

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

ALESSANDRA KAVALEK PERETTO

**ARGAMASSA PROJETADA: AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES NO ESTADO
FRESCO E ENDURECIDO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2017

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

ALESSANDRA KAVALEK PERETTO

**ARGAMASSA PROJETADA: AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES NO ESTADO
FRESCO E ENDURECIDO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção de título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. José Ilo Pereira Filho

PATO BRANCO

2017



TERMO DE APROVAÇÃO

ARGAMASSA PROJETADA: AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES NO ESTADO FRESCO E ENDURECIDO

ALESSANDRA KAVALEK PERETTO

No dia 20 de novembro de 2017, às 08h15min, na Sala de Treinamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após arguição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná– UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº23-TCC/2017.

Orientador: Prof. Dr. José Ilo Pereira Filho (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 1 da banca: Prof^a. Dr^a. CAROLINE ANGULSKI DA LUZ (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da banca: Prof. Msc. JOSÉ MIGUEL ETCHALUS (DACOC/UTFPR-PB)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, a minha mãe Lenita, ao Marcos, ao Kauã e a Lenice.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois tenho plena certeza de que sem Ele eu não teria nem mesmo iniciado o curso de Engenharia Civil. A cada prova ou trabalho sei que fui guiada por Ele. É por Ele, com Ele e para Ele que apresento este trabalho de conclusão de curso.

Deixo meu amor e gratidão eternos à minha mãe Lenita, por ter me ajudado, amparado, incentivado, cobrado e sustentado por esses 22 anos de vida, sofrendo um pouco mais nesses 5 anos de graduação. Mãe, é por você que cheguei aqui e é graças a você que sou essa pessoa. Você fez tudo por mim, mais do que pode e muito mais do que eu mereço. Você é minha base, meu sustento, minha vida.

Agradeço também ao meu noivo Marcos, que ao longo desses 5 anos ficou ao meu lado nos dias e noites de choro, aguentou minhas lamentações, minhas tristezas. Sei que sofreu junto comigo muitas vezes, mas você sempre teve um abraço apertado e uma palavra de consolo e motivação. Saiba que superei tudo também por você, pelo nosso futuro e por nossos sonhos.

Agradeço ao meu professor orientador Dr. José Ilo Pereira Filho, por ter me ajudado desde o início, por sempre me atender com alegria, por todas as ideias, dicas e correções. Obrigada por todos os conselhos e aprendizado, que levarei para minha vida. A todos os meus professores de ensino fundamental e médio, e especialmente aos de graduação, obrigada! Vocês são fontes de exemplo e inspiração.

Aos meus colegas de graduação, que se tornaram amigos ao longo desses 5 anos. Por todas as vezes que vocês foram meus professores, pelos momentos bons e ruins. Ao Fernando Guerra Ferrari um agradecimento especial, pois você me fez ver a vida de um jeito diferente, e me proporcionou uma amizade verdadeira. A Gabriela Spiller Bello dos Santos, não poderia deixar de agradecer por tudo, especialmente pelas listas compartilhadas!

A construtora que me permitiu realizar o ensaio de campo, apoiando meu trabalho e fornecendo o material necessário. Agradeço também pela oportunidade de estágio, que me proporcionou ampliar meus conhecimentos e aprender muito mais sobre a profissão na prática.

“Nada poderá me abalar, nada poderá me derrotar, pois minha força e vitória tem um nome é Jesus.”

(Eliana Ribeiro)

RESUMO

Nos últimos anos a construção civil no Brasil vem implantando novos equipamentos e métodos construtivos para agilizar e facilitar a execução de obras. Dentre eles está a projeção mecânica de argamassa, um dos processos que se disseminam pelo país, especialmente com as argamassas industrializadas ensacadas, colaborando para a racionalização da obra. Avaliar as propriedades dessa argamassa é importante para conhecer melhor o produto e analisar sua viabilidade de implantação na construção. Este trabalho objetiva através de ensaios de laboratório e in loco, verificar as propriedades da argamassa e sua conformidade com as normas e especificações do fabricante. Em laboratório, foram analisados a finura e composição da argamassa, suas propriedades no estado fresco, como índice de consistência e retenção de água e no estado endurecido, como resistência à tração na flexão e resistência à compressão. Para isso, foi utilizada a argamassa ensacada de emboço para projeção, mesmo material utilizado no ensaio de campo. Para os testes de índice de consistência, retenção de água, resistência à tração na flexão e resistência à compressão, foram utilizados dois traços: o traço 1, com a menor quantidade de água recomendada pelo fabricante (16,6%) e o traço 2, com o valor máximo de água recomendado (17,4%). Dessa maneira, foram analisados os resultados de cada ensaio alterando a proporção de água da mistura, obtendo os efeitos que a adição de água em pequena quantidade causa nas propriedades da argamassa. In loco foi verificada a resistência de aderência à tração da argamassa de emboço, através de ensaio em uma construtora que utiliza a projeção mecanizada de argamassa. Nesse ensaio o traço utilizado na execução do revestimento não pode ser medido, pois a máquina não apresenta a quantidade de água da mistura, que era adicionada de acordo com a trabalhabilidade ideal para o operador. A determinação da finura da argamassa apresentou areias finas na sua composição, com granulometria bem controlada. O índice de consistência para o traço 1 apresentou uma argamassa pouco trabalhável, e para o traço 2, com boa trabalhabilidade. A retenção de água foi razoável para o traço 1 e baixa para o traço 2. A resistência à tração na flexão foi boa para o traço 1 e um pouco inferior para o traço 2. A resistência à compressão obteve valores menores que os fornecidos pela fábrica, mostrando-se menos resistente do que deveria. A resistência de aderência à tração obtida no ensaio in loco foi de 0,14 MPa, abaixo do valor estipulado em norma para paredes internas que receberão pintura, que é 0,20 MPa, mostrando-se com desempenho inferior ao recomendado.

Palavras-chave: Argamassa projetada. Desempenho de argamassa. Propriedades da argamassa.

ABSTRACT

In the last years, civil construction in Brazil has been implementing new equipment and construction methods to streamline and facilitate the execution of works. Among them is the mechanical projection of mortar, one of the processes that spread throughout the country, especially with industrialized bagged mortar, collaborating to rationalize the work. Evaluating the properties of this mortar is important to know better the product and to analyze its viability of implantation in the construction. This work aims through laboratory and on-site tests, to verify the properties of the mortar and its compliance with the norms and specifications of the manufacturer. In the laboratory, the fineness and composition of the mortar, its properties in the fresh state, as index of consistency and water retention and in the hardened state, such as tensile strength in flexion and compressive strength, were analyzed. For this, we used the bagged mortar for projection, even material used in the field test. For the tests of consistency index, water retention, tensile strength in flexion and compressive strength, two traces were used: trace 1, with the lowest amount of water recommended by the manufacturer (16.6%) and trace 2, with the maximum recommended water value (17.4%). In this way, the results of each test were analyzed by altering the water proportion of the mixture, obtaining the effects that the addition of water in small quantity causes in the properties of the mortar. At work, the tensile adhesion strength was verified, by means of a test in a construction company that uses the mechanized projection of mortar. In this test the trace used in coating performance can not be measured because the machine doesn't show the amount of water in the mixture, which one was added according to the ideal workability for the operator. The determination of the fineness of the mortar presented fine sands in its composition, with well controlled granulometry. The consistency index for the trace 1 presented a poorly workable mortar, and for the trace 2, with good workability. The water retention was reasonable for trace 1 and low for trace 2. The tensile strength in flexion was good for trace 1 and slightly lower for trace 2. The compressive strength obtained was lower than those provided by the factory, showing less resistant than it should be. The tensile adhesion strength obtained in the on-site test was 0.14 MPa, below the norm stipulated value for internal walls that will receive paint, which is 0.20 MPa, showing lower performance than recommended.

Keywords: Projected mortar. Mortar performance. Mortar properties.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Revestimento com chapisco, emboço e reboco.....	14
Figura 2 - Tipos de revestimento: a) chapisco, emboço e reboco; b) chapisco e camada única.....	15
Figura 3 - Perda de água das argamassas em função da sucção da base (tempo de contato: 4 minutos).....	20
Figura 4 - Argamassas com alto e baixo teor de cimento	21
Figura 5 - Argamassa industrializada	25
Figura 6 - Sistema de projeção com recipiente acoplado - pistola de projeção.....	28
Figura 7 - Sistema de projeção com recipiente acoplado - caneca de projeção	28
Figura 8 - Bomba de argamassa com eixo helicoidal.....	29
Figura 9 - Bomba de argamassa com pistão.....	30
Figura 10 - Fluxograma	32
Figura 11 - Argamassa industrializada utilizada nos ensaios	33
Figura 12 - Conjunto fundo+peneira+tampa no agitador de peneiras.....	34
Figura 13 - Material retido na peneira	35
Figura 14 - Material depositado no fundo.....	35
Figura 15 - Material seco antes da mistura	38
Figura 16 - Argamassa misturada pronta	38
Figura 17 - Argamassa na mesa de consistência.....	39
Figura 18 - Argamassa com traço 1 espalhada.....	40
Figura 19 - Ensaio de retenção de água – equipamentos.....	41
Figura 20 - Prato de argamassa após o ensaio.....	42
Figura 21 - Molde dos corpos de prova.....	44
Figura 22 - Corpos de prova na idade de 28 dias.	44
Figura 23 - Ensaio de resistência à tração na flexão.....	45
Figura 24 - Corpos de prova rompidos à tração na flexão.....	45
Figura 25 - Seção de um corpo de prova após o ensaio	46
Figura 26 - Ensaio de resistência à compressão	46
Figura 27 - Corpos de prova após o ensaio de resistência à compressão	47
Figura 28 - Chapisco para projeção.	47
Figura 29 - Máquina de projeção com bomba de ar comprimido	48
Figura 30 - Parede com chapisco.....	49

Figura 31 - Projeção de argamassa de emboço.....	49
Figura 32 - Pastilhas coladas na parede.	50
Figura 33 - Corte da parede com serra copo.....	51
Figura 34 - Auxílio de papelão para colagem da pastilha.....	51
Figura 35 - Arrancamento dos corpos de prova com dinamômetro de tração.....	52
Figura 36 - Corpos de prova após o arrancamento.....	52
Figura 37 - Rompimento no chapisco.....	53
Figura 38 - Rompimento quase totalmente no substrato.....	53
Figura 39 - Parede após o arrancamento.....	54
Figura 40 - Formas de ruptura para um sistema de revestimento com chapisco	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Traços utilizados nos ensaios	37
Tabela 2 - Índice de finura da argamassa	55
Tabela 3 - Exigência quanto ao índice de finura para o cimento Portland.....	55
Tabela 4 - Determinação do índice de consistência - traço 1 e traço 2	56
Tabela 5 - Determinação da retenção de água - traço 1 e traço 2	57
Tabela 6 - Classificação segundo a retenção de água.....	57
Tabela 7 - Determinação da resistência à tração na flexão - traço 1 e traço 2.....	58
Tabela 8 - Classificação quanto à resistência à tração na flexão.....	59
Tabela 9 - Determinação da resistência à compressão - traço 1 e traço 2	60
Tabela 10 - Classificação da resistência à compressão.....	60
Tabela 11 – Determinação da resistência de aderência à tração.....	61
Tabela 12 - Limites de resistência de aderência à tração (Ra)	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Propriedades da argamassa	16
Quadro 2 - Propriedades relacionadas com a trabalhabilidade das argamassas.....	18
Quadro 3 - Atividades e equipamentos de produção das argamassas	25
Quadro 4 – Composição da argamassa	33

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Índice de finura da argamassa.....	35
Equação 2 - Retenção de água.....	42
Equação 3 - Fator água/argamassa fresca.....	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	OBJETIVO GERAL.....	9
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
1.3	JUSTIFICATIVA	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1	REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA E SUAS FUNÇÕES.....	12
2.1.1	Chapisco	12
2.1.2	Emboço	13
2.1.3	Reboco	13
2.1.4	Camada única	14
2.2	ARGAMASSA.....	15
2.3	PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS.....	16
2.4	PROPRIEDADES NO ESTADO FRESCO	16
2.4.1	Massa específica e teor de ar	17
2.4.2	Trabalhabilidade.....	17
2.4.3	Retenção de água	19
2.4.4	Retração na secagem	21
2.5	PROPRIEDADES NO ESTADO ENDURECIDO	22
2.5.1	Aderência	22
2.5.2	Resistência mecânica	23
2.6	ARGAMASSAS INDUSTRIALIZADAS	24
2.7	ARGAMASSAS PROJETADAS MECANICAMENTE	26
2.8	EQUIPAMENTOS PARA PROJEÇÃO DE ARGAMASSA.....	27
2.8.1	Projetores com recipiente acoplado	27
2.8.2	Bomba de projeção de argamassa.....	29
3	MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	31
3.2	FLUXOGRAMA	31
3.3	ENSAIOS DE LABORATÓRIO.....	32
3.3.1	Argamassa industrializada utilizada	32
3.3.2	Determinação da finura	34
3.3.3	Preparação da mistura de argamassa	36

3.3.4	Índice de consistência da argamassa	39
3.3.5	Retenção de água	40
3.3.6	Resistência à tração na flexão e resistência à compressão	43
3.4	ENSAIO IN LOCO	47
3.4.1	Resistência de aderência à tração	47
4	RESULTADOS	55
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA.....	55
4.2	ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA.....	56
4.3	RETENÇÃO DE ÁGUA	57
4.4	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO	58
4.5	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO.....	59
4.6	RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO.....	61
4.6.1	Patologias decorrentes da baixa resistência de aderência à tração.....	63
5	CONCLUSÃO	65
	REFERÊNCIAS	68

1 INTRODUÇÃO

O revestimento de argamassa tem a função de proteger a parede de alvenaria e resultar numa superfície uniforme, adequada para receber outros revestimentos, conforme previsto em projeto. Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP (ABCP, 2002) e Casarek (2010), o revestimento argamassado pode contribuir em 100% da estanqueidade, 30% do isolamento térmico e 50% do isolamento acústico de uma vedação. Diante desses dados, percebe-se a importância do bom desempenho da argamassa de revestimento, que interfere diretamente na qualidade do acabamento final de uma edificação (ABCP, 2002).

A mão de obra pode tornar-se um problema na execução de edifícios, quando não qualificada ou escassa. De acordo com Pereira (2014), uma pesquisa da Fundação Dom Cabral revelou que 91% das empresas participantes encontravam dificuldades na contratação de funcionários, sendo que o maior desafio era encontrar profissionais habilitados para funções específicas.

Diminuir a quantidade de funcionários é um desejo de muitas construtoras, para além de reduzir custos, minorar erros humanos na execução de serviços. Para Duailibe, Cavani e Oliveira (2005), a racionalização dos serviços, juntamente com a menor dependência de mão de obra, é um grande desafio no setor da construção civil. Isso faz com que as indústrias de equipamentos produzam mais ferramentas que auxiliam na execução das mais variadas atividades, como no caso da projeção de argamassa.

