2	A2-ARG8	54,85	54,65	54,75	2354,21	17,97	19,76	18,865	126	0,52		80	20			
137	R3B2	A2-ARG8	55,21	54,69	54,95	2371,44	16,99	20,06	18,525	176	0,73		80	20			
138	R3B2	A2-ARG8	54,63	54,94	54,785	2357,22	20,67	15,26	17,965	127	0,53		70	30			
139	R3B2	A1- ARG1	53,97	54,39	54,18	2305,45	11,97	9,15	10,56	105	0,45			100			
140	R3B2	A1- ARG1	53,25	53,46	53,355	2235,77	15,89	10,6	13,245	130	0,57			100			
141	R3B2	A1- ARG1	53	53,39	53,195	2222,38	21,27	19,39	20,33	126	0,56		30	70			
142	R3B2	A1- ARG1	53,56	53,38	53,47	2245,42	22,79	17,65	20,22	97	0,42		40	60			
143	R3B2	A1- ARG1	52,61	53,02	52,815	2190,74	20,08	16,61	18,345	120	0,54		10	90			
144	R3B2	A1- ARG1	54,34	53,62	53,98	2288,46	24,3	14,25	19,275	115	0,49		5	95			
145	R2B3	A1- ARG5	54,91	54,78	54,845	2362,39	17,8	15,27	16,535	275	1,14		40	60			
146	R2B3	A1- ARG5	54,8	54,47	54,635	2344,33	19,1	16,05	17,575	237	0,99		30	70			
147	R2B3	A1- ARG5	54,65	54,87	54,76	2355,07	16,95	18,77	17,86	255	1,06		80	20			
148	R2B3	A1- ARG5	54,73	54,83	54,78	2356,79	20,68	18,82	19,75	166	0,69		80	20			
149	R2B3	A1- ARG5	54,87	54,81	54,84	2361,96	18,29	14,13	16,21	266	1,10		90	10			
150	R2B3	A1- ARG5	54,56	55,01	54,785	2357,22	19,88	16,74	18,31	251	1,04		80	20			
151	R2B1	A1- ARG1	54,46	53,6	54,03	2292,70	19,21	7,07	13,14	75	0,32			100			
152	R2B1	A1- ARG1	54,17	54,04	54,105	2299,07	30,17	25,21	27,69	67	0,29		30	70			
153	R2B1	A1- ARG1	52,51	52,76	52,635	2175,84	11,41	7,03	9,22	117	0,53			100			
154	R2B1	A1- ARG1	53,16	53,17	53,165	2219,88	8,62	8,32	8,47	118	0,52			100			
155	R2B1	A1- ARG1	53,07	52,79	52,93	2200,29	13,05	7,95	10,5	103	0,46			100			
156	R2B1	A1- ARG1	54,08	54,07	54,075	2296,52	28,16	24	26,08	127	0,54		90				

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - 91 dias

Data:01/12

Temperatura: UR:

n	Subs	Argamassa	Corpo de prova						Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)						
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)			hm (mm)	Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
157	R1B4	A2-ARG9	55,19	54,25	54,72	2351,63	17,97	13,8	15,885	110	0,46		60	40			
158	R1B4	A2-ARG9	54,51	54,21	54,36	2320,79	17,43	14,19	15,81	173	0,73		50	50			
159	R1B4	A2-ARG9	53,84	52,9	53,37	2237,03	3,81	2,73	3,27	144	0,63			100			
160	R1B4	A2-ARG9	53,39	53,82	53,605	2256,77	3,99	4,49	4,24	197	0,86			100			
161	R1B4	A2-ARG9	54,65	54,76	54,705	2350,34	23,48	20,91	22,195	167	0,70		80	20			
162	R1B4	A2-ARG9	54,33	54,86	54,595	2340,90	20,06	20,13	20,095	172	0,72		70	30			
163	R1B4	A1-ARG5	54,87	54,95	54,91	2367,99	26,56	26,83	26,695	264	1,09		80	20			
164	R1B4	A1-ARG5	54,76	54,63	54,695	2349,48	24,12	25,7	24,91	299	1,25		70	30			
165	R1B4	A1-ARG5	52,69	52,94	52,815	2190,74	3,45	3,89	3,67	194	0,87			100			
166	R1B4	A1-ARG5	54,92	55,06	54,99	2374,90	21,55	25,22	23,385	286	1,18		40	60			
167	R1B4	A1-ARG5	50	50,9	50,45	1998,94	4,24	1,98	3,11	180	0,88			100			
168	R1B4	A1-ARG5	54,83	54,92	54,875	2364,97	23,33	21,5	22,415	148	0,61		50	50			
169	R1B2	A2-ARG8	54,74	54,61	54,675	2347,77	15,8	23,38	19,59	230	0,96		30	70			
170	R1B2	A2-ARG8	54,47	54,61	54,54	2336,19	23,06	21,09	22,075	170	0,71		85	15			
171	R1B2	A2-ARG8	54,49	54,45	54,47	2330,19	22,89	23,13	23,01	184	0,77		75	25			
172	R1B2	A2-ARG8	54,54	55,09	54,815	2359,80	17,04	24,55	20,795	252	1,05		5	95			
173	R1B2	A2-ARG8	54,53	54,69	54,61	2342,19	21,11	16,96	19,035	177	0,74		30	70			
174	R1B2	A2-ARG8	54,36	54,49	54,425	2326,34	18,75	24,21	21,48	170	0,72		20	80			
175	R1B3	A1-ARG5	54,59	54,65	54,62	2343,04	19,06	13,26	16,16	206	0,86		60	40			
176	R1B3	A1-ARG5	54,77	54,45	54,61	2342,19	10,57	7,68	9,125	297	1,24			100			
177	R1B3	A1-ARG5	54,7	54,72	54,71	2350,77	18,54	15,3	16,92	250	1,04		70	30			
178	R1B3	A1-ARG5	54,77	54,69	54,73	2352,49	10,87	19	14,935	169	0,70		60	40			
179	R1B3	A1-ARG5	54,75	54,19	54,47	2330,19	16,87	15,02	15,945	215	0,90		90	10			
180	R1B3	A1-ARG5	54,64	55,18	54,91	2367,99	16,11	17,63	16,87	184	0,76		60	40			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - 91 dias

