



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
Curso Superior de Tecnologia em Construção de Edifícios

KEILIANE MONTEL DA SILVA
YAN OLIVEIRA CABRAL

INFLUÊNCIA DA ABSORÇÃO DE ÁGUA INICIAL DE BLOCOS
CERÂMICOS NA ANCORAGEM DE ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTO COM ADITIVOS TENSOATIVOS

Palmas, TO
2014

KEILIANE MONTEL DA SILVA
YAN OLIVEIRA CABRAL

INFLUÊNCIA DA ABSORÇÃO DE ÁGUA INICIAL DE BLOCOS
CERÂMICOS NA ANCORAGEM DE ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTO COM ADITIVOS TENSOATIVOS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do Título de Tecnólogo do Curso
Superior de Tecnologia em Construção de
Edifícios, do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins.

Orientador: Dr. Moacyr Salles Neto
Co-orientador: Dr. Flávio Roldão de
Carvalho Lelis

Palmas, TO
2014

KEILIANE MONTEL DA SILVA
YAN OLIVEIRA CABRAL

INFLUÊNCIA DA ABSORÇÃO DE ÁGUA INICIAL DE BLOCOS
CERÂMICOS NA ANCORAGEM DE ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTO COM ADITIVOS TENSOATIVOS

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado e aprovado como cumprimento às exigências legais do currículo do Curso Superior de Tecnologia em Construção de Edifícios pela Coordenação da Área de Construção Civil no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – Campus Palmas.

Palmas, 26 de Fevereiro de 2014.

Prof. Me. Elen Oliveira Vianna
Supervisora do Trabalho de Conclusão de Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Moacyr Salles Neto
Orientador

Prof. Dr. Flávio Roldão de Carvalho Leis
Co-Orientador

Prof. Me. Adriano dos Guimarães de Carvalho
Membro de Banca Examinadora

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela sabedoria e força que me foi concedida para continuar em busca de meus objetivos.

Aos meus pais José e Genilda, a paciência, compreensão, apoio, carinho e amor que me proporcionaram e por nunca terem deixado faltar nada.

À minha irmã Karen pela ajuda, paciência e dedicação.

Ao meu amado Felipe pela atenção, apoio e paciência nesses últimos meses.

A todos os meus amigos, pela compreensão de tantas faltas por mim cometidas.

Ao meu companheiro neste trabalho, Yan Oliveira, com quem tive a honra de estudar e desenvolver este projeto.

Aos meus colegas de curso e estudo Allan Eduardo Rodrigues e especialmente a Michelly Silva Menezes pela contribuição prestada durante o desenvolvimento deste trabalho, a fim de tranquilizar e apoiar a continuar nesses muitos momentos.

Ao Profº Dr. Moacyr Salles Neto pela orientação e incentivo durante todos os anos de curso, em especial o último.

A todos os professores pelo conhecimento e incentivo ao longo de todo curso.

E por fim a todos que estiveram em minha companhia durante os últimos três anos os meus sinceros e breves agradecimentos, pelo apoio e dedicação prestada.

AGRADECIMENTOS

Á Deus, por ter me dado força, sabedoria e coragem para lutar sempre pelos meus sonhos.

Aos meus pais Jaime e Zennete, a minha alegria de viver, pelo amor e apoio que sempre me deram.

Aos meus padrinhos Nelson e Marizete que me abrigaram nessa jornada acadêmica.

À minha tia Zildete por sempre ter me apoiado nos momentos mais precisos e por sempre ter acreditado na minha capacidade.

Á minha parceira neste projeto, Keiliane Montel, com quem tive a honra de estudar e desenvolver este trabalho.

Á minha colega de curso e amiga, Michelly Silva Menezes que contribuiu inteiramente no desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos de faculdade, por me ajudarem nos momentos de dúvida e por me darem força para seguir em frente.

À professora Liliane Guimarães, com quem tive o imenso prazer de desenvolver uma pesquisa de iniciação científica. É um exemplo pra mim e todos do IFTO – Campus Palmas.

Ao Profº Dr. Moacyr Salles Neto, nesses anos de curso, pela orientação e incentivo.

A todos, meus breves e sinceros agradecimentos, porque ninguém alcança o sucesso sozinho.

RESUMO

A fim de se obter um desempenho aceitável na alvenaria de fechamento empregada na maioria das construções, faz-se necessário a utilização de uma ancoragem adequada entre a argamassa de revestimento e o substrato.

Essa ancoragem está relacionada, dentre outros fatores, com a absorção de água inicial (AAI) e a retenção de água da argamassa utilizada, dessa forma a melhor relação entre estes dois índices possibilita uma melhor aderência entre base e substrato. No contrário, a utilização de substratos que contém a AAI elevada juntamente com argamassas de baixa retenção de água, tornará frequente a ocorrência de não conformidades, como o desprendimento do revestimento.

Um dos principais fatores intervenientes no mecanismo de aderência bloco/argamassa é a absorção de água inicial. Buscando identificar e quantificar esta propriedade nos blocos cerâmicos de Palmas (TO), foram testadas 5 (cinco) marcas. Cada marca foi dividida em três categorias relacionadas com a técnica de preparação da superfície para o revestimento, a saber: blocos secos, blocos superficialmente úmidos e blocos saturados. Esse procedimento experimental teve início com a caracterização dos blocos, em seguida a caracterização da argamassa, revestimento dos blocos e, finalmente, a resistência de aderência à tração. Após a caracterização dos blocos cerâmicos e a elaboração da argamassa, os mesmos foram revestidos, desenformados, curados e submetidos ao ensaio final após 28 dias à sua moldagem.

Mediante o estudo em questão foi possível observar que o desempenho adquirido pelo sistema revestimento/substrato é influenciado pela técnica escolhida de preparação da superfície, definida pelo estudo do bloco utilizado. Em concordância com outros autores as resistências de aderência à tração obtiveram um melhor desempenho nos substratos secos.

Palavras-chave: aderência, absorção de água inicial, retenção de água.

ABSTRACT

In order to achieve acceptable performance in the masonry sealing employed in most buildings, it is necessary to use a suitable anchorage mortar between the coating and the substrate.

This anchorage is related , among other factors , with the initial water absorption (AAI) and water retention of the mortar used , thus the best compromise between these two indices provides better adhesion between the base and the substrate. In contrast, the use of substrates containing AAI mortar with high low water retention, become frequent occurrence of nonconformities such as detachment of the coating.

One of the main factors involved in adhesion block / mortar mechanism is the initial water absorption. Seeking to identify and quantify this property in ceramic blocks Palmas (TO), were tested five (5) marks. Each brand has been divided into three categories related to the technique of surface preparation for coating, namely: dry blocks, blocks superficially damp and saturated blocks. This experimental procedure started with the characterization of the blocks, then the characterization of the mortar, coat the blocks and, finally, the tensile bond strength. Following the characterization of ceramic bricks and mortar preparation, they were coated, uninformed, healed and undergoing final testing after 28 days of its molding.

Through the present study it was observed that the performance obtained by the coating / substrate system is influenced by the chosen technique of surface preparation, defined by the study of block used. In agreement with other authors resistances adhesion traction grip got better performance on dry substrates.

Keywords: adherence, initial water absorption, water retention.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Não conformidades relacionadas à deficiência da ancoragem de argamassas.....	15
Figura 2 – Argamassa de revestimento em diferentes camadas.....	16
Figura 3 – Implicações dos diferentes movimentos da argamassa e substrato.	18
Figura 4 – Pontos de leitura para determinação das dimensões efetivas	23
Figura 5 – Determinação do desvio em relação ao esquadro de blocos cerâmicos de vedação.....	24
Figura 6 – Determinação da planeza das faces de blocos cerâmicos de vedação ...	25
Figura 7 – Ensaio de Absorção de Água.....	26
Figura 8 – Ensaio de absorção de água inicial.....	27
Figura 9 – Moldes prismáticos na mesa de adensamento	35
Figura 10 – Revestimento dos blocos com espessura de 3 cm	36
Figura 11 – Furos sobre o revestimento.....	37
Figura 12 – Ensaio de arrancamento do revestimento	38
Figura 13 - Formas de ruptura no arrancamento para um sistema de revestimento sem chapisco	38
Figura 14 – Índice de marcas reprovadas quanto às dimensões efetivas	39
Figura 15 – Reprovação dos blocos em relação ao desvio em relação ao esquadro	40
Figura 16 – Percentual de reprovação quanto à planeza das faces.....	41
Figura 17 - Determinação das características de absorção de água dos blocos cerâmicos empregados	42
Figura 18 – Distribuição Granulométrica	44
Figura 19 – Resistência de aderência x teor de umidade na superfície dos blocos ..	47
Figura 20 – Desprendimento do revestimento x teor de umidade no substrato	48
Figura 21 – Resistência média de aderência à tração x Absorção de água.....	49
Figura 22 – Resistência média de aderência à tração x absorção de água inicial	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores da força de adesão encontrados por KAMPF (1961) para diferentes tipos de argamassa, independentemente da natureza do substrato.	17
Tabela 2 – Limites de resistência de aderência à tração para emboço e camada única aplicados sobre paredes.....	20
Tabela 3 – Aprovação das Cerâmicas em relação à caracterização dos blocos.....	42
Tabela 4 – Composição Granulométrica	43
Tabela 5 – Determinação da Massa Unitária	45
Tabela 6 – Resistência à compressão da argamassa	46

LISTA DE SÍMBOLOS

g	gramas
cm ²	centímetros quadrado
min	minuto
%	por cento/porcentagem
a/c	relação água cimento
N	Newton
A	Área
mm ²	Milímetros quadrados
MPa	Mega Pascal

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	PROBLEMA.....	13
3	OBJETIVOS	14
3.1	OBJETIVO GERAL	14
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
4	JUSTIFICATIVA	15
5	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
5.1	ARGAMASSA DE REVESTIMENTO	16
5.2	MECANISMO DE ADERÊNCIA ARGAMASSA/SUBSTRATO.....	17
5.3	AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA À TRAÇÃO.....	19
5.4	PROPRIEDADES DOS SUBSTRATOS INTERVENIENTES NA ADERÊNCIA	20
5.4.1	Capilaridade do substrato e porosidade	20
5.4.2	Capacidade de sucção de água.....	21
5.4.3	Efeitos da molhagem do substrato.....	21
5.5	ADITIVO TENSOATIVO.....	21
6	PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	23
6.1	CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS CERÂMICOS.....	23
6.1.1	Determinação da Medida das Faces – Dimensões Efetivas	23
6.1.2	Determinação do Desvio em Relação ao Esquadro	24
6.1.3	Determinação da Planeza das Faces	25
6.1.4	Determinação da Massa Seca e o Índice de Absorção de Água	25
6.1.5	Determinação do Índice de Absorção Inicial	26
6.2	CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO	27
6.2.1	Determinação da Composição Granulométrica	28
6.2.2	Determinação da Massa Específica de Agregados Miúdos por meio do Frasco de Chapman	29
6.2.3	Agregado em Estado Solto: Determinação da Massa Unitária	29
6.2.4	Determinação do Teor de Materiais Pulverulentos	30
6.2.5	Determinação do Teor de Argila em Torrões e Materiais Friáveis	31
6.3	CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA	32
6.3.1	Preparo da Mistura e Determinação do Índice de Consistência	32
6.3.2	Determinação da Retenção de Água	33

6.3.3	Determinação da Resistência à Compressão	34
6.4	CARACTERIZAÇÃO DO REVESTIMENTO	35
6.4.1	Determinação da Resistência de Aderência à Tração	36
7	RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
7.1	ÍNDICES GEOMÉTRICOS E FÍSICOS DOS BLOCOS CERÂMICOS	39
7.1.1	Características Geométricas.....	39
7.1.2	Índice de Absorção de Água x Absorção de Água inicial	41
7.2	CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO	43
7.2.1	Composição Granulométrica.....	43
7.2.2	Massa Específica.....	44
7.2.3	Massa Unitária	44
7.2.4	Teor de Materiais Pulverulentos	45
7.2.5	Teor de Argila em Torrões e Materiais Friáveis	45
7.3	CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA	45
7.3.1	Índice de Consistência.....	45
7.3.2	Retenção de Água	46
7.3.3	Resistência à Compressão	46
7.4	MECANISMO DE ADERÊNCIA ARGAMASSA SUBSTRATO	47
7.5	ANÁLISE COMPARATIVA DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA ENTRE OS REVESTIMENTOS DE CAL E ADITIVO TENSOATIVO	51
8	CONCLUSÃO	52
9	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	53
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
	APÊNDICE	57

1 INTRODUÇÃO

Internacionalmente, o interesse pelo estudo da aderência entre a argamassa e as unidades de alvenaria já é muito antigo. Há trabalhos de 1832 e 1909 (de Shaw e Baker, respectivamente) citados por CARASEK (1997), que tratam empiricamente do assunto, advertindo sobre o umedecimento de tijolos com alta absorção de água inicial (AAI) pouco antes do assentamento para garantir a boa aderência.

Nesta questão um problema relevante à conjuntura atual da engenharia é a aderência da argamassa de revestimento e os blocos cerâmicos de vedação. Linhas de pesquisa de CANDIA (1998) e SACRTEZINI (2002) apontam que a resistência à tração, essencialmente mecânica, promovida pela aderência da argamassa ao substrato é influenciada pelo método de execução, propriedades dos materiais e pelas trocas de umidade.