Há indícios de que a argamassa projetada começou a ser utilizada no Brasil na construção da Usiminas e de Brasília, na década de 50 (KISS,1999). Segundo Crescencio et al. (2000), na década de 70 ocorreram tentativas de implantação de argamassa projetada em edifícios em fase de construção, na cidade de São Paulo. O processo não apresentou os resultados desejados, pois não pensou-se no treinamento dos funcionários e nas mudanças necessárias no gerenciamento do canteiro de obras. Somente nos últimos anos essa implantação foi bem sucedida, disseminando o processo de projeção de revestimento argamassado pelo país.

Uma construtora de Belo Horizonte analisou os resultados da implantação da projeção de argamassa de revestimento em suas obras, mostrando uma série de vantagens obtidas. A matéria de Giribola (2014), que relata esses resultados, aponta

que o sistema de projeção mecanizado de argamassa diminui custos na etapa de chapisco e emboço, reduz significativamente os prazos de execução e aumenta a qualidade final do emboço e do revestimento cerâmico. Observou-se redução de custos administrativos e com locação de andaimes, já que o tempo de uso desses equipamentos foi minorado, e uma economia com funcionários, sendo que o tempo de serviço e a quantidade diminuiu.

Para muitos especialistas, o revestimento projetado melhora a performance das edificações e minimiza interferências humanas, o que muitas construtoras almejam atualmente. Devido aos seus benefícios, esse sistema é recomendado para revestimentos de paredes internas e externas, prometendo vantagens técnicas e econômicas. Porém, para garantir sucesso, deve-se atentar para um conjunto de práticas dentro e fora do canteiro, prevendo e aceitando mudanças e adequações nessa etapa (CHICHINELLI, 2010).

Diante desses fatos, percebe-se que muitas vantagens técnicas e econômicas são citadas por autores que apresentam esse método. Porém, além do canteiro de obras, é necessário analisar o material e o desempenho que os revestimentos projetados apresentam. Com essas preocupações, o presente trabalho será elaborado a fim de contribuir para o melhor entendimento e utilização da projeção de argamassa.

Será verificado o índice de finura da argamassa e estudadas as propriedades no estado fresco, através de ensaios de índice de consistência e retenção de água. No estado endurecido, serão verificadas a resistência à compressão, resistência à tração na flexão e resistência de aderência à tração. Dessa maneira, serão obtidos parâmetros para conhecer o desempenho da argamassa projetada, atingindo os objetivos do trabalho.

1.1 OBJETIVO GERAL

- Analisar as propriedades no estado fresco e endurecido da argamassa para projeção.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a influência da quantidade de água nas propriedades no estado fresco e endurecido da argamassa;
- Analisar a conformidade da argamassa com as especificações do fabricante e as normas técnicas.

1.3 JUSTIFICATIVA

A argamassa de revestimento tem como função principal a regularização das imperfeições das paredes, criando uma superfície uniforme. Também deve proteger a alvenaria de agentes externos, como a umidade e permanecer aderida à parede, resistindo aos possíveis esforços a que esteja submetida, como o peso de placas cerâmicas, quando houver paredes revestidas. O revestimento tem fundamental importância na estética da edificação, tanto em paredes externas como internas, tornando-se um elemento que necessita de atenção especial em sua execução (VEIGA, 1998).

A maneira artesanal de executar emboço, chapado à mão, é amplamente utilizada, com o auxílio da tradicional colher de pedreiro, implicando num grande consumo de mão de obra. Já o emboço projetado é lançado na superfície através de bombeamento mecânico, com máquina de projeção, que para Chichinelli (2010), minimiza as interferências humanas, o que se torna uma das principais vantagens desse sistema. A argamassa, quando do tipo ensacada, é inserida na máquina, que adiciona água em quantidade estabelecida pelo operador. As bombas conduzem o material do tanque da máquina até a pistola, através de um mangote, e o compressor de ar projeta a argamassa (PARAVISI et al. 2007).

Nos últimos anos a argamassa projetada vem ganhando espaço no mercado brasileiro da construção civil, devido a sua maior produtividade e bom desempenho no revestimento de paredes. A projeção garante uma energia de lançamento constante, resultando em maior resistência de aderência, boa uniformidade e diminuição do consumo de material. Essas vantagens fazem desse método uma boa opção para construtores que desejam inovar, melhorar sua produção e qualidade, além de economizar. Diante desses fatos, a adesão das empresas ao sistema de

projeção vem aumentando, o que proporciona maior competitividade e melhoramento do processo construtivo (CHICHINELLI, 2010).

O sistema de projeção de argamassas de revestimento se torna mais caro do que o processo manual, quando observado apenas o custo do material (argamassa ensacada), por ser um produto industrializado. Porém, quando verificado o custo total da etapa construtiva, incluindo mão de obra e tempo de execução, algumas construtoras obtiveram uma economia de aproximadamente 30%, se comparado a argamassa chapada a mão. Dessa maneira, destaca-se a importância do estudo e conhecimento desse processo construtivo (DELVINO, 2016).

Existem vários estudos sobre argamassa projetada, como Delvino (2016), que analisa se a argamassa projetada de emboço atende às normas brasileiras vigentes e se é uma solução econômica. Serraglio (2016) compara o método convencional de aplicação manual de argamassa com o método mecanizado, através de projeção, levando em conta a viabilidade econômica e a produtividade de ambos. No trabalho de Fernandes (2012), é apresentado o desempenho da argamassa projetada, através de ensaios que caracterizam seu estado fresco e endurecido. Paravisi et al. (2007) realizaram um estudo de caso da aplicação de argamassa projetada de emboço e avaliaram os resultados de produtividade e qualidade final do produto.

Assim, percebe-se que o método de projeção e seu resultado final nas edificações está sendo estudado no Brasil. Porém, esses trabalhos não citam todas as propriedades e a caracterização do material utilizado para a projeção, sendo que as principais informações conhecidas são algumas especificações técnicas, de acordo com o fabricante. Conhecer a composição e a granulometria da argamassa ensacada utilizada na projeção, além de estudar suas propriedades no estado fresco e endurecido, pode tornar-se um tema original, que contribuirá para a correta utilização do produto.

Esse trabalho busca identificar a composição da argamassa ensacada para projeção de emboço, determinar sua finura e analisar suas propriedades no estado fresco e endurecido. Deseja-se conhecer melhor a argamassa utilizada na projeção e também sua eficácia, para auxiliar na disseminação de seu uso e na melhoria das características da mesma. O estudo será útil para pesquisadores, profissionais da construção civil, proprietários de empresas, ou mesmo interessados no sistema, já que conhecer melhor o material pode ajudar na tomada de decisão sobre o sistema de execução do revestimento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA E SUAS FUNÇÕES

ABCP (2002) se refere ao revestimento de argamassa como sendo a proteção de uma superfície, tendo espessura uniforme e com uma ou mais camadas sobrepostas, regularizando a superfície dos elementos de vedação, sendo que dessa maneira esteja adequado para receber o acabamento final (pintura, revestimento cerâmico, entre outros). O revestimento argamassado tem função fundamental de proteger a base da ação de agentes externos deteriorantes, além de auxiliar na estanqueidade à água e aos gases e no isolamento termoacústico, colaborando na durabilidade das edificações.

Para o mesmo autor, o revestimento deve possuir propriedades de acordo com o local a que estará exposto, com as condições de execução, com a base e com o desempenho previsto de cada obra. Baía e Sabbatini (2008) alerta que o revestimento de argamassa deve apresentar propriedades adequadas para o comportamento desejado das vedações e do edifício.

Segundo Casarek (2010), o revestimento de argamassa auxilia no isolamento térmico, isolamento acústico, estanqueidade à água, resistência ao fogo e ao desgaste de um sistema de vedação de um edifício. Diante desses fatos nota-se a importância de um bom revestimento nas edificações, com a utilização de materiais de qualidade e a correta execução do processo.

O revestimento de argamassa pode ser constituído de diferentes maneiras. As mais usuais no país são: a) chapisco, emboço e reboco, ou b) chapisco e camada única. São descritas cada uma dessas camadas a seguir:

2.1.1 Chapisco

O chapisco é uma camada de preparo da base, aplicada de maneira contínua ou descontínua, cuja composição se dá pela mistura de cimento, areia e aditivos (quando o uso desses se faz necessário). Sua função é uniformizar a superfície quanto à absorção e ampliar a aderência entre a base e a camada de revestimento posterior ao chapisco (ABNT, 2013a).

Fiorito (1994) apresenta o chapisco como uma camada áspera e irregular, que deve criar ancoragens mecânicas para aderir à camada seguinte. O chapisco visa fornecer ao substrato uma textura rugosa e porosa, interferindo positivamente na aderência do revestimento argamassado à base. Esse também regula a sucção do substrato, diminuindo a intensidade da passagem de água da argamassa de revestimento para a base. Para cumprir com as especificações desejadas, a espessura do chapisco deve ser de aproximadamente 5 mm (BAUER, 2005).

Pode-se executar o chapisco de maneiras diferentes. O convencional é lançado manualmente, de maneira vigorosa, como uma mistura fluida, através de uma colher de pedreiro. O desempenado é aplicado usualmente sobre estruturas de concreto, com desempenadeira dentada, utilizando uma argamassa industrializada, que necessita apenas da mistura de água. O rolado é aplicado com rolo para textura e constitui-se de uma mistura fluida com adição de polímero, normalmente de base PVAC (ABCP, 2002).

2.1.2 Emboço

A NBR 13529 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas, define o emboço como uma camada de revestimento de argamassa cuja função é cobrir e regularizar a superfície do substrato, permitindo o recebimento de outra camada (reboco) ou a colocação de revestimento decorativo (placas cerâmicas, por exemplo), podendo também constituir-se do acabamento final (ABNT, 2013a).

De acordo com a NBR 13749 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação, os emboços podem ser executados com os seguintes acabamentos da superfície: a) sarrafeado, se houver posterior aplicação de reboco, ou b) sarrafeado ou desempenado, se houver posterior revestimento de placas cerâmicas (ABNT, 2013b).

2.1.3 Reboco

Bauer (2005) cita o reboco como a camada de revestimento que cobre o emboço, proporcionando uma superfície pronta para receber revestimento decorativo, ou permanecer como acabamento final. A espessura dessa camada deve ser apenas o necessário para formar uma superfície lisa e contínua.

É importante destacar que o reboco é diferente do emboço, sendo que atualmente o sistema chapisco-emboço-reboco está sendo utilizado cada vez menos em obras correntes. A Figura 1 mostra o esquema de uma parede com chapisco, emboço e reboco.

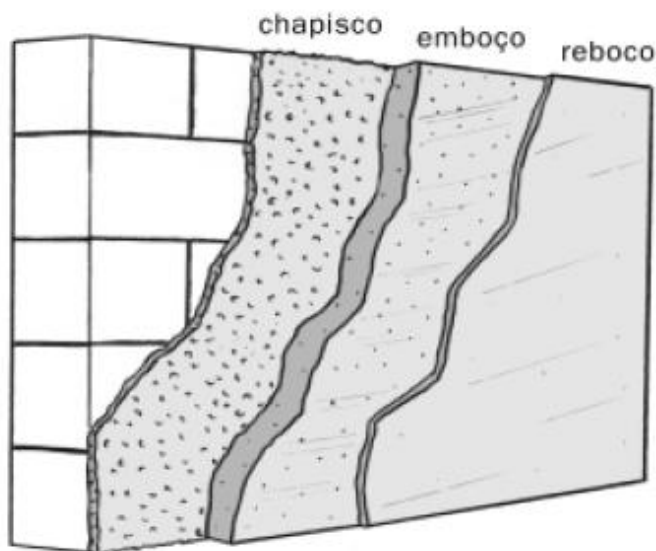


Figura 1 - Revestimento com chapisco, emboço e reboco
Fonte: ABCP (2002).

2.1.4 Camada única

Conforme Casarek (2010), a camada única é, como o nome já diz, uma única camada de revestimento, de um único tipo de argamassa, que serve de base para uma camada decorativa, como placas cerâmicas, ou pintura. É o revestimento argamassado mais usado no Brasil atualmente, também conhecido como “massa única” ou “reboco paulista”. Esse revestimento é executado sobre o chapisco, sem a aplicação anterior de emboço, tendo assim dupla função, cumprindo as exigências do emboço e do reboco.

Para Bauer (2005), esse tipo de revestimento é usado largamente em função da diminuição dos custos, principalmente os relativos à mão-de-obra, já que executar apenas uma camada torna-se mais simples e rápido. A Figura 2 apresenta os dois sistemas de revestimento argamassado mais utilizados no país:

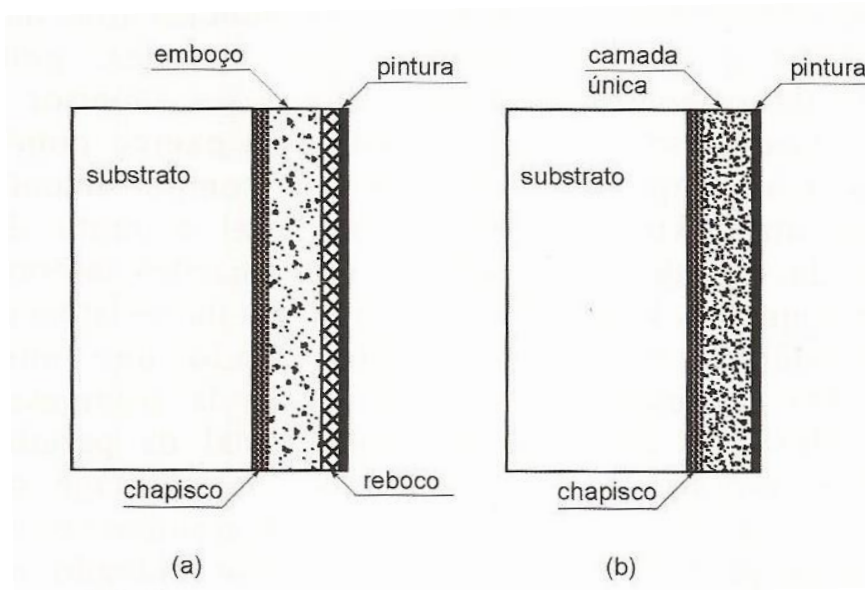


Figura 2 - Tipos de revestimento: a) chapisco, emboço e reboco; b) chapisco e camada única
Fonte: Adaptado de Casarek (2010).

2.2 ARGAMASSA

Entende-se a argamassa como um material de construção, cuja composição se dá por uma mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo (areia) e água. Pode-se inserir à mistura adições e aditivos (quando necessário ou desejado), para obter diferentes propriedades ou ampliar seus resultados. Algum tempo após a mistura, a argamassa apresenta-se como um material sólido, que deve possuir aderência e resistência, atendendo aos objetivos finais de utilização do produto (ABCP, 2002).

Atualmente, além das argamassas tradicionais à base de cimento, cal e areia, estão sendo empregadas nas obras brasileiras as argamassas industrializadas, que são misturas prontas de componentes secos, necessitando apenas da adição de água (CASAREK, 2010).

Casarek (2010) afirma que as argamassas são amplamente utilizadas na construção civil, principalmente no assentamento de alvenarias, nas etapas de revestimentos de paredes e em contrapisos (para regularização de pisos).

