

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

**Contribuição para avaliação de desempenho de revestimentos de
argamassa reforçados com telas metálicas**

Giselle Reis Antunes

Porto Alegre
2016

GISELLE REIS ANTUNES

**CONTRIBUIÇÃO PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO
DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA REFORÇADOS
COM TELAS METÁLICAS**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
como parte dos requisitos para obtenção do título de
Doutora em Engenharia.

Orientadora: Prof^a Angela Borges Masuero

Porto Alegre
2016

CIP - Catalogação na Publicação

Antunes, Giselle Reis

Contribuição para avaliação de desempenho de revestimentos de argamassa reforçados com telas metálicas / Giselle Reis Antunes. -- 2016.
185 f.

Orientadora: Angela Borges Masuero.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre, BR-RS, 2016.

1. Desempenho. 2. Tela metálica. 3. Reforço. 4. Sistema de revestimento de argamassa. I. Masuero, Angela Borges, orient. II. Título.

GISELLE REIS ANTUNES

**CONTRIBUIÇÃO PARA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE
REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA REFORÇADOS
COM TELAS METÁLICAS**

Esta tese de doutorado foi julgada adequada para a obtenção do título de DOUTORA EM ENGENHARIA, na área de Construção, e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 26 de janeiro de 2016

Prof^a. Angela Borges Masuero
Dr^a. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientadora

Prof. Carlos Torres Formoso
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Denise Carpena Coitinho Dal Molin (UFRGS)
Dr^a. pela Universidade de São Paulo

Prof^a. Fernanda Macedo Pereira (ULBRA)
Dr^a. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof^a. Mércia Semensato Bottura de Barros (USP)
Dr^a. Pela Universidade de São Paulo

Dedico este trabalho a Deus, a meus pais, Gilberto e Rizêlda, razões da minha existência e às pessoas que lutam veementemente pelo desenvolvimento da ciência.

AGRADECIMENTOS

No instante em que chegamos ao término de mais uma jornada importante como esta, torna-se oportuno refletir sobre os que nos ajudaram a caminhar até aqui. Pessoas, organismos acadêmicos e empresariais que possibilitaram a concretização desta pesquisa de doutorado.

Agradeço a Deus, sentido pleno de toda a existência e zeloso guardador de todos os momentos, em especial os mais difíceis, e por me permitir concluir mais este desafio e conviver com pessoas que marcaram de forma profunda e definitiva minha vida e que deixarão saudades.

Aos professores que dedicaram parte de seu tempo para transmitir os conhecimentos necessários para o aprimoramento de minha capacidade como pesquisadora e engenheira civil. Dentre eles: Ana Abitante, Ana Paula Kirchheim, Denise Dal Molin, Eduardo Isatto, João Ricardo Masuero e Luis Carlos Bonin. Em especial, à minha orientadora Angela Masuero, que com seu jeito maternal soube nortear o desenvolvimento desta pesquisa com sua sabedoria e experiência.

Aos amigos e colegas do PPGEC, que cada um, a sua maneira, compartilhou de meus momentos de trabalho, conquistas, aflições. Agradeço pelo estímulo, amizade, apoio emocional e também momentos de descontração, churrascos e festividades, em especial: Abrahão Rohden, Alexandra Passuelo, Anderson Müller, Camila Lopes, Camila Zanini, Carina Stolz, Cristiane Pauletti, Cristina Vitorino, Dóris Zechmeister, Laís Zucchetti, Luciana Cordeiro, Mauro Mário, Renata Lucena, entre tantos.

Aos bolsistas de iniciação científica Davi Kleber, Elias Trombini, Gustavo Rech, Juliana Kolterman, Lucas Rosa, Márlon Longhi, Patrícia Mallman, Priscila da Rosa, Raquel Wielewicki e João Cardoso que me auxiliaram nas várias etapas de realização dos ensaios laboratoriais, tornando possível a efetivação deste programa experimental.

Aos técnicos do Laboratório de Ensaio e Modelos Estruturais (LEME/UFRGS), Edgar Wallace e Eurípedes Fontes, sempre solícitos por auxiliar no uso dos equipamentos e apoio materialização dos aparatos de ensaio desenvolvidos nesta pesquisa. Aos funcionários do Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (LAMTAC/NORIE/UFRGS), Airton Ferreira e Gilmar Vieira, peças fundamentais que muito me auxiliaram nas atividades

laboratoriais da pesquisa. Ao Laboratório de Metalurgia Física (LAMEF/UFRGS), na pessoa do Prof. Dr. Telmo R. Strohaecker, por ter disponibilizado pessoal e infraestrutura do laboratório para a realização de ensaios de caracterização do fio metálico.

Às empresa Pauluzzi, pela doação dos blocos de alvenaria cerâmica e Arcellomittal pela doação dos fios e telas metálicas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo suporte financeiro. Ao Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação - NORIE/UFRGS e ao Laboratório de Ensaio e Modelos Estruturais – LEME/UFRGS pela disponibilização de acervo e equipamentos úteis para o desenvolvimento deste trabalho, bem como, por apoiarem estudos e pesquisas desenvolvidas pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC/UFRGS.

À minha família, irmãs Bruna e Grazielle pelo incentivo e amor fraternal. Ao meu pai Gilberto, minha referência de conduta, integridade, coerência e disciplina e à minha mãe Rizêlda, sinônimo de doação, fé e verdade, mulher exemplar digna de todo meu respeito e admiração; indispensáveis em todas minhas conquistas, pela torcida e por sempre terem me proporcionado meios de seguir meus estudos de forma satisfatória. Por fim, ao meu porto seguro, melhor amigo e namorado, Thiago Henriques, por todo amor, carinho, paciência ao compartilhar junto comigo das angústias que surgiram e por me proporcionar momentos de descontração e alegria.

"Dizem que antes de um rio entrar no mar, ele treme de medo. Olha para trás, para toda a jornada que percorreu, para os cumes, as montanhas, para o longo caminho sinuoso que trilhou através de florestas e povoados, e vê à sua frente um oceano tão vasto, que entrar nele nada mais é do que desaparecer para sempre. Mas não há outra maneira. O rio não pode voltar. Ninguém pode voltar. Voltar é impossível na existência. O rio precisa se arriscar e entrar no oceano. E somente quando ele entrar no oceano é que o medo desaparece, porque apenas assim o rio saberá que não se trata de desaparecer no oceano, mas de tornar-se oceano."

Osho

RESUMO

ANTUNES, G.R. Contribuição para avaliação de desempenho de revestimentos de argamassa reforçados com telas metálicas. 2016. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

O cenário atual da construção civil tem se caracterizado pelo uso crescente de novos produtos, materiais e tecnologias construtivas. Simultaneamente, a adoção de novas técnicas em detrimento a pouca abordagem científica e às falhas de projeto, execução e planejamento de obra têm colaborado para a ocorrência de manifestações patológicas. O desempenho do edifício resulta da contribuição individual de cada um dos materiais e elementos que o constituem, mas também depende do efeito gerado quando todo o conjunto é solicitado. Caso haja incompatibilidade entre as condições de deformação da estrutura de concreto, a capacidade de acomodar deformações da alvenaria e das camadas de argamassa pode desencadear-se desde pequenas fissuras no revestimento, rupturas na alvenaria até mesmo o colapso total da parede, gerando além de elevados custos e descrédito para as construtoras, principalmente, desconforto ao usuário. Atualmente existem diversas técnicas construtivas de reforço/reabilitação, de forma a distribuir tensões, compatibilizar deformações e garantir o desempenho à tração do revestimento de argamassa. Entre estas técnicas ressalta-se o uso de telas metálicas, que no Brasil é amparado por uma normalização ainda incipiente. Embora este uso seja recomendado, não há consenso quanto aos métodos executivos e parâmetros técnicos da tela metálica mais indicados para cada aplicação. Nesse contexto, o trabalho em questão, julgou importante contribuir para a avaliação do desempenho de revestimentos de argamassa com reforço de tela metálica e apresenta três propostas. Uma delas foi o ensaio de tração por compressão diametral, o qual se mostrou viável para avaliar a eficiência do uso de tela no incremento de resistência da argamassa, no entanto, permite ponderações restritas ao parâmetro de carga de ruptura. O ensaio de tração direta proposto para caracterizar o revestimento de argamassa reforçado com tela metálica, aplicado sobre a interface alvenaria-estrutura, embora tenha execução complexa e demande mais tempo, apresentou variabilidade satisfatória e mostrou-se capaz para avaliar além da carga a resistência à tração. Por fim, o ensaio de tração na flexão em 4 pontos foi considerado apto para a caracterizar argamassas reforçadas com tela, diante da fácil aplicabilidade, com tamanho menor dos CP's e variabilidade reduzida. Então foi usado para avaliar a influência de diferentes tipologias de telas metálicas e posicionamento delas na argamassa no desempenho à tração do revestimento. Palavras-chave: desempenho; tela metálica; reforço; sistema de revestimento de argamassa

ABSTRACT

ANTUNES, G.R. Performance evaluation of coating systems of mortar reinforced with wire mesh. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

The current scenario of the construction has been characterized by the increasing use of new products, materials and construction technologies. Simultaneously, the adoption of new techniques to the detriment a little and scientific approach to design failures, execution and construction management have contributed to the occurrence of pathological manifestations. The building performance results of the individual contribution of each one of the materials and elements constitute, but also depends on the effect generated when the whole set is requested. If there is incompatibility between the deformation conditions of the concrete structure, the ability to accommodate deformations of the masonry and layers of mortar, this may unleash from small cracks in the coating, breaks in the masonry even total collapse of the wall, generating high costs and discredit to the builders, mainly discomfort to the user. Nowadays there are many construction techniques reinforcement / rehabilitation, in order to distribute tensions, compatible deformations and guarantee performance to pull the mortar coating. Among these techniques emphasizes the use of metal mesh, which in Brazil is supported by an incipient normalization. Although this use is recommended, there is no consensus on the executive methods and technical parameters of the metal mesh best suited for each application. In this context, the work in question, considered it important to contribute to the evaluation of mortar coatings performance with metal mesh reinforcement and presents three proposals. One was the indirect tensile (Brazilian) test, which proved feasible to evaluate the use efficiency screen on mortar strength increase, however, allows considerations restricted to the breaking load parameter. The tensile direct test proposed to characterize the reinforced mortar coating metal screen applied to the masonry structure interface, although it has complex execution and demands more time presented satisfactory variability and shown to be able to evaluate the load and also the resistance to traction. Finally, the tensile test in bending at 4 points was considered suitable for the characterize mortars reinforced with screen, due to the easy applicability, have smaller size specimens and reduced variability. Then it was used to evaluate the influence of different types of metal mesh and positioning them in the mortar in performance to coating traction.

Key-words: performance; metal mesh, reinforcement; coating of mortar

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA DO TEMA	15
1.2	ORIGINALIDADE	19
1.3	QUESTÕES DE PESQUISA E OBJETIVOS	20
1.3.1	Questões de pesquisa	20
1.3.2	Objetivos	21
1.4	ESTRUTURAÇÃO DA TESE	22
2	SISTEMAS DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA (SRA)	22
2.1	CARACTERIZAÇÃO E COMPOSIÇÃO DO SRA	23
2.1.1	Base	24
2.1.2	Revestimento de argamassa	25
2.2	FATORES QUE INFLUENCIAM O DESEMPENHO DO SRA	26
2.2.1	Agentes ambientais	28
2.2.2	Fluência	29
2.2.3	Interação alvenaria-estrutura	31
2.3	DESEMPENHO DO SRA	35
2.3.1	Manifestações patológicas em SRA	40
2.4	O USO DE TELAS METÁLICAS	44
2.4.1	Interação tela metálica-argamassa	46
2.4.2	Argamassa armada	54
2.4.3	Ponte de transmissão	58
2.4.4	Medida de recuperação	60
2.4.5	Tipos de tela	62
2.4.6	Contexto de obra	71
3	PROGRAMA EXPERIMENTAL	74
3.1	PROCEDIMENTO TÉCNICO DE PESQUISA	75
3.2	DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS DE ESTUDO	76
3.3	DELINEAMENTO DA PESQUISA	78
3.4	ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS	80
3.4.1	Caracterização das argamassas de emboço	80
3.4.2	Caracterização do meio-bloco cerâmico	82
3.4.3	Caracterização da argamassa de graute	84

3.4.4 Caracterização do concreto	85
3.4.5 Caracterização das telas metálicas	88
3.5 ENSAIOS DO SISTEMA DE ARGAMASSA REFORÇADO COM TELA	94
3.5.1 Ensaio de tração por compressão diametral em SRA reforçado com tela metálica	94
3.5.2 Proposta de ensaio de tração direta em SRA reforçado com tela metálica na interface alvenaria-estrutura	96
3.5.3 Proposta de ensaio de tração na flexão em SRA reforçado com tela metálica	102
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	107
4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS	108
4.1.1 Comparação entre as argamassas de emboço	108
4.1.2 Caracterização da tela metálica	112
4.1.3 Avaliação comparativa de resistência à tração de diferentes tipos de tela metálica com malha quadrada	117
4.2 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO SISTEMA DE ARGAMASSA REFORÇADO COM TELA	122
4.2.1 Ensaio de tração por compressão diametral em SRA reforçado com tela metálica	122
4.2.2 Ensaio de tração direta em SRA reforçado com tela metálica na interface alvenaria-estrutura	127
4.2.2.1 Influência do uso de tela metálica adotada no reforço de argamassa sobre a interface alvenaria/estrutura na resistência à tração direta	129
4.2.3 Ensaio de tração na flexão em SRA reforçado com tela metálica	132
4.2.3.1 Influência da posição da tela metálica em relação à espessura da argamassa na resistência à tração na flexão	134
4.2.3.2 Influência do tipo de tela metálica adotada no reforço de argamassa na resistência à tração na flexão	141
4.2.3.3 Influência do tipo de argamassa de emboço na resistência à tração na flexão	148
4.3 PROPOSTA DE METODOLOGIA DE DESEMPENHO	150
5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PRÓXIMAS PESQUISAS	151
5.1 CONCLUSÕES	151
5.2 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	154

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: hierarquia de custos numa edificação (CALASANS, 2009).	16
Figura 2: solicitações impostas ao revestimento de fachada das edificações (Fonte: ABCP, baseado em Cincotto <i>et al.</i> , 1995)	26
Figura 3: reversibilidade da retração por secagem (de S. Mindess and J. F. Young, Concrete, 1981, pp. 486,501. Reeditado por Kataoka, 2005).....	30
Figura 4: reversibilidade da fluência (de S. Mindess and J. F. Young, Concrete, 1981, pp. 486,501. Reeditado por Kataoka, 2005).....	30
Figura 5: ensaio de arrancamento à tração da tela (JODAS, 2006).....	33
Figura 6: (a) vista do ensaio e (b) colocação das telas (Oliveira, 2001).....	34
Figura 7: metodologia de avaliação de desempenho (adaptada: CIBW60, 1982).....	36
Figura 8: representação esquemática dos esforços de compressão	37
Figura 9: representação esquemática dos esforços de tração	37
Figura 10: representação esquemática dos esforços de flexão	37
Figura 11: representação esquemática dos esforços de cisalhamento	38
Figura 12: detalhe de fissuração (Fonte: própria autora).....	41
Figura 13: revestimento com espessura excessiva após queda (Fonte: própria autora)	42
Figura 14: deslocamento localizado (LEM- UnB, arquivo fotográfico)	43
Figura 15: ilustração esquemática de regiões de aplicação de tela metálica.....	45
Figura 16: detalhe genérico para fixação de tela (a) sem junta tratada e (b) com junta tratada (baseado em Gripp, 2008)	46
Figura 17: curva esquemática carga-deflexão do concreto reforçado (a) com fibras de aço e (b) com fibras de polipropileno (baseada em Kobayashi & Cho, 1981).	48
Figura 18: diagrama de tensão por deformação elástica de matriz e fibras de alto e baixo módulo de elasticidade trabalhando em conjunto (Figueiredo, 2000).....	49
Figura 19: modos básicos de deslocamento na ponta da trinca (baseado em Anderson, 2005)	53
Figura 20: coordenadas na frente da trinca (Fonte: Chagas, 2009).....	53
Figura 21: detalhe genérico de fixação de tela como argamassa armada (baseado em MACIEL <i>et al.</i> , 1998).....	55

Figura 22: (a) colocação da tela pressionando-a sobre a 1ª camada de argamassa, (b) aplicação da 2ª camada de argamassa sobre a tela, (c) nivelamento da 2ª camada de argamassa e (d) finalização do acabamento (ABCP, 2004)	56
Figura 23: (a) pino, (b) fita perfurada (Fonte: tel.com.br) e (b) reforço de emboço ($e > 5\text{cm}$)..	57
Figura 24: posicionamento das taliscas na definição da espessura do emboço. (baseado em MACIEL <i>et al.</i> , 1998)	58
Figura 25: detalhe genérico para fixação de tela como ponte de transmissão (baseado em MACIEL <i>et al.</i> , 1998).	58
Figura 26: (a) região de aplicação da argamassa reforçada com tela, (b) esticamento da tela, (c) fixação do pino com martelo na alvenaria, (c) fixação do pino com pistola no concreto...	59
Figura 27: segmento da reabilitação no setor da construção europeia, em 2012 (Fonte: 73º Euroconstruct)	60
Figura 28: esquematização do uso da tela como elemento de recuperação de fissuras (adaptado de DUARTE, 1988)	61
Figura 29: composição esquemática de um ETICS constituído por reboco delgado armado sobre poliestireno expandido (FREITAS, 2002)	62
Figura 30: alguns tipos de telas metálicas aplicadas em reforço de concreto	62
Figura 31: tipos de telas metálicas recomendadas pela ASTM C847, a) <i>flat diamond mesh lath</i> , b) <i>high rib lath</i> , c) <i>self-furring v-groove diamond mesh lath</i> e d) <i>self-furring dimpled diamond mesh lath</i> (Fonte: http://www.phillipsmfg.com/metal-lath/)	64
Figura 32: tipos de telas metálicas adotadas em revestimentos no Brasil, (a) malha quadrada, (b) malha hexagonal viveiro, (c) malha hexagonal pinteiro, (d) malha hexagonal galinheiro e (e) malha losangular <i>deployeé</i>	66
Figura 33: uso de detalhes construtivos (Fonte: Fernandes, 2015)	66
Figura 34: tipo de telas empregadas para o reforço de revestimento (Fonte: Fernandes, 2015)	67
Figura 35: aplicação de tela de fibra de vidro (Fonte: Texiglass)	67
Figura 36: aspecto da tela de malha hexagonal entrelaçada	68
Figura 37: aspecto da tela de malha losangular, tipo <i>deployeé</i>	68
Figura 38: aspecto da tela de malha quadrada, (25 x 25) mm	69
Figura 39: operador com dificuldade de fixação da tela com grande tamanho na fachada.....	73
Figura 40: fluxograma da pesquisa.....	77
Figura 41: delineamento da pesquisa	79

Figura 42: (a) mistura da argamassa de graute com água, (b) limpeza, (c) grauteamento dos meio-blocos cerâmicos, com auxílio de béquer, (d) colocação da fôrma de posicionamento da barra de aço, (e) colocação da barra de aço, (f) alinhamento da barra de aço, (g) amostras prontas, (h) cura em câmara climatizada	84
Figura 43: representação esquemática da fôrma feita para confecção do bloco de concreto...	86
Figura 44: produção do bloco de concreto, (a) mistura, (b) ensaio de abatimento, (c) preenchimento das fôrmas, (d) adensamento, (e) colocação da barra metálica, (f) correção do prumo da barra metálica e (g) cura úmida	87
Figura 45: (a) equipamento de ensaio à tração das amostras de fio metálico, (b) garra superior e (c) garra inferior.....	90
Figura 46: representação esquemática do ensaio à tração de tela metálica, com vista frontal do aparato de ensaio montado; vista lateral e encaixe da tela no aparato aberto, da esquerda para a direita, com dimensões em mm	91
Figura 47: (a) montagem do aparato metálico de ensaio e (b) corpo de prova já fixado	91
Figura 48: ensaios preliminares das telas: (a) galinheiro, (b) pinteiro, (c) viveiro e (d) deployeé.....	92
Figura 49: (a) efeito da falta de distribuição uniforme da carga de tração e (b) pontos de sobrecarga na tela sobre os parafusos de encaixe do aparato	93
Figura 50: encaixe da tela no aparato metálico (a) posicionamento da tela na ranhura existente no aparato (b) colocação dos parafusos	93
Figura 51: ensaio de ruptura da tela metálica (a) conjunto, aparato de ensaio e tela metálica, montado e (b) pontos de ruptura da tela metálica.....	94
Figura 52: representação esquemática do ensaio de compressão diametral (baseado na NBR 7222, 1994).....	95
Figura 53: (a) apoio do gabarito no corpo de prova após vibração do concreto, (b) encaixe da tela no interior do rasgo existente no gabarito, (c) finalização da colocação da tela	95
Figura 54: representação esquemática do ensaio à tração proposto para o sistema de revestimento reforçado com tela metálica	96
Figura 55: representação esquemática da fôrma adotada para execução do corpo de prova para ensaio de tração direta de sistema de revestimento reforçado com tela metálica.....	98
Figura 56: sequência de montagem do sistema alvenaria-estrutura reforçado com tela metálica: limpeza (a) do concreto e (b) do meio-bloco cerâmico, encaixe do (c) bloco de concreto e (d) do bloco cerâmico, (e) colocação da tela metálica, (f) organização da caixa de	

queda, (g) adensamento do material dentro da caixa de queda, (h) queda da argamassa, (i) rasamento da argamassa dentro da fôrma, (j) cura ao ar com sacos plásticos, (l) encaixe da rótula no corpo de prova, (m) encaixe da alça nas garras da prensa, (n) ensaio de tração direta, (o) corpo de prova após ruptura.....	101
Figura 57: movimentação dos corpos de prova com auxílio de dois operadores.....	102
Figura 58: movimentação dos corpos de prova com auxílio de dois operadores.....	102
Figura 59: desenho esquemático do ensaio de tração na flexão com 4 apoios.....	103
Figura 60: representação esquemática da fôrma usada para moldagem do corpo de prova de argamassa reforçado com tala para ensaio de tração na flexão	104
Figura 61: moldagem dos corpos de prova para o ensaio de tração na flexão: a) forma, b) deposição da primeira camada de argamassa, c) inserção da tela metálica, d) colocação da segunda camada de argamassa e e) rasamento da fôrma.....	105
Figura 62: execução do ensaio de tração na flexão de argamassa reforçada com tela metálica	106
Figura 63: posicionamento da tela dentro do emboço.....	106
Figura 64: grupos de telas adotados no ensaio de tração na flexão em 4 pontos	107
Figura 65: efeito isolado do tipo de argamassa sobre a resistência à compressão, aos 28 dias	109
Figura 66: efeito isolado do tipo de argamassa sobre a resistência à tração na flexão, aos 28 dias.....	110
Figura 67: efeito isolado do tipo de argamassa sobre o módulo de elasticidade, aos 28 dias	111
Figura 68: ANOVA do comportamento quanto à resistência à tração na flexão, à resistência à compressão e ao módulo de elasticidade variando-se o tipo de argamassa.....	112
Figura 69: comparação entre as configurações metálicas de ensaio à tração.....	116
Figura 70: comparação de limite de resistência à tração de telas metálicas malha quadrada	119
Figura 71: comparação de médias de limite de resistência para telas de malha quadrada	119
Figura 72: a) detalhe da ruptura na tela metálica, do fabricante A e b) destaque da ruptura no fio bem próximo à região da solda.	120
Figura 73: a) detalhe da ruptura na tela metálica, do fabricante B e b) destaque da ruptura ao longo do fio.....	120
Figura 74: detalhe da ruptura na tela metálica, do fabricante C	121
Figura 75: a) detalhe da ruptura na tela metálica, do fabricante D e b) destaque da ruptura na solda.....	121

Figura 76: influência do uso da tela na carga máxima à tração por compressão diametral de corpos de prova de argamassa Ar1, aos 28 dias	125
Figura 77: ensaio de tração por compressão diametral em amostras sem tela metálica.....	126
Figura 78: ensaio de tração por compressão diametral em amostras contendo tela metálica	126
Figura 79: influência do uso da tela na resistência à tração direta máxima em argamassa aplicada na interface alvenaria/estrutura, aos 28 dias.....	130
Figura 80: ensaio de tração na flexão em corpos de prova (a) com tela a 1/3 da espessura, (b) com tela no meio da espessura e (c) com tela a 2/3 da espessura da argamassa	135
Figura 81: corpos de prova após a ruptura (a) com tela a 1/3 da espessura (b) com tela no meio (1/2) da espessura, e (c) com tela a 2/3 da espessura da argamassa, respectivamente	135
Figura 82: análise de variância dos valores de resistência à tração na flexão variando a posição da tela metálica na argamassa Ar1 armada.....	140
Figura 83: comparação múltipla de médias de resistência à tração na flexão variando a posição da tela em relação à espessura do emboço de argamassa Ar1.....	140
Figura 84: comparação de médias de resistência à tração na flexão da argamassa Ar1 armada com telas metálicas distintas dispostas a 1/3 da camada	142
Figura 85: comparação de médias de resistência à tração na flexão da argamassa Ar1 armada com telas metálicas distintas dispostas no meio (1/2) da camada	143
Figura 86: comparação de médias de resistência à tração na flexão da argamassa Ar1 armada com telas metálicas distintas dispostas a 2/3 da camada	144
Figura 87: análise de variância dos valores de resistência à tração na flexão de argamassas armadas variando o tipo de tela metálica adotado	145
Figura 88: análise de variância dos valores de resistência à tração na flexão de argamassas armadas variando o tipo de argamassa adotada.....	149

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: propriedades e requisitos de desempenho das vedações verticais (Franco, 1998) ...	24
Tabela 2: classificação dos movimentos em elementos construtivos quanto à sua natureza e reversibilidade. (RIBEIRO, F. A., 2006).....	27
Tabela 3: valores de resistência mecânica e módulo de elasticidade para diversos tipos de fibra e matrizes (BENTUR e MINDES, 1990)	50
Tabela 4: panorama das formas de fixação da tela metálica em SRA.....	71
Tabela 5: resumo dos ensaios de caracterização das argamassas	81
Tabela 6: caracterização no estado fresco e endurecido das argamassas de emboço analisadas	82
Tabela 7: resumo dos ensaios de caracterização dos meio-blocos cerâmicos.....	83
Tabela 8: características do graute utilizado.....	85
Tabela 9: proporcionamento do concreto utilizado nos substratos.....	86
Tabela 10: resumo dos ensaios de caracterização dos meio-blocos cerâmicos.....	88
Tabela 11: caracterização dos tipos de tela adotados nesta pesquisa*	89
Tabela 12: referência para atribuição da velocidade de carregamento.....	92
Tabela 13: ANOVA da resistência à compressão das duas argamassas de emboço estudadas.	108
Tabela 14: ANOVA da resistência à tração flexão das duas argamassas de emboço estudadas	109
Tabela 15: ANOVA do módulo de elasticidade das duas argamassas de emboço estudadas	110
Tabela 16: ANOVA do comportamento à resistência à tração flexão, resistência à compressão e módulo de elasticidade das duas argamassas de emboço estudadas.....	111
Tabela 17: gráficos resultantes do ensaio de tração direta no arame de aço, fio 1,24mm.....	113
Tabela 18: características quanto à tração do fio de arame 1,24 mm, segundo a NBR 6207 (ABNT, 1982).....	114
Tabela 19: tração da tela metálica malha quadrada (25 x 25) mm e fio 1,24mm	115
Tabela 20: análise estatística do limite de resistência à tração para o fio e para tela metálica	116
Tabela 21: resistência à tração de telas metálicas, malha 25x25mm e fio 1,24mm de diferentes fabricantes.....	117