Pesquisadores como CARASEK (1996) e LEAL (2003) relacionaram fatores intervenientes do processo de aderência bloco/argamassa e assim como SARETOK (1977) chegaram a conclusão de que um dos intervenientes na aderência da argamassa ao bloco cerâmico é a elevada absorção de água inicial do substrato confrontante com a retenção de água da argamassa.

Estudos já desenvolvidos na caracterização de materiais cerâmicos do Tocantins identificaram uma elevada absorção de água inicial dos blocos cerâmicos comercializados na região de Palmas (SALLES NETO, 2010; MAGALHÃES, 2009; SALLES NETO, LELIS e ARAÚJO, 2004; SALLES NETO, ARAÚJO e LELIS, 2003).

Este fato, aliado à adoção de traços inadequados de argamassas, com retenções de água inferiores a 80%, assim como de técnicas construtivas questionáveis tem aumentado, sobremaneira, a incidência de manifestações patológicas em painéis de alvenaria.

Tendo em vista o fato elencado anteriormente, este trabalho aborda de modo experimental o comprometimento da resistência de aderência à tração de blocos cerâmicos comercializados no Estado do Tocantins com diferentes faixas de absorção de água inicial e teores de umidade, dividindo-os em amostras secas, úmidas e saturadas.

2 PROBLEMA

Ao serem realizados ensaios conforme a NBR 15270-3 (ABNT, 2005a) com blocos cerâmicos de vedação, comercializados na região de Palmas – Tocantins – detectou-se que os mesmos frequentemente, chegam ao consumidor com uma absorção de água inicial (AAI) superior a $(30\text{g}/193,55\text{cm}^2)/\text{min}$. Quanto aos blocos que apresentarem AAI superiores ao valor especificado, a norma regulamenta que, para que possam ter um bom desempenho, os mesmos devem ser umedecidos antes de serem assentados. Ainda de acordo com a NBR 15270-3, esse ensaio não se faz necessário a fim de se determinar a conformidade dos blocos, sendo rara a prescrição e execução do mesmo.

É de conhecimento que as empresas do ramo construtivo no Estado do Tocantins fazem a aplicação da argamassa no substrato seco. Acrescido a isso, empregam em suas obras traços empíricos, nos quais são apresentadas taxas de retenção de água inferiores a 80%, não obedecendo nem mesmo o valor mínimo estabelecido pela NBR 13281 (ABNT, 2001).

Sendo assim, fez-se necessário um estudo mais focado quanto à resistência de aderência dos blocos de vedação comercializados no Estado do Tocantins, particularizando a oferta no município de Palmas, visto que, é de conhecimento que a qualidade dos mesmos sofre interferência quanto a falta de rigor na fiscalização da produção no setor de cerâmica; o processo de produção; a qualidade da matéria-prima usada; a localização e o transporte.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral é analisar o desempenho do sistema de revestimento em argamassa com vistas à resistência de aderência e estabelecer análise comparativa em relação ao emprego de cal hidratada ou aditivo tensoativo nesta composição.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar a variação da resistência de aderência à tração com o teor de umidade do substrato cerâmico.
- Analisar a variação de comportamento do fenômeno, em comparação com estudos já desenvolvidos empregando-se argamassas mistas de cimento, cal e areia.

4 JUSTIFICATIVA

A ancoragem de argamassas está relacionada com a absorção de água inicial (AAI) e a retenção de água da argamassa utilizada. Sendo assim, a frequente aplicação de substratos que contém a AAI elevada juntamente com argamassas de baixa retenção de água ocasionam não conformidades, como ilustrado na Figura 1.

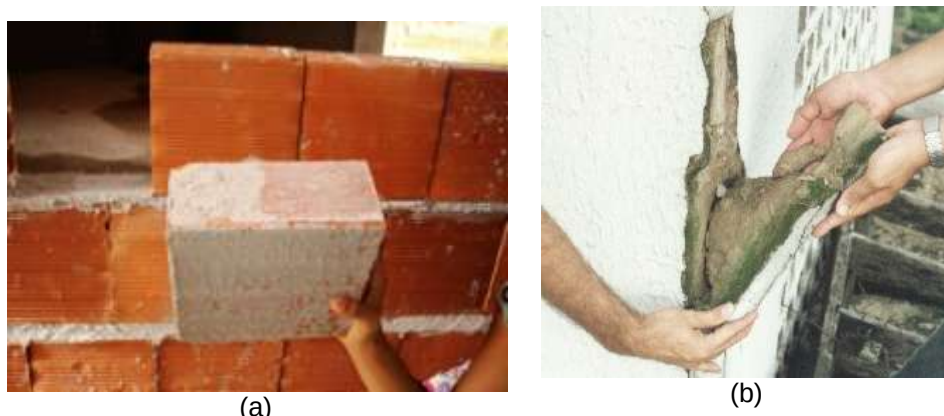


Figura 1 – Não conformidades relacionadas à deficiência da ancoragem de argamassas
(a) Falha de aderência na argamassa de assentamento e de (b) revestimento
Fonte: SALLES NETO, 2013

Do exposto, o presente estudo tem como finalidade a avaliação do comprometimento da resistência de aderência à tração da argamassa ao substrato assim como comparar a variação de resistência de aderência à tração entre a argamassa preparada com cal, cimento e areia com argamassa confeccionada com aditivo, cimento e areia. Quanto à utilização de aditivo, fará a opção por aquele que oferecer maior disponibilidade na região-alvo, município de Palmas (TO).

Ao fim desse estudo, espera-se que as informações contidas corroborem com a praxis da Cadeia Produtiva da Construção Civil no Estado do Tocantins, a fim de ampliar a performance dos sistemas construtivos que utilizam argamassa de base cimentícia, minimizando os custos, frente à necessidade de reparos, aprimorando e agregando valor aos empreendimentos.

Somam-se ao exposto, os poucos estudos que tratam dessa temática, tornando-o ainda mais essencial para se adentrar aos elementos intervenientes que contém relação direta com a aderência da argamassa ao substrato.

5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo aborda a revisão da literatura referente às argamassas de revestimento, aditivos tensoativos e o processo de aderência aos blocos cerâmicos. Serão discutidos a seguir os aspectos mais relevantes sobre o assunto.

5.1 ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

A NBR 13529 (ABNT, 1995) define o revestimento de argamassa como sendo o cobrimento de uma superfície com camada(s) de argamassa(s), capaz de receber acabamento decorativo ou constituir-se em acabamento final (ABNT, 2005e). Esse sistema deve ser compatível com o substrato e com as condições de exposição em que se encontra e, dessa forma, desempenhar as finalidades previstas em projeto. As camadas que vem a constituir esse revestimento são comumente duas ou três. A última é a mais recomendada e sua composição está descrita na Figura 2, a seguir.



Figura 2 – Argamassa de revestimento em diferentes camadas.
Fonte: Adaptado de BENEVENTI, 2013

Os revestimentos, em geral, têm como finalidade proteger a edificação através do aumento da resistência a impactos, boa aparência, redução de problemas com pintura de acabamento, melhoria do conforto acústico e menor capacidade de absorção de águas da chuva.

5.2 MECANISMO DE ADERÊNCIA ARGAMASSA/SUBSTRATO

Para entender os mecanismos de união argamassa/substrato é preciso levar em conta que a aderência ocorre tanto nas argamassas frescas, conhecida como adesão inicial, como no estado endurecido, chamada de aderência propriamente dita.

A adesão inicial é a união momentânea da argamassa no estado plástico ao substrato. Também denominada “pegajosidade”, está diretamente ligada às características reológicas da pasta aglomerante, sendo a baixa tensão superficial da pasta a responsável pela adesão física ao substrato e aos grãos do agregado (CARASEK (1996) *apud* ROSELLO, 1976).

A ocorrência de falhas nessa propriedade, nos primeiros minutos, pode levar a deslocamentos e/ou escorrimientos da argamassa recém-lançada. Para evitar que isto ocorra deve-se reduzir a tensão superficial da pasta aglomerante favorecendo a molhagem da base, que reduzirá o ângulo de contato entre as superfícies. Esse procedimento pode ser realizado com a adição de cal e aditivos tensoativos e retentores de água.

Os estudos de KAMPF (1961), que apontam a adesão inicial como uma das seis propriedades que controlam a trabalhabilidade das argamassas, mostram o aumento da força de adesão quando se diminui a tensão superficial.

Vale ressaltar que este estudo, cujos resultados estão reproduzidos na Tabela 1, não se relaciona com a aderência da argamassa no estado endurecido.

Tabela 1 - Valores da força de adesão encontrados por KAMPF (1961) para diferentes tipos de argamassa, independentemente da natureza do substrato.

Traço (em volume)	Composição da argamassa	a/c	Teor de ar (%)	Flow Table (%)	Força de adesão (N)
1:6	Cimento:areia	1,00	7	106	0,026
1:1:6	Cim.:cal:areia	1,20	4	109	0,031
1:3	Cim.:alv.:areia	0,60	16	108	0,039
1:6	Cim.+1%adit.:areia	0,76	25	103	0,046

Fonte: CARASEK, 1996.

Dos dados apresentados na tabela anterior observa-se que quando há o acréscimo de cal ou aditivo a força de adesão da argamassa aumenta.

Quanto à aderência mecânica, tem-se que esta é a propriedade do revestimento manter-se fixo ao substrato através de resistências a tensões normais e tangenciais que surgem na interface base-argamassa (NETO, 2011). Esse fenômeno ocorre devido à penetração da pasta aglomerante ou da própria argamassa nos poros ou entre as rugosidades da base de aplicação, e à precipitação dos produtos de hidratação do(s) aglomerante(s) exercendo ação de ancoragem da argamassa à base após a cura.

Esta propriedade das argamassas na fase endurecida depende basicamente das propriedades da argamassa no estado fresco; dos procedimentos de execução do revestimento; e da natureza e características da base e da sua limpeza superficial. E, de acordo CARASEK (1996), deriva da conjunção de três propriedades da interface da pasta-substrato: resistência de aderência à tração, ao cisalhamento e a extensão de aderência.

Quando a resistência de aderência ao cisalhamento é baixa, o espaçamento entre fissuras é aumentado, com riscos de deslocamento do revestimento. Dessa forma a durabilidade da aderência é garantida quando se iguala a resistência de aderência ao cisalhamento à resistência de aderência à tração da argamassa, diminuindo o espaçamento entre fissuras. Um dos fatores que afetam esta durabilidade é o movimento diferencial entre revestimento e substrato ilustrados na Figura 3.

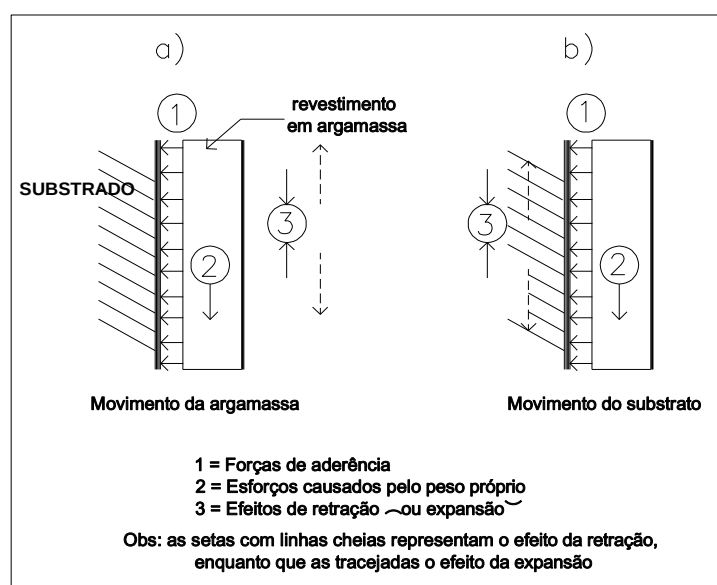


Figura 3 – Implicações dos diferentes movimentos da argamassa e substrato.
Fonte: Adaptado de CARASEK (1996) *apud* ADDLESON, 1992.

Se as forças de aderência (1) forem superiores a soma das forças do peso próprio (2) e da retração (3) a aderência será mantida, no entanto se a soma superar a resistência de aderência se terá a perda de durabilidade do revestimento.

A extensão de aderência também é um fator muito importante e que deve ser considerado. Essa extensão é a medida que corresponde à razão entre a área de contato efetivo e a área total possível de ser unida entre a argamassa e uma base porosa. E é inversamente proporcional a ocorrência de falhas de contato na interface argamassa substrato. Assim quanto menor a extensão maior é a ocorrência de falhas.

5.3 AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA À TRAÇÃO

Em função das falhas existentes na microestrutura, a resistência à tração de materiais cerâmicos varia de forma considerável. Desse modo, a avaliação de aderência é realizada a partir de ensaios onde a interface entre a argamassa e o substrato é submetida a esforços de tração ou cisalhamento, onde os valores obtidos pela resistência à estas solicitações suportadas pelos corpos de prova com cortes transversais no revestimento, indica a que tipo de esforço está sendo solicitado (SELMO, 1989).

Quando um revestimento é submetido a esforço normal de tração, o mesmo apresenta uma máxima tensão conhecida como resistência de aderência à tração. Esse esforço pode ser medido com o auxílio de equipamento de tração, pastilhas, dispositivo de corte e material colante consistindo na imposição de um esforço de tração perpendicular ao revestimento.