2.3 PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS

A argamassa apresenta várias propriedades importantes, podendo assim ser considerada um material de construção de qualidade. Veiga (1998) destaca as seguintes propriedades: trabalhabilidade, resistência mecânica, estanqueidade, aderência ao suporte, resistência aos choques, aspecto estético e durabilidade. ABCP (2002) também destaca a capacidade de absorver deformações, como um item importante a ser verificado e enfatiza que a granulometria e as características dos agregados interferem nas propriedades da argamassa.

Baía e Sabbatini (2008) destacam as principais propriedades das argamassas no estado fresco e endurecido, conforme o Quadro 1:

Quadro 1 - Propriedades da argamassa

Estado Fresco	Estado Endurecido
Massa específica e teor de ar	Aderência
Trabalhabilidade	Capacidade de absorver deformações
Retenção de água	Resistência mecânica
Aderência inicial	Resistência ao desgaste
Retração na secagem	Durabilidade

Fonte: Adaptado de Baía e Sabbatini (2008)

Casarek (2010) destaca o fato de que para avaliar as propriedades das argamassas de maneira completa, deve-se considerar a sua interação com a base, pois a argamassa pode se comportar diferentemente, de acordo com o material sobre o qual for aplicada.

2.4 PROPRIEDADES NO ESTADO FRESCO

As propriedades das argamassas no estado fresco são aquelas que se apresentam após a mistura dos componentes, antes do seu endurecimento. Essas propriedades são essenciais para a execução do revestimento e interferem também ao longo da sua vida útil. São apresentadas as principais propriedades das argamassas no estado fresco a seguir:

2.4.1 Massa específica e teor de ar

A massa específica pode ser dividida entre absoluta e relativa. Baía e Sabbatini (2008) dizem que a massa específica absoluta é determinada sem considerar os vazios presentes no volume do material. Já a relativa considera os vazios existentes e também é conhecida como massa unitária. O teor de ar, como o nome já diz, é a quantidade de ar inserida num certo volume de argamassa. Utiliza-se largamente a massa unitária para converter o traço em massa das argamassas para volume, já que na maioria das obras a utilização de balanças é inviável.

Pode-se aumentar o teor de ar da argamassa com o uso de aditivos incorporadores de ar, porém esse uso deve ser estudado e analisado, para não interferir em outras propriedades importantes da mistura, prejudicando sua utilização e desempenho. Maior teor de ar e menor massa específica conferem maior trabalhabilidade à argamassa (BAÍA E SABBATINI, 2008).

2.4.2 Trabalhabilidade

A trabalhabilidade é uma importante propriedade das argamassas no estado fresco, porém é de difícil mensuração, e segundo Baía e Sabbatini (2008) a avaliação dessa propriedade acontece de maneira qualitativa. Para os autores, uma argamassa de revestimento pode ser considerada trabalhável quando: mantém sua coesão durante o transporte, mas não permanece aderida à colher de pedreiro, não é fluida mas distribui-se facilmente, preenchendo reentrâncias da base onde será aplicada e se a mistura não endurece rapidamente após sua aplicação.

Para Sabbatini (1998) a trabalhabilidade é avaliada pessoalmente, variando de acordo com o profissional que usa a argamassa. Contudo, é uma combinação de características da mistura, sendo que fatores como a viscosidade, adesão, coesão, plasticidade, exsudação e consistência interferem na sua avaliação. Essa propriedade é de grande importância, pois as demais dependem dela, já que interfere diretamente na qualidade do serviço do pedreiro e nas características reológicas. As características dos materiais e a proporção de cada um na mistura interferem nessa propriedade e o uso de cal ou aditivos pode melhorá-la, mas com um limite (BAÍA e SABBATINI, 2008).

A trabalhabilidade relaciona-se com três parâmetros, que para Sabbatini (1998) são o atrito interno, a coesão e a viscosidade. Porém, devido à dificuldade em quantificar esses fatores, mede-se esta propriedade fazendo-se uma correlação com a consistência da argamassa, que é o que faz a mistura resistir às deformações. Para isso, utiliza-se a NBR 13276 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência (ABNT, 2016a), que verifica o espalhamento que a argamassa teve após trinta quedas na mesa para índice de consistência.

Segundo a NBR 16541 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura para a realização de ensaios, o índice de consistência considerado padrão para as argamassas é de (260 ± 5) mm (ABNT, 2016b).

Casarek (2010) apresenta a trabalhabilidade como sendo a união de diversas propriedades, como mostra o Quadro 2:

Quadro 2 - Propriedades relacionadas com a trabalhabilidade das argamassas

PROPRIEDADES	DEFINIÇÃO
Consistência	É a maior ou menor facilidade da argamassa deformar-se sob ação de cargas.
Plasticidade	É a propriedade pela qual a argamassa tende a conservar-se deformada após a retirada das tensões de deformação.
Retenção de água e índice de consistência	É a capacidade de a argamassa fresca manter sua trabalhabilidade quando sujeita a solicitações que provocam a perda de água.
Coesão	Refere-se às forças físicas de atração existentes entre as partículas sólidas da argamassa e as ligações químicas da pasta aglomerante.
Exsudação	É a tendência de separação da água (pasta) da argamassa, de modo que a água sobe e os agregados descem pelo efeito da gravidade. Argamassas de consistência fluida apresentam maior tendência à exsudação.
Densidade de massa	Relação entre a massa e o volume de material.
Adesão inicial	União inicial da argamassa no estado fresco ao substrato.

Fonte: Adaptado de Casarek (2010)

Para Sabbatini (1998), as relações água/aglomerante, aglomerante/areia, a granulometria dos componentes e a qualidade e natureza do aglomerante têm influência na consistência da argamassa, alterando assim sua trabalhabilidade. Porém, conclui-se que essa propriedade varia de acordo com o profissional que está utilizando a mistura, já que não há uma maneira de padronizar as preferências de trabalho individuais.

2.4.3 Retenção de água

Essa propriedade representa a capacidade da argamassa de manter a água de amassamento, sem perder a trabalhabilidade, tornando-se aplicável por um determinado período de tempo. É importante reter a água, pois a mistura está sujeita a fatores como a evaporação e a sucção da base. Dessa forma, a retenção permite que o endurecimento da argamassa seja gradativo, fornecendo tempo suficiente para a aplicação do material e a correta reação de hidratação (BAUER, 2005).

Baía e Sabbatini (2008) afirmam que se a mistura perder água rapidamente, terá as propriedades de aderência, capacidade de absorver deformações e resistência mecânica comprometidas, alterando a durabilidade e estanqueidade do revestimento argamassado. Por isso, a retenção de água é essencial para um bom desempenho do revestimento. Os autores ainda citam que as características e proporções dos materiais constituintes, como agregados, aglomerantes e aditivos são fatores que influenciam na retenção de água.

Pode-se ampliar a capacidade da argamassa de reter água de diferentes maneiras, como por exemplo, aumentando o teor de materiais com alta área específica (finos). Segundo Bauer (2005), usualmente, faz-se essa melhoria adicionando cal na argamassa, pois esse material possui partículas finíssimas, cujos cristais possuem grande capacidade adsorviva, o que proporciona maior superfície específica. Esse incremento de área a ser molhada impõe tensões superficiais que mantêm a água adsorvida nas partículas por mais tempo, retendo a água da argamassa. Outra maneira de manter a água da mistura é com o uso de aditivos (como os derivados de celulose) que mantêm a água, ou os que impedem a percolação (aeradores), como explica Sabbatini (1998).

O autor ainda comenta sobre o potencial de sucção da base, que interfere largamente na capacidade da argamassa de reter água. A Figura 3 ilustra a variação

da água perdida, de acordo com a sucção inicial do tijolo, com tempo de contato de 4 minutos.

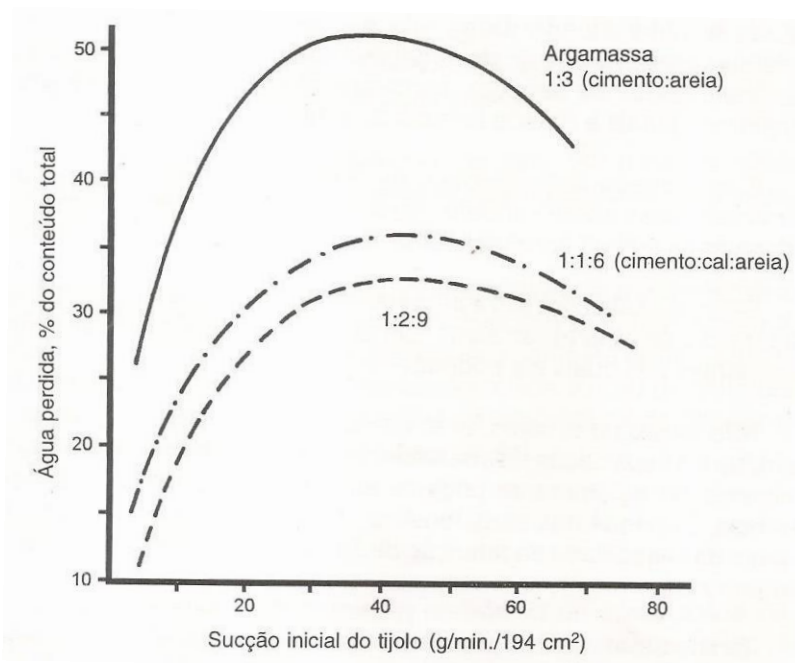


Figura 3 - Perda de água das argamassas em função da sucção da base (tempo de contato: 4 minutos)
Fonte: Sabbatini (1998).

Se a argamassa não for capaz de manter uma quantidade de água suficiente (em excesso), poderá ser aumentado o potencial de retração na secagem, haverá menor resistência de aderência, já que a água foi perdida rapidamente e o material pode apresentar-se mais rígido quando endurecido, implicando num maior módulo de deformação. Diante disso, a argamassa terá menor capacidade de absorver deformações e corre o risco de ter sua resistência minorada, pois há a possibilidade de não ocorrer a correta hidratação do cimento e da cal (quando utilizada na mistura). Tudo isso gera menos estanqueidade e durabilidade do revestimento argamassado, interferindo prejudicialmente no seu desempenho (SABBATINI 1998).

A NBR 13277 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água (ABNT, 2005a) determina o método de ensaio para medição da retenção de água.

2.4.4 Retração na secagem

A retração da argamassa ocorre devido à perda rápida da água de amassamento e pelas reações de hidratação e carbonatação dos aglomerantes utilizados, provocando fissuras no revestimento. Durante o endurecimento, ocorre uma diminuição do volume de argamassa, chamada retração. Nas misturas ricas em cimento há maior disponibilidade para o aparecimento dessas fissuras (SANTOS, 2008). Já nas misturas com baixo teor de cimento as fissuras não ocorrem, porém pode haver falhas na interface pasta/agregado geradas pela falta de aglomerante (ABCP, 2002). A Figura 4 demonstra o que acontece nas argamassas variando-se a quantidade de cimento.

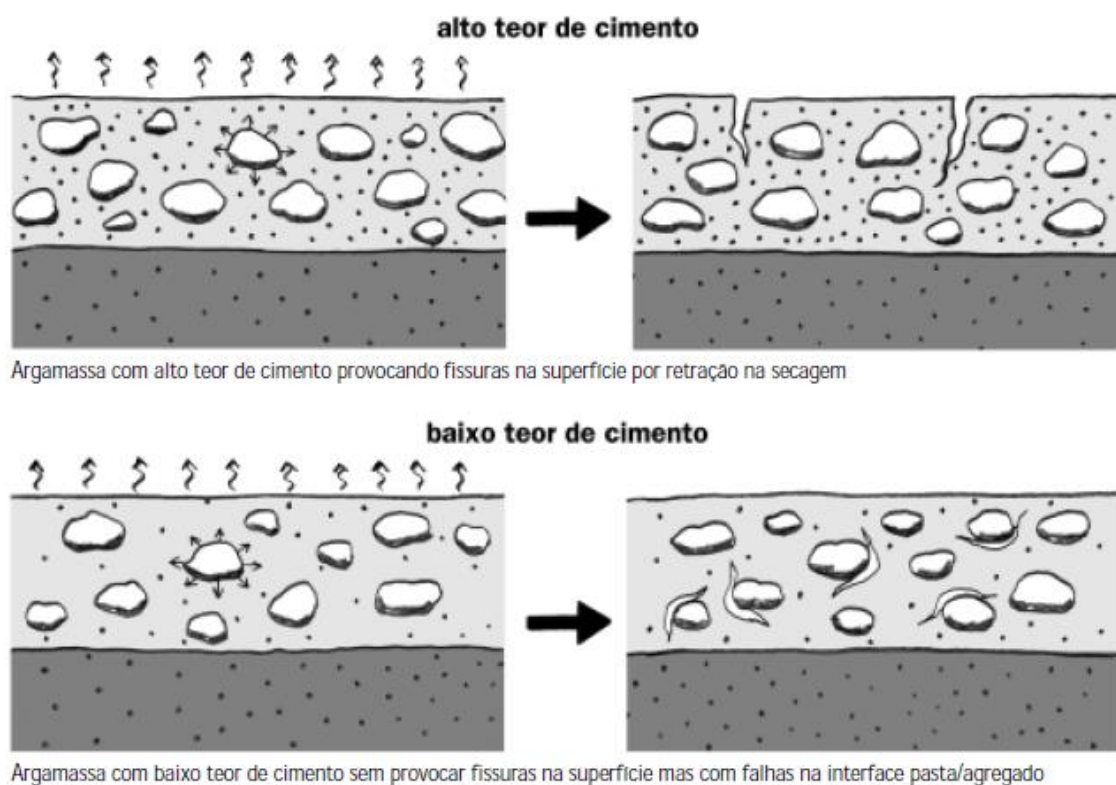


Figura 4 - Argamassas com alto e baixo teor de cimento
Fonte: ABCP (2002).

ABCP (2002) explica que a granulometria do agregado tem grande influência na proporção de água da argamassa, sendo que quando a curva granulométrica não é contínua, ou se há excesso de finos, haverá maior consumo da água de amassamento, causando retração por secagem. Para Baía e Sabbatini (2008) os principais fatores que interferem nessa propriedade são: as características e proporções dos materiais utilizados na mistura; a espessura das camadas; os

intervalos de aplicação das camadas; e o respeito ao tempo para sarrafejar e desempenar o revestimento argamassado.

Em camadas com espessuras maiores que 25 mm, há maior possibilidade de ocorrência de retração por secagem. O tempo para a argamassa perder parte da água de amassamento e estar numa umidade apropriada para as operações de regularização é chamado de tempo de sarrafeamento e desempenho. Caso não seja respeitado esse tempo, a argamassa ainda pode se encontrar muito úmida, formando fissuras no revestimento. Dessa maneira, percebe-se que a aplicação da argamassa e os cuidados na execução também interferem na retração (BAÍA e SABBATINI, 2008).

Os autores ainda citam que as fissuras que aparecem devido à retração por secagem podem ser prejudiciais ou não (quando se trata de microfissuras). São preocupantes as fissuras que permitem percolação da água no revestimento endurecido, pois esse fato compromete a estanqueidade à água e aos gases, causando problemas nas paredes ou tetos.