Data: 06/12/10

Temperatura: 25,5 UR: 63%

n	Subs	Argamassa	Corpo de prova							Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	hm (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
			181	R3B6	A3-ARG14	54,34	54,39	54,365	2321,22			18,21	19,37	18,79	203	0,86	
182	R3B6	A3-ARG14	54,16	54,3	54,23	2309,70	29,92	25,29	27,605	152	0,64		80	20			
183	R3B6	A3-ARG14	54,41	53,92	54,165	2304,17	15,64	12,1	13,87	158	0,67			100			
184	R3B6	A3-ARG14	54,27	54,18	54,225	2309,28	23,48	19,26	21,37	161	0,68		80	20			
185	R3B6	A3-ARG14	53,89	53,58	53,735	2267,73	25,64	26,85	26,245	106	0,46		50	50			
186	R3B6	A3-ARG14	54,43	54,35	54,39	2323,35	25,93	21,62	23,775	112	0,47		70	30			
187	R3B5	A3-ARG15	54,37	54,47	54,42	2325,92	23,18	20,65	21,915	146	0,62		30	70			
188	R3B5	A3-ARG15	54,72	54,68	54,7	2349,91	24,82	18,74	21,78	69	0,29		100				
189	R3B5	A3-ARG15	55,4	54,4	54,9	2367,13	22,3	19,06	20,68	167	0,69		10	90			
190	R3B5	A3-ARG15	54,47	54,31	54,39	2323,35	27,66	21,83	24,745	187	0,79		20	80			
191	R3B5	A3-ARG15	54,17	54,29	54,23	2309,70	24,23	18,08	21,155	191	0,81		60	40			
192	R3B5	A3-ARG15	55,23	54,5	54,865	2364,11	24,57	18,54	21,555	168	0,70		40	60			
193	R2B6	A3-ARG14	54,44	53,45	53,945	2285,49	9,54	9,07	9,305	163	0,70			100			
194	R2B6	A3-ARG14	54,27	53,77	54,02	2291,85	22,45	23,87	23,16	0	0,00		100				
195	R2B6	A3-ARG14	53,83	54,16	53,995	2289,73	16,2	13,89	15,045	173	0,74		100				
196	R2B6	A3-ARG14	54,28	54,55	54,415	2325,49	14,61	18,76	16,685	109	0,46			100			
197	R2B6	A3-ARG14	54,43	54,24	54,335	2318,66	24,56	21,28	22,92	132	0,56		40	60			
198	R2B6	A3-ARG14	54,59	54,25	54,42	2325,92	20,15	19,64	19,895	199	0,84		30	70			
199	R2B6	A3-ARG15	54,81	54,7	54,755	2354,64	22,92	20,89	21,905	167	0,70		100				
200	R2B6	A3-ARG15	54,55	54,51	54,53	2335,33	23,25	20,5	21,875	119	0,50		50	50			
201	R2B6	A3-ARG15	54,73	54,64	54,685	2348,62	20,88	15,92	18,4	168	0,70		10	90			
202	R2B6	A3-ARG15	54,77	54,3	54,535	2335,76	22,46	15,38	18,92	165	0,69		5	95			
203	R2B6	A3-ARG15	54,57	54,76	54,665	2346,91	21,04	23,97	22,505	139	0,58		70	30			
204	R2B6	A3-ARG15	54,51	53,9	54,205	2307,57	20,59	16,97	18,78	187	0,79		50	50			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

Data: 08/12/10

Temperatura: UR:

n	Subs	Argamassa	Corpo de prova							Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	hm (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
			205	R1B8	A3-ARG19	53,83	54,79	54,31	2316,52			15,65	23,75	19,7	170	0,72	
206	R1B8	A3-ARG19	53,76	53,75	53,755	2269,42	21,33	16,43	18,88	175	0,76		90	10			
207	R1B8	A3-ARG19	53,64	53,48	53,56	2252,98	16,96	20,52	18,74	170	0,74		100				
208	R1B8	A3-ARG19	54,17	53,8	53,985	2288,88	23,18	17,76	20,47	157	0,67		5	95			
209	R1B8	A3-ARG19	54,43	54,32	54,375	2322,07	17,59	20,67	19,13	172	0,73		20	80			
210	R1B8	A3-ARG19	54,03	53,74	53,885	2280,41	13,07	16,64	14,855	179	0,77		10	90			
211	R1B7	A3-ARG18	53,94	53,83	53,885	2280,41	17,19	17,64	17,415	158	0,68		5	95			
212	R1B7	A3-ARG18	54,35	54,68	54,515	2334,04	9,74	8,06	8,9	189	0,79		100				
213	R1B7	A3-ARG18	53,44	53,57	53,505	2248,36	22,48	16,2	19,34	143	0,62		10	90			
214	R1B7	A3-ARG18	53,95	53,87	53,91	2282,53	18,15	22,08	20,115	124	0,53		100				
215	R1B7	A3-ARG18	53,35	54,73	54,04	2293,55	23,48	22,24	22,86	130	0,56		60	40			
216	R1B7	A3-ARG18	53,95	53,76	53,855	2277,87	24,09	19,1	21,595	100	0,43		20	80			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA AO CISALHAMENTO - 91 dias

Data:

Temperatura:

UR:

n	Subs	Argamassa	Corpo de prova							Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	hm (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
109	R2B2	A1-ARG1	54,41	54,67	54,54	2336,19	26,36	26,7	26,53	111	0,47		100				
110	R2B2	A1-ARG1	54,64	53,6	54,12	2300,34	27,47	27,1	27,285	122	0,52		100				
111	R2B2	A1-ARG1	54,89	54,55	54,72	2351,63	27,75	27,57	27,66	132	0,55		100				
112	R2B2	A1-ARG1	54,66	54,5	54,58	2339,61	28,07	27,94	28,005	115	0,48		100				
113	R2B2	A1-ARG1	54,85	54,7	54,775	2356,36	27,36	27,44	27,4	135	0,56		100				
114	R2B2	A1-ARG1	54,61	54,92	54,765	2355,50	27,71	27,76	27,735	120	0,50		100				
115	R2B1	A1-ARG1	54,48	54,98	54,73	2352,49	20,41	20,71	20,56	103	0,43		100				
116	R2B1	A1-ARG1											100				
117	R2B1	A1-ARG1	54,67	54,61	54,64	2344,76	21,03	21,31	21,17	38	0,16		100				
118	R2B1	A1-ARG1	54,98	54,9	54,94	2370,58	21,68	21,44	21,56	62	0,26		100				
119	R2B1	A1-ARG1											100				
120	R2B1	A1-ARG1											100				
121	R3B2	A1-ARG1	53,88	54	53,94	2285,07	29,34	27,95	28,645	69	0,30		100				
122	R3B2	A1-ARG1	53,47	53,49	53,48	2246,26	28,42	27,03	27,725	63	0,27		100				
123	R3B2	A1-ARG1	53,17	53,98	53,575	2254,25	27,93	25,92	26,925	88	0,38		100				
124	R3B2	A1-ARG1	53,79	53,62	53,705	2265,20	26,95	25,6	26,275	60	0,26		100				
125	R3B2	A1-ARG1	52,73	52,76	52,745	2184,94	27,56	26,4	26,98	61	0,27		100				
126	R3B2	A1-ARG1	53,28	53,57	53,425	2241,64	26,72	25	25,86	58	0,25		100				
127	R3B1	A1-ARG1	54,77	54,68	54,725	2352,06	25,53	22,5	24,015	150	0,62		100				
128	R3B1	A1-ARG1	54,65	54,66	54,655	2346,05	24,04	22,29	23,165	161	0,67		100				
129	R3B1	A1-ARG1	54,67	54,89	54,78	2356,79	23,99	22,47	23,23	151	0,63		100				
130	R3B1	A1-ARG1	54,49	54,53	54,51	2333,62	23,74	22,03	22,885	139	0,58		100				
131	R3B1	A1-ARG1	54,85	54,6	54,725	2352,06	24,21	22,91	23,56	162	0,67		90	10			
132	R3B1	A1-ARG1	54,43	53,8	54,115	2299,92	22,99	21,33	22,16	139	0,59		100				

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA AO CISALHAMENTO - 91 dias

Data: 01/12

Temperatura:

UR:

n	Subs	Argamassa	Corpo de prova							Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	hm (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
133	R1B1	A1-ARG4	54,8	54,91	54,855	2363,25	18,92	12,62	15,77	198	0,82		80	20			
134	R1B1	A1-ARG4	54,71	54,69	54,7	2349,91	19,79	17,57	18,68	203	0,85		95	5			
135	R1B1	A1-ARG4	54,81	54,9	54,855	2363,25	20,1	20,63	20,365	205	0,85		95	5			
136	R1B1	A1-ARG4	54,83	54,67	54,75	2354,21	20,42	20,28	20,35	188	0,78		95	5			
137	R1B1	A1-ARG4	54,7	54,74	54,72	2351,63	20,78	21,04	20,91	150	0,63		90	10			
138	R1B1	A1-ARG4	55,01	54,6	54,805	2358,94	20,63	20,75	20,69	124	0,52		100				
139	R1B3	A1-ARG4	54,63	54,71	54,67	2347,34	23,36	23,83	23,595	167	0,70		95	5			
140	R1B3	A1-ARG4	55,04	55,63	55,335	2404,79	21,97	21,6	21,785	161	0,66		95	5			
141	R1B3	A1-ARG4	54,72	54,92	54,82	2360,23	23,5	23,57	23,535	188	0,78		95	5			
142	R1B3	A1-ARG4	54,83	54,94	54,885	2365,83	22,55	22,34	22,445	187	0,77		100				
143	R1B3	A1-ARG4	54,7	54,77	54,735	2352,92	23,34	23,7	23,52	152	0,63		95	5			
144	R1B3	A1-ARG4	54,69	54,75	54,72	2351,63	23,69	23,84	23,765	191	0,80		90	10			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA AO CISALHAMENTO - 91 dias																	
Data: 06/12																	
Temperatura: 23,6																	
UR: 67%																	
n	Subs	Argamassa	Corpo de prova							Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	hm (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
145	R3B5	A2-ARG11	51,3	52,4	51,85	2111,42	22,63	24,48	23,555	111	0,52		100				
146	R3B5	A2-ARG11	54,58	54,64	54,61	2342,19	23	20,93	21,965	99	0,41		100				
147	R3B5	A2-ARG11	54,72	54,74	54,73	2352,49	21,12	21,8	21,46	95	0,40		100				
148	R3B5	A2-ARG11	54,65	54,7	54,675	2347,77	20,56	22,69	21,625	148	0,62		100				
149	R3B5	A2-ARG11	54,66	54,78	54,72	2351,63	23,3	24,45	23,875	109	0,45		100				
150	R3B5	A2-ARG11	54,71	54,63	54,67	2347,34	21,66	22,74	22,2	92	0,38		100				
151	R3B6	A3-ARG15	54,2	54,44	54,32	2317,38	23,62	25,01	24,315	98	0,41		90	10			
152	R3B6	A3-ARG15	54,71	54,8	54,755	2354,64	24,75	22,63	23,69	81	0,34		100				
153	R3B6	A3-ARG15	53,84	54,62	54,23	2309,70	26,32	24,6	25,46	104	0,44		95	5			
154	R3B6	A3-ARG15	54,77	54,73	54,75	2354,21	24,51	25,09	24,8	92	0,38		100				
155	R3B6	A3-ARG15	54,48	54,34	54,41	2325,06	26,14	26,45	26,295	96	0,40		100				
156	R3B6	A3-ARG15	53,42	54,76	54,09	2297,79	22,79	24,43	23,61	85	0,36		100				
157	R2B5	A3-ARG14	53,54	54,23	53,885	2280,41	27,21	26,75	26,98	126	0,54		95	5			
158	R2B5	A3-ARG14	54,27	54,56	54,415	2325,49	27,87	28,52	28,195	101	0,43		95	5			
159	R2B5	A3-ARG14	54,32	54,56	54,44	2327,63	27,07	26,95	27,01	91	0,38		100				
160	R2B5	A3-ARG14	52,94	54,05	53,495	2247,52	29,42	29,52	29,47	138	0,60		95	5			
161	R2B5	A3-ARG14	53,9	54,54	54,22	2308,85	29,04	28,44	28,74	111	0,47		95	5			
162	R2B5	A3-ARG14	53,87	54,13	54	2290,15	31,57	30,96	31,265	95	0,41		30	70			
163	R2B5	A2-ARG11	54,86	54,49	54,675	2347,77	22,89	22,63	22,76	117	0,49		70	30			
164	R2B5	A2-ARG11	54,53	54,85	54,69	2349,05	22,31	22,59	22,45	153	0,64		90	10			
165	R2B5	A2-ARG11	54,77	54,73	54,75	2354,21	24,64	24,17	24,405	146	0,61		70	30			
166	R2B5	A2-ARG11	54,51	54,57	54,54	2336,19	23,52	23,91	23,715	102	0,43		100				
167	R2B5	A2-ARG11	54,75	54,84	54,795	2358,08	26,06	26,13	26,095	158	0,66		95	5			
168	R2B5	A2-ARG11	54,61	54,76	54,685	2348,62	24,95	25,12	25,035	123	0,51		100				

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA AO CISALHAMENTO - 91 dias																	
Data: 06/12																	
Temperatura: 24,4																	
UR: 67%																	
n	Subs	Argamassa	Corpo de prova							Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	hm (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
169	R2B5	A3-ARG13	54	54,13	54,065	2295,67	25,35	25,26	25,305	113	0,48		80	20			
170	R2B5	A3-ARG13	54,43	54,66	54,545	2336,61	27,09	26,86	26,975	110	0,46		90	10			
171	R2B5	A3-ARG13	54,48	53,44	53,96	2286,76	24,32	24,36	24,34	123	0,53		60	40			
172	R2B5	A3-ARG13	54,06	53,99	54,025	2292,27	26,03	25,95	25,99	134	0,57		90	10			
173	R2B5	A3-ARG13	54,51	54,76	54,635	2344,33	23,65	23,81	23,73	94	0,39		90	10			
174	R2B5	A3-ARG13	53,59	53,53	53,56	2252,98	25,43	25,38	25,405	118	0,51		95	5			
175	R2B6	A2-ARG12	54,58	54,5	54,54	2336,19	21,81	21,96	21,885	87	0,36		100				
176	R2B6	A2-ARG12	54,72	55,04	54,88	2365,40	24,83	25,01	24,92	70	0,29		100				
177	R2B6	A2-ARG12	54,79	54,5	54,645	2345,19	23,08	22,81	22,945	118	0,49		100				
178	R2B6	A2-ARG12	54,75	54,09	54,42	2325,92	25,37	25,53	25,45	108	0,46		100				
179	R2B6	A2-ARG12	54,69	54,6	54,645	2345,19	23,58	23,62	23,6	123	0,51		90	10			
180	R2B6	A2-ARG12	54,74	54,71	54,725	2352,06	24,2	24,61	24,405	108	0,45		100				
181	R3B5	A3-ARG13	53,1	54,49	53,795	2272,80	25,69	25,55	25,62	84	0,36		100				
182	R3B5	A3-ARG13	54,4	54,65	54,525	2334,90	23,95	25,79	24,87	75	0,31		100				
183	R3B5	A3-ARG13	53,29	54,39	53,84	2276,60	24,5	22,96	23,73	143	0,62		50	50			
184	R3B5	A3-ARG13	54,2	53,14	53,67	2262,25	25,05	22,98	24,015	106	0,46		100				
185	R3B5	A3-ARG13	54	53,71	53,855	2277,87	24,18	23,74	23,96	108	0,46		90	10			
186	R3B5	A3-ARG13	54,52	54,31	54,415	2325,49	23,88	22,57	23,225	102	0,43		90	10			
187	R3B6	A2-ARG12	52,83	53,22	53,025	2208,20	22,98	24,81	23,895	148	0,66		100				
188	R3B6	A2-ARG12	52,73	52,9	52,815	2190,74	25,5	24,8	25,15	108	0,48		100				
189	R3B6	A2-ARG12	52,64	52,24	52,44	2159,74	24,72	26,79	25,755	104	0,47		100				
190	R3B6	A2-ARG12	53,01	52,96	52,985	2204,87	26,357	25,05	25,7035	140	0,62		100				
191	R3B6	A2-ARG12	52,62	52,64	52,63	2175,42	26,13	28,1	27,115	82	0,37		90	10			
192	R3B6	A2-ARG12	52,13	52,88	52,505	2165,10	25,9	28,05	26,975	137	0,62		100				