A norma para revestimentos de paredes e tetos com argamassas inorgânicas especifica níveis mínimos de resistência da aderência à tração, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 – Limites de resistência de aderência à tração para emboço e camada única aplicados sobre paredes

LOCAL		ACABAMENTO	RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA (MPa)
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,20$
		Cerâmica ou laminado	$\geq 0,30$
	Externa	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,30$
		Cerâmica	$\geq 0,30$

Fonte: NBR 13749 (ABNT, 1996)

As resistências de aderência à tração obtidas nesse trabalho deverão ser compatíveis com os valores expostos na Tabela 2. Esse parâmetro garante o bom desempenho no mecanismo de aderência argamassa/substrato.

5.4 PROPRIEDADES DOS SUBSTRATOS INTERVENIENTES NA ADERÊNCIA

Especificamente na aderência entre argamassas e substratos porosos, CARASEK (1996) *apud* HOUWINK e SALOMON (1973), relata que a base é um grande fator de influência nesse processo, uma vez que a aderência ocorre por fenômenos mecânicos. As características da alvenaria mais intervenientes são a porosidade e a capacidade de sucção da água.

5.4.1 Capilaridade do substrato e porosidade

Os materiais porosos são descritos pelas propriedades de porosidade, distribuição do tamanho dos poros (variável com o tipo de material) e a área específica. Todas estas características enumeradas influenciarão na capilaridade que a unidade de alvenaria irá apresentar que por sua vez atuará no mecanismo de aderência através de sua capacidade de succionar a água. Um bloco cerâmico apresenta porosidade total em torno de 20 a 30% (WHITELEY *et al.*, 1977; MAAGE, 1984) e esta característica é importante tanto na aderência argamassa/substrato quanto para garantir a secagem da unidade de infiltração (MACIEL, BARROS e SABBATINI, 1998).

5.4.2 Capacidade de sucção de água

A aderência se dá pelo movimento da água contida na argamassa em direção ao substrato, através de sucção capilar. Dessa forma a velocidade com que essa sucção ocorre é experimentalmente mais importante que a quantidade total de água que um bloco cerâmico pode absorver quando mergulhado por um longo tempo.

Para se medir este fenômeno utiliza-se o ensaio de absorção inicial (AAI), descrito na NBR 15270-3, que consiste em determinar a quantidade de água absorvida por uma face do tijolo após a mesma ter ficado submersa em água durante um minuto. Os valores obtidos para a taxa inicial de sucção variam em função das diferentes bases porosas e podem ser afetados de acordo a temperatura do forno na manufatura (CARASEK, 1996). Nos blocos cerâmicos os valores de AAI frequentes estão entre 10 e (40g/200 cm²)/min.

5.4.3 Efeitos da molhagem do substrato

A molhagem do substrato é realizada quando se tem uma elevada absorção de água inicial, como nos blocos cerâmicos da região de Palmas que apresentam AAI igual a (30g/193,55cm²)/min. Opta-se por esse método, pois como já dito, a absorção excessiva influi diretamente no surgimento de microfissuras que podem vir afetar a aderência através da retração plástica. Ao molhar o substrato poroso tem-se uma redução da velocidade com que a água é absorvida pelo bloco ou tijolo.

5.5 ADITIVO TENSOATIVO

Segundo DO Ó (2004) *apud* RIXOM & MAILVAGANAM (1999), os aditivos tensoativos, são materiais orgânicos, usualmente apresentados na forma de solução, que quando adicionados ao concreto, às argamassas ou às pastas de cimento, produzem uma quantidade controlada de bolhas microscópicas de ar, uniformemente dispersas e estáveis.

ALVES (2002) *apud* RIXON & MAILVAGANAN (1999) afirmam que existem basicamente três grandes razões para, intencionalmente, se produzir ar no concreto: durabilidade, coesão e densidade. Em relação às argamassas, pode-se dizer que existem quatro grandes razões, a saber: plasticidade, rendimento, capacidade de absorver deformações e fissuração.

Ainda segundo ALVES (2002), a presença do ar incorporado proporciona um ganho de plasticidade e um aumento na estruturação do sistema, propriedades necessárias para que as argamassas de revestimento se tornem aplicáveis em superfícies verticais e horizontais.

O emprego do aditivo permite certa diminuição na quantidade de finos, sem alterar a tendência de segregação e exsudação da argamassa. Este fato permite a colocação de menos água na mistura, para uma mesma condição de aplicação, o que, possivelmente, reduzirá a retração plástica e a retração por secagem, diminuindo a fissuração.

Para o desenvolvimento deste trabalho optou-se pelo emprego de um aditivo tensoativo visto que a utilização do mesmo é relativamente significativa no mercado construtivo de Palmas (TO). Dessa forma a proposição deste estudo poderá ser comparada com um trabalho anteriormente desenvolvido onde seu foco era a análise do comportamento da argamassa a base de cal em relação a sua absorção de água inicial dos blocos cerâmicos.

6 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Neste fascículo serão abordados os procedimentos realizados para determinação da resistência de aderência à tração do revestimento aplicado sobre superfícies com diferentes teores de umidade.

Para o início das análises, a escolha dos blocos cerâmicos foi a primeira etapa: levou-se em consideração a família de blocos cerâmicos mais comercializados (família 9 x 19 x 24 cm) e também as marcas de maior circulação na capital, que por questões de sigilo serão tratadas aqui como Cerâmicas A, B, C, D e E. A amostragem da pesquisa apontou para o estudo de 12 blocos cerâmicos de cada uma das cinco marcas.

Dos objetos de interesse deste foram analisadas as características físicas e geométricas dos blocos e as propriedades do agregado miúdo e da argamassa de revestimento. Essas análises estão esmiuçadas nos títulos seguintes.

6.1 CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS CERÂMICOS

6.1.1 Determinação da Medida das Faces – Dimensões Efetivas

As dimensões efetivas dos blocos foram determinadas de acordo a leitura nos pontos ilustrados na Figura 4 – L e H/2; H e C/2; C e L/2.

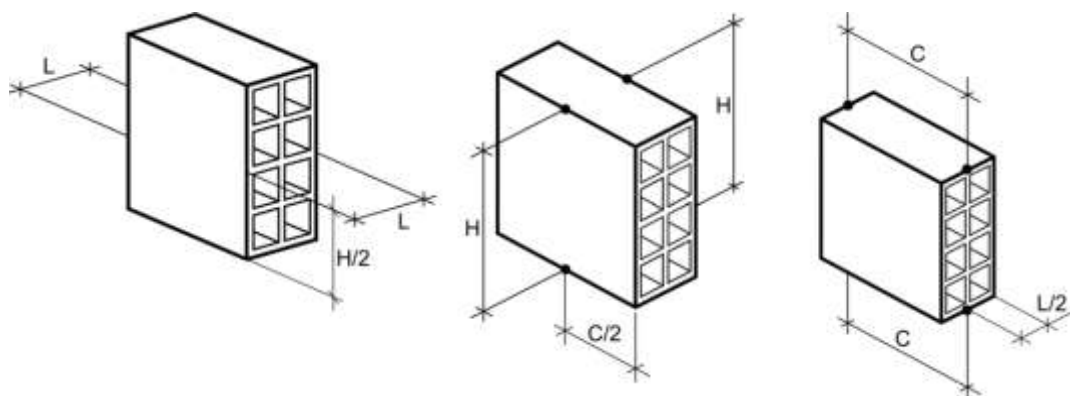


Figura 4 – Pontos de leitura para determinação das dimensões efetivas
Fonte: NBR 15270-3 (ABNT, 2005)

A determinação das dimensões efetivas dos blocos foi realizada em uma superfície plana e indeformável, onde todos os blocos foram organizados, tendo seus valores da largura (L), altura (H) e comprimento (C) aferidos com o auxílio de uma régua metálica.

A NBR 15270-1 (ABNT, 2005) determina que a tolerância individual das dimensões efetivas de cada bloco é de $\pm 0,5$ cm e em relação à média deve ser $\pm 0,3$ cm para cada dimensão. É considerado reprovado o lote de 13 amostras que apresentar unidade não conforme em número igual ou superior a 3, bem como aquele cuja média obtida ultrapassar a tolerância indicada.

6.1.2 Determinação do Desvio em Relação ao Esquadro

A Figura 5 mostra como deve ser feita a determinação do desvio em relação ao esquadro. A leitura é realizada no ponto D tomando como base C/2.

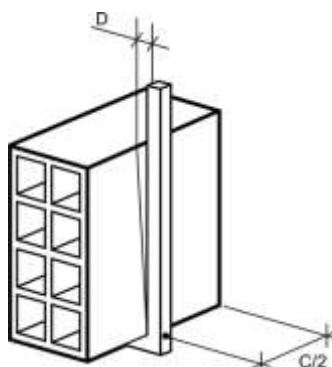


Figura 5 – Determinação do desvio em relação ao esquadro de blocos cerâmicos de vedação.
Fonte: NBR 15270-3 (ABNT, 2005).

O desvio em relação ao esquadro foi obtido a partir da aferição do desvio apresentado entre uma das faces destinadas ao assentamento e a maior face destinada ao revestimento dos blocos.

A NBR 15270-1 (ABNT, 2005) prescreve que o desvio em relação ao esquadro dos blocos cerâmicos de vedação deve ser no máximo 3 mm. É considerado reprovado o lote de 13 amostras que apresentar unidades não conformes em número igual ou superior a 3.

6.1.3 Determinação da Planeza das Faces

A determinação da planeza das faces é realizada através da aferição da flecha formada na diagonal do bloco (representada pela letra F), utilizando um esquadro e uma régua metálica, conforme mostra a Figura 6.

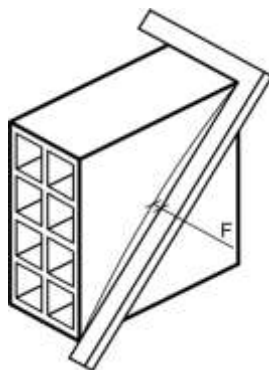


Figura 6 – Determinação da planeza das faces de blocos cerâmicos de vedação
Fonte: NBR 15270-3 (ABNT, 2005).

De acordo com a NBR 15270-1 (2005), a flecha dos blocos cerâmicos de vedação deve ser no máximo 3 mm. É considerado reprovado o lote de 13 amostras que apresentar unidades não conformes em número igual ou superior a 3.

6.1.4 Determinação da Massa Seca e o Índice de Absorção de Água

Com o intuito de se determinar a massa seca e o índice de absorção de água, todos os blocos foram limpos para se retirar o pó e outras partículas soltas e em seguida submetidos à secagem em estufa a $105 (\pm 5)^{\circ}\text{C}$. Posteriormente à secagem os blocos foram submetidos a duas aferições de sua massa em intervalos de uma hora, até que os valores individuais divergissem em no máximo 0,25% obtendo a massa seca do bloco, em gramas. A Figura 7 mostra o procedimento de determinação da massa úmida dos blocos. abaixo, tendo sua água restante retirada com o auxílio de um pano limpo e úmido.



a) b)
 Figura 7 – Ensaio de Absorção de Água
 a) Saturação dos blocos cerâmicos e (b) Aferição da massa úmida do bloco
 Fonte: Elaboradas pelos autores

Os blocos ficaram imersos em um tanque com água (a) a temperatura ambiente por um período mínimo de 24 horas. Após esse período, todos os blocos foram retirados do tanque e pesados (b) em um período máximo de 15 minutos da sua retirada.

O índice de absorção de água é determinado através da equação 1

$$AA (\%) = \frac{mu - ms}{ms} \times 100 \quad \text{[Equação 1]}$$

Onde:

- AAI é índice de absorção de água;
- Mu é a massa úmida;
- Ms é a massa seca;

O índice de absorção de água dos blocos cerâmicos de vedação não deve ser inferior a 8% nem superior a 22%. É considerado reprovado o lote de 6 amostras que apresentar unidades não conformes em número igual ou superior a 2.

6.1.5 Determinação do Índice de Absorção Inicial

Os blocos foram secos em estufa com temperatura igual a 105 (± 5) °C, por 24 horas. Duas horas após sua retirada realizou-se o ensaio. Ao atingirem temperatura ambiente, os blocos tiveram suas massas aferidas, e em seguida

foram colocados em um recipiente, onde foi mantida uma lâmina de água de 3 ± 2 mm (Figura 8) por 60 segundos, tendo a massa novamente aferida.



Figura 8 – Ensaio de absorção de água inicial
Fonte: Elaboradas pelos autores

A absorção de água inicial (AAI) é determinada através da equação 2.

$$AAI = 193,55 \cdot \frac{\Delta p}{\text{Área}} \quad [\text{Equação 2}]$$

Sendo:

- AAI é o índice de absorção d'água inicial (sucção) da face ensaiada, expresso em (g/193,55cm²)/min;
- Δp é a variação de massa obtida no ensaio, em gramas;
- Área é a área bruta ou líquida dos blocos ensaiados, em centímetros quadrados;

Caso a absorção de água inicial (AAI) dos blocos cerâmicos estruturais e de vedação seja superior a (30 g/193,55cm²)/min, os blocos devem ser umedecidos antes do assentamento para o seu melhor desempenho, conforme a NBR 15270-1 (ABNT, 2005). Se o valor encontrado no ensaio resultar menor que o limite mencionado, os blocos podem ser assentados sem ser previamente umedecidos.

6.2 CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO

Anteriormente à sua utilização, o agregado miúdo passou por estudos com base nos seguintes ensaios: distribuição granulométrica e determinação

da massa específica, massa unitária, teor de material pulverulento e teor de torrões de argila e materiais friáveis.