Tabela 22: análise estatística de limite de resistência à tração de telas metálicas de fabricantes distintos.....	118
Tabela 23: resultados de tração por compressão diametral da argamassa Ar1 com tela, aos 28 dias.....	123
Tabela 24: caracterização de corpos de prova de argamassa Ar1 com e sem tela quanto à tração por compressão diametral.....	124
Tabela 25: ANOVA da influência da presença na carga máxima à tração por compressão diametral em argamassa Ar1	125
Tabela 26: resistência à tração direta, aos 28 dias do revestimento de argamassa com tela aplicada na interface alvenaria/estrutura	128
Tabela 27: caracterização dos grupos de argamassa com e sem tela quanto à tração direta..	129
Tabela 28: análise estatística da resistência à tração direta máxima em argamassa reforçada com tela aplicada na interface alvenaria/estrutura.....	130
Tabela 29: gráficos resultantes do ensaio de tração direta em argamassa com e sem tela aplicada na interface alvenaria/estrutura, aos 28 dias.....	131
Tabela 30: resultados de ensaio para argamassa armada quanto à tração na flexão	133
Tabela 31: resistência à tração na flexão, aos 28 dias, da argamassa Ar1 sem tela metálica.	134
Tabela 32: resistência à tração na flexão, aos 28 dias, da argamassa Ar1 com tela metálica colocada a 1/3 da camada	136
Tabela 33: resistência à tração na flexão, aos 28 dias, da argamassa Ar1 com tela metálica colocada a 1/2 da camada	137
Tabela 34: resistência à tração na flexão, aos 28 dias, da argamassa Ar1 com tela metálica colocada a 2/3 da camada	138
Tabela 35: resumos dos valores de resistência à tração na flexão, aos 28 dias, da argamassa Ar1 com tela metálica nos três posicionamentos na camada.....	139
Tabela 36: análise estatística da resistência à tração na flexão variando a posição da tela metálica na argamassa Ar1 armada	139
Tabela 37: análise estatística da resistência à tração na flexão da argamassa Ar1 armada com telas metálicas distintas a 1/3 do emboço	141
Tabela 38: análise estatística da resistência à tração na flexão da argamassa Ar1 armada com telas metálicas distintas, no meio (1/2) do emboço	142
Tabela 39: análise estatística da resistência à tração na flexão da argamassa Ar1 armada com telas metálicas distintas a 2/3 do emboço.....	143

Tabela 40: análise estatística da resistência à tração na flexão da argamassa Ar1 armada variando o tipo de tela metálica adotado	145
Tabela 41: resultados de custos de telas metálicas pela resistência à tração na flexão da argamassa armada.....	147
Tabela 42: resistência à tração na flexão, aos 28 dias, da argamassa Ar2 com tela metálica colocada a 2/3 da camada	148
Tabela 43: análise estatística da resistência à tração na flexão da argamassa Ar1 armada variando o tipo de argamassa adotada	149

LISTA DE SIGLAS

ABCP: Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACI: *American Concrete Institute*

ANOVA: Análise de variância

ANSI: *American National Standards Institute*

AS: *Standards Australia*

ASTM: *American Society for Testing and Materials*

BS: *British Standard*

BWG: *Birmingham Wire Gauge*

CEN: *The European Committee for Standardization*

CIB: *Concept in Building*

DIN: *Deutsches Institut for Normung*

DMAE: Departamento de Água e Esgoto de Porto Alegre

EN: *European Standard*

EPUSP: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

ETAG: *European Organization for Technical Approvals*

ETICS: *External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering*

IAEE: *International Association Earthquake Engineering*

IBTS: Instituto Brasileiro de Telas Soldadas

ISO: *International Organization for Standardization*

IST: Instituto Superior Técnico

UNL: Universidade Nova de Lisboa

FCTUC: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Coimbra

UM: Universidade do Minho

UBI: Universidade da Beira Interior

UA: Universidade de Aveiro

UTAD: Universidade de Trás-os-montes e Alto Douro

LAMEF: Laboratório de Metalurgia e Física

LAMTAC: Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído

LEME: Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais

NBR: Norma Brasileira Regulamentada

NM: *Asociación Mercosur de Normalización*

NORIE: Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação

PATORREB: Grupo de Estudos de Patologia da Construção

PPGEC: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

RS: Rio Grande do Sul

TCNA: The Council of North America

UnB: Universidade de Brasília

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AA: índice de absorção de água

α : teor de argamassa

pméd: densidade de massa aparente média

mm: milímetros (10^3 metros)

nm: nanômetro (10^{-9} metros)

°C: grau Celsius

%: porcentagem ou percentagem

a/c: relação água/cimento

cm: centímetro

C: coeficiente de capilaridade

CP: corpo de prova

CP IV: cimento Portland pozolânico

Ed: módulo de elasticidade dinâmico

EPU: expansão por umidade

fck: resistência característica do concreto à compressão

MPa: mega pascal

SRA: Sistema de revestimento de argamassa

σ_R : Limite de resistência à tração, em MPa

F_m : Carga máxima, em N

S_0 : Área inicial da seção reta do fio de arame, em mm²

n: Número de fios longitudinais

σ_{ct} : resistência à tração por compressão diametral, em MPa

P: carga máxima aplicada, em N

d: diâmetro do corpo de prova, em mm

l: comprimento do corpo de prova, em mm

σ_f : resistência à tração na flexão, em MPa

l: distância entre cutelos de suporte, em mm

b: largura média do corpo de prova na seção de ruptura, em mm

d: altura média do corpo de prova, na seção de ruptura, em mm

e: margem de erro máximo que se quer admitir

z: desvio do valor médio, para alcançar o nível de confiança desejado

σ_x : desvio padrão da população

n: tamanho da amostra

σ_t : resistência à tração direta, em MPa

e: espessura do revestimento de argamassa, em mm

l: largura do revestimento de argamassa, em mm

n: número de faces revestidas com argamassa

1 INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA DO TEMA

O cenário atual da construção civil tem se caracterizado pelo uso crescente de novos produtos, materiais e tecnologias construtivas. Simultaneamente, a adoção de novas técnicas em detrimento a pouca abordagem científica e às falhas de projeto, execução e planejamento de obra têm colaborado para a ocorrência de manifestações patológicas. Lamentavelmente, verifica-se a recorrência cada vez maior de fissuração, descolamento, deslocamento e, conseqüentemente, perda da estabilidade de revestimentos de argamassa aplicados sobre fachadas, em edificações cada vez mais jovens, constatado por Antunes (2010).

Há mais de 10 anos pesquisas, no Brasil, vêm alertando, por exemplo, no caso de revestimentos de fachada com acabamento cerâmico, para a redução no uso de placas cerâmicas, ou mesmo o abandono da técnica, por parte de algumas construtoras brasileiras (ESQUIVEL, 2001). Postura assumida face à grande ocorrência de danos no revestimento, que comprometem seu desempenho e o atendimento de suas funções básicas como: valorização estética e econômica do edifício, melhoria de estanqueidade da vedação, regularização e acabamento final da fachada. Além disso, existem os problemas gerados por conta da indenização exigida às construtoras e profissionais em decorrência destes danos.

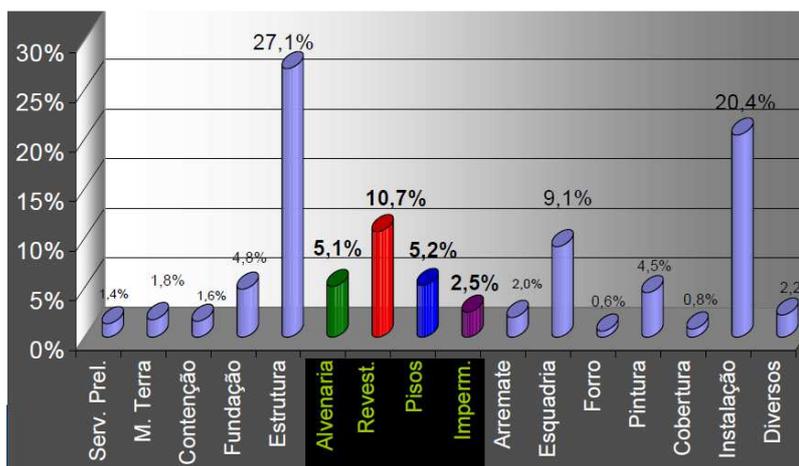
O uso das argamassas, incluindo assentamento e revestimento, pode representar cerca de 3 a 7% ¹ do custo de uma edificação, variando de obra para obra. Apesar da sua importância em termos de custo e da qualidade do produto final, vários estudos (CARNEIRO, 1993; SOIBELMAN, 1993; AGOPYAN *et al.*, 1998; ANDRADE *et al.*, 2003) têm apontado diversos problemas de qualidade no processo, contribuindo para o aparecimento de manifestações patológicas, fato que se mantém e vale até hoje.

Calasans (2009) mostrou, conforme a figura 1, que o revestimento de fachada, como um todo, corresponde a 10,7% do custo total de uma edificação, um valor relativamente alto, para se

¹ Valores informados por fornecedores de argamassa industrializada.

permitir descuidos durante o projeto, execução ou manutenção do mesmo. Não há motivos para argumentar baixo desempenho com um custo tão elevado. Também por esta razão é cada vez mais necessários estudos no sentido de garantir que o sistema de revestimento cumpra suas devidas funções, seja ele reforçado ou não.

Figura 1: hierarquia de custos numa edificação (CALASANS, 2009).



Deste modo, antes que haja custos injustificados e que materiais entrem em desuso, pela falta de domínio das técnicas construtivas existentes, busca-se pelo aprimoramento ou evolução das mesmas, criação de ensaios que permitam atestar seus desempenhos, bem como, a melhoria na qualidade e controle da execução dos sistemas de revestimentos.

A tecnologia das estruturas de concreto armado promoveu profundas alterações nas edificações, no que tange aspectos como aumento na velocidade de execução das obras e redução da rigidez. A falta de terrenos nos grandes centros urbanos forçou a intensificação da otimização dos espaços, com a construção de prédios com múltiplos pavimentos, subsolos para garagens e grandes balanços, principalmente nas varandas. Fato este, que forçou uma transformação na forma de fazer concreto, que é completamente diferente de alguns anos atrás. Em contrapartida, as argamassas utilizadas permanecem com características mecânicas semelhantes, e por muitas vezes não acompanham o novo ritmo de deformação imposto pelas edificações atuais.

O desempenho do edifício resulta da contribuição de cada um dos materiais e elementos que o constituem, de forma individual, mas também dependem do efeito gerado quando todas as partes integrantes são solicitadas em conjunto. As solicitações existentes referem-se aos esforços de compressão, que exigem resistência principalmente da alvenaria vedação, e Giselle Reis Antunes (engcivil.giselle@gmail.com), Tese, Porto Alegre, PPGEC/UFRGS, 2016.

esforços de tração, flexão, flambagem e cisalhamento que requerem resistência de aderência tanto entre os blocos e a argamassa de assentamento, como entre o substrato (alvenaria ou estrutura) e o sistema de revestimento.

A capacidade de absorver deformações é uma característica imprescindível para todas as camadas que compõem o revestimento externo. Por outro lado, sabe-se que a argamassa de emboço tem como constituinte principal o cimento que é um material que apresenta elevada rigidez. Assim, o acréscimo na quantidade de cimento para incrementar a resistência mecânica da argamassa, especialmente no que diz respeito à aderência, pode não proporcionar um comportamento satisfatório quanto à deformabilidade.

Em havendo incompatibilidade entre as condições de deformação da estrutura de concreto (Milne *et al.*, 2007), a capacidade de acomodar deformações da alvenaria e das camadas de argamassa, podem desencadear-se desde pequenas fissuras no revestimento, rupturas na alvenaria a até mesmo o colapso total da parede, gerando elevados custos, descrédito para as construtoras e principalmente, desconforto ao usuário.

Atualmente existem diversas técnicas utilizadas como alternativa de reforço e/ou reabilitação, posicionada internamente à camada de emboço em sistemas de revestimento, de forma a absorver tensões, deformações e garantir o desempenho do sistema, e com função de absorver solicitações originadas sobre regiões potencialmente fissuráveis do revestimento, a partir da ocorrência de movimentos diferenciais na base composta por materiais que reagem de maneiras distintas quando solicitados. Entre estas técnicas ressalta-se o uso de telas metálicas, que no Brasil é amparado por uma normalização ainda incipiente, cujas recomendações, no entanto, exigem estudos científicos mais aprofundados para a verificação dos parâmetros técnicos da tela metálica com fins de reforço e sua interação com a argamassa.

Segundo SILVA (2012), a tela metálica é um componente que, além de cumprir a função dita anteriormente, atua como distribuidor de tensões pontuais, e conseqüentemente, possibilita ao invés da ocorrência de grandes fissuras, microfissuras pouco nocivas ao revestimento e por vezes imperceptíveis a olho nu.

A NBR 7200 (ABNT, 1998) exige a utilização de tela metálica, plástica ou de outro material semelhante quando a base for composta por diferentes materiais e for submetida a esforços que gerem deformações diferenciais (tais como balanços, platibandas e últimos pavimentos),

criando na junção destes materiais uma zona capaz de suportar movimentações diferenciais a que estará sujeita.

Por sua vez, a NBR 13755 (ABNT, 1996) limita-se a indicar um único tipo de tela, a metálica soldada, constituída de fio com diâmetro igual ou maior do que 2 mm e malha com abertura quadrada de 5 x 5 cm. A tela, com função de inibir a retração da argamassa, deve ser inserida na camada de argamassa de regularização ou no emboço, e ancorada na estrutura-suporte; sempre que a espessura necessária, a partir do chapisco até o tardo da placa cerâmica, for superior a 25 mm. A mesma norma ainda exige que “a ancoragem da tela à estrutura-suporte deve ser comprovada para resistir às solicitações esperadas, pelo menos quanto ao peso próprio de todo o revestimento e a uma variação de temperatura igual ao intervalo entre a máxima e mínima do local da obra”, todavia não prescreve que tipo de comprovação deve ser adotado.

Embora recomendado o uso da tela, percebe-se que não há uma padronização de métodos executivos, especificação de espessura do fio ou de malha metálica que melhor se enquadre para cada aplicação, podendo este ser um fator a mais, para acarretar o surgimento de danos em revestimentos.

A nova realidade da construção civil no Brasil e no mundo é apoiada em normas que exigem desempenho e qualidade dos sistemas, neste âmbito o trabalho em questão julga importante a elaboração de uma metodologia de ensaio capaz de comprovar a eficiência do uso e aplicação de telas metálicas no que tange o reforço de sistemas de revestimento de argamassa.

Segundo a norma de qualidade NBR ISO 9004-4 (ABNT, 1993), em nota:

[...] Melhorias da qualidade são obtidas pela tomada de ações preventivas ou corretivas no processo, de forma a produzir saídas mais satisfatórias e/ou reduzir a frequência de saídas não satisfatórias. Confiar inicialmente na correção das saídas de processos, tais como reparo, retrabalho ou seleção, perpetua as perdas da qualidade.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo contribuir para a avaliação de desempenho através da proposição de ensaios que permitam verificar a eficiência do uso da tela metálica quando inserida em argamassa para reforço do sistema de revestimento.

1.2 ORIGINALIDADE

A originalidade desta pesquisa consiste em contribuir para a avaliação do desempenho de sistemas de revestimento de argamassa reforçados com tela metálica, através da proposição de métodos de ensaio que permitam simular esforços de tração e flexão.

Bastos *et al.* (2002) constataram, em pesquisas de argamassa de revestimento no meio técnico-científico nacional, a carência de metodologia que procure reproduzir em laboratório condições próximas às que são encontradas em obra, quanto à aplicação do material e formato dos corpos de prova, fato que ainda perdura. Verificaram que determinadas propriedades costumam ser medidas de forma distante da realidade, tornando difíceis a avaliação do desempenho e a previsão de vida útil do revestimento. É factível a limitação, por exemplo, do comprimento de curso da maioria das prensas, que limitam a dimensão os corpos de prova a tamanhos menores do que seria o mais adequado para reproduzir condições reais.

Embora haja uso corriqueiro em edifícios multipavimentos, especificadas ou não por projetistas e recomendadas pelas NBR 7200 (ABNT, 1998) e NBR 13755 (ABNT, 1996), o cenário atual de uso de telas metálicas, com fins ao reforço e prevenção de fissuras em revestimentos em argamassa, reflete uma escassez de critérios normalizados de aplicação e trabalhos contemplando avaliação de desempenho de telas metálicas bem como do sistema de revestimento de argamassa (SRA).

Após consulta à bibliografia nacional encontraram-se algumas referências restritas a estudos sobre tela metálica aplicada no reforço de ligações entre pilares de concreto e alvenaria de vedação (DUARTE, 1988; LORDSLEEM, 1997; MEDEIROS, J.S.; FRANCO, 1999; TRAMONTIN, 2005; SAHADE, 2005; JODAS, 2006; MONDO, 2010; entre outras); emprego de argamassa armada (DUARTE, 1988; HANAI, 1996; OLIVEIRA, 2001; RAMIRES, 2007; OLIVEIRA & HANAI, 2005) e algumas publicações técnicas no acervo digital do Instituto Brasileiro de Telas Soldadas (IBTS).

Internacionalmente, se constatou uma limitada abordagem sobre especificação, critérios para escolha, metodologias de ensaio e aplicação de telas metálicas no reforço de revestimentos de argamassa. Ressaltando-se a norma britânica BS 5385.2 (2006) e a norma australiana AS 3958.1 (2007) que apresentam parâmetros de desempenho e requisitos de projeto para revestimentos cerâmicos externos e especificam a utilização de tela metálica com função de

reforço. De outra forma, verificou-se a recomendação da tela para reforço de revestimentos, nem sempre metálica, para reparo de fissuras ou na composição do sistema conhecido por “Revestimentos compósitos de isolamento térmico pelo exterior – ETICS”, difundido na Europa e mais intensamente difundido em Portugal, e estudado pelo Grupo de Estudos da Patologia da Construção – PATORREB, coordenado pelo Laboratório de Física das Construções da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP e com participação de mais sete Universidades portuguesas: IST, UNL, FCTUC, UM, UBI, UA e UTAD.

A ETAG004 apresenta a utilização de telas metálicas galvanizadas ou metal expandido (deployeé) aplicadas no reforço de ETICS, e enfatiza a utilização de tela de fibra de vidro, incluindo ensaios de caracterização como: massa por m², incorporação de ar, resistência à tração inicial, resistência aos álcalis (para telas de fibra de vidro) e corrosão (para telas metálicas). A ISO (*Internacional Standardization Organization*), por sua vez, não apresenta ensaios específicos para sistemas de revestimento com argamassa armada na função de revestimento de argamassa. Na ISO 1460 (1992) e na ISO 1461 (1999), são abordados os materiais metálicos em si, com a apresentação de especificações tratamento de superfície para melhorar a resistência à corrosão e métodos de ensaio para avaliá-los quanto ao aspecto da galvanização.

Verificam-se ainda normas voltadas ao uso de telas soldadas para aplicação no reforço de alvenarias, tanto na normalização da DIN (*Deutsches Institut for Normung*) quanto nas normas CEN (*The European Committee for Standardization*). Nelas, de forma genérica há referência aos acessórios e dispositivos destinados ao reforço de juntas de alvenarias, bem como métodos de ensaios para à avaliação de seus desempenhos.

Por último, e modo mais usual, identificou-se a indicação do uso da tela metálica para a produção de argamassa armada com fins estruturais, cuja aplicação é prescrita, por exemplo, na norma americana ACI 549.1R-88.

1.3 QUESTÕES DE PESQUISA E OBJETIVOS

1.3.1 Questões de pesquisa

Depois de revisar a literatura e baseada nas principais lacunas do conhecimento apresentadas no item anterior e inerentes ao tema, ocorreu a seguinte questão:

Giselle Reis Antunes (engcivil.giselle@gmail.com), Tese, Porto Alegre, PPGEC/UFRGS, 2016.

“Embora o uso da tela metálica para reforço de revestimentos de argamassa seja amparado por normas, esta aplicação é de fato eficiente? Como comprovar o desempenho deste elemento na interação com a argamassa?”

Analisando-se o processo de investigação na tentativa de responder a principal questão de pesquisa, surgiram novos questionamentos secundários:

- quais os tipos de tela e procedimentos executivos mais frequentes adotados em revestimentos de fachada?
- quais as principais solicitações impostas sobre a base de alvenaria e/ou estrutura refletidas no revestimento?
- como avaliar a interação entre os materiais empregados num sistema de revestimento de argamassa reforçado com tela metálica?
- que método de ensaio utilizar para avaliação de desempenho do sistema de revestimento reforçado com tela, quando tiver sobreespessura e quando usado como ponte de transmissão sobre a base de alvenaria e/ou estrutura?

1.3.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo principal contribuir para a avaliação de desempenho através da proposição de métodos de ensaio que permitam verificar a eficiência do uso da tela metálica para reforço do sistema de revestimento, quando em casos de sobreespessura (argamassa armada) e/ou quando na função de ponte transmissão (assente sobre base na interface alvenaria/estrutura).

Com o entendimento da proposta global do trabalho, de forma a contribuir para a sua efetivação, foram estabelecidos os objetivos específicos da pesquisa, conforme disposto a seguir:

- avaliar a influência do tipo de argamassa na interação com diferentes tipos de tela metálica;
- avaliar a influência da posição da tela em relação à espessura do emboço, no aumento da capacidade resistente do revestimento;
- avaliar a influência de telas metálicas com diâmetro de fios e malhas distintas entre si na minimização do aparecimento de fissuras.

1.4 ESTRUTURAÇÃO DA TESE

Para se atingir os objetivos propostos esta tese está estruturada em seis capítulos, além das referências bibliográficas. Sendo este primeiro, a introdução, com caráter geral de apresentação do tema, contextualização geral da pesquisa, pertinência do objeto de estudo e exposição dos objetivos.

No capítulo 2 fundamenta-se teoricamente o sistema de revestimento de argamassa (SRA) e seus materiais constituintes (componentes). Procura-se obter um conhecimento geral do desempenho do SRA e os fatores que o influenciam, além das principais manifestações patológicas e seus mecanismos de formação. É abordado o uso da tela metálica, com a identificação dos principais tipos, formas de uso para cada função: argamassa armada, ponte de transmissão e medida de recuperação, bem como é debatido o contexto de aplicação das telas no contexto de obra.

O programa experimental é abordado no capítulo 3, no qual são apresentadas as variáveis de estudo, ensaios realizados, e ainda o delineamento da pesquisa, e proposta de metodologia criada para a avaliação do desempenho da tela metálica para reforço de revestimentos de argamassa, incluindo-se ensaios complementares para caracterização dos materiais que compõem o sistema avaliado.

O capítulo 4 compreende os principais resultados obtidos e suas respectivas análises e discussões.

Finalmente, no último capítulo são tecidas as conclusões relacionadas aos objetivos da tese, constam as considerações finais e algumas sugestões de tema para pesquisas futuras nesta área do conhecimento.

2 SISTEMAS DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA (SRA)

Para que se entenda o comportamento dos sistemas de revestimentos de argamassa frente à atuação de diferentes ações solicitantes, neste capítulo serão investigadas a tração e a flexão. No entanto, antes de abordar as solicitações em um sistema de revestimento de argamassa (SRA) é importante conhecê-lo.

O sistema de revestimento pode ser entendido como um conjunto de subsistemas, cujas funções vão desde a proteção à alvenaria, regularização das superfícies, estanqueidade, até funções de natureza estéticas, uma vez que se constitui do elemento de acabamento final das vedações. De acordo com Silva (2006), as funções básicas do revestimento são: a regularização superficial dos fechamentos da base, proteção das alvenarias e estrutura de concreto com vistas à durabilidade, bem como contribuir no desempenho geral dos fechamentos da edificação, podendo variar de caso a caso. Normalmente, os sistemas de revestimento atuam em suas funções e propriedades em conjunto com o substrato. As funções atribuídas à utilização do sistema de revestimento variam enormemente de edifício para edifício, ou seja, dependem em grande parte da sua concepção, suas fachadas e paredes e, obviamente, do sistema de revestimento selecionado.

Considerando que o SRA aplicado em fachadas é a região para a qual se volta nesta pesquisa, é essencial o conhecimento de conceitos básicos a ele relacionados. Revestimento externo é definido pela NBR 13755 (ABNT, 1996) como sendo o conjunto de camadas superpostas e intimamente ligadas, constituído pela estrutura-suporte, alvenarias, camadas sucessivas de argamassas e revestimento final, cuja função é proteger a edificação da ação da chuva, umidade, agentes atmosféricos, desgaste mecânico oriundo da ação conjunta do vento e partículas sólidas, bem como dar acabamento estético.

Neste sentido, a compatibilidade mecânica, geométrica e química entre o revestimento e a base é fundamental. A compatibilidade mecânica está relacionada, mais fortemente, com o módulo de elasticidade e a resistência à tração do substrato e do revestimento. Enquanto a compatibilidade geométrica se traduz na necessidade do suporte apresentar planeza e regularidade superficial adequada à espessura e técnica de aplicação do revestimento.

2.1 CARACTERIZAÇÃO E COMPOSIÇÃO DO SRA

Os sistemas de revestimento à base de argamassa (SRA) têm se modificado continuamente e de maneira representativa nas últimas décadas. Modificações estas decorrentes do uso de novos materiais básicos (novos cimentos, agregados artificiais, por exemplo), novos materiais finais, como o caso das argamassas industrializadas, e novos processos executivos, como por exemplo, as argamassas de revestimento projetadas mecanicamente (BAUER, 2005). Nos dias

de hoje, pode-se citar ainda o uso de argamassas produzidas em central também conhecida como estabilizadas.

As bases do revestimento podem ser alvenarias de vários tipos (blocos de concreto, blocos cerâmicos, tijolos maciços, blocos sílico-calcário ou concreto celular autoclavado), outros tipos de painéis de vedação (*Dry Wall* ou cimentícios), ou também elementos estruturais (vigas, lajes e pilares de concreto armado). Sabendo-se que a base tem uma importância fundamental no desempenho do revestimento como um todo, já que se trata de seu suporte, cada um destes materiais tem características distintas que devem ser avaliadas (CAMPANTE; BAÍA, 2003).

Em se tratando das camadas constituintes, o revestimento de argamassa pode ter uma só camada, conhecida por massa única, ou duas camadas, denominadas emboço e reboco. Nos revestimentos constituídos por duas camadas, cada uma delas cumpre funções específicas, sendo o emboço uma camada de regularização da base e o reboco um acabamento. Já nos revestimentos constituídos por uma única camada, esta cumpre as duas funções de regularização da base e acabamento (BAÍA; SABBATINI, 2002). Esses dois tipos de revestimento podem ser aplicados sobre uma camada de preparo da base, denominada chapisco, e podem receber sobre a sua superfície uma camada de acabamento decorativo.

Em sistemas de revestimento, podem ser previstos, ainda, alguns detalhes construtivos, que são elementos constituintes da edificação previstos em projetos, em diversos tipos, com destaque para as juntas de trabalho, peitoris, quinas, cantos e o reforço com tela metálica.

2.1.1 Base

Base é o componente de sustentação dos revestimentos, habitualmente formada por elementos de alvenaria e estrutura. As maiorias das edificações nacionais se constituem de alvenaria em blocos cerâmicos ou blocos de concreto, ligados por argamassa de assentamento, o que resulta numa estrutura heterogênea e descontínua. Tanto a argamassa quanto o bloco são materiais frágeis, com resistência à compressão elevada e resistência à tração reduzida.

Apesar de não fazer parte do sistema de revestimento, as características da base interferem diretamente no seu comportamento em uso. Desta forma a escolha dos materiais constituintes da alvenaria é de fundamental importância para que se conheçam características mecânicas, de absorção, desempenho térmico, entre outros, observar a tabela 1.