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA AO CISALHAMENTO - 91 dias

Data:

Temperatura:

UR:

UR:

n	Subs	Argamassa	Corpo de prova							Carga de ruptura (kgf)	Tensão (MPa)	Forma de ruptura (%)					
			d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	área (mm ²)	h1 (mm)	h2 (mm)	hm (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg	Arg/cola	Cola	Cola/past
			193	R1B8	A2-ARG16	54,54	54,69	54,615	2342,62			23,17	22,61	22,89	139	0,58	
194	R1B8	A2-ARG16	54,24	54,33	54,285	2314,39	23,18	25,64	24,41	136	0,58		95	5			
195	R1B8	A2-ARG16	54,6	54,73	54,665	2346,91	16,18	23,19	19,685	170	0,71		70	30			
196	R1B8	A2-ARG16	54,71	54,85	54,78	2356,79	25,54	24,53	25,035	154	0,64		95	5			
197	R1B8	A2-ARG16	54,37	54,85	54,61	2342,19	22,98	22,6	22,79	144	0,60		95	5			
198	R1B8	A2-ARG16	54,64	54,48	54,56	2337,90	22,59	25,5	24,045	120	0,50		90	10			
199	R1B7	A2-ARG16	52,67	54,61	53,64	2259,72	21,88	23,16	22,52	115	0,50		90	10			
200	R1B7	A2-ARG16	54,31	52,87	53,59	2255,51	24,16	19,64	21,9	121	0,53		90	10			
201	R1B7	A2-ARG16	53,83	54,7	54,265	2312,69	16,33	22,2	19,265	134	0,57		90	10			
202	R1B7	A2-ARG16	52,7	54,39	53,545	2251,72	21,41	23,84	22,625	118	0,51		90	10			
203	R1B7	A2-ARG16	54,59	54,73	54,66	2346,48	20,33	23,3	21,815	131	0,55		90	10			
204	R1B7	A2-ARG16	54,53	53,51	54,02	2291,85	25,17	21,63	23,4	137	0,59		90	10			
205	R1B7	A3-ARG18	52,88	52,81	52,845	2193,23	27,41	28,41	27,91	73	0,33		95	5			
206	R1B7	A3-ARG18	53,23	53,59	53,41	2240,38	26,97	22,09	24,53	84	0,37		95	5			
207	R1B7	A3-ARG18	53,8	52,8	53,3	2231,16	24,83	17,95	21,39	128	0,56		90	10			
208	R1B7	A3-ARG18	53,97	53,78	53,875	2279,56	16,89	23,39	20,14	128	0,55		30	70			
209	R1B7	A3-ARG18	53,57	53,83	53,7	2264,78	24,17	22,73	23,45	95	0,41		95	5			
210	R1B7	A3-ARG18	54,09	53,9	53,995	2289,73	21,42	22,09	21,755	93	0,40		100				
211	R1B8	A3-ARG20	53,28	53,84	53,56	2252,98	21,4	21,05	21,225	80	0,35		100				
212	R1B8	A3-ARG20	53,88	53,02	53,45	2243,74	18,43	22,58	20,505	96	0,42		95	5			
213	R1B8	A3-ARG20	53,55	54,38	53,965	2287,19	16,4	22,34	19,37	131	0,56		60	40			
214	R1B8	A3-ARG20	53,52	53,34	53,43	2242,06	8,71	23,08	15,895	160	0,70		60	40			
215	R1B8	A3-ARG20	52,9	53,02	52,96	2202,79	24,67	19,18	21,925	106	0,47		60	40			
216	R1B8	A3-ARG20	53,83	53,04	53,435	2242,48	20,93	23,32	22,125	100	0,44		90	10			

CÁLCULO DA UMIDADE DOS CORPOS DE PROVA DE RA E RC

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - 28 DIAS									
Bloco	nº	Mu (g)	Mi (g)	Ms 1(g)	Ms-Mi (g)	Umidade (%)	Umidade média (%)	Espessura (mm)	
1	1T	298,1	152,75	291,85	139,1	4,49	4,52	29,59	
1	2T	298,1	152,75	291,78	139,03	4,55		28,23	
1	3T	299,6	152,75	293,16	140,41	4,59		29,83	
1	4T	302,8	152,75	296,15	143,4	4,64		29,55	
1	5T	292,4	152,75	286,51	133,76	4,40		27,74	
1	6T	296,1	152,75	290,02	137,27	4,43		29,40	
2	7T	268,5	152,75	263,46	110,71	4,55		21,37	
2	8T	272,8	152,75	267,5	114,75	4,62		22,68	
2	9T	196,9	152,75	195,31	42,56	3,74	4,37	9,67	
2	10T	276	152,75	270,65	117,9	4,54		24,10	
2	11T	247,1	152,75	243,1	90,35	4,43		15,64	
2	12T	254,5	152,75	250,26	97,51	4,35		19,25	
3	13T	218,8	152,75	216,56	63,81	3,51		3,55	15,19
3	14T	217,2	152,75	215,15	62,4	3,29			12,27
3	15T	224,1	152,75	221,55	68,8	3,71			14,27
3	16T	219	152,75	216,76	64,01	3,50			14,99
3	17T	234,1	152,75	231,22	78,47	3,67	16,99		
3	18T	230,4	152,75	227,7	74,95	3,60	16,19		
4	19T	176,8	152,75	176,16	23,41	2,73	3,89		5,48
4	20T	240,2	152,75	236,42	83,67	4,52			16,48
4	21T	218	152,75	215,62	62,87	3,79		12,11	
4	22T	230,4	152,75	227,6	74,85	3,74		14,44	
4	23T	221,3	152,75	218,89	66,14	3,64		12,77	
4	24T	229,8	152,75	227,02	74,27	3,74		16,53	
7	25T	161,98	152,75	161,9	9,15	0,87		3,49	4,00
7	26T	236,61	152,75	233,75	81	3,53			16,03
7	27T	161,89	152,75	161,81	9,06	0,88	3,24		
7	28T	229	152,75	226,49	73,74	3,40	17,99		
7	29T	163,69	152,75	163,59	10,84	0,92	4,59		
7	30T	240,82	152,75	237,82	85,07	3,53	19,90		
8	31T	235,96	152,75	233,05	80,3	3,62	3,64		18,55
8	32T	241,23	152,75	238,12	85,37	3,64			18,37
8	33T	238,7	152,75	235,65	82,9	3,68		18,60	
8	34T	236,36	152,75	233,36	80,61	3,72		19,15	
8	35T	238,25	152,75	235,33	82,58	3,54		19,33	
8	36T	236,22	152,75	233,31	80,56	3,61		18,09	
9	37T	232,05	152,75	229,31	76,56	3,58		3,59	18,40
9	38T	196,96	152,75	195,64	42,89	3,08			12,54
9	39T	238,86	152,75	235,74	82,99	3,76	20,36		
9	40T	224,98	152,75	222,54	69,79	3,50	16,81		
9	41T	239,17	152,75	236,18	83,43	3,58	20,00		
9	42T	242,84	152,75	239,75	87	3,55	21,52		
10	43T	224,36	152,75	221,9	69,15	3,56	3,52		15,25
10	44T	224,5	152,75	222,1	69,35	3,46			16,68
10	45T	228,11	152,75	225,51	72,76	3,57		17,90	
10	46T	221,84	152,75	219,47	66,72	3,55		15,06	
10	47T	224,32	152,75	221,89	69,14	3,51		16,77	
10	48T	222,87	152,75	220,54	67,79	3,44		14,92	
13	49T	264,57	152,75	259,98	107,23	4,28		4,29	22,74
13	50T	176,52	152,75	175,86	23,11	2,86			6,96
13	51T	266,97	152,75	262,27	109,52	4,29	23,01		
13	52T	163,6	152,75	163,47	10,72	1,21	4,45		
13	53T	162,4	152,75	162,29	9,54	1,15	3,32		
13	54T	162,2	152,75	162,11	9,36	0,96	3,29		
14	55T	170,12	152,75	169,71	16,96	2,42	3,96		6,24
14	56T	250,98	152,75	247,3	94,55	3,89			20,57
14	57T	248,49	152,75	244,9	92,15	3,90		20,75	
14	58T	248,55	152,75	244,84	92,09	4,03		19,14	
14	59T	242,56	152,75	239,09	86,34	4,02		20,26	
14	60T	172	152,75	171,46	18,71	2,89		6,41	
15	61T	218,33	152,75	216,11	63,36	3,50		3,55	16,09
15	62T	221,25	152,75	218,93	66,18	3,51			18,97
15	63T	226,54	152,75	223,97	71,22	3,61	18,505		
15	64T	227,28	152,75	224,66	71,91	3,64	8,88		
15	65T	182,19	152,75	181,37	28,62	2,87	16,275		
15	66T	227,2	152,75	224,7	71,95	3,47			
16	67T	223,94	152,75	221,42	68,67	3,67	3,90		16,35
16	68T	224,42	152,75	221,82	69,07	3,76			17,59
16	69T	229,57	152,75	226,62	73,87	3,99		18,635	
16	70T	232,52	152,75	229,52	76,77	3,91		19,92	
16	71T	238,16	152,75	234,83	82,08	4,06		20,64	
16	72T	239,21	152,75	235,87	83,12	4,02			