6.2.1 Determinação da Composição Granulométrica

A composição granulométrica do agregado miúdo foi determinada de acordo as prescrições da NBR MN 248 (ABNT, 2003). A porcentagem retida em cada peneira, de acordo com a exigência da norma, não deve diferir entre si mais que 4% e a somatória de todas as massas não podem divergir mais que 0,3% da massa inicial. A expressão das proporções dos grãos em diferentes tamanhos é chamada de composição granulométrica. A qualidade do produto e os aspectos relativos à trabalhabilidade, compacidade e resistência aos esforços mecânicos são influenciados diretamente pela composição granulométrica, sendo necessário o emprego desses parâmetros para especificar o uso desse agregado na argamassa. Para tal ensaio foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Balança com precisão de 0,1 g;
- Peneiras (com tampa e fundo) de abertura de: 9,5 mm; 6,3 mm; 4,8 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm e 0,15 mm.
- Escovas com cerdas de nylon;
- Agitador de peneiras mecânico;
- Recipientes de porcelana;
- Duas porções de 500 g de agregado miúdo.

Com o intuito de garantir a precisão no resultado foram feitas duas determinações. A execução começa com o encaixe das peneiras em ordem crescente da abertura de malha, da base ao topo, e segue com peneiramento do material através da agitação mecânica. O fim deste processo dá início às pesagens do agregado miúdo retido em cada peneira. A partir daí estes dados dão embasamento para o cálculo das porcentagens de material retido e construção da curva representativa da granulometria do agregado.

6.2.2 Determinação da Massa Específica de Agregados Miúdos por meio do Frasco de Chapman

O agregado é classificado em leve, normal e pesado através da determinação da massa específica que é encontrada por meio da razão entre a massa do material ensaiado e o seu volume, mediante a norma NBR 9776 (ABNT, 1987) que descreve o processo dessa determinação. Os materiais utilizados foram:

- Balança com precisão de 0,1 g;
- Frasco de Chapman;
- Recipientes;
- Espátula;
- 200 ml de água;
- 500 g de agregado miúdo;

Deposita-se 200 ml de água no frasco de Chapman, deixando-o em repouso. Em seguida, despeja-se cuidadosamente com ajuda de um funil e uma espátula 500g de agregado miúdo seco em estufa. Logo após o frasco deve ser agitado com cuidado tendo como intuito eliminar as bolhas de ar presentes no mesmo. Por fim faz-se a leitura do frasco, realiza-se esse procedimento com duas amostras a fim de obter uma melhor precisão no resultado. A norma estabelece que a diferença entre as massas específicas das duas amostras não podem ser superiores a 0,05 g/cm³. O valor da massa específica é obtido pela equação 3:

$$\gamma = \frac{500}{L - 200} \quad \text{[Equação 3]}$$

6.2.3 Agregado em Estado Solto: Determinação da Massa Unitária

A massa unitária do agregado miúdo no estado solto é obtida através do quociente da massa do agregado lançado e o volume do recipiente, conforme prescrito pela NBR 7251 (ABNT, 1982). Os materiais utilizados foram:

- Balança com limite de erro de aproximadamente 0,5 % das massas a determinar;
- Recipiente paralelepipedico com dimensões;
- Pá metálica;
- Haste;
- Agregado miúdo em estado solto;

Após a aferição das dimensões e limpeza do recipiente faz-se o lançamento, com o auxílio de uma pá metálica, do agregado no recipiente paralelepipedico a uma altura de 10 a 12 cm de seu topo, a fim de evitar a segregação das partículas.

Posteriormente, com auxílio de uma haste é realizada a regularização do agregado que se encontra dentro do recipiente e por fim deve-se transportar o recipiente com o material contido para uma balança e com o intuito de verificar sua massa faz-se a leitura da balança. Em seguida este mesmo procedimento deve ser realizado por mais duas vezes a fim de obter uma média. A norma estabelece que os resultados individuais não devem diferir em relação a média mais que 1%.

A massa unitária do agregado em estado solto é obtida dividindo-se a massa do agregado pelo volume do recipiente, os valores são expressos em quilograma por decímetros cúbicos, conforme a equação 4.

$$\gamma = \frac{M}{V} \quad \text{[Equação 4]}$$

6.2.4 Determinação do Teor de Materiais Pulverulentos

A norma que prescreve o processo para determinação do teor de materiais pulverulentos é a NBR 7219 (ABNT, 1987). Materiais pulverulentos são substâncias nocivas em forma de pó que possuem partículas de dimensão inferior a 0,075 mm e que fazem com que a demanda de água para uma mesma trabalhabilidade do concreto seja maior. Os materiais utilizados foram:

- Peneiras nº 200;
- Balança com precisão de 0,1 g;

- Dois pequenos recipientes de porcelana;
- Dois grandes recipientes de porcelana;
- Espátulas;
- Estufa;
- Duas porções de 500 g de agregado miúdo.

Depõe-se certa quantidade de água ao agregado misturando-os e logo em seguida, a água deve ser despejada em uma peneira de abertura de 0,075 mm. Realiza-se esse procedimento por quantas vezes for necessário até que a água fique com tons aproximadamente transparentes, depois o material retido na peneira deve ser recolhido à amostra e encaminhada para estufa. Após a perda de umidade em estufa as amostras devem ser submetidas à pesagem.

Os resultados são calculados com base nos valores da massa seca do material antes e depois da lavagem. O resultado final é dado pela média dos valores encontrados nas duas amostras. O teor de materiais pulverulentos é encontrado de acordo com a equação 5.

$$TP = \frac{Mi - Mf}{Mi} \times 100 \quad \text{[Equação 5]}$$

6.2.5 Determinação do Teor de Argila em Torrões e Materiais Friáveis

Os agregados que são provenientes da natureza podem ocasionalmente possuir substâncias nocivas em sua composição e essas substâncias precisam ser identificadas para não afetarem as características da argamassa. A NBR 7218 (ABNT, 1987) determina limites para esses teores encontrados. Os seguintes materiais foram utilizados na realização desse ensaio:

- Balança com precisão de 0,1 g;
- Espátula;
- Peneiras com abertura de 1,2 mm; 4,8 mm e 0,6 mm;
- Pincel de cerdas metálicas;
- Bandejas e recipientes de porcelana;
- Agregado seco em estufa.

As peneiras devem primeiramente ser limpas e em seguida deve-se coletar uma quantidade suficiente de agregado que atenda o ensaio e passá-lo nas peneiras de 4,8 e 1,2 mm, respectivamente. O material retido na primeira peneira e o material que passou na última deve ser descartado, utilizando como amostra de ensaio apenas o que ficou retido na peneira de 1,2 mm.

Em seguida, em cada um dos três recipientes a serem utilizados no ensaio devem ser depositados 200 g de agregado miúdo. Logo após, cada fração deve ser espalhada em bandejas para que os torrões de argila ou materiais friáveis sejam identificados e pressionados com a ponta do dedo indicador de modo a destorroá-los.

Por fim, o material deve ser novamente peneirado, mas dessa vez a peneira utilizada é com abertura de 0,6 mm e o material retido é pesado. De acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2005), o limite máximo aceitável do teor de argila em torrões e materiais friáveis é de 3,0 %, quantidade essa que é relativa à massa do agregado miúdo. Esse teor é obtido através da diferença entre a massa inicial da fração e a massa final, de acordo com a equação 6.

$$M_t = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100 \quad \text{[Equação 6]}$$

6.3 CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA

6.3.1 Preparo da Mistura e Determinação do Índice de Consistência

O índice de consistência da argamassa é determinado pelo método prescrito na NBR 13276 (ABNT, 2005). A aparelhagem necessária para a utilização do ensaio é:

- Balança com resolução de 0,1 g;
- Mesa para índice de consistência;
- Soquete metálico;
- Misturador mecânico;
- Régua ou paquímetro;
- Molde tronco cônico.

Após a confecção da argamassa no misturador mecânico, a mesa deve ser lubrificada com água, o molde tronco cônico posicionado ao centro da mesa e segurando-o firmemente, deve enchê-lo em três camadas sucessivas de argamassa, com alturas iguais ou próximas e aplicar sobre a primeira camada 15 golpes com o soquete, 10 golpes sobre a segunda camada e 5 golpes sobre a terceira camada. Alisa-se o topo do molde tronco cônico com a espátula e o molde deve ser retirado. Em seguida deve girar a manivela da mesa de uma forma que a mesa caia 30 vezes em aproximadamente 30 segundos. Por fim medem-se três diâmetros ortogonais entre si do espalhamento da argamassa e a média desses valores é o índice de consistência.

6.3.2 Determinação da Retenção de Água

O método para a determinação da retenção de água em argamassas que serão empregadas em revestimentos é prescrito na NBR 13277 (ABNT, 1995). Os materiais utilizados ao realizar esse ensaio são:

- Molde cilíndrico de aço, com dimensões de 10 cm de diâmetro e 2,5 cm de altura;
- Placa circular de aço;
- Peso com 2 kg;
- Espátula;
- Discos de papel-filtro;
- Gazes;
- Balança com resolução de 0,1 g e de 0,01 g;
- Cronômetro;

Prepara-se a argamassa, logo após pesa-se o molde seco e limpo e os 12 discos de papel-filtro e em seguida preenche-se o molde com argamassa com o auxílio de uma espátula. Com a espátula apoiada sobre a borda do molde, formando um ângulo de 45°, retira-se o excesso de argamassa e passe a espátula novamente no sentido contrário, formando um ângulo menor para alisá-la. As bordas do molde devem ser limpas e o molde com argamassa deve ser pesado. Em seguida, sobre a superfície devem-se colocar duas telas de gaze, o conjunto de 12 discos de papel-filtro e a placa rígida e o peso de 2 kg

centralizadamente, respectivamente nessa ordem e o cronômetro deve ser acionado imediatamente. Após 2 minutos, o peso de 2 kg e a placa-base deve ser retirado. O conjunto de papéis-filtros deve ser removido e pesado rapidamente, registrando a massa dos discos molhados. A retenção de água é calculada através da seguinte equação 7.

$$Ra = 1 - \frac{(Mf - Mse)}{AF \times (Mma - Mm)} \times 100 \quad \text{[Equação 7]}$$

Onde:

Mf: massa do conjunto de discos molhados de papel-filtro (g);

Mse: massa do conjunto de discos secos (g);

Mma: massa do molde com argamassa (g);

Mm: massa do molde vazio (g);

Mw: massa total de água acrescentada à mistura (g);

M: soma das massas dos componentes da argamassa (g);

AF: fator água/argamassa fresca a qual está sendo representada pela equação 8:

$$AF = \frac{Mw}{M + Mw} \quad \text{[Equação 8]}$$

6.3.3 Determinação da Resistência à Compressão

A NBR 13279 (ABNT, 2005) prescreve o procedimento para a determinação da resistência à compressão de argamassas que serão utilizadas no revestimento de paredes e tetos, no estado endurecido. A aparelhagem necessária à execução do ensaio é:

- Moldes prismáticos metálicos de 4 cm x 4 cm x 4 cm;
- Mesa de adensamento;
- Régua metálica;
- Espátulas;
- Misturador mecânico;
- Máquina de ensaio de compressão;
- Câmara úmida.

A argamassa é preparada no misturador mecânico e em seguida, com o molde fixo à mesa de adensamento coloca-se em cada compartimento do molde, um pouco de argamassa, conforme Figura 9. Com o auxílio de uma espátula a argamassa é espalhada em cada compartimento a fim de formar uma camada uniforme. Em seguida faz-se o adensamento. A seguir é colocada a segunda camada da argamassa em cada compartimento do molde com o auxílio da espátula espalhando uniformemente a argamassa adensando-a novamente e por fim uma terceira camada que é precedida do rasamento dos corpos de prova.



Figura 9 – Moldes prismáticos na mesa de adensamento
Fonte: Elaborada pelos autores

Foram moldados 12 corpos-de-prova prismáticos, ressaltando que a norma estabelece a moldagem de apenas três. Após 24 horas da moldagem, os corpos-de-prova foram desmoldados e encaminhados para a cura. Após 28 dias de idade foram submetidos ao ensaio de compressão, conforme a NBR 7215 (ABNT, 1996).

6.4 CARACTERIZAÇÃO DO REVESTIMENTO

A espessura do revestimento em argamassa dos blocos foi de 3 cm (espessura limite para revestimentos externos), definida segundo a NBR 13749 (ABNT, 1996) e já empregada por SALLES NETO (2010). O assentamento deste foi feito a uma altura de 1,20 m com auxílio de colher de pedreiro e limitado por forma de madeira como esboça a Figura 10.



Figura 10 – Revestimento dos blocos com espessura de 3 cm
Fonte: Elaborada pelos autores

O revestimento foi submetido a cura úmida por 7 dias. Os blocos foram divididos em grupos de mesma faixa de AAI, sendo revestidos blocos secos, úmidos e saturados.

6.4.1 Determinação da Resistência de Aderência à Tração

A máxima tensão que um revestimento suporta quando submetido a um esforço normal de tração é representado pela resistência de aderência à tração. Essa resistência pode ser medida por diversos tipos de aparelho; apesar das diferenças no tipo de mensuração, o princípio de gerar a carga de ruptura é o mesmo: consiste na imposição de um esforço de tração perpendicular ao revestimento a ser ensaiado (GONÇALVES, 2004).