2.5 PROPRIEDADES NO ESTADO ENDURECIDO

No estado endurecido, as propriedades de uma argamassa são, na verdade, as propriedades do revestimento e estas diferenciam-se de acordo com as condições de exposição, como paredes internas ou externas, por exemplo. A seguir, são apresentadas as principais propriedades das argamassas de revestimento no estado endurecido.

2.5.1 Aderência

A aderência descreve a resistência e a área de contato da argamassa com a base, dependendo da interação entre os dois materiais (CASAREK, 2010). Sabbatini (1998) define a resistência de aderência como a capacidade do substrato e da argamassa de absorver tensões tangenciais (cisalhamento) e normais (tração), sem que haja a separação dos dois materiais (rompimento).

A rugosidade do substrato interfere na aderência deste com o revestimento, pois forma pontos de ancoragem, fortalecendo a interação base-argamassa. Quando o substrato é rugoso, possui maior área de contato com o revestimento argamassado,

aumentando a aderência entre os dois. O chapisco fornece uma textura rugosa e porosa à base, auxiliando no desenvolvimento da aderência (BAUER, 2005).

Outro fator fundamental para uma boa aderência é que o substrato tenha capacidade de sucção, para que os compostos hidratados dos aglomerantes da argamassa penetrem nos poros do substrato, promovendo atrito entre os materiais. Dessa maneira, bases com baixa sucção fornecerão menor aderência com o revestimento (BAUER, 2005).

A NBR 13528 – Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas – Determinação da resistência de aderência à tração (ABNT, 2010), prescreve o método de ensaio para determinar a resistência de aderência à tração da argamassa aplicada em paredes ou tetos não metálicos.

2.5.2 Resistência mecânica

É a capacidade de um revestimento suportar as ações mecânicas de diversas naturezas, resultando em tensões internas de tração, compressão e cisalhamento. Esses esforços ocorrem devido à abrasão superficial, aos impactos, e à contração e expansão decorrentes da umidade, por exemplo (ABCP, 2002).

Essa propriedade tem interferência do consumo e natureza dos agregados e aglomerantes e da técnica utilizada na execução da argamassa de revestimento, que na sua aplicação e acabamento deve ser bem compactada (BAÍIA e SABBATINI, 2008). A resistência mecânica das argamassas é dependente principalmente da relação água/cimento e das propriedades dos agregados, como: granulometria, forma, resistência, textura e dimensões máximas (HANAI, 1992).

De acordo com Bauer (2005), o principal responsável pelo aumento da resistência mecânica da argamassa é o cimento, sendo que aumentando seu teor na mistura, aumenta-se diretamente as propriedades mecânicas. Porém, um excesso de cimento pode causar efeitos desfavoráveis, como tornar o revestimento pouco deformável e provocar fissuras.

A NBR 13279 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão (ABNT, 2005b) estabelece os métodos de ensaios para determinação da resistência das argamassas.

2.6 ARGAMASSAS INDUSTRIALIZADAS

A NBR 13529 - Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas (ABNT, 2013a) classifica as argamassas quanto à forma de preparo ou fornecimento como: dosada em central, preparada em obra, industrializada e mistura semipronta.

Santos (2008) relata que nas argamassas preparadas em obra os materiais utilizados são medidos normalmente em volume e transportados até o equipamento de mistura (betoneira ou argamassadeira). Esse é o processo convencional, ainda muito utilizado no país, porém é o mais suscetível a erros, devido à imprecisão de medidas e ao fato de a dosagem ser realizada pelos profissionais da obra, que muitas vezes optam por não utilizar as quantidades de materiais estabelecidas.

A argamassa dosada em central é preparada em laboratório, com controle de qualidade dos materiais e medição em massa ou volume controlados. A mistura e transporte ocorre em caminhão betoneira, que leva a argamassa até a obra, podendo ser retirada do caminhão e armazenada em locais específicos, ou bombeada até o destino de utilização da mesma.

A argamassa industrializada encontra-se na forma de pó (componentes secos misturados), como mostra a Figura 5, sendo fornecida em silos ou sacos, com medição e controle mecanizados. Quando armazenada em silos na própria obra, o equipamento que realiza a mistura da argamassa com a água encontra-se juntamente ao próprio silo ou em pavimentos do edifício. O transporte dos materiais ocorre através de mangueiras até o local para a mistura de água e aplicação, sendo esse método mais comum em obras de grande porte. Ainda no método industrializado, a argamassa em pó pode ser fornecida em sacos, que serão abertos e colocados no equipamento de mistura, seguido da adição de água em quantidade especificada. Essa argamassa contém um ou mais aglomerantes, agregado e aditivos, sendo comercializada de forma parecida com o cimento, com validade estabelecida nos sacos (SANTOS, 2008).



Figura 5 - Argamassa industrializada
Fonte: Autoria própria (2017).

O Quadro 3 apresenta o tipo de argamassa, as atividades e os equipamentos necessários para sua utilização.

Quadro 3 - Atividades e equipamentos de produção das argamassas

ARGAMASSA	ATIVIDADES	EQUIPAMENTOS
Preparada em obra	Medição, em massa ou em volume, das quantidades de todos os materiais constituintes; transporte desses materiais até o equipamento de mistura; colocação dos materiais no equipamento; mistura.	Equipamento de mistura (betoneira ou argamassadeira); recipientes para a medição dos materiais (carrinhos-de-mão ou padiolas); pás, peneiras para eliminar torrões e materiais estranhos ao agregado.
Industrializada (fornecida em sacos – materiais em estado seco e homogêneo)	Colocação da quantidade especificada do material em pó no equipamento de mistura, seguida da adição da água.	Argamassadeira e os recipientes para a colocação da água.
Industrializada (fornecida em silos – materiais em estado seco e homogêneo)	Medição mecanizada. Um equipamento de mistura pode ser acoplado no próprio silo ou um outro equipamento de mistura específico, localizado nos pavimentos do edifício, efetua a mistura.	Equipamento de mistura específico.

Fonte: Adaptado de Baía e Sabbatini (2008)

As argamassas industrializadas para revestimento em sacos são muito utilizadas na projeção mecânica de emboço ou massa única, sendo o foco de estudo desse trabalho.

2.7 ARGAMASSAS PROJETADAS MECANICAMENTE

O sistema de aplicação manual é o método convencional de aplicação de argamassas, podendo ser produzidas na obra ou industrializadas (em sacos ou silos), sendo aplicadas com o uso da colher de pedreiro. Nesse processo, quando a argamassa é produzida na obra, observam-se algumas desvantagens, como baixa homogeneidade das características do revestimento, dosagens pouco criteriosas e parâmetros de escolha dos materiais pouco confiáveis. A aplicação manual exige alta taxa de mão-de-obra, pouca agilidade e desperdícios, aumentando o custo da execução do revestimento (SANTOS e RAMOS, 2005).

Nas argamassas projetadas mecanicamente, a mistura é lançada fresca à base através da projeção com auxílio de ar comprimido, sendo que existem diversos tipos de equipamentos de projeção (SANTOS, 2003). Segundo Santos e Ramos (2005), atualmente são utilizados principalmente os equipamentos para projeção com recipiente acoplado e as bombas de argamassa com misturador acoplado. No sistema de projeção com bomba, normalmente são utilizadas as argamassas industrializadas, podendo estas ser em sacos ou em silos, diferindo o processo de transporte e o tipo de máquina de projeção. Nos projetores com recipiente acoplado a argamassa deve ser colocada fresca no recipiente, ou seja, misturada em outro local e não no equipamento.

Santos e Ramos (2005) explica que os projetores com recipiente acoplado possuem recipientes para depositar a argamassa recém misturada e realizar a projeção, perdendo um tempo significativo para realizar esse procedimento sempre que a argamassa acabar. Esse recipiente normalmente é um tipo de caneca furada, que é conectada a um compressor, necessitando abrir o ar comprimido para iniciar a projeção. Quando utilizadas as bombas de projeção, a argamassa fresca sai do equipamento sendo bombeada, passando por um mangote e projetada através de uma pistola movida a ar comprimido.

Para uma boa execução da projeção de argamassa, Crescencio et al. (2000) explica que deve-se projetar filetes contínuos horizontais, de cima para baixo, com largura inferior a dois metros, quando a espessura do revestimento for de até dois centímetros. Em espessuras superiores, o recomendado é que se executem diversas camadas, até completar-se o valor desejado. Se houverem várias camadas, as intermediárias não necessitam de sarrafeamento, diminuindo custos e permitindo melhor rugosidade e aderência entre as mesmas.

Conforme Santos e Ramos (2005) esclarecem, a consistência da argamassa de projeção deve ser mais fluida do que no sistema convencional, permitindo a passagem pela bomba e pelo mangote, mas sem perder a plasticidade e proporcionando boa aderência ao substrato. O teor de água é extremamente importante, pois em excesso, haverá prejuízos na adesão à base. Quanto maior for o tempo de mistura, maior o teor de ar incorporado, o que proporciona mais fluidez e plasticidade à argamassa. A granulometria dos agregados interfere na consistência da argamassa, sendo que quando os valores de massa unitária são altos e o volume de vazios baixo, a quantidade de água necessária é menor, para obter-se uma boa consistência.

2.8 EQUIPAMENTOS PARA PROJEÇÃO DE ARGAMASSA

Atualmente no Brasil existe uma variedade de equipamentos para projeção de argamassa, sendo que nesse trabalho serão citados os mais utilizados até então.

2.8.1 Projetores com recipiente acoplado

Esses equipamentos são considerados os mais simples do mercado, neles a mistura não é bombeada, mas sim retirada do estoque de argamassa fresca e inserida manualmente no recipiente acoplado. Para a projeção, utiliza-se ar comprimido fornecido por um compressor, que é introduzido no recipiente, realizando assim a projeção. No Brasil, atualmente são utilizados dois tipos de equipamentos com recipiente acoplado, a pistola e a caneca de projeção, como mostrados na Figura 6 e Figura 7 (PARAVISI, 2008).



Figura 6 – Sistema de projeção com recipiente acoplado - pistola de projeção
Fonte: Portal dos equipamentos (2017).



Figura 7 - Sistema de projeção com recipiente acoplado - caneca de projeção
Fonte: Chichinelli (2010).

Segundo Crescencio et al. (2000), a pistola de projeção é composta por um recipiente similar a um funil que se encontra acima da pistola, onde se coloca a argamassa fresca. A mistura passa então pela pistola, que realiza a projeção. Paravisi (2008) relata que a caneca é um recipiente preso à uma base metálica com furos, por onde a argamassa é projetada. No equipamento também há um tubo metálico que realiza a passagem do ar comprimido, quando aciona-se o compressor, chegando à base da caneca e projetando a argamassa. A mistura sai diretamente da caneca, através de um furo na sua base. Esses dois equipamentos não realizam o bombeamento da mistura, apenas projetam, tanto argamassa industrializada como produzida na obra.

Esses projetores podem ser boas opções de escolha, pois para Crescencio et al. (2000), há maior produtividade do que no sistema convencional e pode-se utilizar a mesma argamassa de aplicação manual. Porém, esse sistema gera poucas contribuições para a racionalização da obra, já que é necessário o constante abastecimento manual do recipiente acoplado.

2.8.2 Bomba de projeção de argamassa

Nesse sistema os equipamentos são mais sofisticados, podendo ou não conter um misturador, possuindo um motor elétrico e um painel. São necessárias maiores mudanças de logística do canteiro de obras, pois a produtividade é maior (FONSECA; CARMO; TAVARES;, 2011). Nas bombas com misturadores, é possível inserir argamassa seca (mantida em silos ou ensacada) no equipamento, que adiciona água e projeta a argamassa fresca através de uma pistola (CRESCENCIO et al., 2000). Paravisi (2008) explica que a mistura fresca é bombeada continuamente, passando por mangotes e chegando até a pistola de projeção, onde injeta-se ar comprimido, permitindo que ocorra a projeção.

Os equipamentos com bomba de projeção, segundo Fonseca, Carmo e Tavares (2011), podem ser do tipo eixo helicoidal apresentado na Figura 8, ou por pistão, como mostra a Figura 9. O sistema de eixo helicoidal (rosca sem fim), projeta a argamassa para fora ao girar e é indicado para produções menores, pois comporta vazões de até 5 m³/h (CRESCENCIO et al., 2000). O modelo por pistão é capaz de projetar a aproximadamente 20 m³/h, porém é menos confiável por conter válvulas (PARAVISI 2008).



Figura 8 - Bomba de argamassa com eixo helicoidal
Fonte: SANTOS, 2003.

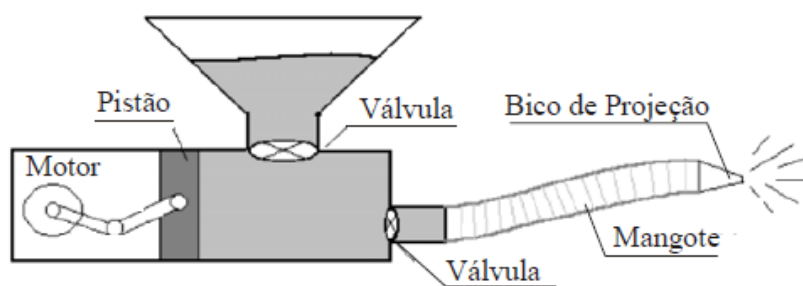


Figura 9 - Bomba de argamassa com pistão
Fonte: SANTOS, 2003.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Primeiramente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica sobre os principais fatores que interferem no trabalho. Esse levantamento de dados, segundo Marconi e Lakatos (2014) é o início de toda pesquisa científica, realizado através de consulta em livros, revistas e publicações, sendo que o intuito é que o pesquisador tenha contato direto com o que já foi escrito sobre o assunto. Essa pesquisa constituiu-se em buscar materiais sobre a argamassa, a projeção e os conceitos que interferem nesses temas, em livros, monografias, trabalhos de conclusão de curso, artigos científicos e artigos de revistas técnicas.

Após a pesquisa bibliográfica foram realizados os ensaios experimentais, e seus resultados comparados com as normas vigentes e com as bibliografias. Esses ensaios permitiram uma avaliação e análise das propriedades e do desempenho da argamassa projetada.

3.2 FLUXOGRAMA

Para melhor organização e compreensão das etapas realizadas no trabalho, pode-se observar o fluxograma da Figura 10, que mostra a sequência de elaboração de cada atividade no decorrer do processo de estudo.