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - 28 DIAS									
Bloco	nº	Mu (g)	Mi (g)	Ms 1(g)	Ms-Mi (g)	umidade (%)	umidade média (%)	Espessura (mm)	
23	73T	246,52	152,75	243,11	90,36	3,77	3,46	23,40	
23	74T	243,75	152,75	240,36	87,61	3,87		23,51	
23	75T	243,97	152,75	240,59	87,84	3,85		22,83	
23	76T	165,79	152,75	165,54	12,79	1,95		5,89	
23	77T	261,37	152,75	257,89	105,14	3,31		27,93	
23	78T	258,11	152,75	254,22	101,47	3,83		26,92	
24	79T	168,36	152,75	168,1	15,35	1,69		2,86	5,55
24	80T	249,77	152,75	246,4	93,65	3,60			24,39
24	81T	168,98	152,75	168,65	15,9	2,08	5,09		
24	82T	181,19	152,75	180,46	27,71	2,63	10,96		
24	83T	263,72	152,75	259,86	107,11	3,60	28,13		
24	84T	254,16	152,75	250,67	97,92	3,56	26,46		
33	85T	187,4	153,75	186,53	32,78	2,65	2,98		7,76
33	86T	230,72	154,75	228,38	73,63	3,18			19,34
33	87T	178,45	155,75	177,92	22,17	2,39		6,04	
33	88T	229,08	156,75	226,95	70,2	3,03		19,49	
33	89T	227,43	157,75	225,3	67,55	3,15		16,63	
33	90T	230,49	158,75	228,1	69,35	3,45		21,03	
34	91T	232,7	152,75	230,6	77,85	2,70		2,79	19,82
34	92T	240,47	152,75	238,04	85,29	2,85			23,17
34	93T	226,33	152,75	224,34	71,59	2,78	17,19		
34	94T	232,13	152,75	230	77,25	2,76	18,05		
34	95T	228,81	152,75	226,81	74,06	2,70	18,63		
34	96T	229,48	152,75	227,36	74,61	2,84	18,98		
35	97T	231,91	152,75	229,61	76,86	2,99	2,86		18,70
35	98T	228,27	152,75	226,18	73,43	2,85			19,64
35	99T	225,14	152,75	223,12	70,37	2,87		18,25	
35	100T	221,46	152,75	219,58	66,83	2,81		15,11	
35	101T	229,04	152,75	226,85	74,1	2,96		19,76	
35	102T	227,19	152,75	225,17	72,42	2,79		20,37	
36	103T	245,07	152,75	242,19	89,44	3,22		3,12	25,11
36	104T	251,6	152,75	248,61	95,86	3,12			25,46
36	105T	241,81	152,75	239,11	86,36	3,13	21,58		
36	106T	249,09	152,75	246,19	93,44	3,10	24,64		
36	107T	243,54	152,75	240,8	88,05	3,11	22,92		
36	108T	243,84	152,75	241,18	88,43	3,01	23,13		
73	217T	250,66	152,75	247,19	94,44	3,67	3,82		22,61
73	218T	252,07	152,75	248,47	95,72	3,76			22,87
73	219T	261,16	152,75	257,13	104,38	3,86		25,34	
73	220T	259,19	152,75	255,14	102,39	3,96		25,03	
73	221T	269,9	152,75	265,48	112,73	3,92		26,68	
73	222T	271,32	152,75	266,91	114,16	3,86		26,82	
74	223T	251,87	152,75	248,3	95,55	3,74		3,73	22,37
74	224T	250,16	152,75	246,61	93,86	3,78			21,60
74	225T	252,48	152,75	248,94	96,19	3,68	23,49		
74	226T	248,75	152,75	245,29	92,54	3,74	20,76		
74	227T	254,86	152,75	251,18	98,43	3,74	22,69		
74	228T	250,26	152,75	246,75	94	3,73	20,87		
75	229T	264,77	152,75	260,58	107,83	3,89	3,96		25,605
75	230T	259,86	152,75	255,92	103,17	3,82			25,305
75	231T	274,27	152,75	269,49	116,74	4,09		27,485	
75	232T	266,91	152,75	262,42	109,67	4,09		26,44	
75	233T	279,7	152,75	274,75	122	4,06		28,895	
75	234T	276,5	152,75	271,84	119,09	3,91		28,435	
76	235T	239,16	152,75	236,27	83,52	3,46		3,44	20,015
76	236T	238,72	152,75	235,81	83,06	3,50			18,28
76	237T	238,62	152,75	235,75	83	3,46	19,035		
76	238T	231,67	152,75	229,06	76,31	3,42	17,82		
76	239T	230,29	152,75	227,83	75,08	3,28	16,125		
76	240T	231,24	152,75	228,7	75,95	3,34	16,985		
77	241T	253,73	152,75	250,26	97,51	3,56	3,55		23,145
77	242T	246,57	152,75	243,23	90,48	3,69			20,17
77	243T	243,49	152,75	240,4	87,65	3,53		22,015	
77	244T	252,63	152,75	249,18	96,43	3,58		22,065	
77	245T	243,53	152,75	240,51	87,76	3,44		21,885	
77	246T	245,74	152,75	242,68	89,93	3,40		18,885	
78	247T	235,11	152,75	232,37	79,62	3,44		3,46	19,23
78	248T	230,66	152,75	228,05	75,3	3,47			17,35
78	249T	232,85	152,75	230,09	77,34	3,57	19,20		
78	250T	232,79	152,75	221,4	68,65	3,48	14,78		
78	251T	235,35	152,75	232,58	79,83	3,47	18,83		
78	252								