O método para aferição da resistência a tração de revestimentos de argamassa aplicados sobre substratos inorgânicos é prescrito pela NBR 13528 (ABNT, 2010). De acordo com esta norma o ensaio deve ser realizado no revestimento com idade de 28 dias no caso de argamassas mistas ou de cimento e areia e de 56 dias para argamassas de cal e areia, contados após a aplicação da argamassa sobre o substrato. Os equipamentos e materiais necessários para realização do procedimento são descritos abaixo:

- Dinamômetro de tração que permite a aplicação de carga contínua e que apresente erro máximo de 2 %;

- Pastilhas metálicas circulares não deformáveis sob a carga do ensaio e com dispositivo no centro para o acoplamento do equipamento;
- Furadeira com serra copo;
- Cola à base de resina epóxi destinada à colagem da pastilha na superfície do corpo-de-prova;

A superfície do substrato deve estar limpa antes de ser revestida com a argamassa para que não haja interferência na interação entre os sistemas bem como no processo de aderência.

Aos 28 dias após a aplicação da argamassa no substrato, devem ser executados 3 furos no revestimento – Ver Figura 11 – com o auxílio da serra copo acoplada na furadeira em posição ortogonal à superfície, conforme prescrito pela NBR 13528 (ABNT, 2010).



Figura 11 – Furos sobre o revestimento
Fonte: Elaboradas pelos autores

Em seguida deve-se limpar a superfície do corpo-de-prova e colar, com adesivo epóxi, as pastilhas metálicas sobre os furos.

A resistência de aderência à tração foi aferida no revestimento seco. Para não se ter impactos ou esforços indesejáveis o Dinamômetro foi posicionado com seu eixo de aplicação da carga ortogonal ao plano do revestimento. O esforço foi aplicado perpendicularmente ao revestimento (Figura 12) com taxa de carregamento constante até o momento da ruptura.



Figura 12 – Ensaio de arrancamento do revestimento
Fonte: Elaboradas pelos autores

O aparelho ilustrado anteriormente indica a força necessária para romper o corpo de prova. A resistência de aderência à tração é obtida então pelo quociente entre a força aplicada e a área do corpo de prova. Em cada ensaio, a ruptura pode ocorrer de forma diferente. A Figura 13 aponta como isto pode proceder.

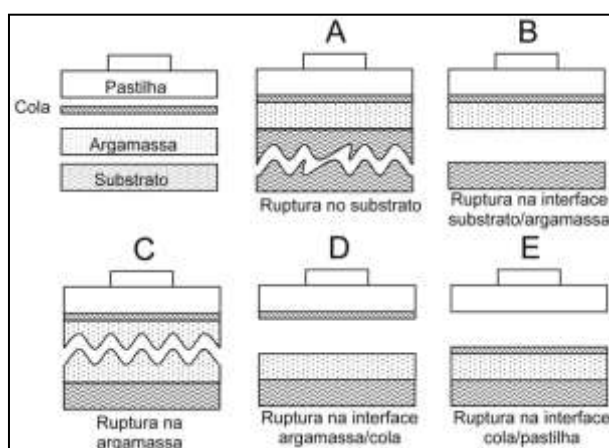


Figura 13 - Formas de ruptura no arrancamento para um sistema de revestimento sem chapisco
Fonte: NBR 13528 (ABNT, 2010)

O modo como o corpo de prova se rompe deve ser criteriosamente observado, pois indicará o valor real de sua resistência de aderência à tração. Uma ruptura ocorrida na interface cola/pastilha, por exemplo, invalida o ensaio e outra que ocorre no revestimento mostra que possivelmente a resistência seria maior que a obtida no ensaio.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados os resultados derivados da caracterização dos blocos, do agregado miúdo, da argamassa, do mecanismo de aderência (argamassa/substrato) e do balanço dos resultados com outro experimento realizado no âmbito Coordenação da Área de Construção Civil (IFTO/Campus Palmas).

7.1 ÍNDICES GEOMÉTRICOS E FÍSICOS DOS BLOCOS CERÂMICOS

A caracterização dos blocos cerâmicos foi feita conforme a NBR 15270-1 e NBR 15270-3 (ABNT, 2005). Foram analisadas cinco marcas comercializadas na cidade de Palmas (TO) contendo 12 amostras cada (família 9x19x24).

7.1.1 Características Geométricas

Foram avaliadas as dimensões efetivas, o desvio em relação ao esquadro e a planeza das faces. A Figura 14 apresenta as porcentagens de amostras reprovadas quanto às dimensões efetivas.

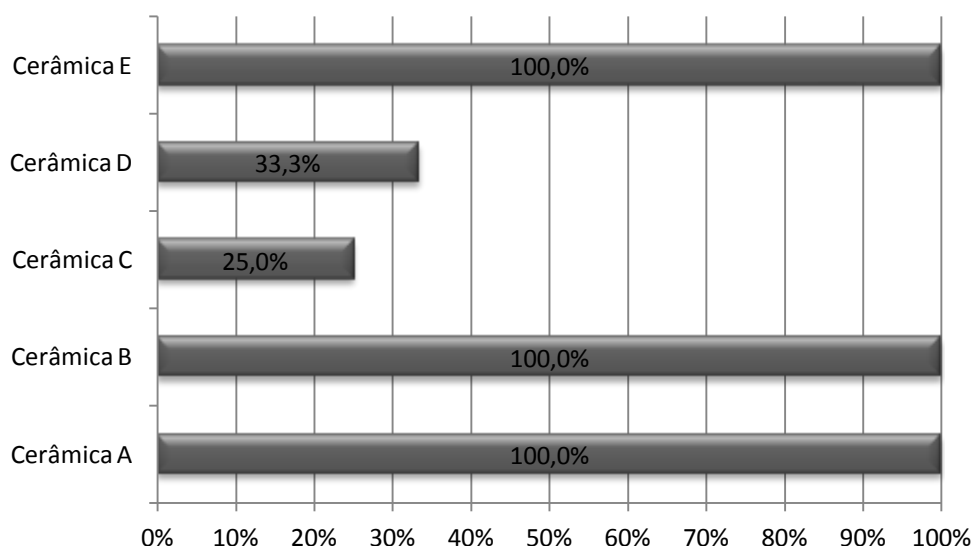


Figura 14 – Índice de marcas reprovadas quanto às dimensões efetivas
Fonte: Elaborada pelos autores

Como observado na Figura acima, nenhuma das marcas foi aprovada. Nas cerâmicas A, B e E nenhum bloco estava em total acordo às dimensões efetivas, isso indica uma possível reprovação em relação ao lote de produtos da marca.

A Figura 15 traz o índice de reprovação dos blocos quanto ao desvio em relação ao esquadro.

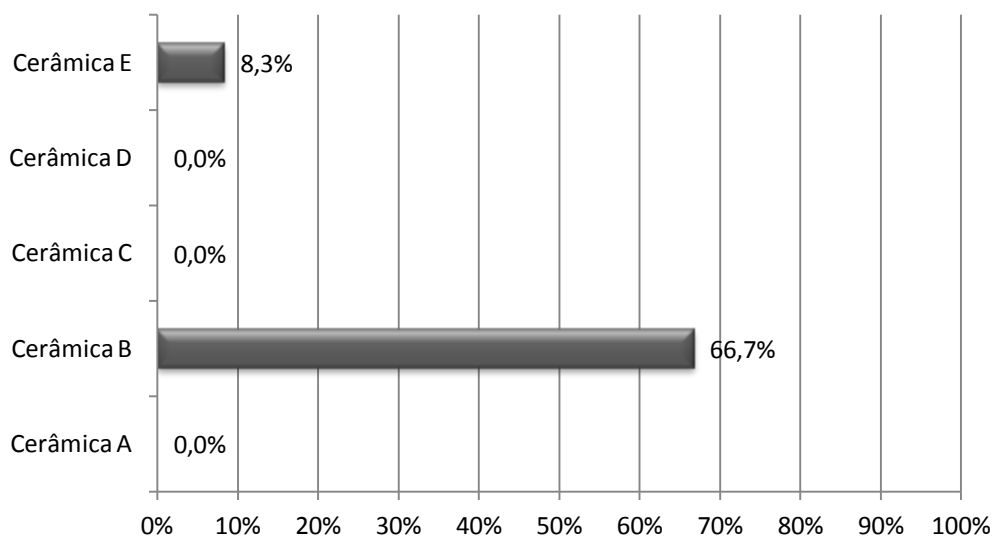


Figura 15 – Reprovação dos blocos em relação ao desvio em relação ao esquadro
Fonte: Elaborada pelos autores

Os dados da Figura 15 se mostram indiferentes aos obtidos na Figura 14. Apenas a Cerâmica B persiste no alto índice de reprovação. A Cerâmica E também apresentou desconformidade, porém bem menor.

Dando prosseguimento a caracterização geométrica a Figura 16 esclarece o percentual de inconformidades referentes à planeza das faces.

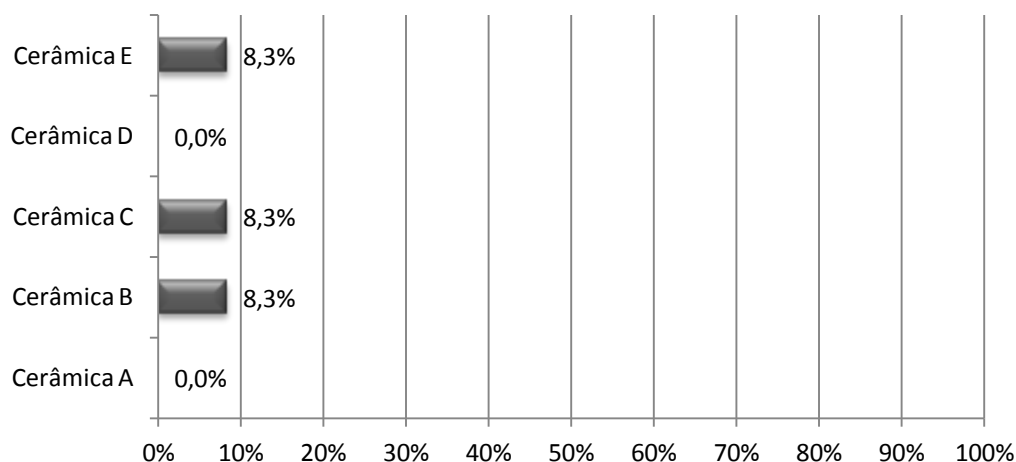


Figura 16 – Percentual de reprovação quanto à planeza das faces

Fonte: Elaborada pelos autores

O mesmo índice de reprovação foi observado nas Cerâmicas B, C e E, já as demais permaneceram em conformidade com o parâmetro em questão.

A somatória dos três quesitos analisados implica na reprovação de todas as marcas.

7.1.2 Índice de Absorção de Água x Absorção de Água inicial

As porcentagens médias das absorções de água inicial e total das cinco marcas em estudo estão elencadas na Figura 17. Os resultados individuais destes ensaios encontram-se no Apêndice A.

Os apontamentos indicam discrepâncias nos resultados entre uma marca e outra de blocos de um mesmo ensaio e também entre a absorção de água inicial e total. Apenas a Cerâmica A manteve os índices de AA e AAI equiparáveis.

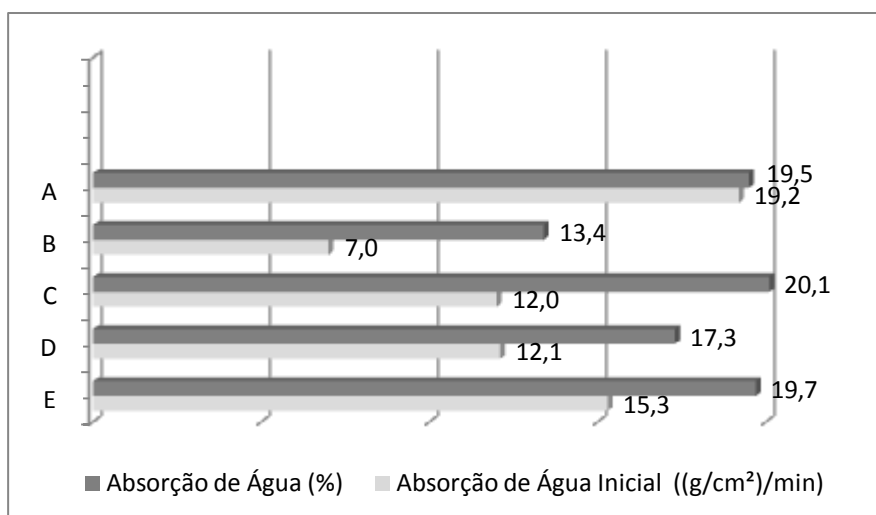


Figura 17 - Determinação das características de absorção de água dos blocos cerâmicos empregados

Fonte: Elaborada pelos autores

No exposto do Apêndice A pode-se observar que alguns dos blocos ensaiados não se encaixaram no padrão de comportamento esperado em relação a absorção de água total. As marcas B e D apresentaram 8,3% de reprovação e a marca C 16,7%.

Já a AAI determinada contrariou as hipóteses levantadas anteriormente, pois apresentaram valores inferiores a tolerância estabelecida e apesar desses resultados terem sido altos os valores de AAI não foram suficientes para demandar o prévio umedecimento dos substratos para aplicação da argamassa.

Os dados apresentados em relação à caracterização dos blocos cerâmicos estão resumidos na Tabela 3, que mostra as marcas aprovadas e reprovadas quanto aos ensaios a que foram submetidas.