Tabela 1: propriedades e requisitos de desempenho das vedações verticais (Franco, 1998)

Propriedades	Requisitos de desempenho
Resistência Mecânica	Segurança estrutural
Deformabilidade	Estabilidade
Estabilidade dimensional	Estética
Propriedades Térmicas	Isolamento térmico
Resistência à transmissão sonora	Isolamento acústico
Resistência ao fogo	Segurança ao fogo
Resistência à penetração de água	Estanqueidade
Resistência a agentes agressivos	Durabilidade
Custos adequados de manutenção e produção	Economia

Para a pesquisa atual foram adotados como componentes de alvenaria de vedação cerâmicos com unidade básica modular. Dentre os diversos tipos existentes, a unidade de alvenaria estrutural cerâmica foi escolhida por ser essa uma tecnologia construtiva tradicional, uma prática não apenas de habitações de interesse social como das mais variadas tipologias de construção e por sua importância na efetiva racionalização construtiva com normas técnicas sólidas e razoavelmente vastas. A alvenaria estrutural deve ser entendida como uma estrutura em alvenaria dimensionada por cálculo racional (SABBATINI, 1984). Cujas principais características são a utilização das paredes da habitação para resistirem às cargas, em substituição a pilares e vigas utilizados nos sistemas em concreto armado, aço ou madeira (ROMAN *et al.*, 1999). Dessa forma, as paredes feitas com este tipo de bloco têm concomitantemente a função estrutural e o papel de vedação.

2.1.2 Revestimento de argamassa

Segundo (ABCP, 2002), entende-se por revestimento de argamassa como a proteção de uma superfície porosa com uma ou mais camadas superpostas, espessura normalmente uniforme, resultando em uma superfície apta a receber de maneira adequada uma decoração final.

Conforme a NBR 13529 (ABNT, 1995), as argamassas utilizadas para revestimento são à base de cal, cimento ou mistas de cal e cimento, contendo ou não aditivos ou adições. Dependendo das proporções entre os constituintes da mistura recebem diferentes nomenclaturas também conforme o emprego.

O chapisco se constitui numa camada de preparação da superfície a qual é aplicada diretamente sobre a base, com finalidade de uniformizar a superfície quanto à absorção e melhorar a aderência da camada seguinte.

O emboço é a camada de revestimento executada para cobrir e regularizar substrato com ou sem chapisco, com função de definir o plano vertical e dar sustentação à camada seguinte.

Reboco, por sua vez, consiste na camada de revestimento com a finalidade de cobrir o emboço, propiciando uma superfície que permita receber o acabamento decorativo ou que se constitua no acabamento final.

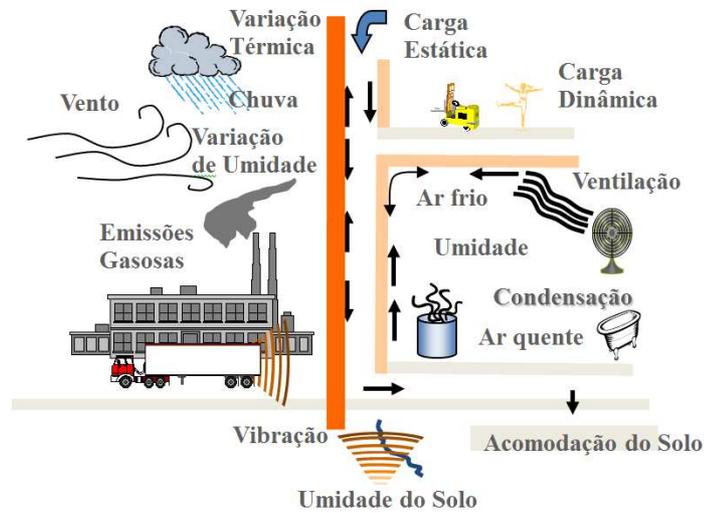
A massa única, praticamente a mais utilizada, é o revestimento executado numa só camada, cumprindo as funções de emboço e reboco.

A carência de critérios de seleção de argamassas em relação às diferentes funções que o revestimento deve cumprir (proteção, impermeabilidade, acabamento decorativo, entre outros), bem como de compatibilização com as solicitações as quais estarão expostos (vento, chuva e agentes poluentes), conduzem a revestimentos com desempenhos insatisfatórios. Também se mostra insuficiente o conhecimento acerca da formulação das argamassas para as diferentes funções desejadas e do emprego de aditivos ou adições que melhorem as suas propriedades (BONIN *et al.*, 1999).

2.2 FATORES QUE INFLUENCIAM O DESEMPENHO DO SRA

Para que se entenda o comportamento dos sistemas de revestimentos de argamassa frente à atuação de diferentes ações solicitantes, busca-se neste item investigar as principais. Sabe-se que a condição de carregamento usualmente se dá pela ação combinada de esforços intrínsecos às características físicas e mecânicas dos materiais constituintes do revestimento, vedação, estrutura e fatores externos, cuja manifestação pode ser através de movimentos reversíveis ou irreversíveis (figura 2).

Figura 2: solicitações impostas ao revestimento de fachada das edificações (Fonte: ABCP, baseado em Cincotto *et al.*, 1995)



Ribeiro (2006) ressalta que as intempéries destacadas pela variação da temperatura ao longo do dia e eventuais choques térmicos, atuação das chuvas e ventos, têm associados a elas movimentos térmicos e higroscópicos reversíveis (cíclicos). Apresenta como principais movimentos irreversíveis, a EPU (Expansão por Umidade) das placas cerâmicas, a retração das camadas de argamassa, movimentos da estrutura de concreto (peso próprio, fluência, retração). Quanto à movimentação das edificações devido a cargas de vento, dependendo do caso pode se configurar como movimento reversível ou irreversível (tabela 2).

Tabela 2: classificação dos movimentos em elementos construtivos quanto à sua natureza e reversibilidade. (RIBEIRO, F. A., 2006)

Natureza do movimento	Movimento	Reversibilidade
Variação da temperatura	Movimento brusco pelo choque térmico	Reversível
	Movimento térmico	
Ação da umidade	Movimento higroscópico	Irreversível
	EPU das placas cerâmicas	
Comportamento intrínseco dos elementos do edifício	Retração das camadas de argamassa de emboço ou da argamassa colante da camada de fixação	Irreversível
	Movimentos da estrutura de concreto devido às cargas permanentes: peso próprio, fluência, retração.	
Ação do vento	Movimento do edifício devido cargas de vento	Irreversível / Reversível (avaliar cada caso especificamente)

Mas sabe-se apoiado por Veiga (1998) que existem outros fatores que influenciam o comportamento à fissuração do revestimento, além dos anteriormente citados e os estritamente ligados às características da argamassa usada. Assim, o modo e as condições de Contribuição para Avaliação de Desempenho de Revestimentos de Argamassa Reforçados com Telas Metálicas

aplicação, as características do suporte e os seus movimentos e deformações e, ainda, a cor e o grau de exposição aos agentes atmosféricos a que está sujeito o revestimento têm, naturalmente, uma grande importância no que diz respeito à ocorrência ou não de fissuração no reboco.

As fissuras em paredes podem se originadas a partir de erro de dimensionamento na fase de projeto, utilização errônea da edificação, movimentação estrutural por variação térmica e de umidade, movimentação estrutural por retração hidráulica e deformidade, fadiga e envelhecimento dos materiais, acidentes imprevistos e má execução da alvenaria (THOMAZ, 1989; BONSHOR E BONSHOR, 1996; SILVA, 1998).

Os elementos e componentes das edificações podem sofrer variações de temperatura de forma sazonal ou diária, que acarretam a variação nas dimensões dos materiais de construção (dilatação ou contração). Havendo movimentos de dilatação e contração restringidos pelos vários vínculos dos elementos e componentes, pode acarretar na formação de fissuras.

2.2.1 Agentes ambientais

Os agentes ambientais ou climáticos são fatores externos de deterioração que atuam sobre a edificação ao longo do tempo. O edifício inserido em um determinado contexto está exposto à ação direta do meio ambiente, e por isso sua degradação está diretamente relacionada com as condições ambientais do entorno da edificação, fatores como a temperatura, umidade relativa, radiação, poluição, ventos, entre outros, são fatores que influenciam na degradação das construções (LIMA; MORELLI, 2005).

Segundo Esquivel (2009), um dos agentes de degradação mecânica mais prejudicial aos materiais de base cimentícia é a temperatura, sobretudo porque sua variação provoca, inevitavelmente, tensões de tração, solicitação para a qual a argamassa possui baixa resistência.

Além do estado de tensões provocado pelo gradual aumento ou diminuição da temperatura, existe ainda uma situação crítica que depende da velocidade (taxa) com que ocorre a variação. Se a temperatura do ambiente a que está exposto o material cimentício variar rapidamente, será produzido um gradiente entre a superfície do corpo e seu interior, o que pode provocar tensões de elevada magnitude, fenômeno denominado de choque térmico.

Nas condições de exposição dos revestimentos externos ao meio ambiente vários autores coincidem em denominar como choque térmico o fenômeno produzido quando a diminuição da temperatura superficial na face externa do revestimento é rápida, como por exemplo, quando se tem o início de uma chuva intensa precedida por um período de forte insolação.

O desgaste ao longo do tempo de uso, para revestimentos de fachadas, reflete a função de anteparo aos agentes agressivos do meio ambiente, na interação dos espaços internos com os externos (Elder e Vandenberg, 1977; Symposium, 1977; Dorfman e Petrucci, 1989).

Para Petrucci (2000), este desgaste, quando procede ininterruptamente, pode conduzir a falhas nos materiais constituintes e até à ruína do próprio edifício. Segundo Atkinson (1977), os projetistas, além de se preocuparem com a verificação de desempenho de uma dada solução de superfície quanto aos requisitos técnicos necessários de habitabilidade, integridade estrutural e durabilidade, se interessam ou deveriam se interessar em prever as mudanças na aparência que possam vir a sofrer seus projetos de fachadas, em entender os efeitos que uma geometria escolhida e arranjo das partes de um edifício terão na sua durabilidade e alteração de aparência.

2.2.2 Fluência

O fenômeno da fluência, que ocorre na prática junto com a retração do concreto, é o principal fator que influencia a deformação ao longo do tempo, sendo de difícil quantificação porque há muitas variáveis que intervêm no processo. A velocidade de fluência aumenta com as tensões e temperaturas elevadas.

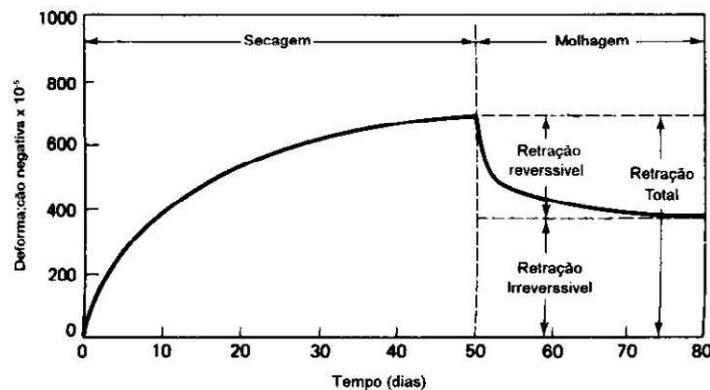
Para a determinação do coeficiente de fluência do concreto, segundo a NBR 6118 (ABNT, 2003) as seguintes variáveis devem ser consideradas: umidade relativa do ar, temperatura do ambiente, idade do concreto na época da introdução do carregamento, espessura média da seção transversal de peça, tipo de cimento usado, trabalhabilidade do concreto empregado e intensidade do carregamento.

Tanto o fenômeno de retração por secagem quanto o de fluência no concreto apresentam um grau de irreversibilidade que possui uma importância prática (METHA E MONTEIRO, 2008; NEVILLE, 1997; BROOKS, 1994). As figuras 11 e 12 mostram que após a primeira secagem, o concreto não retornou à dimensão original após a molhagem. A retração por secagem, portanto, foi classificada como retração irreversível, que é a parte da retração total

reproduzível em ciclos molhagem-secagem. A retração por secagem irreversível provavelmente se deve ao desenvolvimento de ligações químicas dentro da estrutura do silicato de cálcio hidratado como uma consequência da secagem. A melhoria na estabilidade dimensional do concreto como resultado da primeira secagem tem sido usada como vantagem na manufatura de produtos de concreto pré-moldados (KATAOKA, 2005).

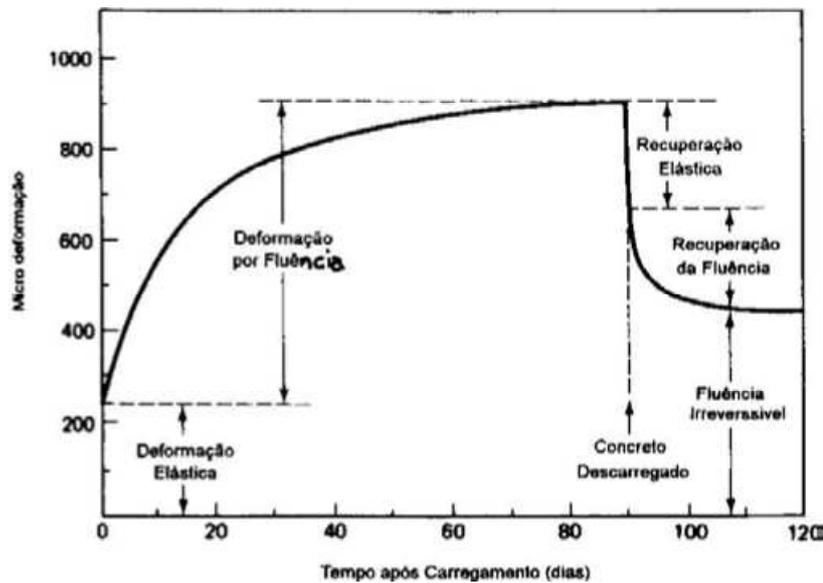
A curva de fluência para o concreto sujeito a uma compressão uniaxial constante durante 90 dias e, após, descarregado está na figura 3. Quando a amostra é descarregada, a recuperação instantânea ou elástica é aproximadamente da mesma ordem da deformação elástica quando da primeira aplicação da carga. A recuperação instantânea é seguida por uma redução gradual da deformação chamada recuperação da fluência. Embora a recuperação da fluência ocorra mais rapidamente do que a fluência, a reversão da deformação por fluência não é total.

Figura 3: reversibilidade da retração por secagem (de S. Mindess and J. F. Young, Concrete, 1981, pp. 486,501. Reeditado por Kataoka, 2005)



Analogamente à retração por secagem (figura 4), este fenômeno é definido pelos termos correspondentes, fluência reversível e irreversível. Uma parte da fluência reversível pode ser atribuída à deformação elástica retardada do agregado, que é totalmente recuperável (KATAOKA, 2005).

Figura 4: reversibilidade da fluência (de S. Mindess and J. F. Young, Concrete, 1981, pp. 486,501. Reeditado por Kataoka, 2005)



Quando não consideradas em projeto a retração por secagem e a fluência, ambos podem ser tornar fatores de redução da vida útil do material, pois através das deformações excessivas a utilização do material pode ser prejudicada ou seu uso inviabilizado.

2.2.3 Interação alvenaria-estrutura

A alvenaria, como parte integrante dos edifícios construídos, sofre interferência e interfere nas demais partes do edifício, com destaque para as interações existentes com a estrutura de concreto e seus elementos, os revestimentos, as esquadrias e as instalações.

A resistência mecânica das paredes de alvenaria depende, basicamente, das características individuais de seus componentes (blocos e argamassa de assentamento) da resistência de aderência do conjunto, das características geométricas da parede e do tipo de vínculo com a estrutura de concreto. As solicitações a que as paredes de alvenaria estarão sujeitas referem-se aos esforços de compressão que serão atendidos pela resistência à compressão dos blocos, esforços de tração, flexão, flambagem e cisalhamento exigirão a resistência de aderência entre os blocos e a argamassa de assentamento.

A deformabilidade é entendida como “a capacidade que a parede de alvenaria possui de manter-se íntegra ao longo do tempo, distribuindo as deformações internas ou externas impostas em microfissuras não prejudiciais ao seu desempenho” (BARROS, *et al*, 2001).

A inadequação da sequência e velocidade de execução e ausência de um projeto que considere adequadamente as condições de deformação da estrutura de concreto e a capacidade de acomodar deformações da alvenaria é responsável por vários problemas nas edificações, desde pequenas fissuras, à ruptura da alvenaria e até mesmo o colapso total da parede (SILVA, 2003). Além deste aspecto, a tecnologia das estruturas de concreto armado trouxe profundas alterações no comportamento das alvenarias, que deixaram de um lado sua função principal de estruturar as edificações e passaram a ser adotadas como elementos de vedação.

Sabbatini (1998) constatou que até alguns anos anteriores a sua pesquisa as manifestações patológicas na alvenaria de edifícios multipavimentos se restringiam às fissuras que praticamente passavam despercebidas. No entanto, elas se acentuaram e se transformaram em esmagamento e ruptura da alvenaria e, em alguns casos de maior gravidade, em colapso total da parede, provocando pânico entre usuários e prejuízos incomensuráveis às construtoras e empreendedores. As solicitações decorrentes das deformações impostas aumentaram demais e, por outro lado, a capacidade da alvenaria cerâmica de vedação absorver estas deformações e resistir às solicitações diminuiu pelo decréscimo na resistência compressão e maior rigidez. Mesmo esta observação tendo sido realizada há 26 anos atrás, tem validade hoje em dia, especialmente porque a construção de edifícios altos ainda se mantém com grande intensidade e os prazos de execução dos mesmos está cada vez mais curto, implicam em ciclos de execução mais intensos os quais provocam maiores deformações, e a técnica se perde neste contexto.

Com a necessidade de aumento na produtividade e velocidade de execução das obras; de maior número de vagas de garagem e o aumento dos vãos obrigaram os edifícios a adotarem novas alternativas como balanços e grandes alturas, e com isso a redução da rigidez. Desta forma, rupturas e infiltrações começaram a ser significativas, trazendo altos custos e, principalmente, o descrédito para as construtoras que não conseguem mais edificar sem o processo de fissuração, desde numa pequena residência até num edifício de múltiplos andares.

Entre as principais inadequações que ocorrem na interação alvenaria/estrutura destacam-se (VIEIRA, 2011; SALVADOR, 2007; MEDEIROS e FRANCO, 1996):

- Com relação à concepção projetual: ausência de um projeto que considere corretamente a interação entre subsistemas na definição de materiais, detalhes de projeto e técnicas executivas.

- Com relação à sequência de execução: remoção ou movimentação prematura do escoramento fixo em peças de concreto, falta de cuidados na cura, antecipação da execução da alvenaria e consequente carregamento de lajes e vigas antes das idades previstas em projeto, para liberação de frentes de serviço, adoção de menores prazos para fixação superior das paredes.
- Com relação às técnicas construtivas das paredes: fixação superior rígida contribuindo para a introdução de tensões iniciais decorrentes dos primeiros carregamentos, ligação lateral com os pilares ineficiente, emprego de argamassa de assentamento de rigidez elevada, bloco de resistência mecânica insuficiente, juntas horizontais de assentamento de pequena espessura, insuficiência de vergas e contravergas e ausência ou insuficiência de juntas de controle.

Com a incidência crescente destes problemas mecânicos incidentes principalmente na ligação das alvenarias com a estrutura, alguns estudos (figura 5) têm sido desenvolvidos no sentido de minimizá-las (MONDO; MASUERO, 2010; JODAS, 2006; TRAMONTIN, 2005; MEDEIROS, J.S.; FRANCO, 1999).

Figura 5: ensaio de arrancamento à tração da tela (JODAS, 2006)



A melhoria da ligação e ancoragem da alvenaria com estrutura (pilar) tem sido promovida por muito tempo pelo uso de ferros de espera (ferro-cabelo) e, com mais frequência nos dias atuais pelo uso de tela metálica eletrossoldada. Neste aspecto, o sucesso da fixação lateral depende muito da eficiência das técnicas de ligação entre os dois subsistemas.

Oliveira (2001) utilizou o ensaio à compressão de paredes de alvenaria estrutural, previsto na NBR 8949 (ABNT,1985), para avaliar o uso de argamassa armada como técnica de reforço

em paredes de alvenaria, objetivando estudar o comportamento conjunto tipo sanduíche dos materiais (considerando a alvenaria como núcleo), onde avaliou paredes com e sem revestimento (figura 6).

Figura 6: (a) vista do ensaio e (b) colocação das telas (Oliveira, 2001)



No seu ensaio adotou corpos de prova com as dimensões mínimas recomendadas por norma, com dimensões de (1,20 x 2,60) m, e aplicou a carga por meio de quatro macacos hidráulicos uniformemente espaçados com capacidade individual de 250 kN.

Para avaliar a resistência à compressão do sistema de revestimento reforçado com tela metálica a pesquisadora Oliveira (2001) concluiu que o uso do revestimento de telas soldadas torna a parede mais rígida não só pela diminuição da esbeltez e pelo acréscimo de área (placas do revestimento), mas também porque inibe a fissuração na face maior da parede, melhorando sua rigidez. Como a parte mais frágil da parede se encontra nos septos dos blocos, sua ruptura tende a separar a parede em duas partes, o que vem a gerar uma instabilidade geral do modelo, o núcleo (parede) rompe mesmo que o revestimento ainda não tenha esgotado a sua capacidade resistente. Sendo assim, mesmo que fosse usado um tipo de tela com taxa de armadura maior que a usada na pesquisa, os resultados provavelmente não seriam diferentes, uma vez que existe apenas um efeito parcial de confinamento. É possível que as telas de aço tenham colaborado no retardamento de mecanismos de fratura que provocariam instabilidade das partes (núcleo e revestimento) da parede, trabalhando como uma armadura de fretagem.

2.3 DESEMPENHO DO SRA

No Brasil, a necessidade de atender a um mercado da construção civil crescente e usuários cada vez mais exigentes, tem despertado o interesse para a criação de meios que garantam qualidade, conforto, manutenção e durabilidade das edificações ao longo de sua vida útil.

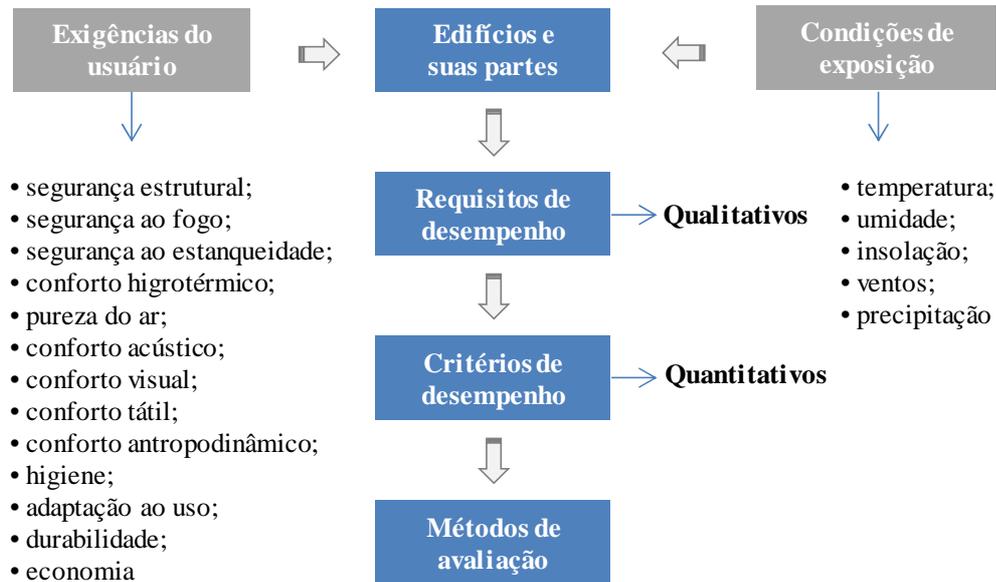
Nesse sentido, em maio de 2008, foi publicada a norma brasileira de desempenho, a NBR 15575, que em 2013 entrou oficialmente em vigor sob o nome de “Edificações Habitacionais – Desempenho” e dividida em 6 partes. Esta norma apresenta um conjunto de requisitos e critérios estabelecidos para uma edificação habitacional e seus sistemas, com base em requisitos do usuário, independentemente da sua forma ou dos materiais constituintes. A NBR 15575-1 (ABNT, 2008) define o desempenho como o “comportamento em uso de um edifício habitacional e dos sistemas que o compõe”.

Entre os principais objetivos da norma de desempenho estão:

- estabelecimento de requisitos ou patamares mínimos abaixo dos quais as edificações não asseguram condições adequadas de uso;
- estabelecimento de parâmetros no mercado de forma a reduzir a não conformidade;
- definir responsabilidades mais claras, determinando quem projeta, especifica, fabrica, fornece, executa, opera e mantém;
- além de possibilitar alcançar patamares mais diferenciados de desempenho como diferencial de produto.

A metodologia de avaliação de desempenho (figura 2), de maneira resumida tem algumas necessidades iniciais, como identificação das exigências dos usuários a serem satisfeitas e das condições de exposição a que estão submetidos os edifícios, seus elementos e componentes. A partir deste ponto definem-se requisitos e critérios a serem atendidos pelo edifício e suas partes, expressos de forma qualitativa e quantitativa, respectivamente. Por fim, são definidos os métodos de avaliação a serem adotados em cada caso específico.

Figura 7: metodologia de avaliação de desempenho (adaptada: CIBW60, 1982)



O desempenho do edifício resulta da contribuição de cada um dos materiais e elementos que o constituem, de forma individual, mas também dependem do efeito gerado quando todas as partes integrantes são solicitadas em conjunto. Em se tratando dos sistemas de revestimento de argamassa, todas as camadas estão intimamente ligadas, existindo maior ou menor grau de ligação (aderência) em função dos cuidados dispensados pela mão de obra na preparação de cada camada e na preparação de suas superfícies para receberem as camadas seguintes. Estando as camadas ligadas, a deformação de qualquer uma delas, devido a causas endógenas ou esforços externos, resultará em tensões atuando sobre cada camada. As tensões originadas sempre existem, são extremamente variáveis e podem se compensar ou, então somar (FIORITO, 2009).

Entre os principais esforços originados destacam-se compressão (figura 8), que exige resistência principalmente da alvenaria de vedação, e esforços de tração (figura 9), flexão (figura 10), flambagem e cisalhamento (figura 11) que requerem resistência de aderência tanto entre os blocos e a argamassa de assentamento, como entre o substrato (alvenaria ou estrutura) e o sistema de revestimento.