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA AO CISALHAMENTO - 28 DIAS						
Bloco	nº	Mu (g)	Ms 1(g)	Umidade (%)	Umidade média (%)	Espessura (mm)
5	1C	119,4	114,62	4,17	4,15	26,00
5	2C	123	118,03	4,21		27,18
5	3C	122,6	117,58	4,27		26,66
5	4C	127,2	122,2	4,09		27,68
5	5C	118,9	114,2	4,12		26,42
5	6C	129,1	124,1	4,03	4,48	27,83
6	7C	136	130,09	4,54		25,19
6	8C	135,1	129,3	4,49		30,73
6	9C	135,1	129,19	4,57		30,63
6	10C	138,3	132,33	4,51		30,44
6	11C	136,8	131	4,43	30,60	
6	12C	135,1	129,52	4,31	29,87	
11	13C	101,74	97,86	3,96	3,94	23,75
11	14C	105,79	101,68	4,04		24,38
11	15C	95,52	91,93	3,91		22,17
11	16C	100,64	96,79	3,98		23,35
11	17C	89,31	85,97	3,89		21,02
11	18C	94,7	91,19	3,85	22,12	
12	19C	92,01	88,61	3,84	3,78	21,37
12	20C	92,1	88,64	3,90		21,01
12	21C	86,51	83,37	3,77		19,80
12	22C	87,04	84,05	3,56		19,89
12	23C	84,29	81,23	3,77		19,28
12	24C	84,08	80,95	3,87	18,86	
17	25C	86,45	83,17	3,94	3,85	19,59
17	26C	91,63	88,2	3,89		20,89
17	27C	80,7	77,68	3,89		18,08
17	28C	94,86	91,34	3,85		21,29
17	29C	78,26	75,49	3,67		17,71
17	30C	87,28	84,06	3,83	19,84	
18	31C	64,1	61,77	3,77	3,87	16,12
18	32C	69,87	67,3	3,82		16,58
18	33C	75,39	72,58	3,87		17,19
18	34C	76,67	73,87	3,79		17,95
18	35C	83,88	80,71	3,93		18,76
18	36C	84,17	80,92	4,02	19,72	
19	37C	95,45	92,24	3,48	3,48	24,395
19	38C	100,58	97,16	3,52		26,575
19	39C	93,41	90,23	3,52		25,255
19	40C	90,62	87,58	3,47		24,745
19	41C	91,65	88,59	3,45		25,09
19	42C	89,24	86,28	3,43	23,79	
20	43C	87,29	84,34	3,50	3,52	24,14
20	44C	96,34	93	3,59		26,765
20	45C	88,38	85,49	3,38		24,38
20	46C	97,82	94,41	3,61		27,39
20	47C	92,61	89,48	3,50		25,43
20	48C	100,52	97,06	3,56	27,325	
21	49C	93,04	90,08	3,29	3,71	22,72
21	50C	99,54	96,29	3,38		25,275
21	51C	103,07	99,7	3,38		26,55
21	52C	102,02	96,63	5,58		26,15
21	53C	106,9	103,49	3,30		27,305
21	54C	105,12	101,7	3,36	27,135	
22	55C	111,76	108,09	3,40	3,40	31,055
22	56C	122,65	118,54	3,47		33,825
22	57C	107,89	104,39	3,35		29,97
22	58C	114,45	110,62	3,46		32,35
22	59C	103,58	100,25	3,32		28,295
22	60C	112,41	108,7	3,41	31	
25	61C	87,53	85,12	2,83	2,92	22,84
25	62C	92,73	90,11	2,91		24,25
25	63C	89,55	87,05	2,87		23,80
25	64C	91,51	88,87	2,97		24,19
25	65C	89,75	87,2	2,92		23,57
25	66C	92,37	89,69	2,99	23,91	
26	67C	68,2	66,37	2,76	2,66	18,96
26	68C	63,25	61,61	2,66		17,905
26	69C	66,81	65,06	2,69		18,225
26	70C	60,25	58,75	2,55		17,025
26	71C	69,19	67,41	2,64		18,21
26	72C	58,83	57,32	2,63	16,08	

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA AO CISALHAMENTO - 28 DIAS						
Bloco	nº	Mu (g)	Ms 1(g)	Umidade (%)	Umidade média (%)	Espessura (mm)
27	73C	64,08	62,64	2,30	2,46	20,485
27	74C	71,4	69,71	2,42		22,045
27	75C	60,7	59,28	2,40		16,67
27	76C	76,71	74,59	2,84		23,37
27	77C	70,19	68,61	2,30		22,14
27	78C	77,65	75,77	2,48	2,82	22,965
28	79C	77,48	75,33	2,85		22,79
28	80C	82,42	80,18	2,79		23,53
28	81C	78,17	76,05	2,79		23,89
28	82C	76,97	74,85	2,83		22,045
28	83C	74,36	72,37	2,75	21,32	
28	84C	73,31	71,26	2,88	21,645	
29	85C	99,13	96,5	2,73	2,72	28,425
29	86C	102,42	99,66	2,77		29,425
29	87C	93,84	91,33	2,75		27,795
29	88C	99,02	96,32	2,80		28,95
29	89C	88,86	86,59	2,62		24,04
29	90C	93,55	91,14	2,64	26,915	
30	91C	84,73	82,65	2,52	2,49	25,78
30	92C	82,96	80,96	2,47		25,59
30	93C	78,4	76,41	2,60		23,85
30	94C	75,61	73,72	2,56		25,47
30	95C	73,87	72,18	2,34		24,30
30	96C	79,81	77,89	2,47	23,26	
31	97C	77,93	76,03	2,50	2,53	23,905
31	98C	75,09	73,31	2,43		22,93
31	99C	80,72	78,72	2,54		24,8
31	100C	78,85	76,91	2,52		23,525
31	101C	84,49	82,39	2,55		24,95
31	102C	78,36	76,33	2,66	23,51	
32	103C	85,88	83,54	2,80	2,83	26,135
32	104C	88,49	85,83	3,10		25,96
32	105C	87,65	85,28	2,78		26,325
32	106C	89,74	87,22	2,89		25,365
32	107C	90,49	88,11	2,70		26,78
32	108C	86,69	84,38	2,74	26,795	
79	217C	92,68	89,4	3,67	3,59	22,565
79	218C	80,67	78,21	3,15		19,675
79	219C	89,63	86,35	3,80		21,695
79	220C	79,14	76,37	3,63		19,27
79	221C	91,42	88,14	3,72		21,625
79	222C	79,79	77,05	3,56	19,155	
80	223C	104,32	100,48	3,82	3,84	25,015
80	224C	99,12	95,48	3,81		23,68
80	225C	107,91	103,8	3,96		25,615
80	226C	103,87	99,91	3,96		23,97
80	227C	106,96	103,26	3,58		26,22
80	228C	102,98	99,13	3,88	24,235	
81	229C	94,24	90,87	3,71	3,71	22,575
81	230C	89,33	86,18	3,66		21,72
81	231C	98,38	94,82	3,75		23,76
81	232C	90,54	87,3	3,71		22,36
81	233C	104,79	101,03	3,72		24,86
81	234C	97,96	94,43	3,74	23,585	
82	235C	75,26	72,6	3,66	3,65	19,11
82	236C	81,92	79,02	3,67		19,67
82	237C	76,78	74,08	3,64		18,685
82	238C	82,75	79,79	3,71		20,325
82	239C	80,55	77,72	3,64		19,595
82	240C	80,25	77,5	3,55	19,33	
83	241C	99,51	95,93	3,73	3,86	23,755
83	242C	105,84	101,91	3,86		24,605
83	243C	103,35	99,51	3,86		23,66
83	244C	109,37	105,23	3,93		25,76
83	245C	112,2	107,98	3,91		26,695
83	246C	112,04	107,86	3,88	26,76	
84	247C	108,19	104,14	3,89	3,78	27,305
84	248C	109,83	105,68	3,93		27,07
84	249C	102,06	98,33	3,79		25,585
84	250C	103,03	99,3	3,76		25,44
84	251C	95,24	91,82	3,72		23,795
84	252C	91,82	88,63	3,60	22,825	