Tabela 3 – Aprovação das Cerâmicas em relação à caracterização dos blocos

Cerâmica	Dimensões efetivas	Desv. em relação ao esquadro	Planeza das faces	AA	AAI
A	R	A	A	A	A
B	R	R	R	R	A
C	R	A	R	R	A
D	R	A	A	R	A
E	R	R	R	A	A

Como visto apenas em relação à absorção de água inicial todas as marcas forma aprovadas. Se a reprovação dos blocos implicasse no seu descarte para o estudo proposto neste trabalho não haveria marcas a serem testadas já que todas as marcas reprovaram em um ou mais quesitos.

7.2 CARACTERIZAÇÃO DO AGREGADO

Como esperado, o agregado miúdo empregado na confecção da argamassa de revestimento apresentou resultados satisfatórios e consoantes às normas vigentes. Todos eles estão enumerados a seguir.

7.2.1 Composição Granulométrica

Todos os parâmetros (ver Tabela 4) foram atendidos para esta caracterização, conforme a NBR NM 248 (ABNT, 2003). Os limites da distribuição granulométrica podem ser observados na Figura 18.

Tabela 4 – Composição Granulométrica

PENEIRAS		1ª Determinação	2ª Determinação	MÉDIA DAS DETERMINAÇÕES			
		Material Retido(g)	Material Retido(g)	Material Retido(g)	PORCENTAGENS DE MATERIAL		
Nº	Abertura				% ret.	% acum.	% pass.
	9,5	0,0	0,0	0,0	0	0	100
1/4"	6,3	0,0	0,0	0,0	0	0	100
4"	4,75	0,0	0,0	0,0	0	0	100
8"	2,36	0,0	0,0	0,0	0	0	100
16"	1,18	4,3	8,0	6,15	1	1	99
30	0,6	56,0	77,2	66,6	13	15	85
50	0,3	248,8	250,1	249,45	50	64	36
100	0,15	144,8	122,5	133,65	27	91	9
FUNDO		45,9	42,0	43,95	9	100	0
Massa inicial (g)		500		φMAX (mm)			1,18
				Módulo de finura			1,71

Fonte: Elaborada pelos autores

Dos dados, observa-se que o agregado analisado pode ser classificado como areia média devido o material reter-se nas peneiras a partir do diâmetro de 1,18 mm (dimensão máxima característica). O peneiramento ocorreu de acordo os padrões normativos elencados acima.

A figura 18 mostra a distribuição das porcentagens retidas acumuladas em relação as peneiras da série normal e intermediária obtidas a partir da tabela 3.

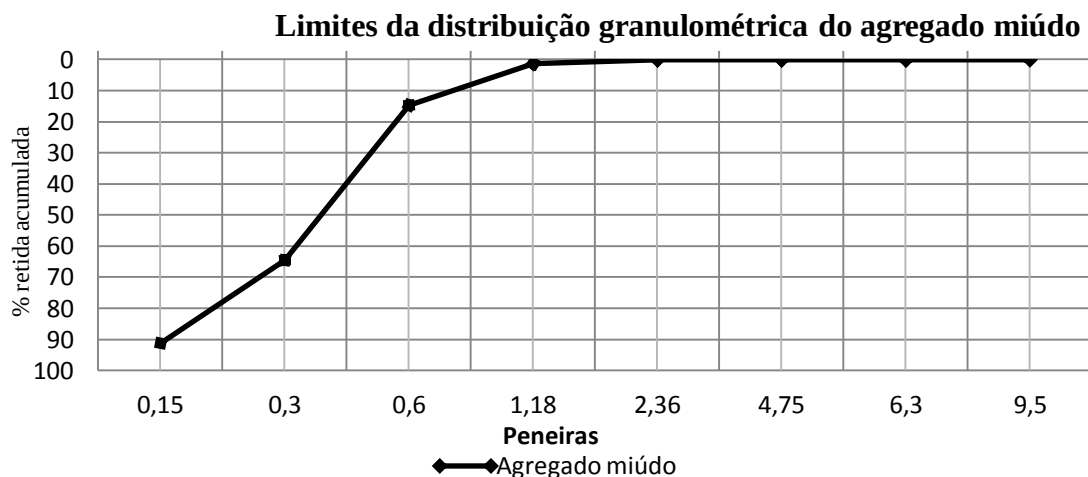


Figura 18 – Distribuição Granulométrica
Fonte: Elaborada pelos autores

A configuração da curva gerada aponta que o agregado – areia média – pode ser utilizado na confecção de argamassas de revestimento.

Vale ressaltar que as curvas que estabelecem as zonas ótimas e utilizáveis não se aplicam ao exposto. É um parâmetro utilizado na análise do agregado para concreto.

7.2.2 Massa Específica

O agregado possui massa específica igual a 2,639 g/cm³. Este dado foi adquirido a partir da média de duas determinações em acordo a NBR 9776 (ANBT, 1987).

7.2.3 Massa Unitária

Atendendo aos requisitos da NBR 7251 (ABNT, 1982) foram feitas três determinações de massa unitária. Seus valores individuais não diferiram da média em mais que 1% como pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 5 – Determinação da Massa Unitária

Amostra	V (dm ³)	M (kg)	Mu(kg/dm ³)	Média
1	20,0	30,41	1,52	1,52
2		30,33	1,52	
3		30,25	1,51	

Fonte: Elaborada pelos autores

7.2.4 Teor de Materiais Pulverulentos

Para esta determinação utilizou-se duas amostras. A massa inicial de ambas era de 500 g. Após a conclusão de todos os procedimentos, foram obtidas massas iguais a 495,8 g e 496,2 g. O teor de materiais pulverulentos em cada uma foi, respectivamente, 0,84 % e 0,76%. Não houve diferença entre estes valores maior que 1,0% e tão pouco valor individual superior a 3,0%, o que aponta como válido o ensaio realizado. O teor de materiais pulverulentos médio é de 0,80%.

7.2.5 Teor de Argila em Torrões e Materiais Friáveis

A NBR 7211 (ABNT, 2005) elenca que para aprovação do agregado o teor de argila em torrões e materiais friáveis deve ser no máximo igual a 3,0%. O resultado médio, 0,20%, assim como as porcentagens individuais, 0,15%, 0,25% e 0, 20%, se enquadraram neste requisito.

7.3 CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA

7.3.1 Índice de Consistência

As medidas obtidas através dos diâmetros ortogonais entre si do espalhamento da argamassa foram iguais a 28,3 cm; 27,9 cm e 28,4 cm. A média destes diâmetros foi igual a 280 mm, uma vez que o índice é representado em milímetros e arredondado para o número inteiro mais próximo.

7.3.2 Retenção de Água

A argamassa ensaiada, cujo traço correspondia a uma parte de cimento para seis partes de areia e 100 mL de aditivo tensoativo para cada saco¹ de cimento, apresentou uma relação água/argamassa fresca igual a 0,15 e retenção de água igual a 85%. Sua classificação, de acordo com a NBR 13281 (ABNT, 2005), é correspondente à classe U3.

7.3.3 Resistência à Compressão

Os corpos de prova prismáticos foram todos rompidos aos 28 dias de idade. O intervalo de resistências à compressão obtidas indica que a argamassa ensaiada, de acordo com a NBR 13279 (ABNT, 2005), enquadra-se na classe P2 como pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 6 – Resistência à compressão da argamassa

CP	Força (N)	Tensão (MPa)
1	4012	2,5
2	4012	2,5
3	3139	2,0
4	3846	2,4
5	3051	1,9
6	2423	1,5
7	2786	1,7
8	2629	1,6
9	3659	2,3
10	2374	1,5
11	3002	1,9
12	1795	1,1
Resistência Média		1,9
Desvio Padrão		0,45

Fonte: Elaborada pelos autores

Os resultados variaram de 1,1 a 2,5 MPa causando uma sobreposição de faixas de resistências no que diz respeito à classificação dos corpos de prova. Para rotular corretamente a argamassa endurecida, foi feita a análise do

¹ O saco de cimento é comumente comercializado em sacos de 50 kg.

desvio padrão em relação à média. Esta apreciação indicou uma faixa de resistência à compressão variando de 1,5 a 2,4 MPa, que remete a uma argamassa classificada como P2².

7.4 MECANISMO DE ADERÊNCIA ARGAMASSA SUBSTRATO

A Figura 19 apresenta a relação entre a resistência de aderência à tração e o teor de umidade do substrato cerâmico quando da execução do revestimento, para a idade de 28 dias.

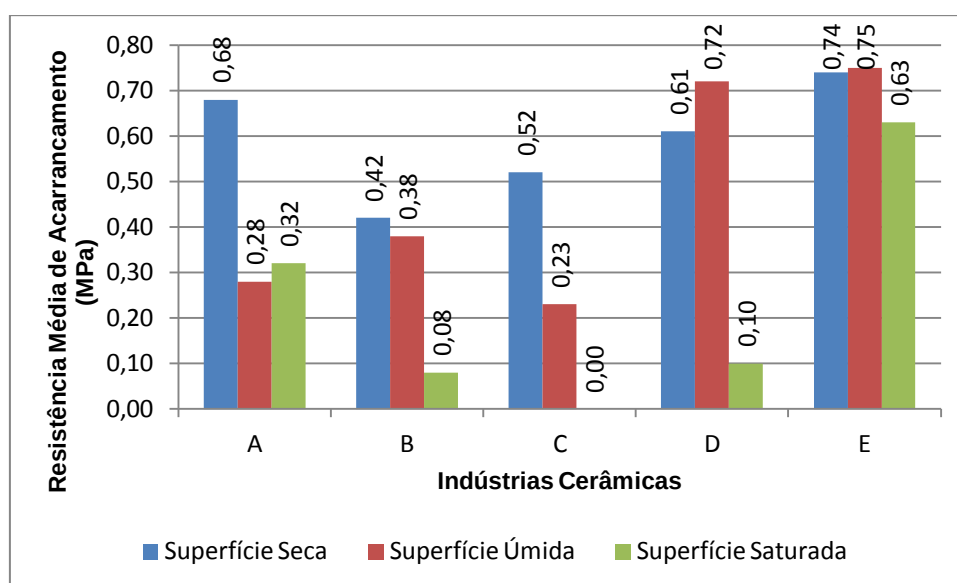


Figura 19 – Resistência de aderência x teor de umidade na superfície dos blocos
Fonte: Elaborada pelos autores

Foi possível constatar que a resistência de aderência à tração comportou-se de forma variável em relação à quantidade de água no substrato. A diminuição gradativa da resistência consoante com o aumento do teor de umidade é observada apenas nas cerâmicas B e C. Nas marcas D e E os blocos úmidos prevaleceram sobre os demais. Já a marca A apresentou-se mais difusa, já que as superfícies saturadas apresentaram maiores resistências em relação aos substratos úmidos.

Essa variação desordenada indica uma defasagem quando da padronização na produção dos blocos cerâmicos de vedação comercializados

² Argamassa cuja resistência à compressão varia de 1,5 a 3,0 MPa.

em Palmas (TO). Dessa forma, fica difícil estabelecer, de forma mais elaborada, o procedimento correto de preparação da superfície para receber o revestimento.

Durante a condução dos ensaios foi também observada uma relação direta entre o teor de umidade do substrato e o índice de desprendimento revestimento/substrato, quando da execução dos furos de prospecção. Este comportamento encontra-se ilustrado na Figura 20.

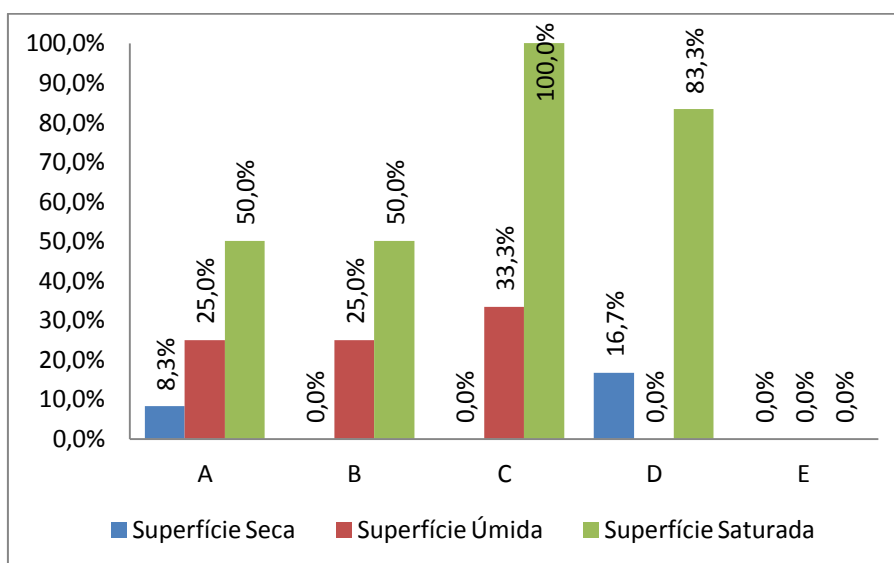


Figura 20 – Desprendimento do revestimento x teor de umidade no substrato
Fonte: Elaborada pelos autores

Do exposto a relação que se pode observar é que os desprendimentos médios dos corpos de prova tiveram maior ocorrência nos substratos cuja superfície estava saturada no ato do revestimento da face do bloco.

A interação entre absorção de água total x resistência de aderência x absorção de água inicial foi analisada em função da média dos resultados de cada bloco cerâmico ensaiado como mostram as Figuras 21 e 22.