Figura 8: representação esquemática dos esforços de compressão

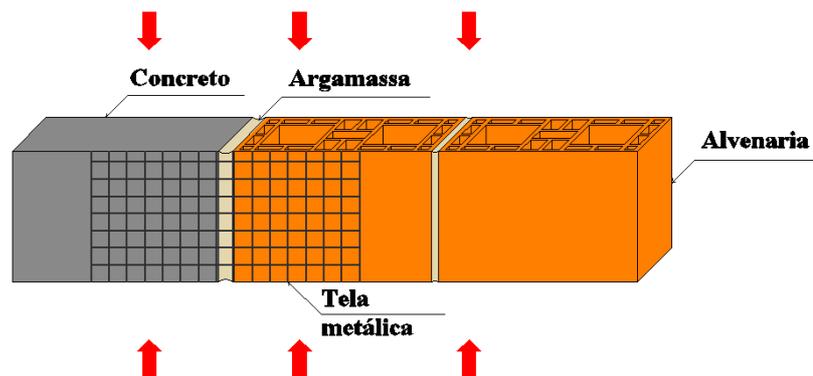


Figura 9: representação esquemática dos esforços de tração

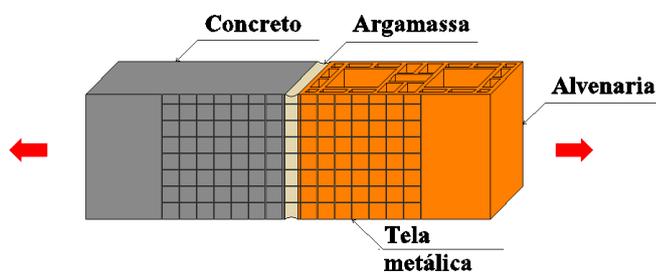


Figura 10: representação esquemática dos esforços de flexão

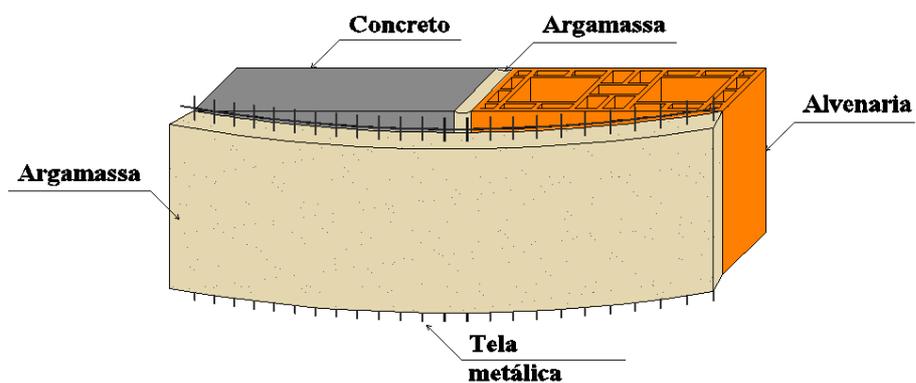
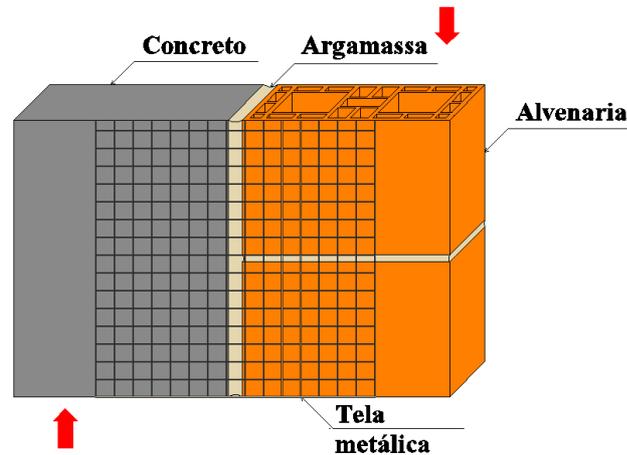


Figura 11: representação esquemática dos esforços de cisalhamento



No caso do sistema de revestimento externo, a capacidade de absorver deformações é uma característica imprescindível para todas as camadas que o compõem, uma vez que a edificação diariamente está sujeita às mais diferentes solicitações (de origem térmica, hidráulica, entre outras) que geram, por sua vez, movimentações diferenciais entre os componentes (CHAGAS, 2010).

Por outro lado, sabe-se que a argamassa de emboço tem como constituinte principal o cimento que é um material que apresenta elevada rigidez. Assim, o acréscimo na quantidade de cimento para incrementar a resistência mecânica da argamassa pode não proporcionar um desempenho satisfatório quanto à deformabilidade. Neste sentido, também vale destacar a influência da espessura do emboço na capacidade de absorver deformações do revestimento, tornando-se de essencial importância o controle executivo desta etapa para não comprometer o desempenho do SRA.

Para Maciel *et al.* (1998), a capacidade de absorver deformações depende:

- a) do módulo de deformação da argamassa: a capacidade de absorver deformações aumenta quanto menor for o módulo de deformação, pois há menor teor de cimento;
- b) da espessura das camadas: quanto maior a espessura, melhor a absorção de deformações, porém, espessuras excessivas podem comprometer a aderência;
- c) das juntas de trabalho do revestimento: um revestimento sem fissuras prejudiciais pode ser obtido através do emprego de juntas que delimitam os panos em dimensões menores, compatíveis com as deformações;

- d) da técnica de execução: a realização de compressão após a aplicação da argamassa e durante o acabamento superficial, desde que inicia no momento correto, ajuda a evitar o aparecimento de fissuras.

Para Carasek (2007), o revestimento deve apresentar capacidade de absorver pequenas deformações, se deformando sem ruptura ou por meio de microfissuras, de modo a não comprometer sua aderência, estanqueidade e durabilidade.

A mesma autora defende que a aderência da interface argamassa-substrato se constitui numa característica de extrema importância, inerente ao conjunto de materiais e não unicamente da argamassa, e deriva, portanto, da conjunção de três propriedades (CARASEK, 1996):

- a resistência de aderência à tração;
- a resistência de aderência ao cisalhamento;
- a extensão de aderência (área de contato efetivo / área total possível de ser unida).

Os revestimentos externos das edificações devem resistir às solicitações tanto do meio interno quanto do meio externo. Entre as principais exigências funcionais de desempenho requeridas para revestimentos de fachada, correlacionadas às condições de execução, exposição da superfície externa e à ação dos usuários (CINCOTTO, 1988; LUCAS, 2008; SÁ, 2005), destacam-se:

- estabilidade mecânica perante as ações mecânicas decorrentes do carregamento normal (choque, atrito, cargas, entre outros) e de ocorrência acidental;
- comportamento estável face aos movimentos da construção;
- apresentar segurança em caso de incêndio, sismo ou outras solicitações excepcionais;
- apresentar compatibilidade geométrica, mecânica e química com o suporte;
- estanqueidade à água (proteção contra a chuva e água do interior da edificação)
- contribuir para as exigências termo-higrotérmicas e acústicas do usuário;
- contribuir para a estética da edificação;
- apresentar regularidade superficial (planeza, verticalidade, retidão dos cantos e arestas, homogeneidade de cor e de brilho)
- contribuir para higiene, contra a fixação de poeiras ou de micro-organismos;
- apresentar facilidade de limpeza
- resistência aos agentes climáticos (chuva, vento, insolação, choque térmico);
- resistência aos produtos químicos;

- facilidade de execução;
- facilidade de manutenção;
- durabilidade intrínseca dos materiais constituintes;
- atender exigências de economia.

2.3.1 Manifestações patológicas em SRA

Manifestações patológicas em SRA são, segundo Campante (1996), situações nas quais o sistema de revestimento deixa de apresentar o desempenho esperado, em determinado momento da sua vida útil, ou seja, não cumpre suas funções, deixando de atender às necessidades dos usuários. Uma manifestação patológica acontece com a queda de desempenho precocemente, diante de erros no planejamento, especificação, execução e/ou mesmo em uso, que podem ou não ser cumulativos.

É notória a incidência cada vez mais frequente de manifestações patológicas sobre revestimentos de fachada. Entre as principais manifestações patológicas que acometem o SRA valem destacar neste trabalho as fissuras, os descolamentos e deslocamentos, considerados defeitos de estabilidade. A ocorrência de fissuras no revestimento externo são uma das principais causas de descolamentos e a conseqüente queda de parte do reboco. A queda de revestimento em edifícios de multipavimentos é preocupante, e infelizmente, pode facilmente ser constatada nas manchetes de jornal noticiadas quase que diariamente.

Fissuras são aberturas lineares que aparecem na superfície do componente, proveniente da ruptura parcial de sua massa, ou seja, a ruptura que não divide o seu corpo por completo. São caracterizadas por apresentarem aberturas inferiores a 1 mm (BARROS E SABBATINI, 2001; BONSHOR E BONSHOR, 1996). Barros e Sabbatini (2001) definem que trinca, por sua vez, pode ser entendida com a ruptura no corpo da peça, sob a ação de esforços, provocando a separação de suas partes e, manifestada através de linhas estreitas que configuram o grau de sua abertura, sendo que, em geral, apresenta-se com dimensões superiores a 1 mm .

O aparecimento de fissuras merece uma atenção especial pelo fato delas atingirem o usuário sob o ponto de vista da satisfação psicológica, pela sensação de insegurança e degradação do aspecto visual; do conforto e da salubridade (figura 12).

Figura 12: detalhe de fissuração (Fonte: própria autora)



As fissuras desenvolvidas em argamassas de revestimento, sem fissuração na base, de acordo com Thomaz (1989), são causadas por solicitações térmicas e, sobretudo, por tensões de retração da argamassa elevadas. Em havendo restrições às solicitações decorrentes da resistência à tração e do módulo de deformação da argamassa, as chances para surgimento de fissuras são ainda maiores.

A espessura dos revestimentos sendo excessiva (figura 13) intensifica a movimentação higroscópica nas primeiras idades, podendo ocasionar fissuras de retração, que podem comprometer a capacidade de aderência e a permeabilidade do revestimento, e por consequência sua durabilidade, de acordo com Sabbatini (1990).

Para Bauer (1995) a abertura de fissuras em revestimentos de argamassa é proporcional à espessura da camada do revestimento. Argamassas aplicadas com espessura superior à recomendada pela NBR 7200 (ABNT, 1998) criarão esforços que podem comprometer a aderência do revestimento, desta forma o revestimento deve ser o menos espesso possível, e caso as irregularidades da superfície ou a impermeabilidade exija determinada espessura, se faz necessário aplicar o revestimento em camadas. No caso de revestimentos com múltiplas camadas, o módulo de deformação da argamassa de cada camada deverá ir diminuindo gradativamente de dentro para fora.

Figura 13: revestimento com espessura excessiva após queda (Fonte: própria autora)



As fissuras que aparecem no revestimento de argamassa também podem ocorrer em função da amplitude de deformação da base, no caso da alvenaria de vedação (SABBATINI, 1998; JOISEL, 1981). Logeais (1989) e Sabbatini (1998) já afirmavam que não é função do revestimento absorver as deformações de grande amplitude da base, e o primeiro, atribuía à ocorrência de fissuração do revestimento na maioria dos casos, a própria fissuração da alvenaria. Hoje em dia, segundo Vieira (2011) o processo de racionalização e industrialização na construção trouxe profundas alterações na forma de construir edificações no Brasil. Houve uma evolução da resistência do concreto, as estruturas e tipologias são mais arrojadas e as alvenarias mais precisas. No entanto, muitas construtoras em busca de velocidade na construção de seus empreendimentos, desrespeitam o prazo mínimo de cura do concreto, submetem a estrutura a carregamentos prematuros através da retirada precoce do escoramento, não observam a compatibilização entre as estruturas de concreto e as alvenarias de vedação. Por conta disso, têm surgido novos fenômenos, antes não observados nas construções e ainda pouco conhecidos pelos profissionais.

A ausência de juntas é outro fator que pode colaborar para a ocorrência de fissuras. Na falta de juntas geram-se esforços extremamente elevados, principalmente nos extensos panos contínuos de fachada, impossíveis de serem absorvidos pelos elementos rígidos do revestimento, cuja aderência na base é baixa e incompatível com o esforço.

O descolamento é um problema causado pelo incremento da deficiência na aderência das ligações entre as camadas que constituem o sistema de revestimento. O mesmo ocorre ao longo do tempo e não está associado necessariamente à queda imediata do revestimento ou de placas cerâmicas. Inicia-se com a ruptura na interface entre camadas e com a formação de bolsões que se propagam tornando o sistema de revestimento instável estruturalmente. Este problema (figura 14) se manifesta nas placas cerâmicas (quando percutidas) através de um som cavo (oco), ou ainda nas

áreas em que se observa o afastamento físico da camada de acabamento (placas cerâmicas e rejuntas).

Para Sabbatini *et al.* (2001) são diversas as origens vinculadas ao descolamento: a instabilidade de suporte, dada à acomodação do conjunto da construção, fluência da estrutura de concreto armado, variações higrotérmicas e de temperatura; o grau de solitação do revestimento; as características das juntas de assentamento e de movimentação; a ausência de detalhes construtivos (contravergas, juntas de canto de parede, entre outros) e de especificação dos serviços de execução; a imperícia ou negligência da mão de obra; a utilização do adesivo com prazo de validade vencido; a fixação dos componentes cerâmicos após o vencimento do tempo em aberto da argamassa colante e a presença de pulverulência ou de materiais deletérios nas superfícies de contato (base-regularização - componente cerâmico), fatores que nem sempre são observados quando da execução do revestimento. Nas situações em que este revestimento de argamassa serve de suporte ao revestimento cerâmico, havendo a queda de placas cerâmicas, levando ou não consigo argamassa de assentamento ou mesmo parte do emboço, ocorre o que é denominado deslocamento. É uma falha que se dá posterior ao descolamento pelas mesmas razões. A figura 9 ilustra um caso de deslocamento do revestimento assente sobre a interface estrutura-alvenaria.

Figura 14: deslocamento localizado (LEM- UnB, arquivo fotográfico)



Vale destacar que o relatório do CIB W86 (2013) relata que quase nunca a ocorrência de manifestações patológicas é decorrente dos materiais em si, mas da escolha incorreta deles. Atribui isto à falta de experiência e conhecimento, falhas de especificação e de comunicação entre os fatores intervenientes no projeto e execução de uma edificação. Santos (2013) verificou que 87,5% dos empreendimentos de um total de 8 (oito) pertencentes a 7 (sete) empresas distintas avaliadas em seu levantamento de campo na cidade de Porto Alegre, não possuem projeto específico de revestimento externo.

2.4 O USO DE TELAS METÁLICAS

De acordo com Medeiros e Franco (1999), inicialmente a utilização de telas metálicas na construção civil era limitada à substituição das armaduras usuais em lajes de concreto armado. Provavelmente, por esta razão há muitos projetistas que indicam o uso generalizado da tela metálica nos reforços de revestimento de argamassa. O uso da tela metálica, em detrimento das barras de aço, dispensava o procedimento de montagem das armaduras no local da concretagem, e, por isso, otimizava o processo da construção. Conforme os mesmos autores, a utilização da tela metálica como parte do revestimento era recente, fato que possibilita grande campo de crescimento, porque mesmo sendo empregada nas obras, a tecnologia de aplicação e de caracterização da tela não está consolidada.

Outra forma frequente de utilização da tela metálica é no sentido de melhorar a segurança sísmica das construções, em regiões propensas aos terremotos, conforme IAEE (2004), fato que não se aplica ao Brasil. Mas, segundo Kadam *et al.* (2015), na Índia e em vários outros países dada a baixa resistência à tração das paredes de alvenaria, se utiliza o ferrocimento para fortalecimento e prevenção do colapso das alvenarias. Utiliza-se especialmente o procedimento conhecido como encamisamento, uma técnica de reforço passivo que se destina a intervir ao nível do elemento estrutural e não ao nível global da construção. Caracteriza-se pela aplicação de uma camada de ferrocimento, em um ou ambos os lados da alvenaria, com espessura de aproximadamente 10 cm e reforço da malha de aço fixa à parede através de pregos ou conectores (ROQUE, 2002).

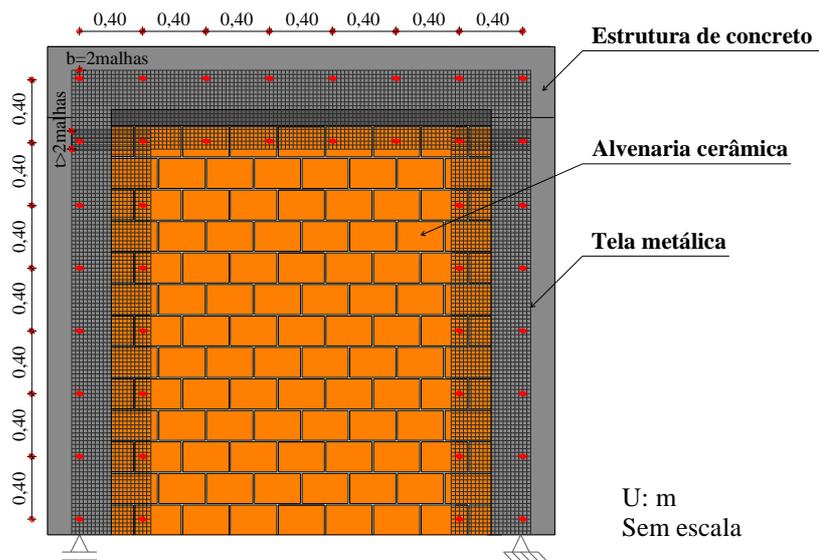
Usualmente as telas também estão entre os principais recursos indicados para reforço de sistemas de revestimento de argamassa e reparos de fissuras. Este uso de tela se justifica diante da necessidade de garantir continuidade do revestimento, permitir a compatibilização de deformações de pequenas amplitudes, distribuir as tensões e garantir mais segurança, resistência e durabilidade às fachadas. Sabe-se que o revestimento é normalmente constituído por argamassa que é um material frágil de natureza heterogênea, com fases sólidas, líquidas e gasosas em equilíbrio; e aplicado sobre bases ora de alvenaria, ora de concreto, o que lhe concede um elevado potencial de microfissuração e geração de tensões diferenciais sobre um mesmo pano de revestimento.

A tela deve ser posicionada internamente à camada de argamassa, especialmente em: regiões sobre estrutura; encontro da alvenaria com a estrutura de concreto; revestimento sobre

superfícies curvas e balanços; região de encunhamento da alvenaria; região de verga e contraverga das esquadrias janelas; alvenaria de platibanda e reforço de revestimento com espessuras superiores ao limite máximo recomendado por norma (BAUER, 2005; NEVES, 2011).

Pesquisadores como Bauer (2005) e Carmona Filho (2005) recomendam também o uso de telas como medidas de reparo, no tratamento de fissuras em alvenaria, sobre locais estratégicos. Sendo que, o primeiro indica ainda nos casos em que há condenação dos sistemas de revestimentos das fachadas estudadas, para restabelecer condições de desempenho satisfatórias. Segundo Maciel *et al.* (1998), o reforço do revestimento de argamassa com tela metálica galvanizada deve ser feito nas regiões de elevadas tensões da interface alvenaria-estrutura (figura 15).

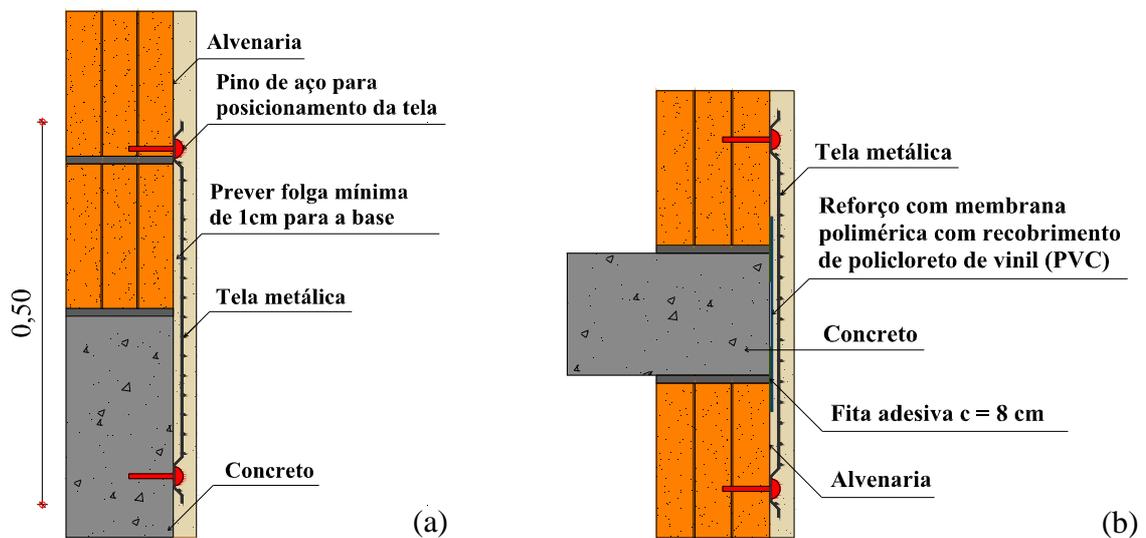
Figura 15: ilustração esquemática de regiões de aplicação de tela metálica



Maciel *et al.* (1998) indicam que esta solução seja adotada no caso dos revestimentos com espessuras superiores ao limite máximo recomendado por norma; no pavimento sobre pilotis, bem como nos dois ou três últimos pavimentos do edifício, em função das características de deformação da estrutura. No caso da última recomendação, esta deve ser vista com ressalva, já que as movimentações estruturais nos dois ou três andares num edifício de 6 (seis) pavimentos, por exemplo, é bem diferente e possivelmente menos severa, se comparada com a mesma localização num edifício de 20 (vinte) andares.

Gripp (2008) considera como relevantes recomendações para elaboração de projetos e execução de sistemas de revestimento cerâmico de fachada, além da paginação das fachadas, definição das juntas de movimentação e das juntas de assentamento, a utilização de telas metálicas no combate à fissuração e para estabilidade do emboço, como mostra a figura 16. Embora sejam recomendações práticas, o autor não realizou em seu trabalho ensaios que comprovem esta efetividade.

Figura 16: detalhe genérico para fixação de tela (a) sem junta tratada e (b) com junta tratada (baseado em Gripp, 2008)



Portanto, conceitualmente existem três formas de reforço do revestimento com tela metálica: como argamassa armada, como ponte de transmissão e como medida de recuperação, melhor detalhadas nos itens adiante.

2.4.1 Interação tela metálica-argamassa

Considerando o uso de telas metálicas em argamassa, similarmente ao que Kobayashi e Cho (1981), Toledo Filho (1997) e Silva (2012) obtiveram com uso de fibras, esperam-se as seguintes contribuições no comportamento do sistema de revestimento de argamassa:

- no estágio pré-fissuração: maior capacidade resistente à tração do composto e boa distribuição das tensões por toda a extensão da tela a partir do momento em que inicia a solicitação da mesma;
- após a fissuração: redistribuição dos esforços em toda a extensão da tela imediatamente após a ruptura da matriz e consequente transferência de carga, até que ocorra nova fissura, e do mesmo modo continuamente, considerando que a sua

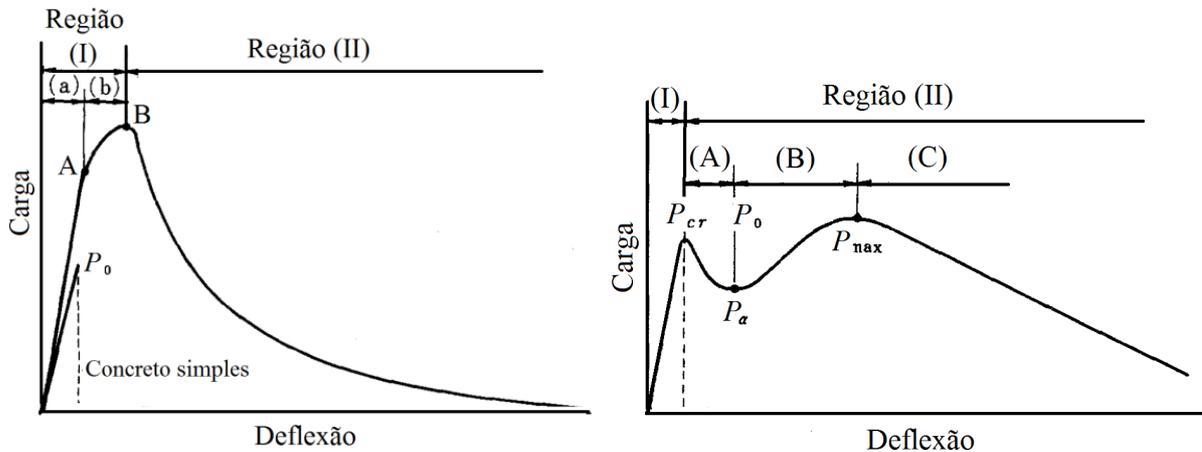
geometria, diâmetro e fixação dos fios favoreçam o “travamento” da tela. E nestas mesmas condições de configuração da tela, o compósito deverá apresentar pequenas aberturas de fissuras, as quais aumentam em quantidade na medida em que cresce a carga atuante sobre ela.

Segundo Kobayashi e Cho (1981), a curva carga – deflexão pode ser dividida em duas partes: região I, que é a zona elástica antes da fissuração, e região II, que é a zona inelástica até a ruptura.

Em seu estudo com inserção de fibras como reforço, na região I, considera-se que apenas a matriz suporta carga. Como o módulo de elasticidade da fibra é baixo, se comparado com o da matriz, as fibras não trabalham para prevenir a fissura. Já na região II, apenas as fibras suportam tensões de tração (como no concreto armado convencional). Essa região pode ser subdividida em três partes:

- a) região onde a carga é transmitida do concreto para as fibras: nesta região (a) as forças elásticas suportadas pela matriz são transmitidas para as fibras após a fissuração. Imediatamente após a fissuração, as fibras que virtualmente não suportavam nenhuma carga e possuem baixo módulo de elasticidade, não podem absorver a carga suportada pela matriz antes da fissuração. Assim, a capacidade de suporte de carga diminui temporariamente. A magnitude da redução ($P_{cr} - P_o$) pode ser afetada, pelo comprimento, volume e arranjo das fibras, velocidade de carga e resistência da matriz.
- b) região onde as fibras suportam todas as forças de tração: na região (b), as fibras suportam todas as forças de tração e a capacidade de carga é recuperada a medida em que a fibra é estirada, com o aumento da deflexão. Uma capacidade de carga máxima, (P_{max}), que excede a carga de fissuração, pode ser alcançada dependendo do comprimento, volume e orientação da fibra.
- c) região onde a capacidade de suporte de carga decresce: na região (c) a argamassa reforçada com fibras perde gradualmente sua capacidade de suporte de carga em razão do arrancamento ou ruptura das fibras e, finalmente, a ruptura do compósito ocorre.

Figura 17: curva esquemática carga-deflexão do concreto reforçado (a) com fibras de aço e (b) com fibras de polipropileno (baseada em Kobayashi & Cho, 1981).



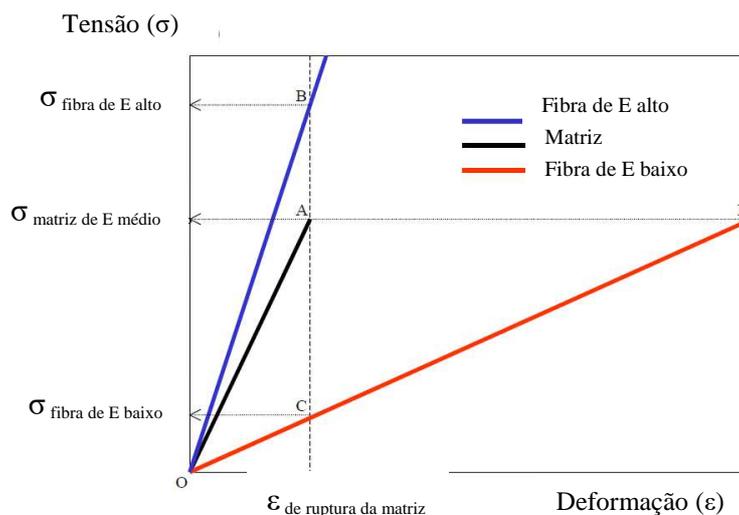
A abertura de fissuras na superfície de um revestimento de argamassa compromete sua utilização tanto na redução de sua durabilidade quanto no prejuízo que traz ao seu funcionamento e à sua estética (CARMONA FILHO, 2005). Estas aberturas aumentam a potencialidade de penetração de agentes agressivos, especialmente a água, que pode induzir ao surgimento de outras manifestações patológicas como eflorescências, manchas de umidade, bolor ou mofo, corrosão de armaduras e descolamento de revestimentos.

O fenômeno do aparecimento de fissuras na superfície do revestimento está intimamente ligado às tensões de aderência que se desenvolvem entre a tela metálica e a argamassa envolvente: com o desenvolvimento de grande aderência, o efeito danoso da fissuração é absorvido por ambos os materiais. Fazendo uma correlação do uso da tela com uso de fibras em compósitos cimentícios, de acordo com Bentur e Mindess (1990), a principal contribuição delas está no incremento substancial da ductilidade no estágio de pós-fissuração do compósito, ou seja, no aumento da capacidade de absorção de energia do material. Esta melhoria no comportamento se deve ao efeito de “grampeamento” das fissuras, ao atrito e à aderência durante o arrancamento das fibras (EKANE, 2000). Espera-se das telas assim como as fibras a capacidade de reduzir e controlar a abertura de fissura e absorção de energia.