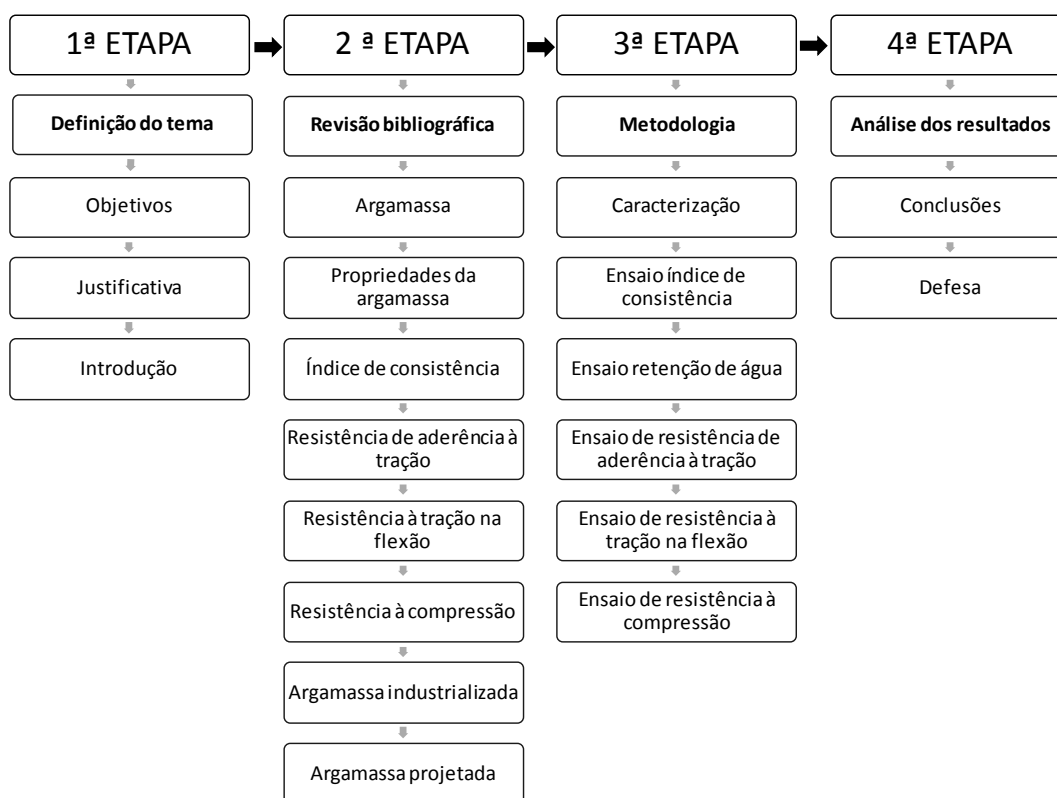


Figura 10 – Fluxograma
Fonte: Autoria própria (2017).

3.3 ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Foram realizados os ensaios de: índice de finura, índice de consistência, retenção de água, resistência à tração na flexão e resistência à compressão. Esses ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais da UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, câmpus Pato Branco. Os ensaios de densidade de massa e teor de ar incorporado, importantes para a caracterização da argamassa, não foram realizados devido ao fato de o laboratório não possuir os equipamentos necessários.

3.3.1 Argamassa industrializada utilizada

A argamassa industrializada utilizada nos ensaios desse trabalho é apresentada na Figura 11. É aplicada em revestimentos de emboço ou camada única, através de equipamento de projeção.



Figura 11 - Argamassa industrializada utilizada nos ensaios
Fonte: Mapa da obra (2017a).

A empresa fabricante da argamassa, na Ficha Técnica, apresenta o produto como sendo “uma mistura homogênea de cimento Portland, agregados minerais com distribuição granulométrica controlada e aditivos químicos”.

Na Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico é informada a composição da argamassa, descrita pelo Quadro 4:

Quadro 4 – Composição da argamassa

Nome químico	Faixa de Concentração (%)
Cimento Portland	5 a 20
Areia de Sílica	25 a 60
Areia Carbonato de cálcio	35 a 65
Hidróxido de cálcio	1 a 10

Fonte: Adaptado de Mapa da Obra (2017a)

Foi realizado contato com a empresa fabricante da argamassa para obter maiores informações sobre a real composição do material, visando saber todos os componentes presentes na argamassa, porém esta se manifestou dizendo que todas as informações disponibilizadas pela empresa encontram-se no site. Desse modo, não é possível detalhar mais sobre a composição da argamassa, apenas as informações do Quadro 4.

3.3.2 Determinação da finura

O ensaio foi realizado de acordo com a NBR 11579 (ABNT, 2012), que determina o índice de finura do cimento, por meio da peneira número 200. Essa norma foi a que mais se assemelhou ao caso da argamassa ensacada para determinar a granulometria, pois esta é muito similar ao cimento. Os equipamentos necessários são:

- a) balança de precisão 0,01 g;
- b) peneira 75 μm (nº200);
- c) fundo e tampa para a peneira;

Colocou-se na peneira 50,00 gramas de material, adicionou-se o fundo e a tampa, inserindo o conjunto no agitador de peneiras, apresentado na Figura 12, peneirando durante 10 minutos, até a constância de massa retida na peneira.



Figura 12 - Conjunto fundo+peneira+tampa no agitador de peneiras

Fonte: Autoria própria (2017).

A Figura 13 mostra a peneira com o material retido após o término do ensaio e a Figura 14 apresenta o fundo com o material final depositado.



Figura 13 - Material retido na peneira
Fonte: Autoria própria (2017).

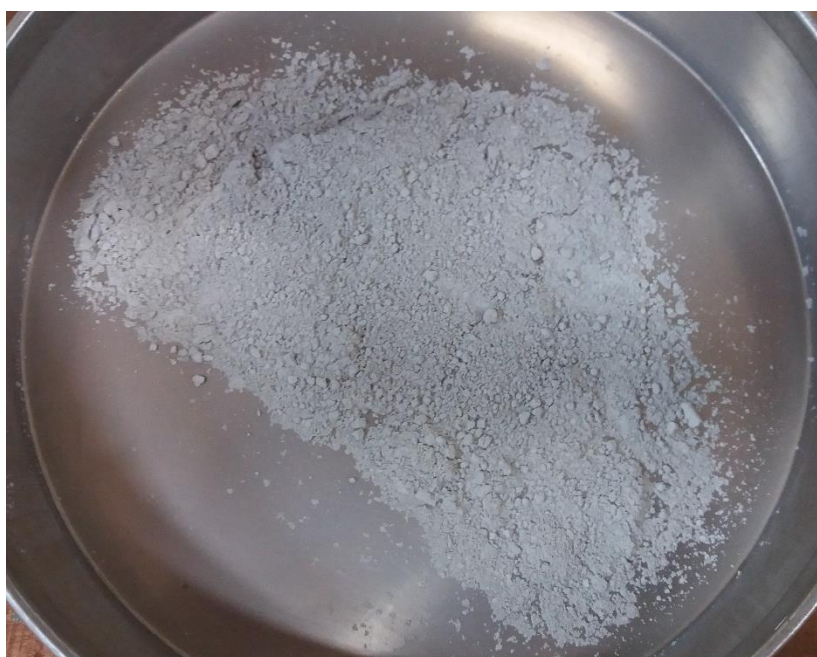


Figura 14 - Material depositado no fundo
Fonte: Autoria própria (2017).

Para calcular o índice de finura da argamassa, será utilizada a Equação 1, dada pela NBR 11579 - Cimento Portland - Determinação da finura por meio da peneira 75 μm (nº 200) (ABNT, 2012):

$$F = \frac{R C}{M} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

F = índice de finura do cimento (nesse trabalho, da argamassa), em %;

R = resíduo do cimento na peneira 75 μm , em g;

M = massa inicial do cimento, em g;

C = fator de correção da peneira utilizada no ensaio, determinado de acordo com o disposto na EB-22, devendo estar compreendido no intervalo de $1,00 \pm 0,20$.

O fator de correção da peneira utilizado foi 1,00.

3.3.3 Preparação da mistura de argamassa

Os ensaios de laboratório foram realizados misturando-se a argamassa de acordo com o fabricante, sem o uso de máquina de projeção. A distância entre a Universidade e a construtora onde foi realizado o estudo de campo impossibilitou o uso da argamassa que saía da máquina de projeção. A quantidade de água utilizada foi a especificada pelo fabricante de argamassa, constante na sacaria, pois a máquina não apresenta a quantidade de água que é adicionada à mistura, sendo essa dosagem feita pelo funcionário que controla a máquina, acionando uma torneira. Essa torneira encontra-se na parte inferior da máquina, e é aberta ou fechada, de acordo com a consistência percebida pelo operador. Desse modo, não foi possível determinar a quantidade de água acrescentada à mistura na execução do revestimento pela empresa.

Todos os ensaios que necessitam da preparação da mistura de argamassa em laboratório seguiram a metodologia da NBR 16541 (ABNT, 2016b), que explica como deve ser realizada a preparação da mistura. Segundo a norma, são necessários os seguintes equipamentos:

- a) balança;
- b) misturador mecânico;
- c) proveta;
- d) cronômetro;
- e) espátula.

A mistura da argamassa, quando industrializada (caso desse trabalho) consiste em separar 2,5 kg de material seco e a quantidade de água estabelecida pelo fabricante. Para a argamassa utilizada nesse trabalho, de acordo com o recomendado na sacaria, a quantidade de água deveria variar entre 8,3 e 8,7 litros de água, para

um saco de 50 kg. Foram realizados dois ensaios para cada propriedade que necessitava da preparação da mistura de argamassa, o ensaio 1 com a menor quantidade de água recomendada, e o ensaio 2, com a maior quantidade de água, analisando assim a argamassa dentro dos limites de água recomendados pelo fabricante. Os dois ensaios foram realizados da mesma maneira, variando apenas o traço. A Tabela 1 exemplifica os traços utilizados nos ensaios, de acordo com a quantidade de material seco e de água da mistura.

Tabela 1 - Traços utilizados nos ensaios

Traço	Material seco (Kg)	Água (ml)	% de água na mistura
Traço 1	2,5	415	16,6%
Traço 2	2,5	435	17,4%

Fonte: Autoria própria (2017)

Para 2,5 kg de material seco, no primeiro ensaio utilizou-se 415 ml de água, e no segundo ensaio, 435 ml de água. Colocou-se a argamassa industrializada no recipiente do misturador e acionou-se o mesmo na velocidade baixa, sendo que nos 10 primeiros segundos foi adicionado 75% da água, de modo contínuo, misturando então por um período de 30 segundos. Mudou-se a velocidade do misturador para a velocidade alta, e misturou-se por mais 60 segundos. Após desligar o equipamento, foi raspada a pá de mistura e toda a superfície interna do recipiente, num intervalo de 90 segundos. Ligou-se novamente o equipamento na velocidade baixa e adicionou-se a quantidade de 25% de água, nos primeiros 10 segundos de mistura, deixando a argamassa ser misturada por 60 segundos.

A Figura 15 mostra o material seco no recipiente do misturador, antes de iniciar a mistura.



Figura 15 - Material seco antes da mistura
Fonte: Autoria própria (2017).

Na Figura 16 observa-se a argamassa já misturada, utilizando o traço 1.



Figura 16 - Argamassa misturada pronta
Fonte: Autoria própria (2017).

A argamassa foi preparada dessa mesma maneira para os ensaios de índice de consistência, retenção de água, resistência à tração na flexão e resistência à compressão. Todos esses ensaios foram realizados duas vezes, uma para cada traço.

3.3.4 Índice de consistência da argamassa

Segundo a NBR 13276 (ABNT, 2016a), que especifica o método para a realização do ensaio do índice de consistência, são necessários os seguintes equipamentos:

- a) balança;
- b) mesa para índice de consistência;
- c) molde tronco cônico;
- d) soquete metálico;
- e) misturador mecânico;
- f) paquímetro.

O ensaio consiste em, primeiramente preparar a mistura de argamassa, conforme descrito na NBR 16541 (ABNT, 2016b) e em 3.3.3. Com a mistura pronta, colocou-se a argamassa no molde cônico, centralizado sobre a mesa para índice de consistência, em 3 camadas sucessivas, com alturas aproximadamente iguais, e aplicou-se em cada uma delas, respectivamente, 15, 10 e 5 golpes com o soquete, distribuindo cada camada uniformemente. Retirou-se o molde com cuidado, deixando apenas a argamassa sobre a mesa, como observa-se na Figura 17.



Figura 17 - Argamassa na mesa de consistência
Fonte: Autoria própria (2017).

Acionou-se a manivela da mesa, fazendo-a subir e cair por 30 vezes em 30 segundos. Após a última queda, mediu-se com o paquímetro o espalhamento de argamassa, em 3 diâmetros tomados em pares de pontos uniformemente distribuídos, no centro da argamassa espalhada. O índice de consistência da argamassa é a média dessas 3 medidas, em milímetros. A Figura 18 mostra a argamassa espalhada, após o ensaio com o traço 1.



Figura 18 - Argamassa com traço 1 espalhada
Fonte: Autoria própria (2017).

3.3.5 Retenção de água

A NBR 13277 (ABNT, 2005a) determina o método de ensaio dessa propriedade. São necessários os seguintes equipamentos:

- a) funil metálico;
- b) prato metálico perfurado;
- c) bomba de vácuo;
- d) folha de papel-filtro;
- e) soquete metálico;
- f) régua metálica bisotada;
- g) balança analítica aferida;
- h) cronômetro.

Preparou-se a mistura de argamassa conforme descrito na NBR 16541 (ABNT, 2016b) e em 3.3.3. Realizou-se a preparação do sistema de filtração, posicionando o papel filtro sobre o fundo do prato metálico e umidificando o mesmo. Acionou-se a bomba de vácuo, previamente aberta, durante 90 segundos, para remover o excesso de água do papel filtro, fechando então a torneira de escape.

Preencheu-se o prato com a argamassa preparada e realizou-se o adensamento da mesma com o soquete metálico, aplicando 16 golpes junto à borda e 21 golpes na região central. A torneira de escape do funil foi aberta e acionou-se a bomba de sucção durante 15 minutos. Fechou-se a torneira e pesou-se o conjunto.

Na Figura 19 tem-se o equipamento de ensaio, juntamente com a bomba, nos primeiros minutos após o acionamento da mesma.



Figura 19 - Ensaio de retenção de água – equipamentos
Fonte: Autoria própria (2017).

A Figura 20 mostra o prato de argamassa após o término do ensaio de retenção, com parte da água da mistura sugada.



Figura 20 - Prato de argamassa após o ensaio
Fonte: Autoria própria (2017).

Segundo a NBR 13277 (ABNT, 2005a), o valor de Ra (retenção de água) pode ser obtido pela Equação 2:

$$Ra = \left[1 - \frac{(m_a - m_s)}{AF(m_a - m_v)} \right] 100 \quad (2)$$

Onde:

Ra = Retenção de água, em porcentagem;

m_a = massa do conjunto com argamassa, em gramas;

m_s = massa do conjunto após a sucção, em gramas;

m_v = massa do conjunto vazio, em gramas;

AF = fator água/argamassa fresca

Sendo que AF é dado pela Equação 3:

$$AF = \frac{m_w}{m - m_w} \quad (3)$$

Onde:

m_w = massa total de água acrescentada à mistura, em gramas;

m = massa de argamassa industrializada, em gramas.

3.3.6 Resistência à tração na flexão e resistência à compressão

A NBR 13279 (ABNT, 2005b) determina o método para os ensaios de resistência à tração na flexão e à compressão. São necessários os seguintes equipamentos:

- a) moldes prismáticos metálicos de 3 compartimentos;
- b) mesa de adensamento por queda;
- c) nivelador de camadas;
- d) régua metálica;
- e) máquina para ensaio de resistência à tração na flexão e resistência à compressão;
- f) dispositivo de carga para ensaio de resistência à tração na flexão;
- g) dispositivo de carga para ensaio de resistência à compressão;
- h) cronômetro.