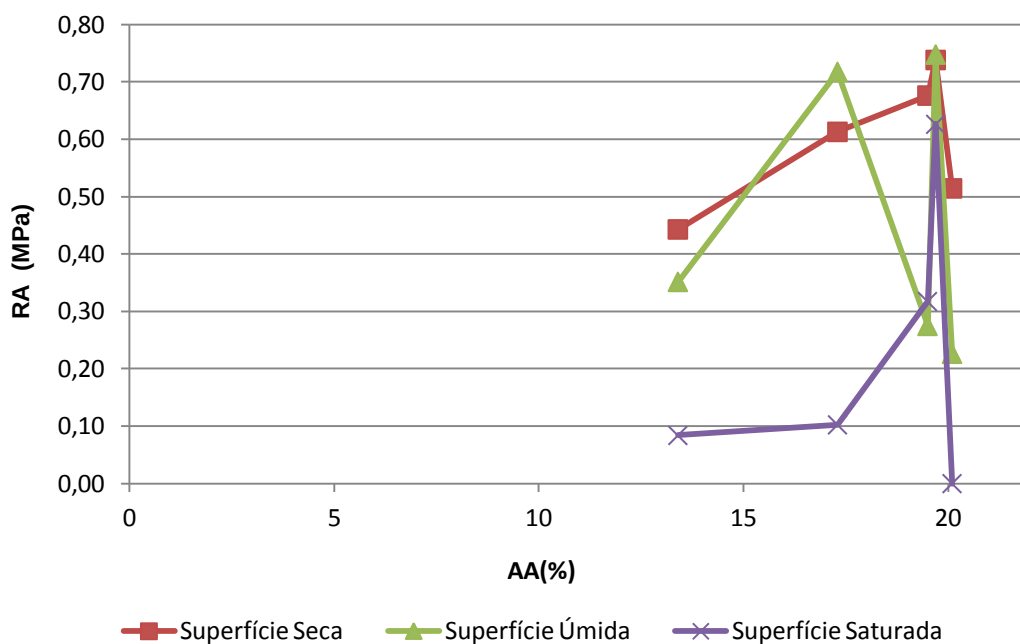


Figura 21 – Resistência média de aderência à tração x Absorção de água
Fonte: Elaborada pelos autores

Em função da disparidade dos valores obtidos graficamente não é possível estabelecer um padrão de comportamento objetivo em relação às resistências decorridas das taxas de absorção de água. As superfícies umedecidas apresentaram resistência maior ou igual em dois momentos. De todo modo observa-se na Figura 21 que a resistência de aderência obteve seu pico de crescimento para a absorção de água de aproximadamente 19,7% para todas as superfícies.

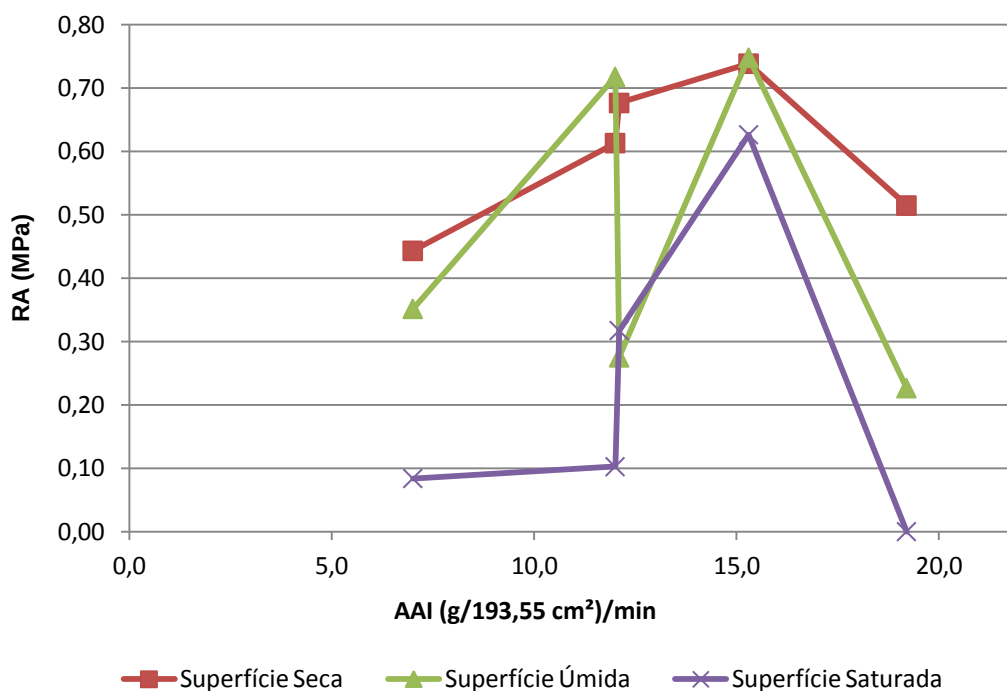


Figura 22 – Resistência média de aderência à tração x absorção de água inicial

Tratando-se da Figura 22, a máxima resistência para cada uma das superfícies ocorre para valores variados de AAI. Todos os substratos tem um decréscimo de resistência quando esse índice aumenta para 15,3 (g/193,55cm²)/min.

De todo modo a superfície seca se comporta como a melhor para o ganho de resistência e a superfície saturada apresenta-se mais ineficiente em relação às outras.

7.5 ANÁLISE COMPARATIVA DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA ENTRE OS REVESTIMENTOS DE CAL E ADITIVO TENSOATIVO

O estudo da influência da absorção de água inicial de blocos cerâmicos na ancoragem de argamassas de revestimento com cal hidratada e aditivo tensoativo teve abordagens diferentes quanto à súmula de valores para comparação de resultados. O primeiro estudo fez análise com base na média aritmética representativa de cada marca de blocos; o segundo comparou os índices de absorção de água individuais de cada substrato em relação a sua resistência de aderência quando submetidos ao esforço normal de tração.

A análise das informações obtidas em cada trabalho levou a observância, no que diz respeito ao emprego do aditivo tensoativo e cal hidratada, dos seguintes aspectos:

- A argamassa confeccionada com aditivo tensoativo apresentou maior resistência de aderência à tração em relação àquela feita com cal, ao passo que a primeira apresentou retenção de água igual a 85% enquanto que a segunda chegou à 91%;
- As maiores resistências de aderência foram obtidas nos substratos secos, para os dois tipos de revestimento, mesmo duas marcas da argamassa aditivada indicando a superfície úmida como melhor técnica de preparação;
- Os blocos com septos circulares e com maiores reentrâncias na superfície foram os que obtiveram os melhores resultados;

O dado mais próspero que se pode observar no emprego de argamassas com aditivo tensoativo em substituição à cal hidratada é quanto ao atendimento da NBR 13749 (ABNT, 1996) no que diz respeito aos limites de resistência de aderência à tração elencados na Tabela 2 deste trabalho.

Enquanto que no estudo de MENEZES e ROCHA (2013) apenas a Cerâmica A, na condição de substrato seco, apresentou resistência média maior igual a 0,2 MPa, neste trabalho todas as marcas atenderam às exigências em se tratando dos substratos secos e úmidos. Nas superfícies saturadas as cerâmicas A, B e C não obtiveram RA média maior ou igual a 0,3 MPa.

8 CONCLUSÃO

Nas edificações encontradas em Palmas (TO) observa-se um grande número de manifestações patológicas decorrentes da preparação da superfície feita de forma defeituosa em junção com a pouca compreensão dos mecanismos de aderência e a ineficiente formação técnica dos profissionais da construção civil. Esse estudo em conjunto com pesquisas anteriores teve como intuito identificar a preparação da superfície que obtivesse o melhor desempenho do sistema revestimento/substrato e o melhor componente na preparação da argamassa (cal hidratada x aditivo tensoativo).

Observou-se que conforme se aumentava o teor de umidade na face dos blocos cerâmicos, para a maioria dos casos, ocorria a diminuição da resistência de aderência à tração. Este fato apontou a superfície seca como melhor técnica de preparação da superfície assim como no estudo de MENEZES & ROCHA (2013).

Quanto à troca dos componentes da argamassa concluiu-se que o emprego do aditivo tensoativo em substituição à cal hidratada utilizada por MENEZES e ROCHA (2013) ocasiona na melhor eficiência do mecanismo de aderência argamassa/substrato. Este fato pode ser explicado pela relação agregado/aglomerante. O uso do aditivo diminui o teor de finos da pasta e faz com que haja menos fissuração na secagem, resultando em argamassas com melhores resistências de aderência à tração.

Vale ressaltar a qualidade dos blocos cerâmicos comercializados na região de Palmas. Quando da caracterização dos mesmos, observou-se a necessidade premente de qualificação das indústrias cerâmicas que abastecem a região, uma vez que nenhuma das marcas teve sua família completamente aprovada, conforme a NBR 15270-3 (2005).

9 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A situação real dos canteiros de obra leva a perceber a necessidade de estudos específicos devido à variabilidade comportamental de um sistema construtivo em relação aos materiais e procedimentos empregados. A temática abordada neste trabalho surgiu basicamente desta premissa: a ocorrência de problemas atinentes a aderência de argamassa em painéis cerâmicos. Mas para a total compreensão do problema e busca de soluções viáveis é preciso fragmentar as discussões e concentrar-se nas variáveis do problema.

Este trabalho é apenas o pontapé inicial de um estudo que deve ter continuidade. Para a complementação dos resultados, discussões e conclusão obtidos aqui, faz-se importante estudar futuramente outras variáveis em relação ao processo de aderência argamassa substrato.

As sugestões para desenvolvimento de trabalhos futuros relativos ao tema estão elencadas a seguir:

- Utilizar diferentes traços de argamassas de revestimento para as mesmas famílias e marcas adotadas neste estudo, com o objetivo de comparar resultados;
- Adotar diferentes tipos de blocos, como, por exemplo, blocos de concreto, para avaliar a interação entre o bloco e a argamassa;
- Incluir outras variáveis na execução do sistema de revestimento: como o emprego do chapisco e as camadas de emboço/reboco ou reboco paulista, a fim de aliar o estudo ao comportamento real do sistema nas obras de construção civil que os empregam;
- Empregar argamassa composta de resíduos sólidos da construção civil;
- Realizar estudos de aderência em substratos impermeabilizados;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, N. J. D. (2002). **Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassas de revestimento**. Dissertação de Mestrado, Publicação E.DM 012A/02, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 175p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **BT 106**: guia básico de utilização do cimento Portland. São Paulo: ABCP, 2002.

_____. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – determinação da retenção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

_____. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

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

_____. **NBR 14082**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – execução do substrato padrão e aplicação de argamassa para ensaios. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. **NBR 15270-3**: Componentes cerâmicos - Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

_____. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

_____. **NBR 13749: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação.** Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

CANDIA, M.C. **Contribuição ao estudo das técnicas de preparo da base no desempenho dos revestimentos de argamassa.** São Paulo, 1998. 262 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; SCARTEZINI, L.M.B. **Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DETECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 4., 2001, Brasília. **Anais...** Brasília: UnB/ANTAC, 2001. p.43 – 67.

CARASEK, Helena. **Aderência de argamassa à base de cimento Portland a substratos porosos – Avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação.** Tese (Doutorado em Engenharia), 1996. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. Universidade de São Paulo, São Paulo.

CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CARASEK, H. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (Publicação IPT 2378), 1995. 118 p. Boletim Técnico 68 IPT.

DO Ó, S. W. (2004). **Análise da retenção de água em argamassas de revestimento aditivadas.** Dissertação de Mestrado, Publicação E.DM 02A/04, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 173p.

FIORITO, Antônio J.S.I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução.** São Paulo: Pini, 1994.

LEAL, Franz Eduardo Castelo Branco. **Estudo do desempenho do chapisco como procedimento de preparação de base em sistemas de revestimento.** Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil), 2003. Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia – Departamento de Engenharia Civil. Universidade de Brasília, Brasília.

MACIEL, Luciana Leone; BARROS, Mércia M. S. Bottura; SABBATINI, Fernando Henrique. **Recomendações para Execução de Revestimentos de Argamassa para paredes de vedação internas e externa e tetos.** São Paulo: 1998.

MAGALHÃES, Jardson Moura da Silva. **Estudo do Desempenho de Chapisco Aditivado sobre Substrato Cerâmico com Textura Acrílica.** Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil), 2009. Centro Luterano de Palmas, Palmas.

SALLES NETO, Moacyr; ARAÚJO, João Rafael Hojuara; LELIS, Flávio Roldão de Carvalho. **Capacidade portante de prismas cerâmicos da região de Palmas.** In: III Jornada de Iniciação Científica do Centro Luterano de Palmas. Palmas: 2003.

SALLES NETO, Moacyr; LELIS, Flávio Roldão de Carvalho; ARAÚJO, João Rafael Hojuara. **Desempenho de elementos cerâmicos da Região de Palmas.** In: IV Jornada de Iniciação Científica do CEULP/ULBRA, 2004, Palmas – TO.

SCARTEZINI, L. M. B. **Influência do tipo e preparo do substrato na aderência dos revestimentos de argamassa: estudo da evolução ao longo do tempo, influência da cura e avaliação da perda de água da argamassa fresca.** Goiânia, 2002. 262 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás.