Na tentativa de representar o trabalho de uma matriz hipotética reforçada com dois tipos de fibras, uma de módulo de elasticidade alto e outra de módulo baixo, ambas de comportamento elástico perfeito Figueiredo (2000) apresentou em seu trabalho a figura 18. E explicou que sabendo que a curva de tensão por deformação da matriz está representada pela linha O-A, Giselle Reis Antunes (engcivil.giselle@gmail.com), Tese, Porto Alegre, PPGEC/UFRGS, 2016.

enquanto as linhas O-B e O-C representam o trabalho elástico das fibras de alto e baixo módulo, respectivamente, no momento em que a matriz se rompe (ponto A) e transfere a tensão para a fibra de baixo módulo (ponto C), esta apresenta uma tensão muito baixa neste nível de deformação (σ_{fibra} de baixo módulo de elasticidade), devendo ser deformada muito mais intensamente, até o ponto D, para garantir o mesmo nível de tensão (σ_{matriz} de módulo de elasticidade médio). Logo, a fibra de baixo módulo não poderá oferecer uma capacidade de reforço após a fissuração da matriz para um dado carregamento ou permitirá uma grande deformação do compósito com um conseqüente elevado nível de fissuração (ponto D). Isto ocorreria supondo-se que a fibra de baixo módulo tenha resistência mecânica à tração suficiente para atingir o nível de tensão associado ao ponto D (σ_{matriz} de módulo de elasticidade médio).

Figura 18: diagrama de tensão por deformação elástica de matriz e fibras de alto e baixo módulo de elasticidade trabalhando em conjunto (Figueiredo, 2000)



Segundo o mesmo autor, o que normalmente ocorre é que fibras de baixo módulo apresentam menor resistência mecânica à tração, como se observa nos valores apresentados na tabela 3. Por outro lado, a fibra de alto módulo de elasticidade já apresentará um elevado nível de tensão (σ_{fibra} de módulo de elasticidade alto) no momento da ruptura da matriz, o que lhe permitirá atuar como um reforço já a partir do ponto B, caso sua resistência não seja superada (FIGUEIREDO, 2000). Comportamento que analogamente se espera das telas metálicas no reforço de revestimentos de argamassa, e nesse sentido quanto maior for o módulo de elasticidade da argamassa se espera uma melhor compatibilidade com o material metálico, embora valha ressaltar que as tensões esperadas nas argamassas sejam bem mais baixas.

Tabela 3: valores de resistência mecânica e módulo de elasticidade para diversos tipos de fibra e matrizes (BENTUR e MINDES, 1990)

Material	Diâmetro (µm)	Densidade (g/cm ³)	Módulo de elasticidade (GPa)	Resistência à tração (MPa)	Deformação na ruptura (%)
Aço	5-500	7,84	190-210	0,5-2,0	0,5-3,5
Vidro	9-15	2,60	70-80	2-4	2-3,5
Amianto	0,02-0,4	2,6	160-200	3-3,5	2-3
Polipropileno	20-200	0,9	5-7,7	0,5-0,75	8,0
Kevlar	10	1,45	65-133	3,6	2,10-4,0
Carbono	9	1,9	230	2,6	1,0
Nylon	-	1,1	4,0	0,9	13-15
Celulose	-	1,2	10	0,3-0,5	-
Acrílico	18	1,18	14-19,5	0,4-1,0	3
Polietileno	-	0,95	0,3	$0,7 \times 10^{-3}$	10
Fibra de madeira	-	1,5	71	0,9	-
Sisal	10-50	1-50	-	0,8	3,0
Matriz de cimento (para comparação)	-	2,5	10-45	$3,7 \times 10^{-3}$	0,02

Cabe salientar segundo Chamelete (1999), que a armadura na argamassa armada mesmo tendo função efetiva no combate à fissuração, não provocará aumento na resistência da "argamassa" à fissuração, todavia exercerá controle sobre a abertura de fissuras que serão menos espaçadas e menores, mantendo o material com boas características quanto à impermeabilidade e durabilidade.

A transferência de força entre tela e argamassa ocorrerá enquanto houver aderência na interface argamassa/tela (SAFAN, 2012). Resultados de estudos realizados experimentalmente em concretos armados com fibras mostram que a aderência depende de parâmetros como: a resistência da matriz, a tenacidade do compósito, e as características geométricas e propriedades mecânicas da armadura e o efeito de escala (EZELDIN E BALAGURU, 1989; CHAKRABORTY, *et al.*, 2013; MESSIRY *et al.*, 2015)

Segundo Callister (2002), “as argamassas e concretos reforçados com fibras, sejam elas picadas ou contínuas (na forma de barras ou telas), podem ser considerados como sendo um compósito, pois o meio aglomerante (argamassa ou concreto) tem boas qualidades mecânicas à compressão e baixo desempenho à tração, mas deve ter aderência suficiente para transmitir ao reforço (fibras picadas ou contínuas) os esforços submetidos, restando às fibras resistir à tração”.

Segundo Bartos (1981), dependendo do tipo de tensões transferidas através da interface podem existir dois tipos de aderência: por cisalhamento e por tração. Em compósitos um tipo Giselle Reis Antunes (engcivil.giselle@gmail.com), Tese, Porto Alegre, PPGEC/UFRGS, 2016.

de aderência pode ter maior importância que outro, mas em muitos casos ambos estão presentes e inter-relacionados. Outro tipo de aderência é a ancoragem mecânica, que é uma solução prática para compensar os comprimentos de ancoragem curtos e baixas tensões de aderência. O detalhamento destes tipos de aderência conforme Bartos (1981) seguem:

a) Aderência por cisalhamento é aquela capaz de controlar a transferência de tensões paralelas ao eixo longitudinal do reforço. Em compósitos não fissurados, aderência por cisalhamento transfere tensões da matriz para o reforço. Quando a matriz fatura e as cargas são suportadas pelas fibras que controlam a fatura, a aderência cisalhante permite que a carga seja transferida de volta para a matriz em partes não estão faturadas.

I. Aderência cisalhante elástica: quando este tipo de aderência ocorre na interface e a tensão cisalhante não excede a resistência de aderência, os deslocamentos da fibra e da matriz permanecem compatíveis. A aderência elástica é o principal mecanismo a ser considerado para a predição do limite de resistência e a tensão da primeira fatura do compósito.

II.) Aderência cisalhante friccional: resiste a deslocamentos ao longo da interface, paralelamente ao comprimento da fibra, todavia permite um deslocamento relativo ao longo da interface. Admite-se usualmente, que a aderência cisalhante friccional é uniformemente distribuída ao longo da interface fibramatriz. Esse processo é de grande importância no comportamento pós-faturação no qual as fibras atravessam as faturas. Propriedades como resistência e deformação de ruptura do compósito são controladas por esse modo de transferência de tensões.

b) Aderência à tração é o tipo que resiste aos deslocamentos causados por forças que atuam perpendicularmente em relação à interface. A intensidade deste tipo de aderência pode variar ao longo do comprimento da interface, ainda assim o modo de ruptura é relativamente simples, quando as tensões de tração que atuam na interface excedem a tensão cisalhante de tração, acontece um deslocamento instantâneo e total da interface. Caso a intensidade da aderência de tração seja relativamente alta, poderá ocorrer na matriz uma ruptura à tração, ou mesmo na fibra, ao invés de na interface.

c) Ancoragem mecânica é uma solução prática para compensar os comprimentos de ancoragens curtos e baixas tensões de aderência. Nenhuma característica específica parece ter sido desenvolvida para a determinação da aderência de ancoragem. A ruptura mecânica é

muito complexa e pode envolver arrancamento em ângulos variáveis, intensa localização de tensões nas fibras e fraturas pontuais ou plastificação da matriz.

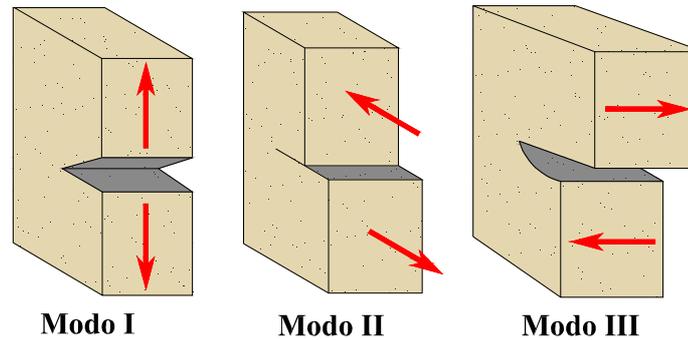
Segundo Anderson (2005), na tentativa de prever se um elemento irá falhar na presença de um determinado defeito e avaliar o tempo necessário para uma trinca se propagar de modo a atingir um tamanho crítico que represente risco à segurança, surge a Mecânica da Fratura, cujo objetivo é determinar o limite de capacidade de carga, tendo como principal parâmetro o valor da carga crítica dos materiais. A Mecânica da Fratura é a área da Mecânica que se dedica a estudar os processos mecânicos que levam à propagação de fendas, fissuras e outros "defeitos", diminuindo a resistência do material, provocando a fratura (rotura) do mesmo. Ela está subdividida em Mecânica da Fratura Linear Elástica (MFLE) e mecânica da fratura elasto-plástica (MFEP).

Para Chagas (2009), quando se trata de materiais frágeis devem ser considerados princípios da MFLE, que surgiu a partir da necessidade de se analisar o comportamento de materiais que apresentam descontinuidades internas e superficiais. Ela descreve a magnitude e a distribuição do campo de tensões (linear elástico) nas proximidades da trinca, sendo os seus princípios aplicáveis em situações onde há possibilidade de ocorrer fratura sem ser precedida de extensa deformação plástica. Como a argamassa de emboço é considerada um material frágil, tem sua ruptura no regime elástico.

Sabendo que a tenacidade à fratura é a resistência do material à propagação da trinca ou resistência à fratura frágil, a determinação da mesma se dá sob condições de deformação plana e o processo de fratura é controlado pelas tensões elásticas presentes na ponta da trinca.

A magnitude do campo de tensões, em torno de uma trinca, em uma peça predominantemente elástica, pode ser quantificada pelo parâmetro K , que se trata do fator de intensidade de tensão, introduzido em 1957 por Irwin (1957) e Williams (1957). Ao comparar K com o valor de tenacidade à fratura de um determinado material pode-se avaliar quão severo é o defeito e se a peça irá falhar ou não mediante alguma sollicitação (ANDERSON, 2005). Independentemente do tipo de sollicitação em uma trinca, ela estará associada a três modos de carregamento possíveis como ilustrado na figura 19.

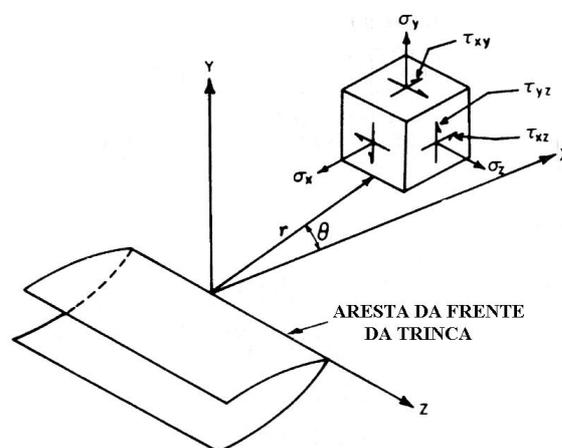
Figura 19: modos básicos de deslocamento na ponta da trinca (baseado em Anderson, 2005)



Como podem ser visualizados na figura 20 e baseado no sistema de eixos mostrados figura 19, os três modos de carregamentos são:

- Modo I – Tração ou abertura da ponta da trinca: Ocorre quando as faces da trinca são separadas. Ou seja, é caracterizado pelo deslocamento local que é simétrico aos planos x - y e x - z .
- Modo II – Cisalhamento puro: Ocorre quando o deslocamento das superfícies da trinca paralelamente a si mesmas e perpendiculares à frente de propagação. Neste caso, os deslocamentos são simétricos ao plano x - y e antissimétricos ao plano x - z .
- Modo III – Rasgamento ou cisalhamento anti-plano: Ocorre quando as superfícies da trinca movem-se paralelamente em relação à aresta de propagação e relativamente umas às outras. Neste caso os deslocamentos são antissimétricos com os planos x - y e x - z .

Figura 20: coordenadas na frente da trinca (Fonte: Chagas, 2009)



De um modo geral, as falhas ocorrem em estruturas aparentemente sem defeitos, quando solicitadas ciclicamente. Este fenômeno está relacionado à micro falhas nas estruturas, onde há a nucleação de uma trinca e sua conseqüente propagação podendo, inclusive, levar ao seu colapso. A presença de uma trinca não necessariamente compromete a integridade estrutural de um elemento. Em havendo algum tipo de reforço na matriz, a integridade será menos afetada ainda.

2.4.2 Argamassa armada

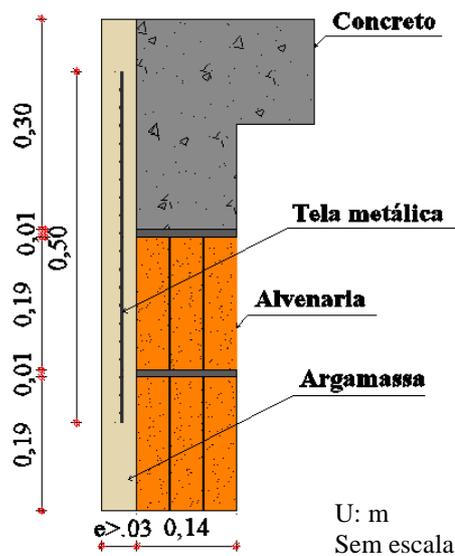
Segundo Ballarin (1999) e Shah (1981), a argamassa armada é decorrente de um processo de evolução do ferrocimento, originalmente patenteado na França e Bélgica em 1856, por Joseph Louis Lambot, sendo a sua primeira aplicação na construção de um barco a remo, na França, em 1849; recriado pelo engenheiro italiano Pier Luigi Nervi, em 1943. É considerado um tipo particular de concreto armado, embora dispense agregado graúdo, contém grandes quantidades de telas com fios de pequeno diâmetro uniformemente distribuídos em toda a seção transversal. Sendo a malha metálica o tipo de reforço mais comum, embora também sejam considerados como reforços: malhas feitas de fibra de vidro resistentes ao álcali, e tecidos vegetais, tais como juta e bambu.

A técnica de argamassa armada com fins estruturais já é consagrada há pelo menos 100 anos, por sua versatilidade na moldagem principalmente nas situações em que se desejam configurações de forma não convencionais, e por sua pequena espessura, variando entre 1,5 a 3,5 cm. Se comparada com a argamassa armada com fins de revestimento, a argamassa armada com fins estruturais é relativamente rígida, tipicamente a matriz deste tipo de argamassa é feita de cimento, areia e água, numa proporção contendo 1 parte de cimento, 2-3 de areia, e 0,5 de água como ponto de partida (Arif *et al*, 1999; Naaman, 2012). Os reforços convencionais, neste caso são telas metálicas ou chapa expandida (deployeé).

Em contrapartida, ressalta-se que a argamassa armada para efeitos de reparo ou reforço de revestimentos, corresponde ao tipo de argamassa de reforço cuja tela metálica com malha ainda mais fina fica imersa na camada de uma argamassa, normalmente mais deformável, contendo cal ou algum tipo de aditivo, como incorporador de ar.

Em argamassas armadas, as telas metálicas atuam especialmente quando a matriz cimentícia é submetida a esforços de tração e de tração na flexão. Para utilização desta técnica, é necessária uma espessura mínima de emboço, de 30 mm. E na prática é usada onde, normalmente, a argamassa apresenta espessuras superiores a 50 mm, com a finalidade de evitar a queda do material em caso de descolamento do revestimento. A forma de aplicação da argamassa armada em revestimentos se dá conforme ilustra a figura 21.

Figura 21: detalhe genérico de fixação de tela como argamassa armada (baseado em MACIEL *et al.*, 1998)



Alguns autores recomendam que a tela esteja centralizada em relação à espessura (ABCP, 2004; MACIEL *et al.*, 1998; MEDEIROS, 2011). Ao inserir o reforço de tela, é necessário executar uma camada inicial espessura entre 15 e 25 mm de espessura, comprimindo e alisando a argamassa. Logo após, a tela de aço galvanizado é colocada e comprimida fortemente contra a argamassa, e só então o restante da camada de argamassa (entre 15 e 25 mm) é aplicada e realiza-se o acabamento (figura 22).

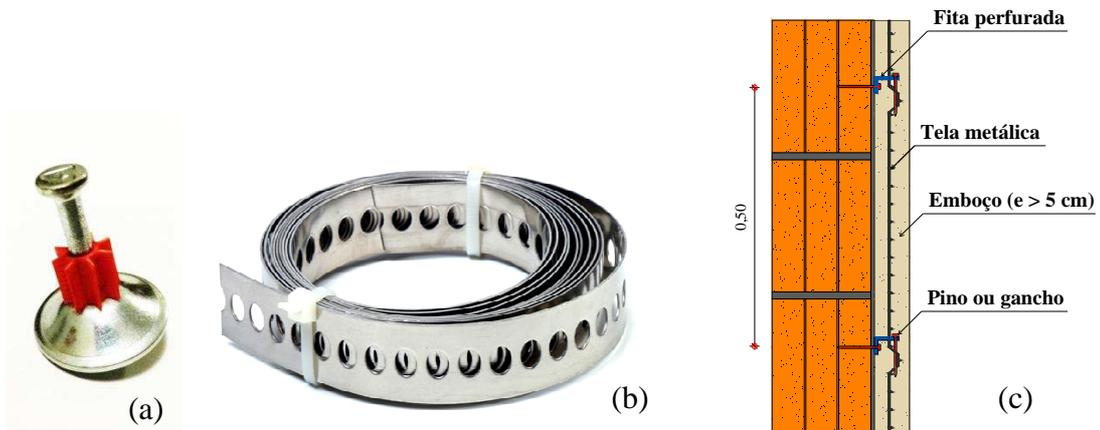
Figura 22: (a) colocação da tela pressionando-a sobre a 1ª camada de argamassa, (b) aplicação da 2ª camada de argamassa sobre a tela, (c) nivelamento da 2ª camada de argamassa e (d) finalização do acabamento (ABCP, 2004)



Embora haja recomendação do uso da tela imersa no meio da camada do revestimento, supõe-se de modo similar ao verificado nas estruturas de concreto armado, que a armadura no compósito cimentício promoverá ganho mais apreciável no desempenho quanto ao controle de fissuração quando disposto no banzo tracionado da estrutura (PFEIL, 1989; LEONHARDT e MÖNNING, 2007; NAWY, 2008; WIGHT e MACGREGOR, 2012).

No uso da técnica da argamassa armada, Moraes (2012) recomenda fixação da tela metálica com pinos ou ganchos comumente a cada 50 cm, a além deles o uso de uma fita metálica perfurada (figura 23) para melhorar ainda mais o suporte, e minimizar os efeitos do peso próprio da argamassa de emboço com espessura elevada ($e > 5$ cm). Conforme Costa (2010) o espaçamento dos elementos de ancoragem da tela ao suporte é determinado em função da maleabilidade da tela utilizada: quanto mais maleável for a tela, menores serão os espaçamentos, por outro lado, quanto mais rígida, maiores serão os espaçamentos utilizados.

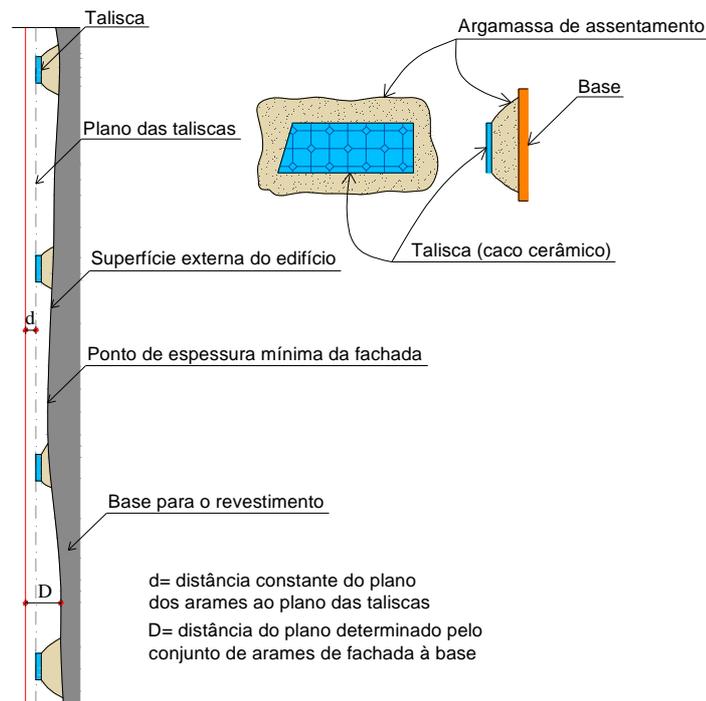
Figura 23: (a) pino, (b) fita perfurada (Fonte: tel.com.br) e (c) reforço de emboço ($e > 5\text{cm}$)



Quando se trata de sobreespessura do revestimento de argamassa, a NBR 7200 (ABNT, 1998) ressalta que, para espessuras superiores a 50 mm, o enchimento deve ser feito em pelo menos duas etapas, sendo que a primeira deve secar por um período superior a 24 h, para posterior aplicação da segunda camada, e a mesma deve ser levemente umedecida. A literatura brasileira (SOUZA; MEKBEKIAN, 1996; BAÍÁ; SABBATINI, 2002), no entanto, recomenda que para a execução de revestimentos com espessuras entre 30 e 50 mm deve ser feita em duas etapas e espessuras entre 50 e 80 mm, o revestimento deve ser executado em três aplicações da argamassa. Observam-se espessuras superiores às admissíveis pela norma, e para os autores deve-se aguardar um intervalo de pelo menos 16 horas entre as camadas de preenchimento de argamassa.

No sentido de identificar que regiões da fachada exigem o uso de tela com fim de reforço do emboço, é fundamental o mapeamento prévio demarcado pelo taliscamento (figura 24), já que este procedimento, que consiste na fixação de cacos cerâmicos, com a mesma argamassa utilizada para o revestimento, em pontos específicos, permite definir as espessuras a serem atingidas em cada região fachada, em toda a extensão da superfície a ser revestida.

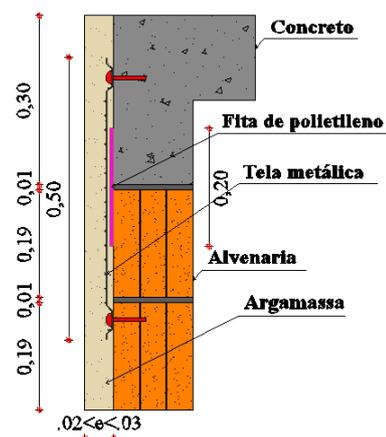
Figura 24: posicionamento das taliscas na definição da espessura do emboço. (baseado em MACIEL *et al.*, 1998)



2.4.3 Ponte de transmissão

Para Maciel *et al.* (1998), o tipo de reforço conhecido por ponte de transmissão (figura 25) corresponde àquele cuja tela é chumbada na alvenaria ou concreto por meio de fixadores (grampos, chumbadores, pinos) e é usada uma fita de polietileno na interface estrutura-alvenaria, para que as tensões sejam efetivamente distribuídas pela tela ao longo do revestimento. A ponte de transmissão requer espessura mínima do emboço de 20 mm, uma recomendação também compartilhada por ABCP (2004).

Figura 25: detalhe genérico para fixação de tela como ponte de transmissão (baseado em MACIEL *et al.*, 1998).



Nos encontros da alvenaria com a estrutura de concreto, ou na própria alvenaria, no sentido de evitar o aparecimento de fissuras no sistema de revestimento, ou criar condições de ancoragem mais eficientes, Neves (2011) indica que a tela, galvanizada, seja colocada imersa na camada de argamassa (denominada tela simples). Se houver situações críticas relativas à movimentação das bases capazes de comprometer a integridade do sistema de revestimento, ela indica a colocação de uma segunda tela, plástica (sistema denominado tela dupla). Quanto à fixação, a autora indica o uso de grampos na argamassa de assentamento dos blocos, e de finca-pinos com arruela no concreto, de forma a manter a tela sem dobrar sobre a argamassa, e para evitar acidentes com as pontas dos arames (figura 26).

Figura 26: (a) região de aplicação da argamassa reforçada com tela, (b) esticamento da tela, (c) fixação do pino com martelo na alvenaria, (c) fixação do pino com pistola no concreto



Neste caso, a tela metálica atua de forma preventiva inibindo formação de fissura no revestimento, caso haja um aumento de tensões não previsto, todavia, esperados eventualmente especialmente frente a solicitações de origem térmicas.

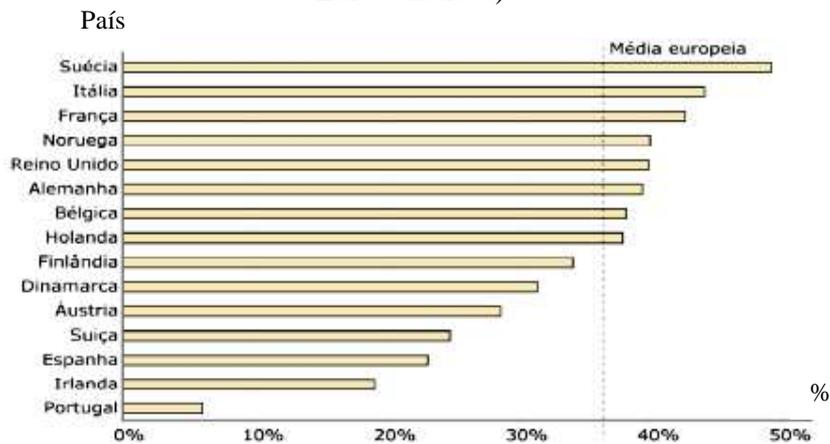
Para ABCP (2004) recomenda que após executado o chapisco, seja fixada a tela de aço galvanizado na superfície de concreto ou de alvenaria, por meio de fixadores como grampos, chumbadores ou pinos pelas bordas.

Vale ressaltar que quando quanto mais fina a abertura da malha metálica, se torna mais difícil a penetração da argamassa através dela, portanto maior deve ser o rigor durante o lançamento da argamassa.

2.4.4 Medida de recuperação

Há uma tendência mundial, com o envelhecimento das cidades e a crescente exigência dos usuários por conforto, segurança, características de habitabilidade e preocupação com sustentabilidade; a opção por adoção de medidas não apenas de demolição ou construção de novas edificações, mas de uma postura na qual a conservação ou reabilitação é o melhor caminho. Durante o 73º *EUROCONSTRUCT Conference*, que aconteceu em Londres de 2012, foi emitido um relatório, no qual, tornou-se visível, em termos percentuais, o crescimento considerável no setor da reabilitação, apresenta aproximadamente 40% da atividade da indústria da construção civil europeia, conforme a figura 27 ilustra.

Figura 27: segmento da reabilitação no setor da construção europeia, em 2012 (Fonte: 73º Euroconstruct)

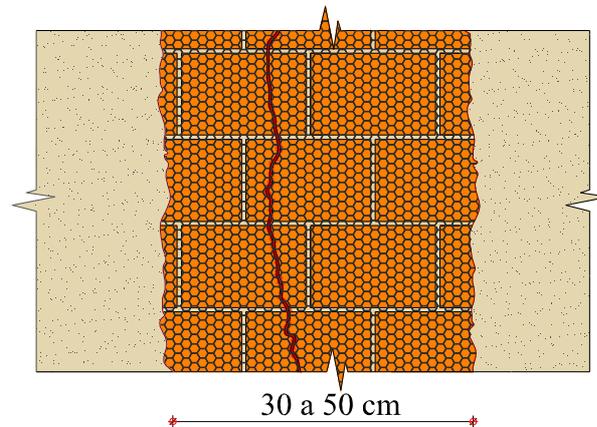


Lordsleem (1997), em contato com profissionais ligados ao setor de recuperação de fissuras nas alvenarias de vedação, verificou a prática do uso de telas metálicas no interior da argamassa como medida de recuperação. No entanto, notou que a falta de conhecimento do meio técnico quanto à potencialidade e limites desse método em acomodar as deformações usuais de vedação.