Para a realização dos ensaios, foi preparada a argamassa conforme descrito em 3.3.3. Foi passada uma fina camada de óleo mineral nas faces internas dos moldes prismáticos de seção retangular 40 mm x 40 mm, e esses foram colocados sobre a mesa de adensamento. Cada molde é composto por 3 espaços, possibilitando a moldagem de 3 corpos de prova, como mostra a Figura 21. Moldou-se os corpos de prova com argamassa até a metade da sua altura e aplicou-se 30 quedas com a mesa de adensamento. Preencheu-se a altura restante dos moldes com argamassa e aplicou-se novamente 30 quedas na mesa de adensamento. Os corpos de prova foram deixados por 48 horas nos moldes, nas condições da NBR 13279 (ABNT, 2005b), com temperatura do ar de $(23 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar de $(60 \pm 5)\%$.

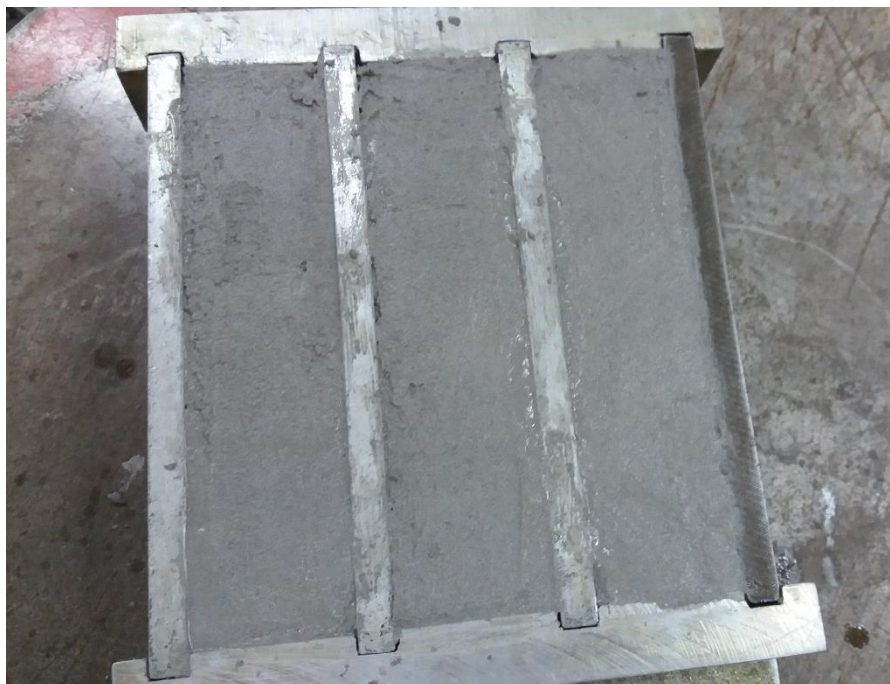


Figura 21 - Molde dos corpos de prova
Fonte: Autoria própria (2017).

Foram moldados 6 corpos de prova com a mesma mistura de argamassa. Depois de desmoldados foram mantidos até a idade de 28 dias no laboratório, nas condições da norma descritas acima. A Figura 22 apresenta os corpos de prova desmoldados, na idade de 28 dias.



Figura 22 – Corpos de prova na idade de 28 dias
Fonte: Autoria própria (2017).

Para a determinação da resistência à tração na flexão, colocou-se os corpos de prova no dispositivo de carga, conforme a NBR 13279 (ABNT, 2005b) e aplicou-se a carga de (50 ± 10) N/s até a ruptura do mesmo, como apresenta a Figura 23.



Figura 23 - Ensaio de resistência à tração na flexão
Fonte: Autoria própria (2017).

A Figura 24 apresenta os corpos de prova rompidos à tração na flexão e a Figura 25 mostra como ficou a seção de um desses corpos de prova após o ensaio.



Figura 24 – Corpos de prova rompidos à tração na flexão
Fonte: Autoria própria.

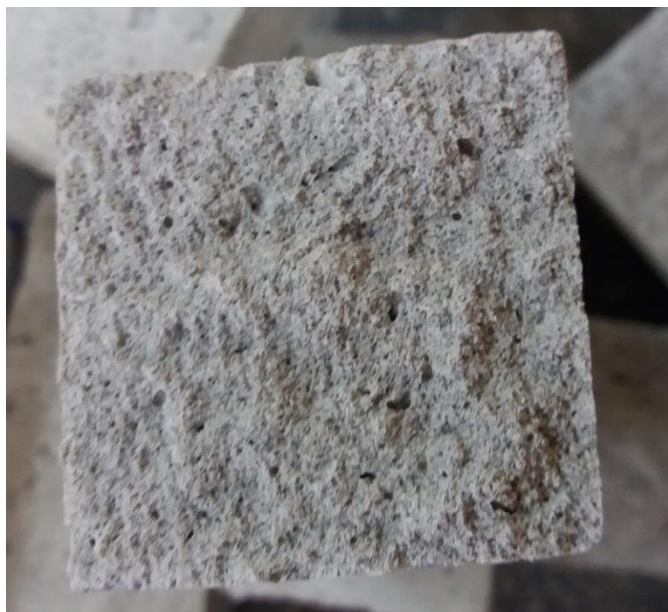


Figura 25 - Seção de um corpo de prova após o ensaio
Fonte: Autoria própria (2017).

Para a determinação da resistência à compressão axial, foram utilizados as metades dos corpos de prova rompidos à tração, como apresenta a Figura 25. Colocou-se o corpo de prova no equipamento, conforme determina a NBR 13279 (ABNT, 2005b) e como observa-se na Figura 26, aplicando-se a carga de (500 ± 50) N/s, até a ruptura por compressão.



Figura 26 - Ensaio de resistência à compressão
Fonte: Autoria própria (2017).

A Figura 27 mostra alguns corpos de prova após o ensaio de resistência à compressão.



Figura 27 – Corpos de prova após o ensaio de resistência à compressão
Fonte: Autoria própria (2017).

3.4 ENSAIO IN LOCO

3.4.1 Resistência de aderência à tração

A resistência de aderência à tração foi determinada através de ensaio realizado em uma parede de uma obra de ampliação de uma universidade, localizada na cidade de Francisco Beltrão, Paraná. A parede utilizada foi uma parede interna, de um corredor. Primeiramente foi executado o chapisco projetado, com argamassa para chapisco industrializado, mostrado na Figura 28, da mesma linha da argamassa de emboço utilizada nesse trabalho.



Figura 28 - Chapisco para projeção
Fonte: Mapa da Obra (2017b).

A Figura 29 apresenta a máquina de projeção com bomba utilizada na obra onde foi realizado o ensaio de resistência de aderência à tração. Esse tipo de máquina possui eixo helicoidal e é o mais utilizado na cidade de Francisco Beltrão – Paraná, no ano de 2017. Esse modelo, devido ao seu rotor, consegue bombear apenas argamassas industrializadas ensacadas. Segundo informações da construtora que utiliza o equipamento, argamassas estabilizadas produzidas em usinas de argamassa ainda não podem ser bombeadas por esta máquina. Um dos motivos é a granulometria dessas argamassas, que apresentam grãos de areia de maior dimensão do que nas argamassas ensacadas.



Figura 29 - Máquina de projeção com bomba de ar comprimido
Fonte: Autoria própria (2017).

A Figura 30 mostra a parede utilizada no ensaio, já com o chapisco pronto. O chapisco é executado com a mesma máquina de projeção que é utilizada no emboço. Para executar o chapisco a máquina é regulada para bombear mais água, deixando uma mistura fluida, que se fixa à parede de forma rugosa, o que possibilitará maior aderência com o emboço.



Figura 30 - Parede com chapisco
Fonte: Autoria própria (2017).

A argamassa de emboço utilizada é a mesma de todos os outros ensaios de laboratório, e é descrita em 3.3.1.

Uma semana após a execução do chapisco, no dia 06 de julho de 2017, às 8 horas, executou-se o a camada única na parede a ser ensaiada, sendo este o padrão da empresa, sem reboco posterior. A Figura 31 apresenta o início da projeção de argamassa.



Figura 31 - Projeção de argamassa de emboço
Fonte: Autoria própria (2017).

A NBR 13528 (ABNT, 2010) determina o método deste ensaio, onde é executado o arrancamento de corpos de prova de revestimentos argamassados de paredes internas ou externas. Os equipamentos utilizados são:

- a) dinamômetro de tração;
- b) pastilhas;
- c) dispositivo de corte (serra copo);
- d) paquímetro;
- e) cola.

Segundo a norma, o ensaio deve ser realizado com a idade do revestimento de 28 dias. Cada ensaio deve possuir 12 corpos de prova de mesmas características. O espaçamento entre os corpos de prova devem ser de no mínimo 50 mm. Obedecendo esses critérios, realizou-se o ensaio, na idade de 28 dias, com 14 corpos de prova, para assegurar-se de que havendo problema em algum deles, seria possível fazer a análise igualmente, com 2 corpos de prova extras. A Figura 32 apresenta os 14 corpos de prova, que foram distribuídos ao longo da parede aleatoriamente, em diversas alturas, desde 0,50 metros até 1,55 metros a partir do piso.



Figura 32 - Pastilhas coladas na parede
Fonte: Autoria própria (2017).

Inicialmente, cortou-se a seco a parede no diâmetro das pastilhas, como apresenta-se na Figura 33, utilizando uma serra copo de 45 mm e um pedaço de madeirite para facilitar o corte, penetrando de 1 mm a 4 mm o substrato. Após o corte foi realizada a colagem das pastilhas, primeiramente limpando a superfície da parede

e também da pastilha, para que houvesse uma boa aderência entre as duas. Preparou-se a cola adesiva epóxi, misturando-se os dois componentes que compõem a embalagem e aplicou-se a cola na pastilha (espessura máxima de cola de 5 mm), com auxílio de uma espátula. Colou-se a pastilha no revestimento, no local já cortado com a serra copo.



Figura 33 - Corte da parede com serra copo
Fonte: Aatoria própria (2017).

Após a colagem, foram utilizados pedaços de papelão, colocando-os abaixo da pastilha, para impedir que as mesmas caíssem antes de a cola adquirir resistência suficiente para segurá-las, como mostra a Figura 34.



Figura 34 - Auxílio de papelão para colagem da pastilha
Fonte: Aatoria própria (2017).

Após 40 horas de secagem da cola, completados os 28 dias da execução do revestimento, realizou-se o arrancamento dos corpos de prova com auxílio do dinamômetro de tração, como na Figura 35, anotando a carga de ruptura de cada um.



Figura 35 - Arrancamento dos corpos de prova com dinamômetro de tração
Fonte: Autoria própria (2017).

A Figura 36 mostra os corpos de prova após o arrancamento, sendo possível perceber que apenas um deles apresenta resquícios do substrato. Os outros romperam na ligação entre emboço e chapisco.



Figura 36 - Corpos de prova após o arrancamento
Fonte: Autoria própria (2017).

Na Figura 37 pode-se observar como ficou a parede após o arrancamento do corpo de prova número 13, que rompeu no chapisco, e na Figura 38 o número 5, que rompeu quase totalmente no bloco cerâmico.



Figura 37 - Rompimento no chapisco
Fonte: Autoria própria (2017).



Figura 38 - Rompimento quase totalmente no substrato
Fonte: Autoria própria (2017).

A Figura 39 permite observar a parede após o arrancamento dos corpos de prova, sendo visível o substrato no local onde foi retirado o corpo de prova número 5.

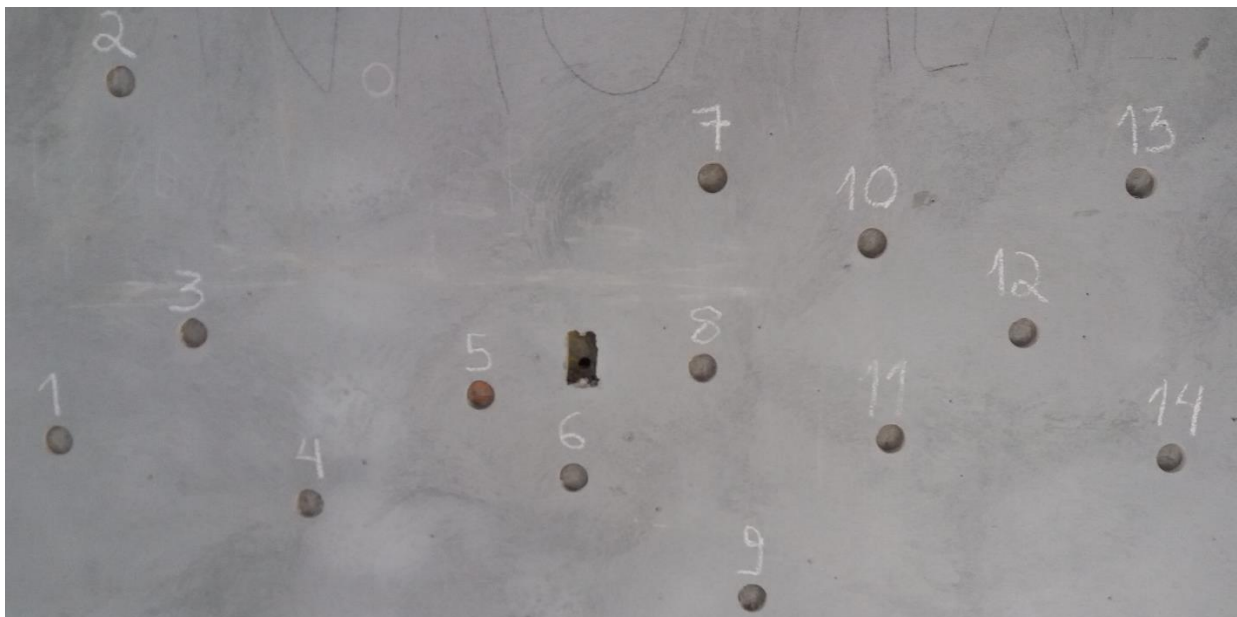


Figura 39 - Parede após o arrancamento
Fonte: Autoria própria (2017).

4 RESULTADOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA

A Tabela 2 apresenta os valores obtidos no ensaio e o índice de finura da argamassa após a realização do cálculo.

Tabela 2 - Índice de finura da argamassa

Massa inicial (g)	M passante (g)	M retida (g)
50,00	15,9	34,10
Índice de Finura (IF) = 68%		

Fonte: Autoria própria (2017)

Como apresenta o resultado do ensaio, a argamassa obteve um índice de finura de 68%.

Segundo a NBR 5733 - Cimento Portland de alta resistência inicial (ABNT, 1991a), para cimentos Portland de 25 MPa e 32 MPa, que é o utilizado na composição da argamassa em estudo, o resíduo na peneira 75 μm deve ser menor ou igual a 12%, como apresenta a Tabela 3.