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - 91 DIAS									RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO - 91 DIAS								
Bloco	nº	Mu (g)	Mi (g)	Ms 1(g)	Ms-Mi (g)	Umidade (%)	Umidade média (%)	Espessura (mm)	Bloco	nº	Mu (g)	Mi (g)	Ms 1(g)	Ms-Mi (g)	Umidade (%)	Umidade média (%)	Espessura (mm)
41	109T	209,61	152,75	208,32	55,57	2,32	2,16	10,66	52	163T	299,6	152,75	295,36	142,61	2,97	2,00	26,70
41	110T	207,54	152,75	206,34	53,59	2,24		9,24	52	164T	289,58	152,75	285,87	133,12	2,79		24,91
41	111T	211,75	152,75	210,4	57,65	2,34		11,01	52	165T	181,17	152,75	181,07	28,32	0,35		3,67
41	112T	209,76	152,75	208,42	55,67	2,41		11,72	52	166T	283,01	152,75	279,49	126,74	2,78		23,39
41	113T	235,64	152,75	234,18	81,43	1,79		13,02	52	167T	179,88	152,75	179,78	27,03	0,37		3,11
41	114T	234,38	152,75	232,9	80,15	1,85	2,40	12,72	52	168T	282,5	152,75	279,04	126,29	2,74	22,42	
42	115T	245,65	152,75	243,46	90,71	2,41		12,23	53	169T	256,8	152,75	254,09	101,34	2,67	19,59	
42	116T	239,94	152,75	237,9	85,15	2,40		12,11	53	170T	263,42	152,75	260,49	107,74	2,72	22,08	
42	117T	251,94	152,75	249,54	96,79	2,48		14,37	53	171T	264,32	152,75	261,42	108,67	2,67	23,01	
42	118T	229,45	152,75	227,86	75,11	2,12		13,05	53	172T	248,47	152,75	246,16	93,41	2,47	20,80	
42	119T	262	152,75	259,24	106,49	2,59	2,17	19,05	53	173T	253,45	152,75	250,98	98,23	2,51	19,04	
42	120T	255,1	152,75	252,69	99,94	2,41		19,83	53	174T	262,37	152,75	259,61	106,86	2,58	21,48	
43	121T	207	152,75	205,73	52,98	2,40		11,71	54	175T	228,46	152,75	226,31	73,56	2,92	16,16	
43	122T	211,01	152,75	209,73	56,98	2,25		10,39	54	176T	189,91	152,75	188,98	36,23	2,57	9,13	
43	123T	209,27	152,75	208	55,25	2,30		13,87	54	177T	228,58	152,75	226,45	73,7	2,89	16,92	
43	124T	206,25	152,75	205,21	52,46	1,98	1,95	10,82	54	178T	228,64	152,75	226,51	73,76	2,89	14,94	
43	125T	205,52	152,75	204,43	51,68	2,11		11,76	54	179T	238,85	152,75	236,93	84,18	2,28	15,95	
43	126T	207,83	152,75	206,75	54	2,00		10,96	54	180T	227,69	152,75	225,67	72,92	2,77	16,87	
44	127T	197,08	152,75	196,18	43,43	2,07		6,05	63	181T	228,86	152,75	226,94	74,19	2,59	18,79	
44	128T	180,27	152,75	179,86	27,11	1,51		6,37	63	182T	258,45	152,75	255,6	102,85	2,77	27,61	
44	129T	195,24	152,75	194,43	41,68	1,94	12,45	63	183T	204,19	152,75	203,17	50,42	2,02	13,87		
44	130T	201,08	152,75	200,08	47,33	2,11	10,57	63	184T	252,56	152,75	249,96	97,21	2,67	21,37		
44	131T	204,92	152,75	203,86	51,11	2,07	11,07	63	185T	250,66	152,75	248,15	95,4	2,63	26,25		
44	132T	204,99	152,75	203,97	51,22	1,99	14,37	63	186T	243,06	152,75	240,78	88,03	2,59	23,78		
45	133T	243,72	152,75	240,89	88,14	3,21	3,10	20,97	64	187T	244,64	152,75	241,89	89,14	3,09	21,92	
45	134T	242,61	152,75	239,79	87,04	3,24		20,01	64	188T	254,99	152,75	251,86	99,11	3,16	21,78	
45	135T	237,37	152,75	234,81	82,06	3,12		19,70	64	189T	235,9	152,75	233,41	80,66	3,09	20,68	
45	136T	239,79	152,75	237,14	84,39	3,14		18,87	64	190T	247,63	152,75	244,73	91,98	3,15	24,75	
45	137T	233,74	152,75	231,44	78,69	2,92		18,53	64	191T	237,19	152,75	234,77	82,02	2,95	21,16	
45	138T	231,05	152,75	228,78	76,03	2,99	2,19	17,97	64	192T	241,7	152,75	239,06	86,31	3,06	21,56	
46	139T	191,1	152,75	190,46	37,71	1,70		10,56	65	193T	191,52	152,75	190,78	38,03	1,95	9,31	
46	140T	212,66	152,75	211,45	58,7	2,06		13,245	65	194T	245,02	152,75	242,47	89,72	2,84	23,16	
46	141T	246,12	152,75	243,94	91,19	2,39		20,33	65	195T	212,6	152,75	211,23	58,48	2,34	15,05	
46	142T	245,17	152,75	243,01	90,26	2,39		20,22	65	196T	212,15	152,75	210,73	57,98	2,45	16,69	
46	143T	234,94	152,75	233,07	80,32	2,33	18,345	65	197T	240,1	152,75	237,8	85,05	2,70	22,92		
46	144T	229,06	152,75	227,38	74,63	2,25	19,275	65	198T	225,51	152,75	223,7	70,95	2,55	19,90		
47	145T	227,02	152,75	225,19	72,44	2,53	2,61	16,535	66	199T	253,41	152,75	250,36	97,61	3,12	21,91	
47	146T	228,51	152,75	226,62	73,87	2,56		17,575	66	200T	245	152,75	242,21	89,46	3,12	21,88	
47	147T	229,31	152,75	227,31	74,56	2,68		17,86	66	201T	230,7	152,75	228,5	75,75	2,90	18,40	
47	148T	238,17	152,75	235,89	83,14	2,74		19,75	66	202T	223,27	152,75	221,23	68,48	2,98	18,92	
47	149T	230,41	152,75	228,54	75,79	2,47		16,21	66	203T	242,07	152,75	239,62	86,87	2,82	22,51	
47	150T	236,27	152,75	234,11	81,36	2,65	18,31	66	204T	230,14	152,75	228,05	75,3	2,78	18,78		
48	151T	202,72	152,75	201,84	49,09	1,79	1,74	13,14	67	205T	235,9	152,75	233,72	80,97	2,69	19,70	
48	152T	270,89	152,75	268,12	115,37	2,40		27,69	67	206T	230,2	152,75	228,16	75,41	2,71	18,88	
48	153T	189,45	152,75	188,94	36,19	1,41		9,22	67	207T	220,38	152,75	218,66	65,91	2,61	18,74	
48	154T	186,73	152,75	186,32	33,57	1,22		8,47	67	208T	217,05	152,75	215,5	62,75	2,47	20,47	
48	155T	188,42	152,75	187,96	35,21	1,31		10,5	67	209T	235,03	152,75	232,9	80,15	2,66	19,13	
48	156T	268,01	152,75	265,39	112,64	2,33	26,08	67	210T	218,1	152,75	216,51	63,76	2,49	14,86		
51	157T	226,02	152,75	223,91	71,16	2,97	2,36	15,89	68	211T	222,72	152,75	221,14	68,39	2,31	17,42	
51	158T	222,02	152,75	220,07	67,32	2,90		15,81	68	212T	188,28	152,75	187,69	34,94	1,69	8,90	
51	159T	162,27	152,75	162,22	9,47	0,53		3,27	68	213T	228,72	152,75	226,87	74,12	2,50	19,34	
51	160T	176,16	152,75	175,77	23,02	1,69		4,24	68	214T	229,52	152,75	227,61	74,86	2,55	20,12	
51	161T	242,65	152,75	239,99	87,24	3,05		22,20	68	215T	240,37	152,75	238,1	85,35	2,66	22,86	
51	162T	244,08	152,75	241,41	88,66	3,01	20,10	68	216T	238,42	152,75	236,26	83,51	2,59	21,60		

RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA AO CISALHAMENTO - 91 DIAS							RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA AO CISALHAMENTO - 91 DIAS						
Bloco	nº	Mu (g)	Ms 1(g)	Umidade (%)	Umidade média (%)	Espessura (mm)	Bloco	nº	Mu (g)	Ms 1(g)	Umidade (%)	Umidade média (%)	Espessura (mm)
37	109C	114,22	110,35	3,51	3,49	26,53	58	163C	86,28	83,62	3,18	3,29	22,76
37	110C	114,19	110,36	3,47		27,29	58	164C	85,22	82,55	3,23		22,45
37	111C	119,29	115,28	3,48		27,66	58	165C	93,89	90,87	3,32		24,41
37	112C	122,54	118,42	3,48		28,01	58	166C	93,51	90,45	3,38		23,72
37	113C	117,67	113,78	3,42		27,40	58	167C	104,21	100,91	3,27		26,10
37	114C	119,38	115,26	3,57		27,74	58	168C	100,29	97,06	3,33		25,04
38	115C	90,03	86,95	3,54	3,38	20,56	59	169C	89,54	86,96	2,97	2,90	25,31
38	116C	91,14	88,18	3,36			59	170C	101,18	98,21	3,02		26,98
38	117C	90,87	87,91	3,37		21,17	59	171C	84,33	82,04	2,79		24,34
38	118C	92,68	89,7	3,32		21,56	59	172C	96,3	93,5	2,99		25,99
38	119C	95,06	92	3,33			59	173C	84,61	82,33	2,77		23,73
38	120C	89,62	86,72	3,34			59	174C	89,34	86,85	2,87		25,41
39	121C	112,93	109,98	2,68	2,61	28,65	60	175C	85,69	83,17	3,03	3,07	21,89
39	122C	107,59	104,91	2,55		27,73	60	176C	98,59	95,59	3,14		24,92
39	123C	105,42	102,81	2,54		26,93	60	177C	89,34	86,69	3,06		22,95
39	124C	103,05	100,37	2,67		26,28	60	178C	99,2	96,2	3,12		25,45
39	125C	105,43	102,71	2,65		26,98	60	179C	89,4	86,79	3,01		23,60
39	126C	99,84	97,35	2,56		25,86	60	180C	95,88	93,04	3,05		24,41
40	127C	100,28	96,82	3,57	3,53	24,02	61	181C	92,25	89,45	3,13	3,08	25,62
40	128C	99,67	96,21	3,60		23,17	61	182C	96,33	93,28	3,27		24,87
40	129C	100,21	96,77	3,55		23,23	61	183C	87,15	84,6	3,01		23,73
40	130C	97,16	93,85	3,53		22,89	61	184C	84,79	82,19	3,16		24,02
40	131C	98,76	95,49	3,42		23,56	61	185C	84,26	81,85	2,94		23,96
40	132C	92,88	89,75	3,49		22,16	61	186C	84,95	82,5	2,97		23,23
49	133C	76,73	74,24	3,35	3,33	15,77	62	187C	87,56	84,75	3,32	3,21	23,90
49	134C	81,9	79,25	3,34		18,68	62	188C	85,63	82,87	3,33		25,15
49	135C	86,26	83,47	3,34		20,37	62	189C	91,42	88,37	3,45		25,76
49	136C	88,52	85,64	3,36		20,35	62	190C	94,44	92,31	2,31		25,70
49	137C	88,96	86,13	3,29		20,91	62	191C	97,05	93,8	3,46		27,12
49	138C	90,16	87,29	3,29		20,69	62	192C	95,45	92,31	3,40		26,98
50	139C	101,52	98,03	3,56	3,56	167,00	69	193C	92,05	89,06	3,36	3,48	22,89
50	140C	94	90,69	3,65		161,00	69	194C	101,49	98,08	3,48		24,41
50	141C	102,7	99,17	3,56		188,00	69	195C	87,57	84,64	3,46		19,69
50	142C	96,24	92,94	3,55		187,00	69	196C	100,12	96,56	3,69		25,04
50	143C	103,9	100,39	3,50		152,00	69	197C	93,22	90,12	3,44		22,79
50	144C	101,43	97,98	3,52		191,00	69	198C	100,68	97,31	3,46		24,05
55	145C	89,63	86,7	3,38	3,24	23,56	70	199C	84,31	82,03	2,78	2,86	22,52
55	146C	87,03	84,28	3,26		21,97	70	200C	89,81	87,3	2,88		21,90
55	147C	88,29	85,55	3,20		21,46	70	201C	83,83	81,48	2,88		19,27
55	148C	84,6	81,99	3,18		21,63	70	202C	87,05	84,6	2,90		22,63
55	149C	93,21	90,27	3,26		23,88	70	203C	90,1	87,64	2,81		21,82
55	150C	86,09	83,47	3,14		22,20	70	204C	89,63	87,09	2,92		23,40
56	151C	89,47	86,73	3,16	3,24	24,32	71	205C	96,9	94,26	2,80	2,71	27,91
56	152C	88,76	85,95	3,27		23,69	71	206C	93,07	90,54	2,79		24,53
56	153C	91,6	88,77	3,19		25,46	71	207C	83,8	81,61	2,68		21,39
56	154C	89,69	86,74	3,40		24,80	71	208C	76,52	74,58	2,60		20,14
56	155C	92,87	89,96	3,23		26,30	71	209C	84,91	82,68	2,70		23,45
56	156C	89,45	86,68	3,20		23,61	71	210C	79,97	77,9	2,66		21,76
57	157C	99,38	96,44	3,05	3,10	26,98	72	211C	79,08	77,07	2,61	2,72	21,23
57	158C	103,06	99,9	3,16		28,20	72	212C	78,96	76,87	2,72		20,51
57	159C	98,36	95,48	3,02		27,01	72	213C	78,62	76,5	2,77		19,37
57	160C	106,44	103,15	3,19		29,47	72	214C	71,67	69,75	2,75		15,90
57	161C	105,69	102,6	3,01		28,74	72	215C	84,7	82,42	2,77		21,93
57	162C	110,92	107,51	3,17		31,27	72	216C	85,21	82,95	2,72		22,13