Duarte (1988) recomendava, há 30 anos atrás, o uso da tela metálica, tipo *deployée*, inserida numa argamassa com baixo módulo de deformação para fissuras isoladas com pequenos movimentos de abertura e fechamento. Ressalta-se que era feita esta recomendação do emprego apenas da tela metálica do tipo *deployéé*, porque na época praticamente não havia outras opções de malhas com esse fim no mercado. Hoje em dia, apesar de não recomendado, ainda se verifica o uso deste tipo de tela. Segundo o pesquisador, a tela deve ser fixada à alvenaria com pregos ou cravos, numa largura entre 30 e 50 cm, centralizada em relação à fissura, ver a figura 28.

Giselle Reis Antunes (engcivil.giselle@gmail.com), Tese, Porto Alegre, PPGEC/UFRGS, 2016.

Figura 28: esquematização do uso da tela como elemento de recuperação de fissuras (adaptado de DUARTE, 1988)



Sahade (2005) por sua vez, sugere em seu estudo experimental, com fins a recuperação de destacamento pilar x alvenaria, o uso de tela hexagonal medianamente distendida, transpassando a fissura ou o pilar em 20 cm para cada lado. Recomenda o uso de tela hexagonal com diâmetro máximo de fio de 0,711 mm e malha de 12 mm (1/2 pol.), à época de sua pesquisa um dos tipos de reforços usuais.

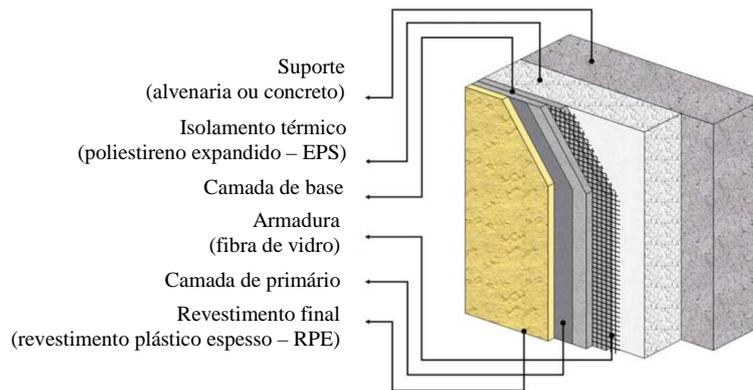
Na aplicação da tela metálica como medida de recuperação, Thomaz (1989) e Tozaki *et al.* (1990) recomendam a inserção das telas metálicas em argamassa de cimento, cal e areia no traço 1:2:9, em volume, podendo ser ou não precedida do chapisco. Nota-se que à época os pesquisadores se limitavam a indicar uma única alternativa de traço de argamassa, desconsideravam o uso de argamassas industrializadas e não havia a preocupação com interação argamassa/tela, cujo efeito pode não ser o mais adequado visto que se espera, para tipos distintos de tela, características reológicas da argamassa e de aplicação diferenciadas. Esta forma de recuperação também é utilizada como medida de prevenção ao aparecimento de fissuras.

O Grupo de Estudos da Patologia da Construção – PATORREB (2013), existente em Portugal, elaborou algumas fichas de patologias e as disponibilizou no site www.patorreb.com onde recomenda como solução possível de reparação de fachadas, a substituição do revestimento existente pelo que eles denominam de "sistema de isolamento térmico pelo exterior do tipo ETICS" (figura 29). Esta indicação é feita especialmente nos casos de deformação do substrato, onde houve algum tipo de manifestação patológica, mais corriqueiramente a fissuração, caso exista certeza sobre a estabilização da mesma. Nestes casos, indica a remoção dos elementos soltos e instáveis, a limpeza da superfície ou remoção

Contribuição para Avaliação de Desempenho de Revestimentos de Argamassa Reforçados com Telas Metálicas

de tintas velha, o tratamento das fissuras mais significativas, para seguida da reposição por uma nova argamassa com a tela incorporada à camada, que consiste numa armadura de fibra de vidro (tecidas ou coladas termicamente).

Figura 29: composição esquemática de um ETICS constituído por reboco delgado armado sobre poliestireno expandido (FREITAS, 2002)



Segundo Freitas (2002), nos ETICS utilizam-se dois tipos de armaduras:

- normal: tem como função melhorar a resistência mecânica do reboco e assegurar a sua continuidade
- reforçada: utilizadas como complemento das armaduras normais para melhorar a resistência ao choque do reboco.

2.4.5 Tipos de tela

Originalmente, de acordo com o Instituto Brasileiro de Telas Soldadas - IBTS, a tela é definida como uma armadura pré-fabricada em forma de rede de malhas, destinada a armar concreto (figura 30). É constituída de fios de aço longitudinais e transversais, sobrepostos e soldados em todos os pontos de contato (nós), por resistência elétrica (caldeamento).

Figura 30: alguns tipos de telas metálicas aplicadas em reforço de concreto



De acordo com Chamelete (1999), as armaduras utilizadas na argamassa armada estão divididas em duas classes:

- armadura difusa: quando constituída por fios de pequeno diâmetro ou lâminas de pequena espessura, na forma de telas de aço;
- armadura discreta: constituída de tubos e barras de aço, servindo de suporte à armadura difusa.

Embora o IBTS, conceitualmente limite a tela para aplicação em concretos, é possível estender, parcialmente, este conceito para telas usadas em argamassa de uso não estrutural, embora se saiba que existem, além de malhas retangulares, outros tipos adotados com este fim.

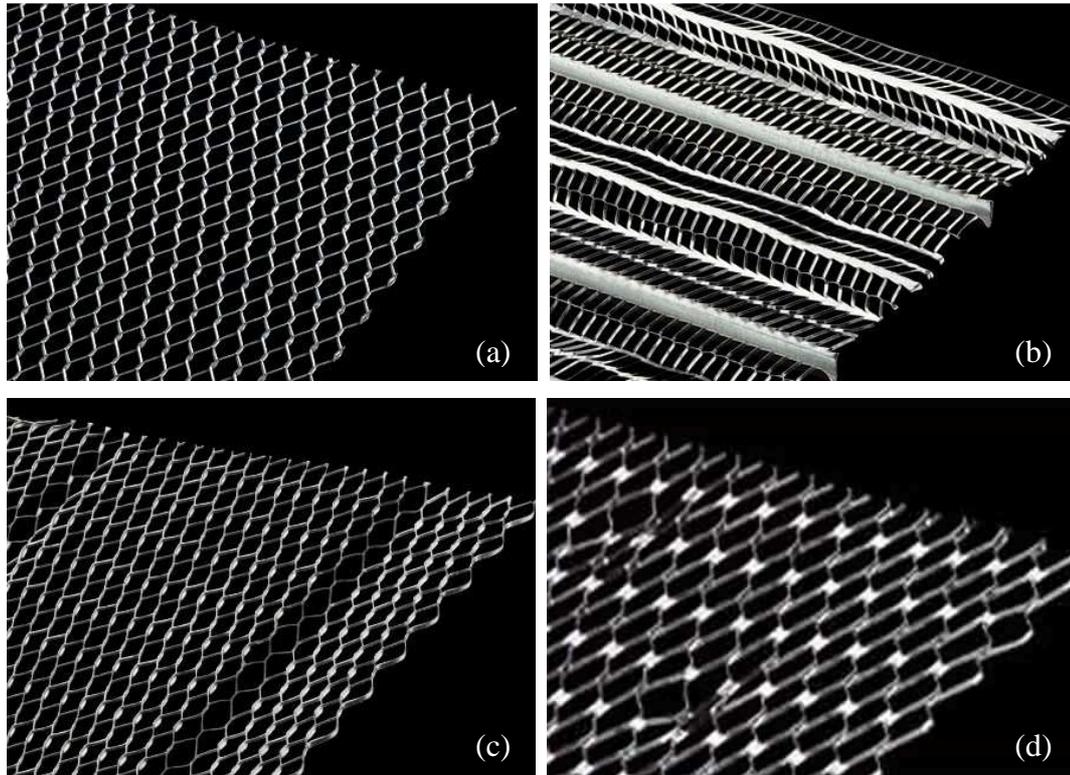
As telas de malha quadrada são indicadas para revestimentos de argamassa aderidos à base (segundo a ANSI A108.01) e a de metal expandido (deployeé) é recomendada para revestimento de argamassa em pequena espessura, com no mínimo 3/4”, em revestimentos de argamassa não aderidas à base, separada desta por uma membrana de clivagem que permite a movimentação do revestimento cerâmico (segundo a ANSI A108.02).

No manual do TCNA (2013), o qual estabelece diretrizes para vários métodos de instalação de revestimentos cerâmicos que usam argamassa, recomenda-se a utilização de reforço metálico em telas de duas formas: com tela metálica de malha quadrada ou retangular eletrosoldada, que siga a especificação da ASTM A821² ou ASTM A185³, ou com metal expandido (deployeé), cuja especificação deve ser em conformidade com a ASTM C847⁴. A ASTM C847 (2014) indica configurações de tela de metal expandido pouco usuais no mercado nacional, com fios com espessura entre 1/8 e 3/8 polegadas (3,2 e 9,6 mm), conhecidas por: *sheet lath, expanded metal lath, diamond mesh, flat and self-furring, and rib metal lath* (figura 31). No Brasil a configuração mais usual para utilização em combinação com a argamassa de revestimento tem fio com espessura bem inferior, no valor de 0,18 mm.

² ASTM. A82/A82M: Standard specification for steel wire, plain, for concrete reinforcement. **American Society for Testing and Materials**, p. 5, 2007.

⁴ ASTM. C847: Standard specification for metal lath. **American Society for Testing and Materials**, p. 3, 2014.

Figura 31: tipos de telas metálicas recomendadas pela ASTM C847, a) *flat diamond mesh lath*, b) *high rib lath*, c) *self-furring v-groove diamond mesh lath* e d) *self-furring dimpled diamond mesh lath* (Fonte: <http://www.phillipsmfg.com/metal-lath/>)



Goldberg (2011), no manual técnico que trata de revestimentos de placas cerâmicas e pedras aderidas às paredes de alvenaria, desenvolvido para a LATICRETE, companhia norte-americana, há 50 anos, fabricante mundial e comerciante de sistemas de instalação de placas cerâmicas e pedra para fins em aplicações residenciais, comerciais e industriais, destaca uso de tipologias de tela para reforço do sistema de revestimento em argamassa. Verificou-se a indicação de telas de chapa expandida constituída por fios com espessura a partir de 0,45 mm, com diferentes aberturas de malha, todas necessariamente devem ser resistentes à corrosão. Aspecto bem diferente do identificado no cenário nacional para tela de chapa expandida usada em argamassa.

A norma australiana AS 3958.1 (2007) que apresenta orientações quanto ao preparo do substrato, materiais utilizados, manutenção, limpeza e métodos de execução revestimentos cerâmicos em paredes internas e externas e em pisos; no que tange o reforço de revestimentos cerâmicos, recomenda o uso de tela metálica desde que seja galvanizada, em conformidade com a AS/NZS 4671, com fixações em aço inoxidável austenítico, fabricada com fio entre 1,2 mm e 2,0 mm de diâmetro onde o tamanho de malha pode variar entre (25 x 25) mm e

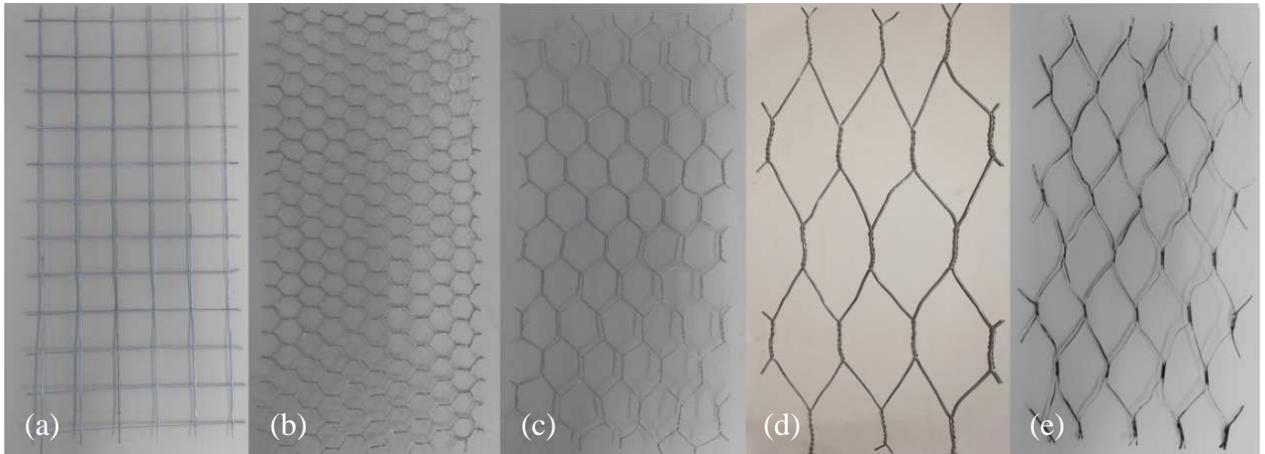
(75 x 50) mm. A mesma norma permite a utilização de tela tipo galinheiro para melhorar as ligações embora não permita sua aplicação com fins de reforço.

Por sua vez, a norma britânica BS 5385.2 (2006) fornece recomendações de projeto e instalação de revestimentos externos sobre condições climáticas normais, no Reino Unido. Ao tratar da execução de reforços metálicos no revestimento externo, do mesmo modo que a norma anterior, esta estabelece que a tela e fixações sejam em aço inoxidável austenítico, em conformidade com a BS 4483. Já indica que a tela tenha fios de 2,5 mm de diâmetro, soldados com malha de aproximadamente (50 x 50) mm.

Conforme Sevil *et al.*(2011) e Veiga (1998), em nível europeu, no que se refere ao reforço revestimentos de argamassa tradicionais, as telas mais utilizadas são normalmente as de fibra de vidro com proteção anti-alkalina, em geral, com recobrimento de resina acrílica ou de policloreto de vinil (PVC), e as telas metálicas com proteção anti-corrosiva, As telas de polietileno de alta densidade, por sua vez, têm objetivos semelhantes aos das telas metálicas, tais como aumento da resistência do reboco e reforço da própria parede através da melhoria do funcionamento do conjunto alvenaria-revestimento. Estas redes têm uma rigidez elevada o que obriga à fixação mecânica à parede, como acontece com as redes metálicas, mas não apresentam as desvantagens destas últimas no que respeita à corrosão ou outro tipo de ataque químico (VEIGA, 1998). E em revestimentos não tradicionais as telas poliméricas, de polipropileno, de poliéster e de poliamida também surgem em alguns casos, uma vez que são telas de baixa resistência mecânica e de grande deformabilidade.

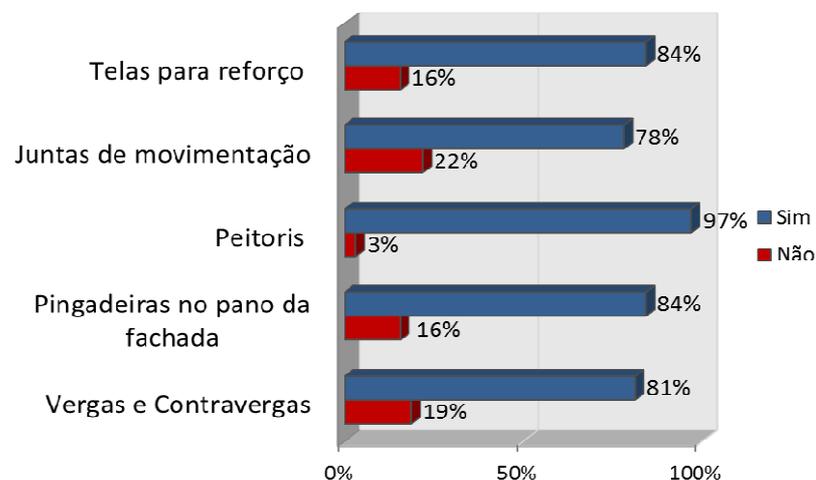
Através de um levantamento feito no mercado nacional, verificou-se que os principais tipos de tela existentes e utilizadas no reforço de argamassa especialmente em fachadas externas de edificações multipavimento são: telas metálicas eletrossoldadas, com malha quadrada 25 x 25 mm, e diâmetro nominal do fio de 1,24 mm ou 1,65 mm; telas metálicas entrelaçadas com malha hexagonal e abertura de 12 mm (conhecida como viveiro), 25 mm (tratada como pinteiro) e 50 mm (chamada de galinheiro); tela metálica de estuque tipo deployeé, com malha losangular, cordão 0,18 mm, malha 1”; existem ainda telas plásticas e telas de fibra de vidro revestidas com poliéster, com malha quadrada (2 x 2) mm, (5 x 5) mm e (9 x 9) mm (figura 32).

Figura 32: tipos de telas metálicas adotadas em revestimentos no Brasil, (a) malha quadrada, (b) malha hexagonal viveiro, (c) malha hexagonal pinteiro, (d) malha hexagonal galinheiro e (e) malha losangular deployeé



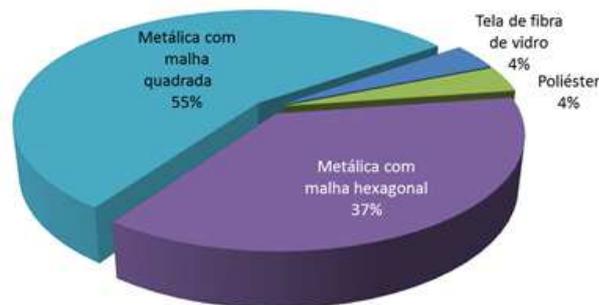
De maneira a obter uma visão, ainda que em pequena escala de como é o panorama de execução de revestimentos de argamassa externos e verificar de que forma as telas metálicas têm sido usadas pelas construtoras, elaborou-se um questionário com os principais questionamentos que possibilitasse este reconhecimento regional. O questionário, que segue no apêndice - A, foi aprimorado por Fernandes (2015), em sua pesquisa desenvolvida no trabalho de diplomação para obtenção do título de engenharia civil, na UFRGS, e aplicado na capital do Rio Grande do Sul, em 32 (trinta e dois) empreendimentos, pertencentes a um total de 19 (dezenove) construtoras distintas. E o resultado obtido para a utilização da tela como reforço do revestimento foi expressiva na amostra, 84,40 % (27/32) dos empreendimentos (figura 33).

Figura 33: uso de detalhes construtivos (Fonte: Fernandes, 2015)



Fernandes (2015) verificou a existência de diversos tipos de tela para reforço do revestimento no mercado local, mas na amostra foram identificados quatro tipos desses reforços. Dentre as 27 (vinte e sete) obras que fazem uso desse elemento, 15 (quinze) adotam tela metálica de malha quadrada e 10 (dez) usam tela metálica de malha hexagonal (figura 34). Apenas uma obra emprega tela de poliéster e uma unidade utiliza tela de fibra de vidro, sendo essa a unidade que emprega monocamada.

Figura 34: tipo de telas empregadas para o reforço de revestimento (Fonte: Fernandes, 2015)



A vantagem do uso alternativo de telas plásticas ou de fibra de vidro (figura 35), em que os cordões são tecidos, termicamente fundidos ou colados, está na possibilidade de evitar a corrosão da armadura e por sua ótima estabilidade dimensional. No entanto, a sua utilização não será abordada neste trabalho.

Figura 35: aplicação de tela de fibra de vidro (Fonte: Texiglass)



As telas do tipo viveiro, pinteiro e galinheiro, conforme figura 36, são produzidas a partir do entrelaçamento de arames formando malhas hexagonais. Originalmente utilizadas como telas para aviário e cercados de animais não são destinadas para argamassa armada. Em geral, possui reduzido ou nenhum tratamento galvanizado. Têm fácil manuseio e adaptação as mais variadas formas. A sua vantagem está no fato de ser facilmente encontrada em praticamente

todo o país. Por outro lado, segundo Chamelete (1999) a sua grande flexibilidade torna o uso de muitos pontos de amarração quase sempre necessário e não tem função estrutural.

Figura 36: aspecto da tela de malha hexagonal entrelaçada



A tela *deployée* ou metal expandido (figura 37) é obtido industrialmente, a partir de finas chapas de aço que sofrem recortes para num momento posterior serem expandidas no sentido transversal, até atingir a largura pré-programada, deixando vazios em forma aproximadamente losangulares ou hexagonais, dependendo do tipo de corte. É mais comumente empregada em locais que se deseje a passagem livre de luz e ar, como grades de proteção, portões, pisos, plataformas, na execução de estuques em gesso ou argamassa, entre outras aplicações. Verificou-se nacionalmente, que ao contrário do mercado norte americano (Goldberg, 2011), as telas deste tipo comumente utilizadas em revestimentos de argamassa são produzidas com chapa de aço carbono 1008 e 1010, com espessura de 0,18 mm, confeccionada em malha de 1" e fornecida em rolos de 50,00 m de comprimento, por 1,00 m de largura, e não possuem tratamento galvanizado.

Figura 37: aspecto da tela de malha losangular, tipo *deployée*



Do ponto de vista mecânico, a desvantagem dessas chapas expandidas reside no fato de que, solicitadas na direção da expansão, existe a tendência de rasgamento do trecho onde os cordões estão ainda ligados, na outra direção existe a tendência de fechamento da malha, que não ocorre se houver argamassa ali confinada, mas que pode acabar provocando fissuração acompanhando o desenho das malhas.

Da mesma forma que as tela entrelaçadas, as do tipo *deployée* (metal expandido), são mais deformáveis, o que não garante a manutenção da forma de sua malha, durante a aplicação em revestimentos de argamassa, ao longo de todo o pano por onde forem estendidas. Espera-se por essa razão, que elas sejam pouco eficientes no controle de fissuração.

Em contrapartida, as telas metálicas eletrossoldadas, foram intencionalmente desenvolvidas com fins aos reforços estruturais, e na configuração de malha quadrada (25 x 25) mm (figura 38), são destinadas para reforçar sistemas de revestimento de argamassa. Este tipo de tela é constituído por fios retilíneos de aço, longitudinais e transversais, de alta resistência mecânica, sobrepostos e soldados entre si nos cruzamentos (nós), formando malhas quadradas ou retangulares. Seu manuseio é mais dificultado, já que exige cuidados com a eliminação de ondulações, ocasionadas pelo armazenamento em rolos de 0,50 m ou 1,00 m de altura, antes de ser cortada e posicionada.

Figura 38: aspecto da tela de malha quadrada, (25 x 25) mm



Entre as principais vantagens técnicas das telas com malha quadrada eletrossoldada, se encontra a uniformidade no diâmetro e espaçamento dos fios. No travamento da fissura, por ter módulo de deformação maior (maior rigidez) tela soldada tem atuação mais efetiva que outras telas mais deformáveis. E a orientação dos fios, em direções ortogonais, permite o seu posicionamento nas direções dos esforços principais (CHAMELETE, 1999).

No que tange o desempenho das telas com aplicação em argamassa de revestimento, são escassas as pesquisas já realizadas e verificadas na bibliografia. Silva (2012) apresentou um estudo experimental comparativo entre diferentes tipos de reforço empregados em argamassas cimentícias, por meio de telas metálicas quadradas eletrosoldadas, telas metálicas hexagonais trançadas, e fibras de polipropileno.

No tocante aos resultados obtidos, o pesquisador verificou que os valores encontrados das cargas de ruptura dos compósitos com fibras foram bastante similares, observando-se acréscimo para a argamassa com tela hexagonal flexível, e aumento ainda maior para o compósito com tela quadrada rígida, (neste caso, foi considerada a carga correspondente à primeira fissura). Quanto à formação de fissuras, nos compósitos com telas quadrada soldadas o tamanho das aberturas das fissuras observadas foi significativamente menor que o encontrado nos demais casos, demonstrando sua melhor capacidade resistente como quanto à distribuição de esforços, evidenciado pelas menores aberturas de fissuras encontradas. Enquanto isso, a tela hexagonal flexível utilizada mostrou-se ineficiente para a capacidade de reforço requerida pela argamassa, especialmente no tocante ao controle de aberturas de fissuras. E os teores de fibra empregados nos compósitos foram insuficientes para incrementar desempenho de maneira significativa.

2.4.6 Contexto de obra

No panorama atual da construção civil brasileira verifica-se que não há consenso no que tange a fixação da tela metálica em SRA, ver tabela 4, sobre vários aspectos, quanto:

- ao melhor tipo de tela a adotar sobre cada tipo de substrato;
- à disposição da tela em relação ao substrato;
- à presença e ao posicionamento dos pinos e ganchos junto a borda da tela;
- à sobreposição e transpasse das telas, no caso de emendas;
- ao cobrimento de argamassa sobre a tela.

Tabela 4: panorama das formas de fixação da tela metálica em SRA

Panorama das formas de fixação da tela metálica em SRA	
Fixação com pinos em espaçamentos aleatórios	Fixação do pino na borda da tela metálica
	
Tela sobre substrato com único chapisco	Tela no meio do pilar sem chapisco
	
Tela sobre chapiscos diferenciados	Tela sobre pilar de extremidade
	
Tela com bolsões de ar	Fixação da tela de maneira descontínua
	

Em sua pesquisa, Fernandes (2005) verificou que dentre 27 (vinte e sete) obras questionadas que usam tela metálica como detalhe construtivo para reforço de revestimento, 21 (vinte e um) empreendimentos adotam a sua fixação com pinos junto ao chapisco, 5 (cinco) utilizam as telas imersas na argamassa e 1 (uma) adota ambas as técnicas. Onde, em 26 (vinte e seis)

obras, a área principal região da fachada de uso do elemento tela metálica é a interface entre a alvenaria e estrutura. Somente 14 (catorze) obras utilizam tela em sobre espessuras. Pontos de também alta probabilidade de fissuras, como canto de janelas, não são contemplados por estes reforços, apenas a unidade com monocamada emprega tela nessa região.

Percebe-se que a prescrição da tela metálica em reforços de revestimento de argamassa é ainda bastante empírica. Há também carência de modelagens para comprovar a necessidade de transpasse e em sendo necessário, qual seria a espessura mais adequada. Em algumas obras verifica-se ainda a fixação de tela de forma descontínua num mesmo pilar, por exemplo, faixas de tela intercaladas por faixa de revestimento de emboço sem tela, com e sem utilização pinos fixados por meio de pistola finca-pinos; ganchos com uso de martelo.

Verifica-se a partir da observação da última imagem na coluna da direita na tabela 4 que é prática de algumas construtoras fixar os pinos exatamente sobre as bordas das telas, enquanto outras adotam a fixação distanciada pelo menos de 5 cm da borda.

Como já evidenciado por Oliveira (2001), o uso da argamassa armada como medida de reparo em estruturas de concreto e de alvenaria tem sido bastante comum, no entanto, um de seus problemas mais questionáveis tem sido a pequena espessura adotada ou falta de cobrimento adequado podendo propiciar corrosão da armadura.

Tomando-se como referências as recomendações feitas pela NBR 6118 (ABNT, 2003) adotada para estruturas de concreto, devendo-se cuidar que elas são de caráter geral e não devem ser tomadas como únicas. A norma recomenda o cobrimento nominal superior a 25 mm.

Quanto às dimensões, grandes tamanhos de tela dificultam o manuseio durante a colocação da mesma, devido ao peso próprio e à capacidade de abrangência dos braços do operador, como se verifica na figura 39.

Figura 39: operador com dificuldade de fixação da tela com grande tamanho na fachada



Uma das principais limitações das telas voltadas para aplicação em revestimento reside no fato delas usualmente serem fornecidas em rolos. Segundo Silva (2012) isto dificulta o seu posicionamento no local recomendado, sua fixação na estrutura, e ainda possibilita a ocorrência de reflexão da argamassa. As telas fornecidas em rolo deverão ser cortadas e aplainadas antes de serem encaminhadas para a aplicação nas fachadas (CEOTTO *et al.*, 2005).

Se a tela não estiver completamente esticada ao nível do revestimento, os locais em que isso ocorre há possibilidade de criar bolsões de ar, entre ela e argamassa, favorecendo um ponto de fragilidade na aderência. No caso da extremidade das telas, se por alguma razão, a ponta fica dobrada, esta forma acaba funcionando como uma mola, provocando tensões indesejáveis. Em ambas as situações, o revestimento é passível de fissuração, podendo ocasionar inclusive seu próprio descolamento.