Tabela 3 - Exigência quanto ao índice de finura para o cimento Portland

Características e propriedades		Unidade	Limites de classe		
			25	32	40
Finura	Resíduo na peneira 75 μm	%	≤ 12		$\leq 10,0$
	Área específica	m^2/kg	≥ 240	≥ 260	≥ 280

Fonte: Adaptado de NBR 5733 (ABNT 1991a)

De acordo com Neto (2013), em seu ensaio de índice de finura do cimento Portland de 25 MPa, a média obtida foi de 7,3%. Desse modo, percebe-se que o índice de finura da argamassa é alto, se comparado ao cimento. Esse resultado mostra que, apesar da aparência visual da argamassa, que é muito semelhante ao cimento, sua granulometria é composta por grãos maiores, provenientes das areias utilizadas.

O material mostrou-se com grãos aparentes de areia de pequena dimensão e uniformes, permitindo a correta mistura e bombeamento pela máquina de projeção de argamassa. Após a caracterização do material obtida pelo ensaio e pelas informações

do fabricante, é possível afirmar que para a elaboração de argamassa semelhante à essa são necessários mais estudos, em relação aos seus componentes e percentuais adequados.

4.2 ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA

A Tabela 4 apresenta o resultado do ensaio de índice de consistência (IC) para o traço 1 e para o traço 2.

Tabela 4 - Determinação do índice de consistência - traço 1 e traço 2

TRAÇO 1		TRAÇO 2	
Medida 1	210 mm	Medida 1	245 mm
Medida 2	220 mm	Medida 2	249 mm
Medida 3	223 mm	Medida 3	247 mm
Índice de consistência:	218 mm	Índice de consistência:	247 mm

Fonte: Autoria própria (2017)

Como pode-se observar, para o traço 1 a argamassa apresentou um IC=218 mm. Não há classificação determinada em norma para valores de índice de consistência, porém a NBR 16541 (ABNT, 2016b) recomenda que na ausência de informações do fabricante para a quantidade de água na mistura, utilizar a quantidade necessária para obter uma argamassa de consistência igual a 260 mm \pm 5 mm. Desse modo entende-se que o valor de IC=260 mm pode ser considerado um valor padrão, deixando a argamassa com uma boa trabalhabilidade. Como o valor obtido para o traço 1, de 218 mm, se distancia de 260 mm, conclui-se que a argamassa não possui uma boa consistência. Na execução do ensaio pode-se notar também, que a argamassa não possuía boa trabalhabilidade, mostrando-se relativamente dura.

Para o traço 2, o valor obtido foi IC=247 mm. Como o IC obtido encontra-se próximo ao valor considerado padrão de 260 mm, conclui-se que a argamassa possui um bom índice de consistência, porém ainda não é o ideal. Analisando a mistura na data de elaboração do ensaio, pode-se observar que essa argamassa apresentava melhor trabalhabilidade do que a argamassa de traço 1, moldando-se melhor nos recipientes em que era colocada. Dessa forma a argamassa de traço 2 obteve melhor índice de consistência e melhor trabalhabilidade do que a argamassa de traço 1.

4.3 RETENÇÃO DE ÁGUA

A Tabela 5 apresenta os dados obtidos através do ensaio de retenção de água para o traço 1 e traço 2 e também a classificação da NBR 13281 (ABNT, 2005c) para cada caso.

Tabela 5 - Determinação da retenção de água - traço 1 e traço 2

TRAÇO 1		TRAÇO 2	
ma	1056,3	ma	1047
ms	1018,2	ms	982
mw	214,7	mw	182,2
m	1293,6	m	864,8
Retenção de água:	75%	Retenção de água:	64%
Classificação:	U2	Classificação:	U1

Fonte: Autoria própria (2017)

Os requisitos estabelecidos pela NBR 13281 (ABNT, 2005c) para a classificação de argamassas segundo a retenção de água são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Classificação segundo a retenção de água

Classe	Retenção de água (%)	Método de ensaio
U1	≤78	ABNT NBR 13277
U2	72 a 85	
U3	80 a 90	
U4	86 a 94	
U5	91 a 97	
U6	95 a 100	

Fonte: Adaptado de NBR 13281 (ABNT, 2005c)

Os dados do ensaio foram utilizados na Equação 2 e Equação 3, obtendo um valor de retenção de água de 74,67% para o traço 1. Porém, segundo recomendação da NBR 13277 (ABNT, 2005a), esse valor foi arredondado para o inteiro mais próximo. Assim, a argamassa obteve valor de retenção de água igual a 75%. Observa-se que esse valor se encaixa em duas faixas de classificação, porém a NBR 13281 (ABNT, 2005c) recomenda que no caso de sobreposição, deve-se considerar a maior classificação. Desse modo, a argamassa de traço 1 está classificada na Classe U2.

Para o traço 2, obteve-se um valor de retenção de água de 64,3%, mas pelo arredondamento recomendado, o valor obtido foi de 64%. Conforme a classificação dada pela Tabela 6, a argamassa é classificada na Classe U1.

A fabricante de argamassa disponibiliza na Ficha Técnica, encontrada no site da mesma, os resultados de alguns ensaios realizados em 6 locais diferentes de fabricação da argamassa (Mapa da obra, 2017a). Para a retenção de água, em todos os 6 locais ensaiados, a classificação obtida foi Classe U2. Desse modo, o traço 1, em relação a retenção de água, está de acordo com os dados da fabricante de argamassa, já o traço 2 difere, pois foi classificado na Classe U1.

4.4 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO

Após passados 28 dias da moldagem dos corpos de prova, determinou-se o valor da resistência à tração na flexão para o traço 1 e traço 2, cujos dados são apresentados na Tabela 7, juntamente com a classificação de cada argamassa.

Tabela 7 - Determinação da resistência à tração na flexão - traço 1 e traço 2

TRAÇO 1			TRAÇO 2		
Corpo de prova	Força máx (N)	Resistência à flexão (Mpa)	Corpo de prova	Força máx (N)	Resistência à flexão (Mpa)
1	709,00	1,66	1	489,00	1,15
2	699,00	1,64	2	430,00	1,01
3	639,00	1,50	3	459,00	1,08
4	589,00	1,38	4	489,00	1,15
5	679,00	1,59	5	440,00	1,03
6	669,00	1,57	6	459,00	1,08
Mediana:	674,20	1,58	Mediana:	459,50	1,07
Desvio padrão:	44,11	0,10	Desvio padrão:	24,80	0,06
Coef. de variação (%):	6,64	6,64	Coef. de variação (%):	5,38	5,38
Valor mínimo:	589,30	1,38	Valor mínimo:	429,50	1,01
Valor máximo:	709,20	1,66	Valor máximo:	489,50	1,15
Média	664,00	1,56	Média	461,00	1,08
Resistência à flexão média:		1,6 Mpa	Resistência à flexão média:		1,1 Mpa
Classificação:		R3	Classificação:		R2

Fonte: Autoria própria (2017)

A Tabela 8 fornece a classificação da argamassa quanto à resistência à tração na flexão.

Tabela 8 - Classificação quanto à resistência à tração na flexão

Classe	Resistência à tração na flexão (MPa)	Método de ensaio
R1	≤1,5	ABNT NBR 13279
R2	1,0 a 2,0	
R3	1,5 a 2,7	
R4	2,0 a 3,0	
R5	2,7 a 4,5	
R6	>3,5	

Fonte: Adaptado de ABNT (2005c)

Para o traço 1 a resistência à tração na flexão obtida foi de 1,557 Mpa, mas arredondando para o inteiro mais próximo tem-se o valor de 1,6 Mpa. Essa argamassa foi classificada na Classe R3.

Para o traço 2, o valor de resistência à tração na flexão obtido foi de 1,081 Mpa, porém arredondando-se obtém-se 1,1 Mpa. A classificação para essa argamassa é a Classe R2.

Os resultados desse ensaio obtidos pela empresa, foram 5 classificações na Classe R3 e 1 classificação na Classe R4. Como o traço 1 enquadra-se na Classe R3, a argamassa encontra-se dentro da classificação fornecida pelo fabricante. Já o traço 2, na Classe R2, está abaixo da classificação dada pela empresa fabricante.

4.5 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Após a realização do ensaio de resistência à compressão obteve-se os resultados apresentados na Tabela 9 para o traço 1 e o traço 2, juntamente com a classificação de cada argamassa.

Tabela 9 - Determinação da resistência à compressão - traço 1 e traço 2

TRAÇO 1			TRAÇO 2		
Corpo de prova	Força máx (N)	Resistência à compressão (Mpa)	Corpo de prova	Força máx (N)	Resistência à compressão (Mpa)
1	6882	4,3	1	3027	1,89
2	6183	3,86	2	3266	2,04
3	5714	3,57	3	3426	2,14
4	5574	3,48	4	2917	1,82
5	5004	3,13	5	3236	2,02
6	5664	3,54	6	3246	2,03
Mediana:	5689	3,56	Mediana:	3241	2,03
Desvio padrão:	635,6	0,4	Desvio padrão:	183,4	0,11
Coef. de variação (%):	10,89	10,89	Coef. de variação (%):	5,76	5,76
Valor mínimo:	5004	3,13	Valor mínimo:	2917	1,82
Valor máximo:	6882	4,3	Valor máximo:	3426	2,14
Média	5836,83	3,65	Média	3186,33	1,99
Classificação:		P3	Classificação:		P2
Resistência à compressão média: 3,6 Mpa			Resistência à compressão média: 2,0 Mpa		

Fonte: Autoria própria (2017)

Para classificar a argamassa quanto à resistência à compressão, utiliza-se a Tabela 10.

Tabela 10 - Classificação da resistência à compressão

Classe	Resistência à compressão (MPa)	Método de ensaio
P1	≤2,0	ABNT NBR 13279
P2	1,5 a 3,0	
P3	2,5 a 4,5	
P4	4,0 a 6,5	
P5	5,5 a 9,0	
P6	>8,0	

Fonte: Adaptado de NBR 13281 (ABNT 2005c)

Para o traço 1, a resistência à compressão obtida foi de 3,648 Mpa, porém, arredondando para o inteiro mais próximo, tem-se 3,6 Mpa, classificada na Classe P3.

Para o traço 2, o valor de resistência à compressão foi de 1,992 MPa. Porém, arredondando-se para o inteiro mais próximo tem-se o valor de 2,0 Mpa. Desse modo, esta argamassa classifica-se na Classe P2.

A Ficha Técnica do fabricante de argamassa, quanto a resistência à compressão, apresenta 5 classificações da argamassa na Classe P4 e 2 na Classe P5. Isso difere dos dados obtidos nos ensaios desse trabalho, pois para o traço 1 a classificação obtida foi na Classe P3, e para o traço 2, na Classe P2. Desse modo, para a resistência à compressão, a argamassa não atingiu os valores do fabricante com nenhum dos traços, apresentando menor resistência do que deveria.

4.6 RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

Foram eliminados os resultados dos corpos de prova com maior e menor valor de tensão obtida no ensaio, que são os corpos de prova número 5, com $R_a=0,0126$ MPa, e o número 13, com $R_a=0,480$ MPa. Assim, utilizou-se apenas 12 resultados para a avaliação final de resistência, conforme prescrição da norma. Cada corpo de prova possui diâmetro de 45 mm, conforme tamanho das pastilhas e da serra copo utilizada no corte. A Tabela 11 fornece o valor de resistência de aderência à tração obtido, que foi de 0,1415 MPa, arredondando-se tem-se o valor de 0,14 MPa.

Tabela 11 – Determinação da resistência de aderência à tração

Corpo de prova	Carga de ruptura (kgf)	Tensão R_a (Mpa)	Forma de ruptura (%)						
			A	B	C	D	E	F	G
1	6	0,0377			100				
2	20	0,1258			100				
3	7	0,0440			100				
4	15	0,0943			100				
6	7	0,0440			100				
7	29	0,1823		20	80				
8	24	0,1509			100				
9	11	0,0692			100				
10	22	0,1383			100				
11	21	0,1320			100				
12	31	0,1949			100				
14	77	0,4841			100				
Mediana:	20,5	0,1289							
Desvio padrão:	19,16	0,1204							
Coefficiente de variação (%):	85,1	85,1							
Valor mínimo:	6	0,0377							
Valor máximo:	77	0,4841							

Tensão de ruptura média (R_a): 0,14 MPa

Fonte: Autoria própria (2017)

A Figura 40 apresenta as formas de ruptura descritas pela NBR 13528 (ABNT, 2010), que auxilia no entendimento da Tabela 11, que apresenta além da tensão de ruptura, a forma de ruptura de cada corpo de prova.

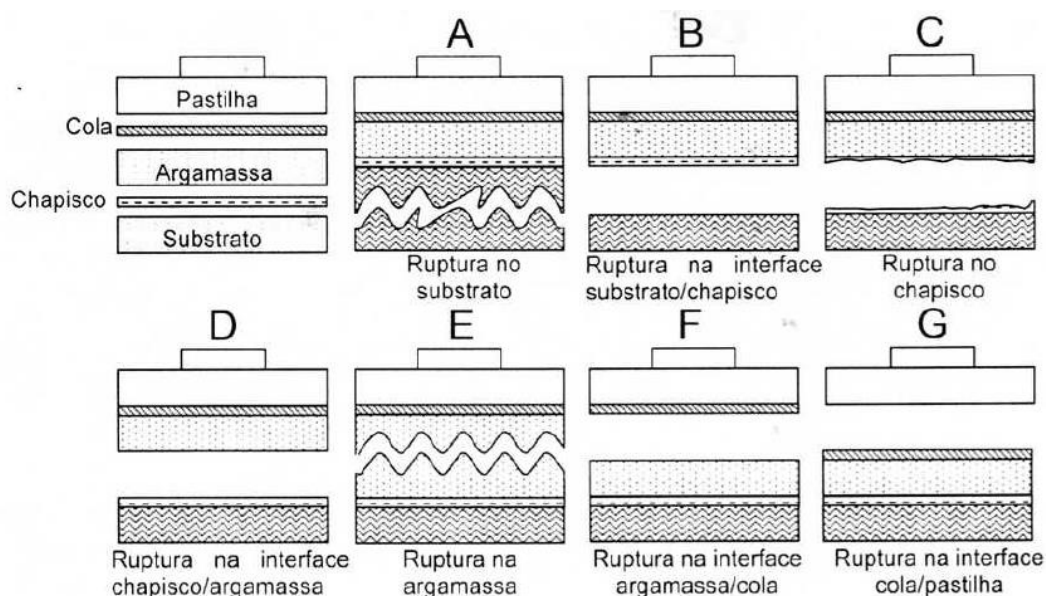


Figura 40 - Formas de ruptura para um sistema de revestimento com chapisco
Fonte: ABNT (2010).

A Tabela 12 apresenta os valores mínimos da NBR 13749 (ABNT, 2013b) para resistência de aderência à tração, que para o caso do ensaio, parede interna que receberá pintura, deve ser de 0,20 MPa.

Tabela 12 - Limites de resistência de aderência à tração (Ra)

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

Fonte: Adaptado de NBR 13749 (ABNT, 2013b)

Percebe-se dessa maneira que o ensaio obteve valor abaixo da norma para a resistência de aderência à tração. Vale ressaltar que a máquina de projeção utilizada para o revestimento dessa parede não possui controle de água em litros, ou seja, a quantidade de água adicionada à mistura é definida de acordo com a trabalhabilidade. Desse modo, não foi possível analisar a quantidade de água que a empresa utiliza no traço.