SELECTA, Soluções em Blocos. **Argamassa de assentamento.** Disponível em: <http://www.selectablocos.com.br>. Acesso em: 07 de março

APÊNDICE

APÊNDICE A – Resultados do ensaio de determinação do índice de absorção de água inicial

Tabela A.1 – Índice de Absorção de água inicial Cerâmica A

MARCA A	Ms (g)	Mu (g)	A (cm ²)	AAI ((g/193,55cm ²)/min)
1	2465,0	2515,0	436,08	22,2
2	2444,4	2484,5	429,52	18,1
3	2409,5	2462,8	438,45	23,5
13	2384,2	2426,2	440,82	18,4
5	2368,3	2406,3	434,24	16,9
6	2447,8	2491,0	436,60	19,2
7	2462,0	2499,3	437,92	16,5
8	2438,4	2482,7	437,92	19,6
9	2474,6	2524,2	440,82	21,8
10	2391,2	2436,1	438,45	19,8
11	2406,5	2447,9	434,75	18,4
12	2432,5	2469,8	438,45	16,5
Média	2427,0	2470,5	437,002	19,2
Desvio Padrão	34,5	36,1	3,12	2,28

Tabela A.2 - Índice de Absorção de água inicial Cerâmica B

MARCA B	Ms (g)	Mu (g)	A (cm ²)	AAI ((g/193,55cm ²)/min)
1	2457,6	2467,8	389,76	5,1
2	2446,5	2457,8	400,20	5,5
3	2440,2	2461,8	406,00	10,3
4	2453,2	2471,7	396,72	9,0
5	2462,3	2488,4	438,45	11,5
6	2459,3	2480,3	411,18	9,9
8	2459,3	2467,9	407,10	4,1
9	2481,0	2505,3	440,30	10,7
10	2409,5	2418,2	397,25	4,2
11	2415,8	2432,7	421,73	7,8
12	2404,1	2407,7	379,62	1,8
13	2474,7	2483,4	407,10	4,1
Média	2447,0	2461,9	407,951	7,0
Desvio Padrão	25,0	29,0	18,13	3,23

Tabela A.3 - Índice de Absorção de água inicial Cerâmica C

MARCA C	Ms (g)	Mu (g)	A (cm ²)	AAI ((g/193,55cm ²)/min)
1	2641,6	2666,2	448,40	10,6
2	2644,4	2667,0	452,20	9,7
14	2659,5	2686,4	449,82	11,6
4	2640,3	2678,0	456,00	16,0
5	2642,9	2669,0	456,00	11,1
6	2738,8	2758,2	456,00	8,2
7	2707,9	2730,3	454,10	9,5
8	2660,6	2698,5	454,10	16,2
9	2661,5	2685,2	463,66	9,9
10	2620,2	2649,2	445,06	12,6
12	2679,0	2713,5	447,44	14,9
13	2640,0	2670	430,56	13,5
Média	2661,4	2689,3	451,112	12,0
Desvio Padrão	33,2	31,2	8,14	2,65

Tabela A.4 - Índice de Absorção de água inicial Cerâmica D

MARCA D	Ms (g)	Mu (g)	A (cm ²)	AAI ((g/193,55cm ²)/min)
1	2664,7	2703,7	449,82	16,8
2	2732,6	2762,7	456	12,8
3	2573,9	2597,9	442,7	10,5
4	2563,2	2590,6	454,1	11,7
5	2687,6	2716,7	448,4	12,6
6	2755,1	2779,4	456	10,3
7	2712,3	2743,0	457,9	13,0
8	2674,5	2693,1	456	7,9
9	2645,3	2676,8	437,1	13,9
10	2611,8	2646,4	446,5	15,0
11	2645,1	2673,4	450,3	12,2
15	2718,5	2738,1	459,8	8,3
Média	2665,4	2693,5	451,218	12,1
Desvio Padrão	60,8	60,2	6,74	2,59

Tabela A.5 - Índice de Absorção de água inicial Cerâmica E

MARCA E	Ms (g)	Mu (g)	A (cm ²)	AAI ((g/193,55cm ²)/min)
1	2505,5	2536,6	431,30	14,0
2	2547,2	2583,4	438,90	16,0
3	2668,6	2702,2	447,36	14,5
4	2544,8	2580,0	432,40	15,8
5	2583,5	2620,2	440,80	16,1
12	2643,2	2677,6	427,80	15,6
7	2542,2	2579,0	439,30	16,2
8	2633,0	2666,6	431,97	15,1
9	2544,2	2578,6	434,70	15,3
10	2555,5	2592,8	431,97	16,7
11	2640,7	2671,0	428,64	13,7
15	2524,4	2558,8	439,92	15,1
Média	2577,7	2612,2	435,422	15,3
Desvio Padrão	54,4	53,9	5,83	0,92

APÊNDICE B – Resultados do ensaio de determinação de resistência de aderência à tração

Tabela B.1 - Cerâmica A

Bloco	Identificação		Carga de Ruptura (N)	Tensão (Mpa)	Forma de Ruptura (%)					
					Sub.	Sub/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola	Cola/Past
SECOS	1A	CP1	1285	0,65	3	95	2			
		CP2	1295	0,66	1	93	6			
		CP3	1707	0,87			45	55		
	2A	CP4	1697	0,86		97	3			
		CP5	1305	0,66		95	5			
		CP6	1540	0,78	1	82	17			
	3A	CP7	1295	0,66		96	4			
		CP8	1678	0,85	3	95	2			
		CP9	1550	0,79		97	3			
	13A	CP10	1236	0,63		95	5			
		CP11	0	0,00	2	95	3			
		CP12	1344	0,68		98	2			
ÚMIDOS	5A	CP13	1087	0,55	95		5			
		CP14	872	0,44	95		5			
		CP15	1078	0,55	98		2			
	6A	CP16	247	0,13	7	65	28			
		CP17	725	0,37						100
		CP18	1871	0,95	95	5				
	7A	CP19	137	0,07		95	5			
		CP20	0	0,00		95	5			
		CP21	0	0,00		93	7			
	8A	CP22	0	0,00	5	75	20			
		CP23	480	0,24	5	80	15			
		CP24	166	0,08		70	30			
SATURADOS	9A	CP25	1256	0,64		15	85			
		CP26	0	0,00		15	85			
		CP27	1275	0,65		85	15			
	10A	CP28	1177	0,60		90	10			
		CP29	1177	0,60		95	5			
		CP30	1344	0,68		95	5			
	11A	CP31	1246	0,63		95	5			
		CP32	0	0,00		95	5			
		CP33	0	0,00		95	5			
	12A	CP34	0	0,00		95	5			
		CP35	0	0,00		90	10			
		CP36	0	0,00		90	10			

 Ra possivelmente maior que a obtida no ensaio

 Resultado desprezado

A área da superfície arrancada e das pastilhas para os blocos de todas as marcas é de 1963 mm².

Tabela B.2 – Cerâmica B

Bloco	Identificação		Carga de Ruptura (N)	Tensão (Mpa)	Forma de Ruptura (%)					
					Sub.	Sub/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola	Cola/Past
SECOS	1B	CP1	1481	0,75		85	20			
		CP2	1501	0,76		80	20			
		CP3	1560	0,79		75	25			
	2B	CP4	392	0,20		87	13			
		CP5	480	0,24		82	18			
		CP6	352	0,18				95	5	
	3B	CP7	1097	0,56		93	7			
		CP8	558	0,28		92	8			
		CP9	156	0,08		90	10			
	4B	CP10	735	0,37		90	10			
		CP11	1195	0,61		92	8			
		CP12	411	0,21		91	9			
ÚMIDOS	5B	CP13	147	0,07		98	2			
		CP14	147	0,07		98	2			
		CP15	0	0,00		98	2			
	6B	CP16	1256	0,64		94	6			
		CP17	1413	0,72		95	5			
		CP18	1432	0,73		96	4			
	8B	CP19	1422	0,72		80	20			
		CP20	1403	0,71				70	30	
		CP21	1530	0,78		80	20			
	9B	CP22	0	0,00		100				
		CP23	245	0,12		99	1			
		CP24	0	0,00		100				
SATURADOS	10B*	CP25	0	0,00		95	5			
		CP26	0	0,00			5	95		
		CP27	0	0,00		85	15			
	11B*	CP28	0	0,00	2	98				
		CP29	0	0,00		100				
		CP30	0	0,00		100				
	12B	CP31	137	0,07		95	5			
		CP32	137	0,07		95	5			
		CP33	421	0,21		95	5			
	13B	CP34	313	0,16				97	3	
		CP35	480	0,24		80	20			
		CP36	472	0,24		80	20			

Tabela B.3 – Cerâmica C

Bloco	Identificação		Carga de Ruptura (N)	Tensão (Mpa)	Forma de Ruptura (%)					
					Sub.	Sub/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola	Cola/Past
SECOS	1C	CP1	2060	1,05	100					
		CP2	1609	0,82		95	5			
		CP3	1324	0,67	100					
	2C	CP4	375	0,19		97	3			
		CP5	348	0,18		97	3			
		CP6	327	0,17		97	3			
	14C	CP7	1834	0,93		95	5			
		CP8	1501	0,76		95	5			
		CP9	1834	0,93		95	5			
	4C	CP10	372	0,19		100				
		CP11	268	0,14		100				
		CP12	268	0,14		100				
ÚMIDOS	5C	CP13	264	0,13		97	3			
		CP14	274	0,14		97	3			
		CP15	499	0,25		97	3			
	6C	CP16	0	0,00		98	2			
		CP17	0	0,00		98	2			
		CP18	0	0,00		98	2			
	7C	CP19	0	0,00		95	5			
		CP20	1236	0,63		93	7			
		CP21	1216	0,62		94	6			
	8C	CP22	744	0,38			98	2		
		CP23	656	0,33			98	2		
		CP24	460	0,23			5	95		
SATURADOS	9C*	CP25	0	0,00	5	95				
		CP26	0	0,00	5	95				
		CP27	0	0,00	5	95				
	10C	CP28	0	0,00	4	96				
		CP29	0	0,00	3	97				
		CP30	0	0,00	2	98				
	12C	CP31	0	0,00	7	93				
		CP32	0	0,00	2	98				
		CP33	0	0,00	2	98				
	13C	CP34	0	0,00		80	20			
		CP35	0	0,00		75	25			
		CP36	0	0,00		75	25			

Tabela B.4 – Cerâmica D

Bloco	Identificação		Carga de Ruptura (N)	Tensão (Mpa)	Forma de Ruptura (%)					
					Sub.	Sub/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola	Cola/Past
SECOS	1D	CP1	0	0,00		99	1			
		CP2	0	0,00		99	1			
		CP3	1393	0,71		99	1			
	2D	CP4	1854	0,94	7	90	3			
		CP5	1472	0,75		99	1			
		CP6	1746	0,89		98	2			
	3D	CP7	1236	0,63		98	2			
		CP8	1913	0,97		98	2			
		CP9	1148	0,58		99	1			
	4D	CP10	1256	0,64		100				
		CP11	1187	0,60		98	2			
		CP12	1236	0,63		98	2			
ÚMIDOS	5D	CP13	1579	0,80		98	2			
		CP14	1619	0,82		97	3			
		CP15	1628	0,83		95	5			
	6D	CP16	1177	0,60		96	4			
		CP17	1324	0,67		95	5			
		CP18	1364	0,69		85	15			
	7D	CP19	1256	0,64		95	5			
		CP20	1687	0,86		93	7			
		CP21	1413	0,72		91	9			
	8D	CP22	1256	0,64		93	7			
		CP23	1207	0,61		94	6			
		CP24	1393	0,71		90	10			
SATURADOS	9D	CP25	1187	0,60		85	15			
		CP26	0	0,00		98	2			
		CP27	1226	0,62		85	15			
	10D	CP28	0	0,00		95	5			
		CP29	0	0,00		95	5			
		CP30	0	0,00		95	5			
	11D	CP31	0	0,00		95	5			
		CP32	0	0,00		95	5			
		CP33	0	0,00		95	5			
	15D	CP34	0	0,00	5	95				
		CP35	0	0,00		95	5			
		CP36	0	0,00		97	3			

Tabela B.5 – Cerâmica E

Bloco	Identificação		Carga de Ruptura (N)	Tensão (Mpa)	Forma de Ruptura (%)					
					Sub.	Sub/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola	Cola/Past
SECOS	1E	CP1	1599	0,81		89	11			
		CP2	1619	0,82		88	12			
		CP3	1746	0,89		87	13			
	2E	CP4	1265	0,64		97	3			
		CP5	1481	0,75		96	4			
		CP6	1422	0,72		95	5			
	3E	CP7	1521	0,77		96	4			
		CP8	1285	0,65		96	4			
		CP9	1334	0,68		97	3			
	4E	CP10	1236	0,63	1	93	6			
		CP11	1305	0,66		97	3			
		CP12	1579	0,80		96	4			
ÚMIDOS	5E	CP13	1364	0,69		98	2			
		CP14	1275	0,65		98	2			
		CP15	1511	0,77		94	6			
	12E	CP16	1501	0,76		96	4			
		CP17	1452	0,74		95	5			
		CP18	1511	0,77		95	5			
	7E	CP19	1422	0,72		96	4			
		CP20	1477	0,75		95	5			
		CP21	1707	0,87		94	6			
	8E	CP22	1354	0,69	1	97	2			
		CP23	1638	0,83		96	4			
		CP24	1403	0,71		93	7			
SATURADOS	9E	CP25	1295	0,66		94	6			
		CP26	1275	0,65	1	93	6			
		CP27	1265	0,64		94	6			
	10E	CP28	1177	0,60		92	8			
		CP29	1305	0,66		85	15			
		CP30	1216	0,62		80	20			
	11E	CP31	1138	0,58	1	96	3			
		CP32	1216	0,62		98	2			
		CP33	1265	0,64		94	6			
	15E	CP34	1216	0,62		93	7			
		CP35	1167	0,59	1	95	4			
		CP36	1216	0,62		94	6			