Moraes (2012) afirma durante a aplicação da tela metálica não há necessidade de transpasse entre as emendas. E recomenda a adoção de um tamanho de tela suficiente para o operário pressioná-la inteiramente contra a primeira chapada de argamassa de emboço ainda fresca, no caso, de argamassa armada, por exemplo, de modo a assegurar por igual sua completa imersão na argamassa. Em contrapartida, segundo o manual "Telas Soldadas - informações técnicas" (2003), para telas metálicas indicadas para argamassa armada, para fios com diâmetro nominal de até 8 mm, sugere-se uma emenda com sobreposição de no mínimo 2 (duas)

malhas, ou entremeadas. Do mesmo modo, Maurício (2012) indica que nos locais de fiadas consecutivas de tela deve haver uma zona de sobreposição de aproximadamente 20 cm.

Penazzi *et al.* (2001) consideram como principais falhas executivas no uso de argamassas reforçadas com das telas os seguintes aspectos:

- falta de ligação da tela de reforço no encontro de duas paredes ortogonais e na zona dos pavimentos e tetos causando, deste modo, descontinuidades no sistema;
- sobreposição insuficiente em fiadas consecutivas da tela;
- conectores demasiado espaçados ou com comprimento reduzido, causando a separação da tela da parede;
- o uso de uma espessura insuficiente de argamassa de revestimento que, no caso de se utilizar telas metálicas, propicia a corrosão na armadura.

3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Neste capítulo é descrito, de forma detalhada, o programa experimental desenvolvido para se alcançar os objetivos desta pesquisa. Basicamente, foram apresentadas três propostas de ensaio para avaliação de desempenho de sistemas de revestimento reforçados com tela metálica tendo como base esforços de tração, a caracterização dos materiais utilizados e os procedimentos experimentais adotados em cada ensaio. O desenvolvimento do programa experimental se deu no LAMTAC/NORIE (Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído do Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação) e LEME (Laboratório de Ensaio e Modelos Estruturais), ambos integrantes do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), e ainda no LAMEF (Laboratório de Metalurgia e Física), que faz parte do Departamento de Metalurgia da Escola de Engenharia também da UFRGS.

3.1 PROCEDIMENTO TÉCNICO DE PESQUISA

O procedimento técnico empregado neste trabalho foi a "pesquisa experimental", com levantamento prévio de dados e informações em campo para posterior desenvolvimento

metodológico em laboratório. As investigações envolvem: grupos de controle, seleção aleatória e manipulação de variáveis independentes. Empregam rigorosas técnicas de amostragem para aumentar a possibilidade de generalização das descobertas realizadas com a experiência.

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

Segundo Cervo e Bervian (2002), para o adequado desenvolvimento da pesquisa é imprescindível o planejamento do programa experimental de forma organizada; portanto é de extrema relevância a programação das atividades que serão desenvolvidas. O programa experimental desenvolvido nesta tese foi baseado em um planejamento estatístico que permite trabalhar com variáveis de controle em diversos níveis e, posteriormente, utilizar ferramentas estatísticas para avaliar a influência de cada variável, bem como a interação entre elas, nas variáveis de resposta.

O trabalho foi feito com a avaliação de corpos de prova, que serviram de protótipos do sistema de revestimento reforçado com tela metálica. Buscou-se identificar dados, como:

- variáveis do estudo;
- materiais e equipamentos a serem utilizados no trabalho;
- ensaios de caracterização dos materiais;
- dimensionamento de corpos de prova, para submetê-los à tração na flexão, tração por compressão diametral e tração direta;
- metodologia e equipamentos de ensaio a serem adotados.

As etapas do trabalho são detalhadas no delineamento da pesquisa.

3.2 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS DE ESTUDO

As variáveis de resposta, também conhecidas como variáveis dependentes, são os aspectos do produto que podem ser medidos e que permitem quantificar as características de qualidade (RIBEIRO; CATEN, 2000).

Fatores controláveis ou variáveis independentes são aqueles parâmetros do processo que foram eleitos a serem estudados em vários níveis de um experimento, enquanto os fatores constantes são aqueles que não foram escolhidos como prioritários na pesquisa e, portanto, são mantidos constantes durante o experimento. Ainda há os fatores não controláveis, também conhecidos como fatores de ruído, estes não podem ser controlados e são responsáveis pela variabilidade do experimento (RIBEIRO; CATEN, 2000).

Considerando o objetivo da pesquisa, definiram-se como variáveis dependentes (de resposta), as principais propriedades possíveis de serem mensuradas e avaliadas: resistência à tração por compressão diametral, resistência à tração direta, resistência à tração na flexão.

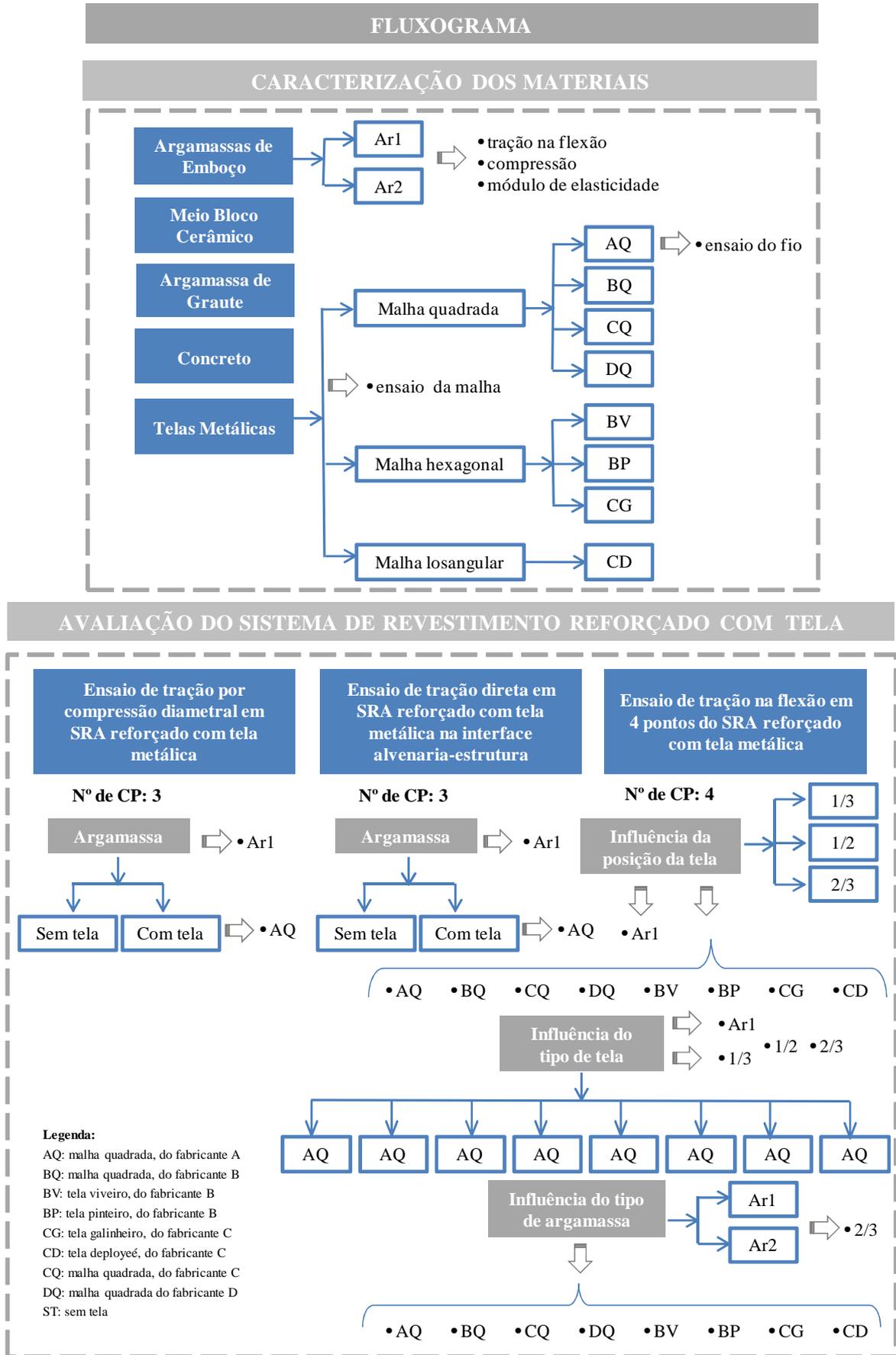
Como variáveis independentes (fatores controláveis) admitem-se 3 (três) tipos de malhas metálicas com formas e dimensões distintas, de marcas diferentes; 3 (três) posicionamentos da tela na espessura do emboço, ou seja, distância da mesma em relação ao substrato, 2 (duas) condições do revestimento de argamassa, com ou sem tela metálica, e 2 (dois) tipos de argamassa.

Os fatores fixos a serem considerados são os equipamentos de ensaios; os substratos, sendo estes, a vedação em alvenaria de blocos cerâmicos e a estrutura em concreto armado; o tipo de argamassa de emboço; e a espessura da argamassa de emboço.

Por fim, as variáveis intervenientes associadas à pesquisa são a umidade relativa e a temperatura.

O fluxograma do programa experimental adotado nesta pesquisa está demonstrado de forma esquemática na figura 40.

Figura 40: fluxograma da pesquisa



3.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A primeira etapa realizada nesta pesquisa consiste na pesquisa bibliográfica, que permeia todas as demais etapas. Nesta fase se buscam entender conceitos inerentes ao sistema de revestimento de argamassa (SRA), estudos das principais solicitações existentes especialmente na interface alvenaria-estrutura transmitidas para o SRA; conhecer os materiais, técnicas e fatores envolvidos no emprego de telas metálicas como reforço, e ainda levantar alguns tipos de ensaios já existentes que possam colaborar para o desenvolvimento da metodologia de avaliação de desempenho da tela metálica proposta neste trabalho.

Na sequência, em laboratório, prossegue-se com a caracterização dos materiais constituintes utilizados num sistema de revestimento reforçado com tela metálica. Nesta etapa se procede com a caracterização das argamassas do emboço a ser aplicada sobre o substrato; dos blocos de alvenaria cerâmica, do concreto que irá servir para produção do bloco de estrutura, do graute que viabilizará a fixação de barra metálica no bloco cerâmico para o ensaio de tração direta, e ainda das telas utilizadas nos ensaios propostos.

Para melhor definição das dimensões dos protótipos, fôrmas para moldá-los, dos aparatos de ensaio e da instrumentalização necessária para os ensaios propostos nesta pesquisa, é essencial a realização de estudos-piloto, para definir os tamanhos de amostra necessários e peso dos corpos de prova, quesitos de segurança durante a realização do ensaio, modos de adensamento, entre outras questões. Com fins a verificação da eficiência das ferramentas de ensaio propostas, o equipamento deve ser capaz de simular solicitação usual (tração ou tração na flexão) em sistemas de revestimento reais, previamente escolhida, imposta sobre os corpos de prova pré-definidos.

Após otimização dos equipamentos de ensaio, formas dos corpos de prova e dos procedimentos de execução, propõe-se a variação dos fatores controláveis apresentados nesta pesquisa: diferentes tipos de telas metálicas, diferentes posicionamentos da tela na espessura do revestimento, argamassa com e sem tela. O delineamento do trabalho, mencionado através das etapas citadas anteriormente, está sistematizado na figura 41.

Figura 41: delineamento da pesquisa



3.4 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Neste item, é apresentada a caracterização dos materiais utilizados durante esta pesquisa, tais como, argamassas e blocos de alvenaria cerâmica e telas metálicas.

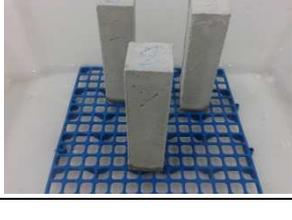
3.4.1 Caracterização das argamassas de emboço

Ao longo da avaliação do sistema de revestimento armado foram avaliados 2 (dois) tipos de argamassas industrializadas, denominadas neste trabalho de “Ar1” e “Ar2”, ambas de um mesmo fabricante, indicadas para execução de emboço (tabela 4). As argamassas foram misturadas, com quantidade de água conforme recomendações prescritas nos rótulos das respectivas embalagens. Então foram confeccionados corpos de prova prismáticos de (4 x 4 x 16) cm. O adensamento dos corpos de prova foi realizado durante 10 segundos, através de uma mesa vibratória. Após a moldagem, os corpos de prova foram submetidos à cura em câmara climatizada por 28 dias, com temperatura e umidade controladas de 23 ± 2 °C e 60 ± 5 %, respectivamente.

Para caracterização das argamassas de emboço, tratadas nesta pesquisa por Ar1 e Ar2, foram realizados diferentes ensaios, identificados na tabela 5, considerando os principais parâmetros sugeridos por norma. No que tange às características físico-mecânicas, no estado fresco, realizaram-se ensaios de índice de consistência conforme procedimentos especificados pela NBR 13276 (ABNT, 2005) e densidade de massa segundo a NBR 13278 (ABNT, 2005).

Do ponto de vista de ensaios no estado endurecido foram realizados os ensaios de densidade de massa, segundo a NBR 13280 (ABNT, 2005), resistência à tração na flexão e compressão, ambos conforme NBR 13279 (ABNT, 2005) e o ensaio de módulo de elasticidade dinâmico, conforme prescrito na NBR 15630 (ABNT, 2009). Os ensaios mecânicos foram realizados em uma prensa da marca EMIC, modelo DL 20000, disponível no LAMTAC (Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído), do NORIE, na UFRGS, com aplicação de carga de 50 ± 10 N/s para o ensaio de resistência à tração na flexão e de 500 ± 50 N/s para o ensaio de resistência à compressão, conforme exigência das respectivas normas. O aparelho utilizado para a realização do ensaio de módulo de elasticidade dinâmico foi o PUNDIT (*Portabela Ultrasonic Non-destructive Digital Indicating Tester*), da PROCEQ, disponível no laboratório anteriormente citado. Realizou-se ainda o ensaio de absorção por capilaridade, conforme prescrito na NBR 15259 (ABNT, 2005).

Tabela 5: resumo dos ensaios de caracterização das argamassas

Imagem	Ensaio	Dimensão do CP	Número de CP's	Norma
	Índice de consistência	Molde tronco cônico	3 leituras	NBR 13276 (ABNT, 2005)
	Densidade de massa no estado fresco			NBR 13278 (ABNT, 2005)
	Densidade de massa no estado endurecido	(4 x 4 x 16) cm	3	NBR 13280 (ABNT, 2005)
	Módulo de elasticidade dinâmico	(4 x 4 x 16) cm	3	NBR 15630 (ABNT, 2009)
	Resistência à tração na flexão	(4 x 4 x 16) cm	3	NBR 13279 (ABNT, 2005)
	Resistência à compressão	(4 x 4 x 16) cm	3	NBR 13279 (ABNT, 2005)
	Absorção de água por capilaridade	(4 x 4 x 16) cm	3	NBR 15259 (ABNT, 2005)

	Retenção de água	-	-	NBR 13277 (ABNT, 2005)
---	------------------	---	---	------------------------

Na tabela 6 estão apresentados, de modo resumido, os resultados obtidos durante a caracterização das argamassas ensaiadas.

Tabela 6: caracterização no estado fresco e endurecido das argamassas de emboço analisadas

Ensaio	Norma	Argamassa	Resultado médio	Desvio padrão	CV (%)	Classificação NBR 13281 (ABNT, 2005)
Índice de consistência	NBR 13276 (ABNT, 2005)	Ar1	251 mm	1,53	0,61	
		Ar2	285 mm	5,00	1,75	
Densidade de massa no estado fresco	NBR 13278 (ABNT, 2005)	Ar1	1710,01 kg/m ³	4,73	0,28	D3 ou D4
		Ar2	1633,99 kg/m ³	18,38	1,12	D3 ou D4
Densidade de massa no estado endurecido	NBR 13280 (ABNT, 2005)	Ar1	1630,27 kg/m ³	9,56	0,59	M4 ou M5
		Ar2	1463,89 kg/m ³	6,91	0,47	M3 ou M4
Módulo de elasticidade dinâmico	NBR 15630 (ABNT, 2009)	Ar1	7454,04 MPa	69,77	0,94	
		Ar2	4236,15 MPa	85,79	2,03	
Resistência à tração na flexão	NBR 13279 (ABNT, 2005)	Ar1	2,79 MPa	0,32	11,32	R4 ou R5
		Ar2	2,01 MPa	0,01	0,38	R4
Resistência à compressão	NBR 13279 (ABNT, 2005)	Ar1	6,09 MPa	0,78	12,84	P4 ou P5
		Ar2	3,85 MPa	0,30	7,72	P3
Absorção de água por capilaridade	NBR 15259 (ABNT, 2005)	Ar1	6,00 g/dm ² ·min ^{1/2}	0,00	0,00	C4
		Ar2	2,31 g/dm ² ·min ^{1/2}	0,05	2,00	C3
Retenção de água	NBR 13279 (ABNT, 2005)	Ar1	94%	0,00	0,00	U4 ou U5
		Ar2	95%	1,21	1,26	U5 ou U6

*Ar1 = Argamassa 1, Ar2 = Argamassa 2

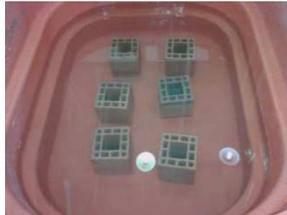
Cabe ressaltar, observando os dados da tabela 6, que a argamassa Ar1 apresenta o módulo de elasticidade o dobro da Ar2. Como esperado, igual comportamento pode ser verificado em relação à resistência à compressão. Entretanto, o mesmo não é observado quando se trata da resistência à tração na flexão, que se mantém praticamente a mesma.

3.4.2 Caracterização do meio-bloco cerâmico

Para a confecção do corpo de prova necessário para servir de base no ensaio proposto à tração direta do sistema de revestimento de argamassa aplicado sobre a interface alvenaria-estrutura, foi usado meio-bloco cerâmico com função de vedação e estrutural, com unidade básica modular (14 x 14 x 19) cm. Os meio-blocos foram recebidos, identificados, limpos, tiveram as

rebarbas retiradas e foram colocados em ambiente protegido para que fossem preservadas suas características originais. A caracterização dos meio-blocos cerâmicos segue de forma sintética na tabela 7.

Tabela 7: resumo dos ensaios de caracterização dos meio-blocos cerâmicos

Ensaio			Norma	CP
Determinação das características geométricas				
			NBR 15270-3, Anexo A (ABNT, 2005)	13
Determinação das medidas das faces		Determinação das medidas do septo		
Equipamentos utilizados: balança com resolução de até 10g; paquímetro com sensibilidade mínima de 0,05 mm; régua metálica com sensibilidade mínima de 0,5 mm; e um esquadro metálico de $90 \pm 0,5^\circ$				
Determinação do índice de absorção d'água				
			NBR 15270-3, Anexo B (ABNT, 2005)	6
Secagem na estufa	Pesagem	Saturação		
Equipamentos utilizados: balança com resolução de até 10g; estufa com temperatura ajustável a $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$; e um recipiente para armazenar água (figura 40)				
Determinação da resistência à compressão				
			NBR 15270-3, Anexo C (ABNT, 2005)	13
Nivelamento	Capeamento ($e \approx 3\text{mm}$)	Ensaio de compressão		
Equipamento utilizado: prensa da marca EMIC, modelo DL 20000, disponível no LAMTAC/NORIE -UFRGS com capacidade para 200tf, , com velocidade de carregamento controlada				

Para fins de utilização dos meio-blocos de alvenaria cerâmica nesta pesquisa, os resultados de caracterização deles quanto à resistência à compressão, aos aspectos geométricos e de absorção de água seguem no apêndice B.

A partir dos dados obtidos, verificou-se que o lote de blocos cerâmicos adquiridos para atuarem com substrato de alvenaria nesta pesquisa atende às prescrições mínimas exigidas por norma. E, portanto, estão adequados para utilização.

3.4.3 Caracterização da argamassa de graute

O uso do graute, cuja caracterização segue neste item, se deu diante da necessidade de promover a fixação de uma barra metálica de 16 mm, e 30 cm de comprimento, no interior dos meio-blocos cerâmicos, posicionada para tornar viável o ensaio de tração direta do revestimento aplicado sobre a interface alvenaria/estrutura, conforme etapas ilustradas na figura 42. A barra de 30 cm foi inserida até encontrar o fundo da base sobre a qual o meio-bloco cerâmico foi apoiado. Esta barra é o elemento no qual foram fixadas as garras da prensa para a aplicação da carga de tração.

Figura 42: (a) mistura da argamassa de graute com água, (b) limpeza, (c) grauteamento dos meio-blocos cerâmicos, com auxílio de béquer, (d) colocação da fôrma de posicionamento da barra de aço, (e) colocação da barra de aço, (f) alinhamento da barra de aço, (g) amostras prontas, (h) cura em câmara climatizada



Para moldagem da argamassa de graute industrializada, adicionou-se apenas água e adotou-se tempo de mistura de 4 min, seguindo-se a instrução sugerida pelo fabricante. Para o saco de 25 kg utilizou-se 3,0 litros de água. A caracterização da argamassa industrializada de graute fornecida pelo fabricante encontra-se na tabela 8.

Tabela 8: características do graute utilizado

Característica	Valores*
Consumo de graute	2200 kg/m ³
Tempo de utilização da argamassa	< 30 min
Temperatura de trabalho - ambiente - superfície de trabalho	5°C até 40°C 5°C até 27°C
Resistência à compressão: 24 horas 3 dias 28 dias	25 MPa 35 MPa 50 Mpa
Cor	Cinza
Composição	Cimento, agregados minerais, aditivos químicos não tóxicos e fluidificantes
Cura	Úmida ou química
Exposição aos raios solares	Após 72 horas

* dados fornecidos pelo fabricante

3.4.4 Caracterização do concreto

Com vistas a obter um ensaio que simulasse um sistema alvenaria/estrutura representando uma situação real foi necessária a confecção de blocos de concreto. Definiu-se um fck de 35MPa, como resistência desejada para o concreto produzido nesta pesquisa. Esta resistência foi definida em função de um levantamento da resistência média mais utilizada em concreteiras e construtoras da cidade de Porto Alegre/RS, realizado no ano de 2011 no NORIE. Adotou-se o cimento Portland CPIV, classificado pela NBR 5736 (ABNT, 1991) como um cimento pozolânico, cuja caracterização segue na tabela D.1 do apêndice D.

Utilizou-se para a confecção dos blocos de concreto, areia de origem quartzosa, proveniente do Rio Jacuí/RS, vendida no comércio como “média”. Cujas análises granulométrica realizada conforme a NBR NM 248 (ABNT, 2003), é apresentada na tabela D.2. A areia foi seca antes do uso.

O agregado graúdo utilizado foi de origem basáltica, chamado comercialmente de brita zero ou pedrisco, cuja classificação é dada segundo a NBR 7211 (ABNT, 2009), e cujas características físicas seguem na tabela D.3 do apêndice.

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

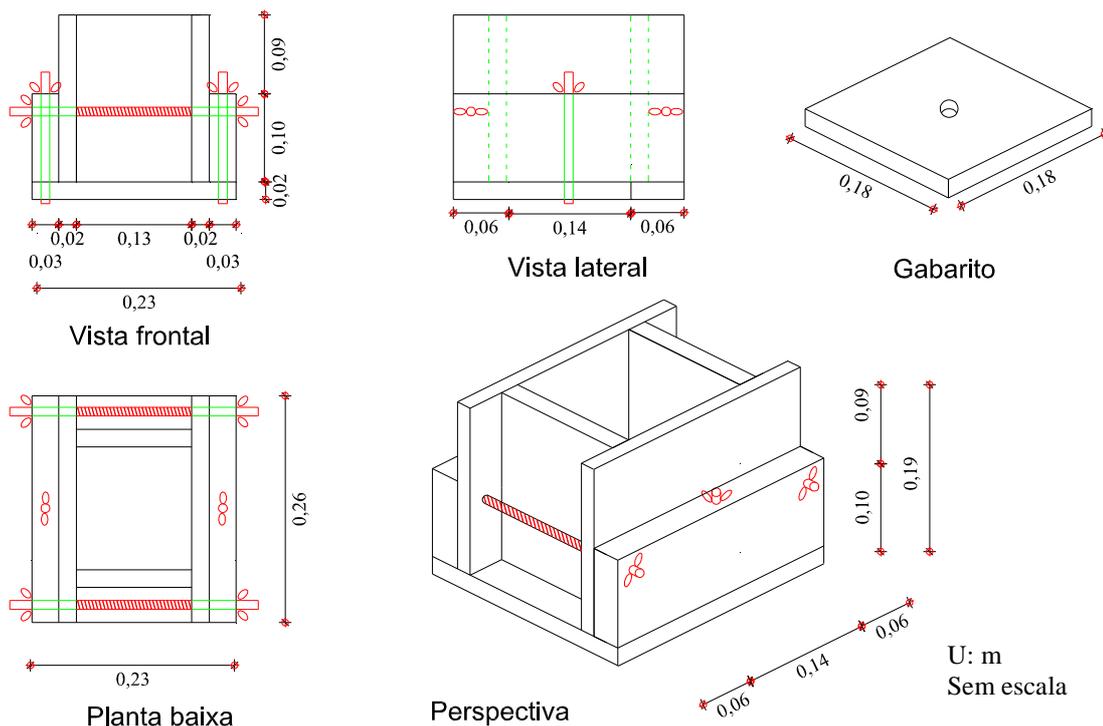
Os valores utilizados no proporcionamento do concreto para os blocos de concreto, foram obtidos por Stolz (2015), que desenvolvia pesquisa à mesma época no LAMTAC/NORIE e estão os expressos na tabela 9.

Tabela 9: proporcionamento do concreto utilizado nos substratos

Dosagem (traço)	α%	Traço				Propriedades		Consumo cimento (kg/m ³)	Consumo de água (l/m ³)
		Cim	A	P	a/c	H%	Slump (mm)		
1:3,73	56	1	1,65	2,08	0,47	9,94	100±20	461,00	217,00

Para cada dia de moldagem dos blocos de concreto, foram executadas 15 amostras, de (14 x 14 x 19) cm. Ao todo, foram realizadas três concretagens, totalizando 45 prismas, cujos modelos das formas seguem representados esquematicamente na figura 43 a seguir.

Figura 43: representação esquemática da fôrma feita para confecção do bloco de concreto



Após a mistura dos materiais, em betoneira de eixo vertical, as fôrmas foram preenchidas com o concreto no estado fresco e realizou-se adensamento através de uma mesa vibratória, sendo o tempo de adensamento padronizado através de controle com cronômetro pelo tempo de 10 segundos. Em seguida inseriu-se uma barra de aço com 16 mm de bitola e 30 cm de comprimento, centralizada no bloco com o concreto ainda no estado fresco, empurrada até encontrar o fundo do molde e utilizou-se o esquadro para garantir a ortogonalidade da mesma. Depois de moldados, os corpos de prova foram cobertos com sacos plásticos permanecendo em ambiente de laboratório durante 24 horas. Posteriormente foram desformados e encaminhados para cura imersa em água com cal, com temperatura controlada, durante 28 dias. A figura 44 mostra um passo a passo da produção dos blocos de concreto.

Figura 44: produção do bloco de concreto, (a) mistura, (b) ensaio de abatimento, (c) preenchimento das fôrmas, (d) adensamento, (e) colocação da barra metálica, (f) correção do prumo da barra metálica e (g) cura úmida



Os ensaios de caracterização realizados nas amostras do concreto confeccionadas nesta etapa estão elencados resumidamente na tabela 10, e os resultados apresentado no apêndice C desta pesquisa.