Na ficha técnica da empresa fabricante de argamassa, foram realizados ensaios de resistência de aderência à tração em 5 locais diferentes, e nesses 5 locais os resultados obtidos foram maiores ou iguais a 0,3 MPa, para revestimento sem chapisco e também com chapisco. Esses resultados diferem do resultado obtido nesse trabalho, de 0,14 MPa, o que leva a crer que o processo de execução apresenta problemas, apontando também para a necessidade de novos ensaios em outros pontos do edifício para verificar se o problema é localizado ou não.

Devido aos resultados desfavoráveis do ensaio de resistência de aderência à tração, se fez necessário inserir no trabalho um item sobre as patologias oriundas da falta de aderência da argamassa de revestimento.

4.6.1 Patologias decorrentes da baixa resistência de aderência à tração

Por apresentar valor de resistência de aderência à tração abaixo da norma, esse revestimento pode apresentar certas patologias, a longo ou até mesmo a curto prazo. Para Oliveira e Rocha (2014) a falta de aderência diminui a impermeabilização do revestimento argamassado, facilitando a entrada de agentes exteriores, como impurezas e água, que ao passar do tempo podem se tornar patologias visíveis aos olhos dos usuários. Porém, a principal patologia nesse caso é o desprendimento da argamassa, que pode até mesmo colocar em risco a segurança das pessoas, no caso de edifícios, no revestimento de fachadas, cujas placas podem desprender e cair.

A aderência ocorre por penetração capilar da água de amassadura nos poros do substrato, já que nessa água estão contidos os finos da argamassa que promovem uma espécie de colagem na base. Desse modo, mesmo na presença de chapisco, é possível que não haja a correta colagem da argamassa com o bloco cerâmico, provocando assim uma aderência menor que a necessária para o bom desempenho do revestimento. Isso pode ocorrer tanto pela qualidade da argamassa, quanto pelo método de aplicação, que pode não fornecer a aderência devida. (QUINTELA, 2006).

Oliveira e Rocha (2014) ainda cita que a falta de aderência está relacionada com a argamassa e seus componentes, mas também com a inadequada preparação do suporte, que pode conter gorduras ou partículas que dificultam a aderência com o substrato. No caso de não haver a limpeza e umidificação da parede antes do chapisco esses fatores podem ser grandes contribuintes para a falta de aderência.

A curto prazo a baixa aderência pode permitir a ocorrência de fendilhação na argamassa e a longo prazo pode ocorrer o descolamento de placas. O descolamento é o afastamento do reboco em relação ao substrato, sem haver a queda das placas. Essa patologia é possível de observar a olho nu ou através do som cavo que emite quando percutido. Após o descolamento pode ocorrer o desprendimento, que é a separação definitiva da argamassa em relação ao substrato, por queda, ou seja, a argamassa irá se soltar da parede, sob a forma de placas rígidas de geometria irregular. Essa patologia é crítica, pois fornece a perda de material e de partes do revestimento (QUINTELA, 2006).

Existem diversos fatores que podem explicar o baixo resultado desse ensaio, como o excesso de água na mistura, a aplicação da argamassa, a inclinação de projeção, a pressão com que a argamassa é projetada, entre outros. O que se pode concluir é que são necessários maiores estudos para determinar o fator, ou os fatores para essa baixa resistência. Para o bom desempenho do revestimento é necessário aumentar a aderência, atingindo o valor especificado pela norma, para evitar o aparecimento das patologias descritas anteriormente, que podem trazer prejuízos para a edificação e seus usuários.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho tem como objetivo geral analisar o desempenho e as propriedades no estado fresco e endurecido da argamassa projetada. O material utilizado é a argamassa ensacada para emboço, composta por materiais secos, necessitando apenas da adição de água para a projeção. Foram realizados ensaios em laboratório para verificar o índice de finura, o índice de consistência, a retenção de água, a resistência à tração na flexão e a resistência à compressão, além do ensaio de campo, onde verificou-se a resistência de aderência à tração da argamassa. Nos ensaios de laboratório foram utilizados dois traços diferentes de argamassa, o traço 1 com a menor quantidade de água recomendada pelo fabricante e o traço 2, com o máximo teor de água recomendado.

Em relação ao índice de finura da argamassa, verificou-se que a quantidade de massa de material retido na peneira número 200 foi de 68%, mostrando que a maior parte da argamassa fica retida na peneira, por conter areias. Pode-se verificar que a mesma é composta de cimento Portland e areias cujos grãos possuem pequena dimensão, com granulometria bem controlada. Dessa maneira, a argamassa apresenta facilidade na passagem e mistura nas máquinas de projeção. O índice de finura de um cimento do mesmo tipo utilizado na fabricação desta argamassa não pode ultrapassar 12%. Assim, apesar da aparência visual da argamassa ser muito semelhante ao cimento, sabe-se que essa contém areias de pequena dimensão, com controle de granulometria. Segundo o fabricante, a argamassa também contém cal e aditivos, que não podem ser identificados visualmente ou pela realização do ensaio de índice de finura.

Quanto ao índice de consistência, que indica a trabalhabilidade da argamassa, o mesmo apresentou resultado de 218 mm para o traço 1 e 247 mm para o traço 2. Como uma argamassa com o valor de índice de consistência de 260 mm é considerada com boa trabalhabilidade, o traço 1 encontra-se longe desse parâmetro, apresentando-se pouco trabalhável. Já o traço 2 apresenta uma boa trabalhabilidade, estando mais próximo do valor padrão, porém esse ainda não é o valor ideal para proporcionar uma boa execução, com uma mistura trabalhável. Esses resultados mostram que, aumentando apenas 0,8% do teor de água, o índice de consistência

aumenta 11,7%, expressando que a pequena adição de água proporciona maior trabalhabilidade, de maneira significativa.

A retenção de água obtida foi de 75% para o traço 1 e 64% para o traço 2. Desse modo, a primeira argamassa fica classificada pela NBR 13281 na Classe U2, conforme apresenta também a Ficha Técnica do fabricante, e a segunda, na Classe U1, diferindo da especificação fornecida pela empresa. Nota-se que com o incremento de 0,8% de água no traço 2, a retenção diminuiu 11%, deixando a argamassa com um valor de retenção de água baixo, perdendo grande parte da água adicionada à mistura.

A avaliação da resistência à tração na flexão apresentou média de 1,6 MPa para o traço 1 e 1,1 MPa para o traço 2. Isso representa uma queda de resistência de 31% ao aumentar a quantidade de água, no traço 2. Na classificação da NBR 13281, a primeira argamassa foi inserida na Classe R3, dentro da classificação da empresa fabricante, e a segunda, na Classe R2, abaixo da classificação fornecida.

Na resistência à compressão, o traço 1 apresentou valor médio de 3,6 MPa e o traço 2, 2,0 Mpa, mostrando que ao acrescentar água houve uma queda de resistência de 44%. Pela NBR 13281, a argamassa de traço 1 foi classificada na Classe P3, e a de traço 2, na Classe P2, o que difere dos dados fornecidos pelo fabricante, que classificou a argamassa nas Classes P4 e P5. Esses resultados mostram que a argamassa ensaiada apresentou-se com baixa resistência à compressão, se comparado ao informado pela fábrica, sendo que ao acrescentar uma pequena quantidade de água, a queda nessa resistência foi significativa,

Por fim, ao se verificar a resistência de aderência à tração in loco, o resultado obtido foi de 0,14 Mpa, abaixo do valor estipulado em norma, pela NBR 13749, que é de 0,20 MPa para paredes internas que receberão pintura. Esse resultado mostrou-se crítico, pois não atende o requisito previsto para garantir a qualidade e a vida útil do revestimento argamassado. O valor de resistência obtido no ensaio é bem inferior ao fornecido na Ficha Técnica da empresa fabricante, que apresenta valores de no mínimo 0,30 MPa. Isso pode ser explicado por diversos fatores, como a quantidade de água utilizada pela empresa onde o ensaio foi realizado, que não foi possível ser mensurada, pelo preparo da base, pela execução do revestimento, pela máquina ou inclinação de projeção, entre outros. Sabe-se que são necessários maiores estudos para identificação dos fatores que causaram essa baixa resistência.

Analisando todos os resultados obtidos neste trabalho, percebe-se que ao adicionar água ao traço da argamassa, essa se apresenta mais trabalhável, porém

reduz os valores dos outros parâmetros ensaiados em laboratório, apresentando desempenho inferior. Já no ensaio de campo, a argamassa mostrou-se com baixa resistência para o traço e condições de execução utilizados, gerando inúmeras possibilidades de estudos e melhoria, para alcançar os padrões estabelecidos em norma. Assim, em relação à aderência, a argamassa estudada apresenta-se com desempenho insuficiente para aplicações em paredes internas ou externas de edificações.

Desse modo, para estudos futuros, recomenda-se identificar a quantidade de água utilizada na mistura pela empresa; caracterizar de maneira completa a argamassa industrializada, descobrindo os seus componentes e quantidades necessárias para o bom desempenho da mistura; avaliar a execução do revestimento, com seus variantes, para fornecer o correto modo de projeção a ser utilizado; realizar ensaios de resistência de aderência à tração em paredes diferentes, alterando as datas e condições de execução; reproduzir a argamassa industrializada ensacada em laboratório, testando a passagem na máquina de projeção e as propriedades da mistura.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de Revestimentos** de Argamassa. São Paulo: ABCP, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5733**: Cimento Portland de alta resistência inicial. Rio de Janeiro, 1991a.

_____. **NBR 11579**: Cimento Portland - Determinação da finura por meio da peneira 75 µm (nº 200). Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016a.

_____. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005a.

_____. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005b.

_____. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005c.

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

_____. **NBR 13529**: Revestimentos de paredes e tetos de argamassa inorgânicas. Rio de Janeiro, 2013a.

_____. **NBR 13749**: Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação. Rio de Janeiro, 2013b.

_____. **NBR 16541**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura para a realização de ensaios. Rio de Janeiro, 2016b.

BAÍA, Luciana Leone Maciel; SABBATINI, Fernando Henrique. **Projeto e execução de revestimento de argamassa**. 4 ed. São Paulo: O nome da Rosa, 2008.

BAUER, Elton. Sistemas de revestimento de argamassa – Generalidades. In: _____. **Revestimento de argamassa: características e peculiaridades**. Brasília: Sinduscon/DF, 2005. cap. 1, p. 7-13.

CASAREK, Helena. Argamassas. In ISAIA, Geraldo C., editor. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010. p. 893-944.

CHICHINELLI, Gisele C. Acabamento projetado. **Téchne**. São Paulo: Pini, ed. 158. mai. 2010. Disponível em: <<http://www.techne.pini.com.br/engenharia-civil/158/artigo287750-1.aspx>>. Acesso em: 27 de abril de 2017.

CRESCENCIO, Rosa Maria et al. **Execução de revestimentos com argamassa projetada**. Salvador, 2000.

DELVINO, André Francis. **Estudo da viabilidade técnica e econômica da inserção de argamassas projetadas mecanicamente**. Pato Branco, 2016.

DUALIBE, Roberto Palacio; CAVANI, Gilberto de Ranieri; OLIVEIRA, Mirian Cruxên Barros. **Influência do tipo de projeção da argamassa na resistência de aderência à tração e permeabilidade à água**. Florianópolis, 2005.

FERNANDES, Willian Leandro. **Desempenho mecânico de revestimento interno de parede produzido com argamassa projetada aplicado sobre blocos cerâmicos lisos**. Porto Alegre, 2012.

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

FONSECA, Gustavo C. A.; CARMO, Marcelo Soares do; TAVARES, Rafael Ferreira. **Estudo de viabilidade para mecanização das etapas de chapisco, emboço e reboco na construção civil.** Governador Valadares, 2011.

GIRIBOLA, Maryana. Argamassa projetada x argamassa chapada à mão - Além do custo, qualidade do revestimento e tempo de execução foram as principais condicionantes para escolha de revestimento de fachada. **Construção Mercado.** São Paulo: Pini. ed. 158, set. 2014. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/158/artigo326555-1.aspx>>. Acesso em: 5 de abril de 2017.

HANAI, João Bento de. **Construções de argamassa armada: fundamentos tecnológicos para projeto e execução.** São Paulo: Pini, 1992.

KISS, Paulo. Reflexão: inimiga da produtividade. **Téchne.** São Paulo: Pini. ed. 39. mar. 1999. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/39/artigo287171-1.aspx>>. Acesso em 9 de abril de 2017.

MAPA DA OBRA. Disponível em: <<http://www.mapadaobra.com.br/produtos/argamassas-matrix/2203-matrix/>> Acesso em 30 de agosto de 2017a.

MAPA DA OBRA. Disponível em: <<http://www.mapadaobra.com.br/produtos/argamassas-matrix/3203-matrix/>> Acesso em 30 de agosto de 2017b.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do trabalho científico.** 7 ed. São Paulo: Atlas, 2014.

NETO, Félix Benício F. **Determinação da Finura do Cimento através da Peneira nº 200(NBR 11579:2012).** Palmas, 2013.

OLIVEIRA, Gabriel José Augusto de; ROCHA, Guilherme Araújo. **Influência do método de aplicação sobre o desempenho de aderência de revestimentos de argamassa.** Goiânia, 2014.

PARAVISI, Sandra et al. **Avaliação da produção de revestimento de fachada de argamassa com projeção mecânica e manual.** Recife, 2007.

PARAVISI, Sandra. **Avaliação de sistemas de produção de revestimentos de fachada com aplicação mecânica e manual de argamassa.** Porto Alegre, 2008.

PEREIRA, Renée. Falta de mão de obra qualificada no Brasil se agrava. **EXAME.** São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/economia/falta-de-mao-de-obra-qualificada-no-brasil-se-agrava/>>. Acesso em 6 de abril de 2017.

PORTAL DOS EQUIPAMENTOS. Disponível em: <http://www.portaldosequipamentos.com.br/prod/e/pistola-de-projecao-baileu_27360_29818>. Acesso em: 26 de maio de 2017.

SABBATINI, Fernando Henrique. **Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria resistente.** 2 ed. São Paulo: ABCP, 1998.

QUINTELA, Marisa Betânia de Oliveira Antunes. **Durabilidade de revestimentos exteriores de parede em reboco monocamada.** Porto – Portugal, 2006.

SANTOS, Carla C. N.; RAMOS, Daiane V. M.. Aspectos das argamassas projetadas. In: BAUER, Elton (Coord). **Revestimento de argamassa: características e peculiaridades.** Brasília: Sinduscon/DF, 2005. p. 51-55.

SANTOS, Carla Cristina Nascimento. **Critérios de projetabilidade para argamassas industrializadas de revestimento utilizando bomba de argamassa com eixo helicoidal.** Brasília, 2003.

SANTOS, Heraldo Barbosa dos. **Ensaio de aderência das argamassas de revestimento.** Belo Horizonte, 2008.

SERRAGLIO, Matheus Fernando. **Tecnologia e produtividade em obra: análise comparativa entre o método convencional e a utilização da argamassa projetada para a execução de revestimento.** Francisco Beltrão, 2016.

VEIGA, Maria do Rosário da Silva. **Comportamento de argamassas de revestimento de paredes.** Porto – Portugal, 1998.