Tabela 10: resumo dos ensaios de caracterização dos meio-blocos cerâmicos

Ensaio			Norma	CP
Determinação da massa específica do concreto fresco				
			NBR 9833 (ABNT, 2008)	3
Adensamento	Pesagem			
Determinação da absorção de água e massa específica				
			NBR 9778 (ABNT, 2005)	3
Imersão	Secagem na estufa	Pesagem		
Determinação da resistência à compressão				
			NBR 5739 (ABNT, 2007)	3
Cura imersa	Retificação dos CP's	Ensaio de compressão		

3.4.5 Caracterização das telas metálicas

As telas metálicas adotadas nesta pesquisa são de quatro fabricantes tratados por A, B, C e D, com fio, abertura e formato de malhas distintas. Sua caracterização fornecida pelo fabricante pode ser encontrada na tabela 11.

Tabela 11: caracterização dos tipos de tela adotados nesta pesquisa*

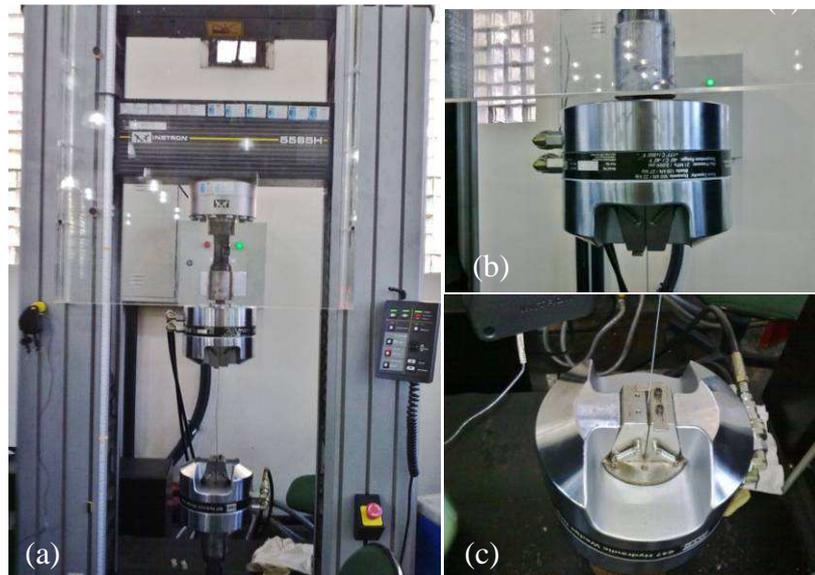
Fabricante	Tipo de tela metálica	Malha mm	Diâmetro do fio*		Altura do rolo M	Comprimento M	Resistência do fio* kg/mm ²	Gramatura mínima de zinco* g/m ²
			mm	BWG				
A	Malha quadrada (Q)	25 x 25	1,24	18	0,5	25	40 – 55	Galvanização pesada, 150
B	Malha quadrada (Q)	25 x 25	1,24	18	0,5	25	40 -55	Galvanização pesada, 150
	Malha hexagonal, viveiro (V)	12,7 (1/2")	0,56	24	1,0	50	40 -55	Galvanização leve, 20
	Malha hexagonal, pinteiro (P)	25,4 (1")	0,56	24	1,0	50	40 -55	Galvanização leve, 20
C	Malha hexagonal, galinheiro (G)	50,8 (2")	1,24	18	1,5	1,5	40 -55	Galvanização leve, 20
	Malha losangular, deployée (D)	25,4 (1")	0,18		1,0	50		Não possui galvanização
	Malha quadrada (Q)	25 x 25	1,24	18	0,5	25	40 – 55	Galvanização leve, 40
D	Malha quadrada (Q)	25 x 25	1,24	18	0,5	25	40 – 55	Galvanização pesada, 150

*caracterização fornecida pelos fabricantes.

No que tange à proteção contra corrosão, para a NBR 6331 (ABNT, 2010), telas metálicas que possuem gramatura de zinco inferior a 35 g/m² são indicadas apenas para emprego em áreas secas e atmosferas não agressivas. As telas de fio entrelaçados com malha hexagonal do tipo viveiro (V) e pinteiro (P) do fabricante B, bem como a como a do tipo galinheiro (G) do fabricante (C), apesar de não serem recomendadas para fachadas foram avaliadas uma vez que seu uso é prática corrente em vários estados brasileiros, inclusive no Rio Grande do Sul.

Complementarmente, se apresenta a caracterização da tela a partir do fio metálico que a compõe. Este ensaio foi realizado uma vez que, quando os fabricantes fornecem os dados, estes são apenas do fio. E pode acontecer de, em função do ponto de solda, este ponto se tornar um ponto de fraqueza no fio. O ensaio de tração de arame de aço realizado foi amparado pelas normas NBR 6207 (ABNT, 1982), NBR ISO 6892 (ABNT, 2002) e ASTM E8/E8M (2011). Utilizou-se uma máquina de tração, com capacidade de até 250 KN, modelo Instron 5585, com uma taxa de deslocamento de 10 %/min durante a deformação elástica e 40 %/min durante a deformação plástica, conforme exige a normalização, com temperatura e umidade controladas, sob o apoio do LAMEF (Laboratório de Metalurgia Física), pertencente à UFRGS (figura 45).

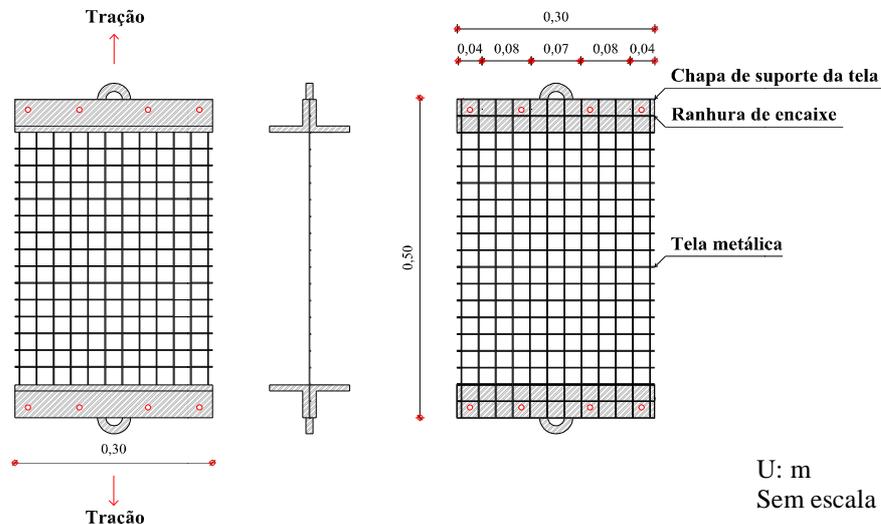
Figura 45: (a) equipamento de ensaio à tração das amostras de fio metálico, (b) garra superior e (c) garra inferior.



Foram usadas 6 (seis) amostras do arame de aço de mesma bitola do fio que compõe a malha da tela metálica, com aproximadamente 30 cm de comprimento, e foram obtidas informações como alongamento, carga máxima, limite de resistência e limite de escoamento.

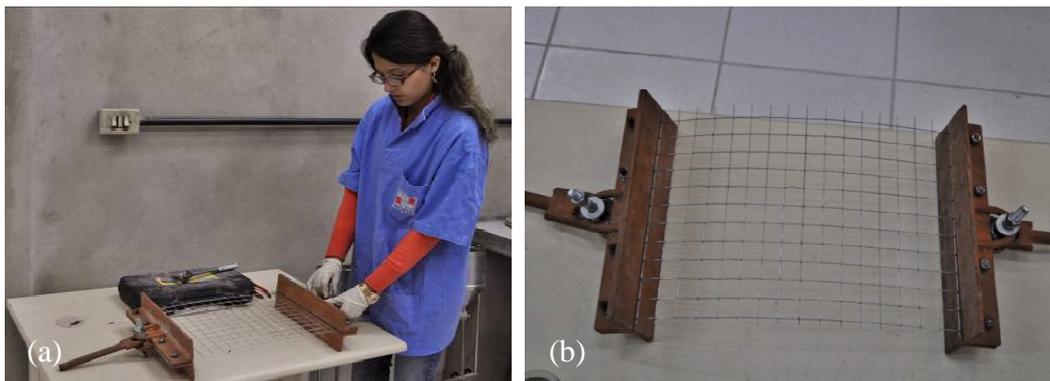
A segunda etapa de caracterização da tela metálica, com fio e malha usuais, indicada para reforço de revestimento de fachadas foi por meio de realização de um ensaio proposto, inspirado no anterior. Diferentemente do ensaio proposto por Jodas (2006) que avaliou a tela a partir do seu arranchamento à tração, numa região que simulava a ligação das alvenarias com a estrutura, a pesquisa atual propõe verificar a resistência à tração direta da tela metálica propriamente dita, isolada, obtenção de sua carga máxima de ruptura e identificação dos locais de ruptura da malha, conforme figura 46. O ensaio foi proposto diante da necessidade de verificar se a ligação entre os fios na forma de malhas não interfere na resistência da malha, e a desconexão entre eles pudesse ocasionar valores de resistência inferiores aos expressos pelos fabricantes para o fio.

Figura 46: representação esquemática do ensaio à tração de tela metálica, com vista frontal do aparato de ensaio montado; vista lateral e encaixe da tela no aparato aberto, da esquerda para a direita, com dimensões em mm



O dispositivo de ensaio trata-se de dois perfis metálicos em “L”, entre os quais se posicionou cada amostra de tela metálica de malha quadrada, em ambas as extremidades, e que foram posteriormente fixadas por parafusos junto à base e na parte superior da prensa, onde o conjunto foi mantido na vertical para aplicação da força de tração, conforme se observa na figura 47.

Figura 47: (a) montagem do aparato metálico de ensaio e (b) corpo de prova já fixado



Foram utilizadas 6 amostras de 30x50 cm, de uma tela metálica eletrossoldada galvanizada, com malha 25x25 mm e diâmetro de fio de 1,24 mm. O procedimento de ensaio foi realizado em todos os formatos de tela, no entanto, para as telas de malha hexagonal e de malha losangular, diante da grande flexibilidade e capacidade de deformação delas se tonou inviável já que ultrapassaram o curso da prensa sem chegar a romper. Então em estudos preliminares tentou-se diminuir o tamanho da amostra para 30x30 cm, ainda assim só no ato da montagem

as telas já eram solicitadas com o peso do aparato e os dados obtidos na prensa não tiveram validade, a tela do tipo deployée inclusive rompia no próprio manuseio (figura 48).

Figura 48: ensaios preliminares das telas: (a) galinheiro, (b) pinteiro, (c) viveiro e (d) deployée



Para realização do mesmo, utilizou-se uma máquina de ensaios universais da marca SHIMADZU, modelo UH-F 2000KN, disponível no LEME (Laboratório de Ensaios e Modelos Estruturais) / UFRGS. O ensaio foi efetuado com temperatura de 23 ± 2 °C e umidade controlada de 60 ± 5 %.

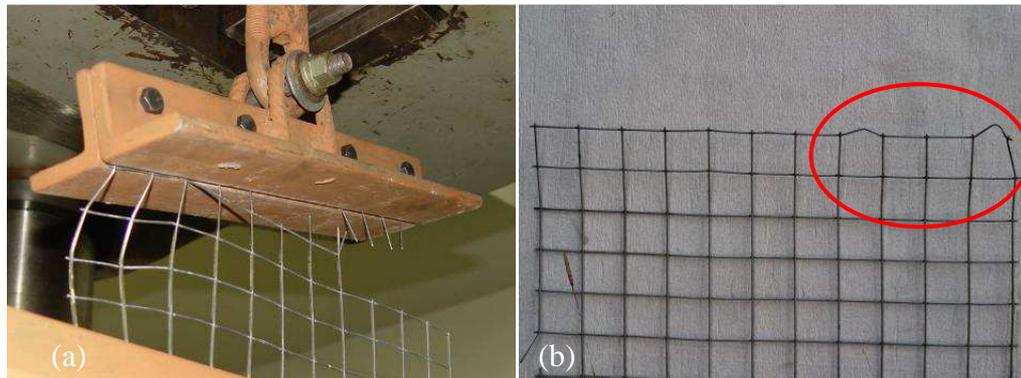
No sentido de avaliar a capacidade de ruptura à tração da tela metálica, a velocidade de carregamento aplicada neste referido trabalho foi 0,05 KN/s, definida através de ensaios piloto com base em normas de ensaio de resistência recomendadas para argamassas segundo a ABNT, (tabela 12),

Tabela 12: referência para atribuição da velocidade de carregamento

Ensaio	Velocidade de Carregamento	Norma
Determinação da resistência à tração na flexão	(50 ± 10) N/s	NBR 13279 (ABNT, 2005)
Determinação da resistência à compressão axial	(500 ± 50) N/s	NBR 13279 (ABNT, 2005)
Determinação da resistência de aderência à tração	(250 ± 50) N/s	NBR 14084 (ABNT, 2004)
Argamassa para revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência potencial de aderência à tração	(250 ± 50) N/s	NBR 15258 (ABNT, 2004)

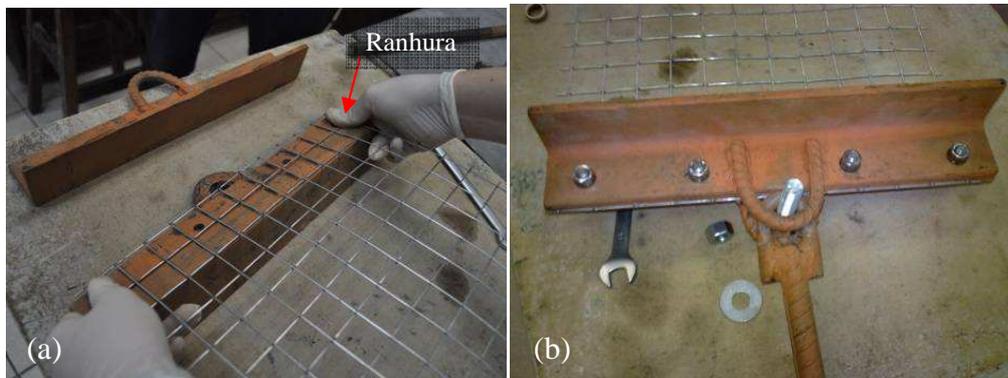
Realizaram-se também testes para verificar a eficiência do aparato metálico desenvolvido para o ensaio de resistência à tração da tela, em distribuir a carga de maneira uniforme ao longo da mesma, e observou-se uma tendência do suporte a gerar cargas pontuais nos pontos em que a tela se prendia aos parafusos (figura 49),

Figura 49: (a) efeito da falta de distribuição uniforme da carga de tração e (b) pontos de sobrecarga na tela sobre os parafusos de encaixe do aparato



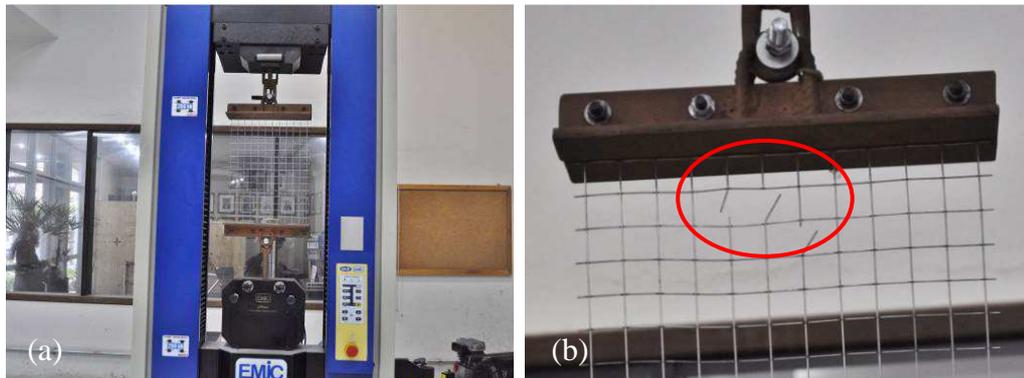
Para sanar o problema de ensaio verificado anteriormente criou-se uma ranhura no suporte no qual um fio horizontal da tela seria inserido, de modo a distribuir uniformemente as tensões de tração ao longo da mesma. Assim, posicionou-se cada tela metálica de malha quadrada entre os dois perfis em “L” de um aparato metálico, conforme mostrado na figura 50, certificando-se que o segundo fio horizontal da tela fosse totalmente inserido na ranhura do suporte, para só então submeter o corpo de prova ao ensaio.

Figura 50: encaixe da tela no aparato metálico (a) posicionamento da tela na ranhura existente no aparato (b) colocação dos parafusos



A partir daí as amostras foram submetidas ao esforço de tração, aplicado na direção longitudinal, tendendo a alongá-las até a ruptura, de modo a obter-se a carga máxima (ruptura), a partir dela o limite de resistência à tração, e ainda verificaram-se os locais de ruptura da tela metálica ensaiada. Utilizou-se uma máquina de ensaios da marca EMIC, modelo DL 20000, disponível no LAMTAC/NORIE, na UFRGS. A carga foi aplicada sobre o corpo de prova, continuamente e sem choques, com crescimento constante de velocidade até a ruptura da tela metálica, percebida facilmente a olho nu (figura 51).

Figura 51: ensaio de ruptura da tela metálica (a) conjunto, aparato de ensaio e tela metálica, montado e (b) pontos de ruptura da tela metálica



3.5 ENSAIOS DO SISTEMA DE ARGAMASSA REFORÇADO COM TELA

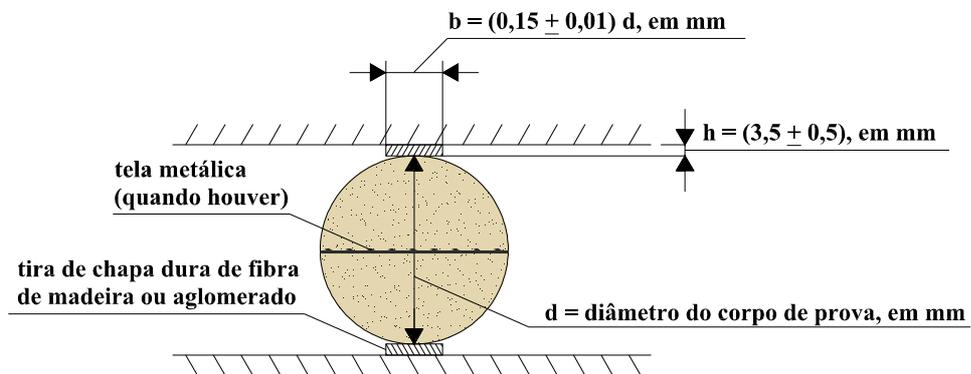
Neste item serão apresentados os procedimentos dos três ensaios propostos para avaliação de desempenho do sistema de argamassa reforçado com tela metálica, são eles: ensaio de tração na flexão em 4 pontos; ensaio de tração direta e ensaio de tração por compressão diametral.

3.5.1 Ensaio de tração por compressão diametral em SRA reforçado com tela metálica

Para avaliar a interação da argamassa com tela metálica e seu desempenho optou-se por aplicar o método de ensaio físico-mecânico conhecido mundialmente como “*Brazilian test*”, baseado na NBR 7222 (ABNT, 2011), que trata da determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndrico de argamassa e concreto.

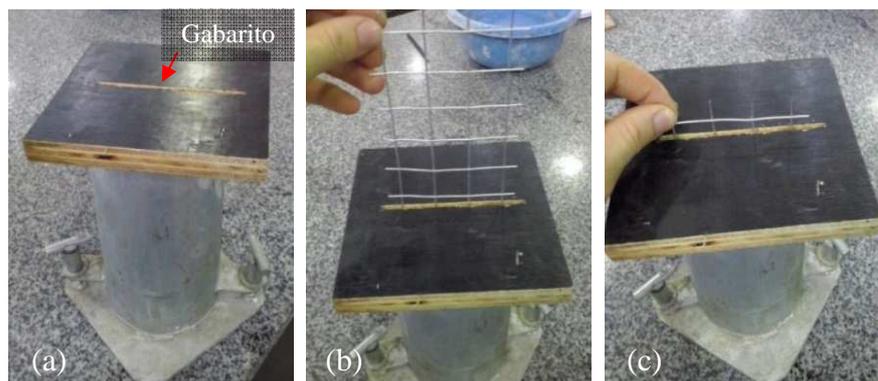
Para este ensaio, inicialmente buscou-se estimar o tamanho mínimo da amostra necessária para reprodutibilidade do ensaio, a partir de uma população composta por 30 amostras. Em seguida, obtendo-se o tamanho mínimo amostral igual a 3, foram moldados 3 corpos de prova de (10 x 20) cm de argamassa sem tela, para os ensaios de controle de resistência à tração por compressão diametral e 3 corpos de prova de argamassa com tela metálica incorporada transversalmente, de malha quadrada (25 x 25) mm, e fio 1,24 mm. As rupturas foram executadas aos 28 dias, conforme a figura 52.

Figura 52: representação esquemática do ensaio de compressão diametral (baseado na NBR 7222, 1994)



Durante a moldagem, as fôrmas cilíndricas foram preenchidas com argamassa e o adensamento dos corpos de prova foi realizado através de uma mesa vibratória durante 10 segundos. Nos corpos de prova em que foi inserida a tela metálica, conforme mostra a figura 53, confeccionou-se um gabarito de compensado naval com um furo suficiente para a penetração justa da tela metálica para que ela ficasse posicionada devidamente no centro do molde no sentido vertical, após o adensamento da argamassa. Depois da moldagem, os corpos de prova foram levados à cura em câmara climatizada por 28 dias, com temperatura e umidade controladas de 23 ± 2 °C e 60 ± 5 %, respectivamente.

Figura 53: (a) apoio do gabarito no corpo de prova após vibração do concreto, (b) encaixe da tela no interior do rasgo existente no gabarito, (c) finalização da colocação da tela



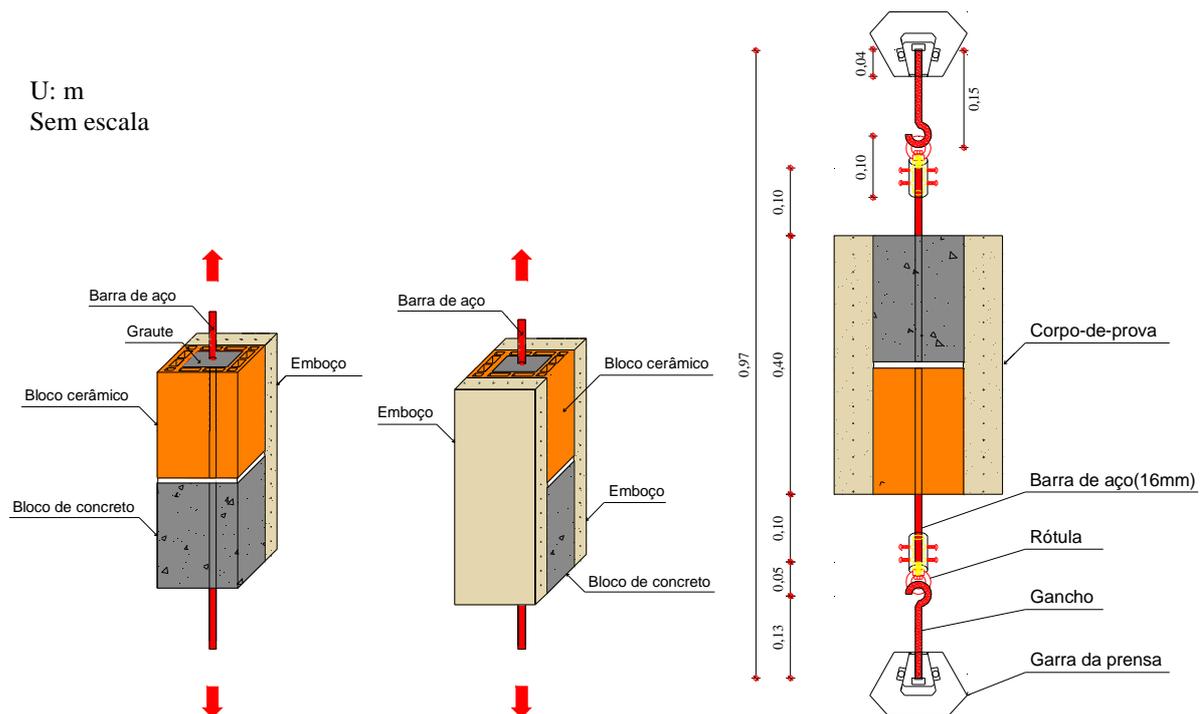
Para o ensaio, o corpo de prova foi posicionado em repouso ao longo de uma geratriz sobre o prato da máquina de compressão, e apoiado sobre uma tira de chapa dura de madeira, de 3,5 mm. E então a carga foi aplicada sobre a amostra continuamente e sem choque a uma velocidade de $(0,05 \pm 0,02)$ MPa/s, até sua ruptura. Neste ensaio utilizou-se a argamassa do tipo AR1 e a tela metálica AQ, cuja caracterização foi expressa no item 3.4.5, na tabela 11.

3.5.2 Proposta de ensaio de tração direta em SRA reforçado com tela metálica na interface alvenaria-estrutura

Com base na revisão bibliográfica sabe-se que a zona de transição sobre a interface alvenaria/estrutura é uma região crítica da base sobre a qual se aplica um revestimento de argamassa, e onde mais se indica o uso de reforço com telas. Para esta situação, desenvolveu-se um ensaio para avaliação de desempenho mecânico do revestimento de argamassa reforçado com tela. Propôs-se verificar a influência do uso de tela metálica para o possível incremento de resistência à tração direta do revestimento com função de ponte de transmissão.

O ensaio consiste em submeter o corpo de prova sugerido a uma carga uniaxial crescente que tende a provocar um alongamento do mesmo até a ruptura, como ilustra a figura 54.

Figura 54: representação esquemática do ensaio à tração proposto para o sistema de revestimento reforçado com tela metálica



Sabe-se que existe aderência entre a tela metálica e a argamassa envolvente, e que o fenômeno do aparecimento de fissuras na superfície da argamassa (assim com a estimativa de sua abertura) está intimamente ligado às tensões de aderência que se desenvolvem entre o aço e a argamassa. Quanto maior a aderência, maior a tendência de que este esforço seja absorvido por ambos os materiais, e por consequência, menor o efeito danoso da fissuração.

Atualmente, o ensaio mais amplamente utilizado no controle tecnológico do desempenho de revestimentos de argamassa consiste no normalizado pela NBR 13528 (ABNT, 2010), de resistência de aderência à tração, também conhecido por arrancamento. É um dos principais parâmetros para avaliação do desempenho do sistema de revestimento de argamassa, sendo este preconizado por diferentes normas, em âmbito internacional e nacional. A resistência de aderência à tração consiste na tensão máxima suportada por uma área limitada de revestimento (corpo de prova) quando submetida a um esforço de tração.

A própria NBR 13528 (ABNT, 2010, p. 2) afirma que:

[...] Quando tiver sido aplicada a tela metálica no revestimento não é possível realizar o corte do corpo de prova; o método de ensaio de resistência de aderência à tração é difundido no meio técnico para avaliar sistema de revestimento reforçado com tela.

Quando se utiliza o ensaio de aderência à tração nas situações em que há uso da tela metálica, se resume apenas em comprovar se a mesma se configura ou não, num plano de fraqueza dentro do sistema, ou seja, se altera o comportamento aderência da argamassa no sistema de revestimento. Mas não é capaz de demonstrar a eficiência da tela metálica em dissipar tensões no revestimento, visto que não permite visualizar o aparecimento de fissuras sobre o mesmo.

Desta forma, na tentativa de preencher esta lacuna do conhecimento, propõe-se nesta etapa da pesquisa um ensaio para avaliação do desempenho do sistema, o qual se norteia nas tensões de tração pelas quais normalmente a interface alvenaria-estrutura está submetida, e aplica um esforço de tração direta do sistema desenvolvido.

Inicialmente definiram-se as dimensões do protótipo a ser ensaiado bem como a caracterização da argamassa do emboço a ser aplicada sobre o substrato previamente escolhido. Buscou-se adotar um tamanho de prova o maior possível de ser ensaiado, dentro dos limites de comprimento de curso da prensa e que fosse ergonomicamente viável, quanto ao peso, para manuseio pelo operador.

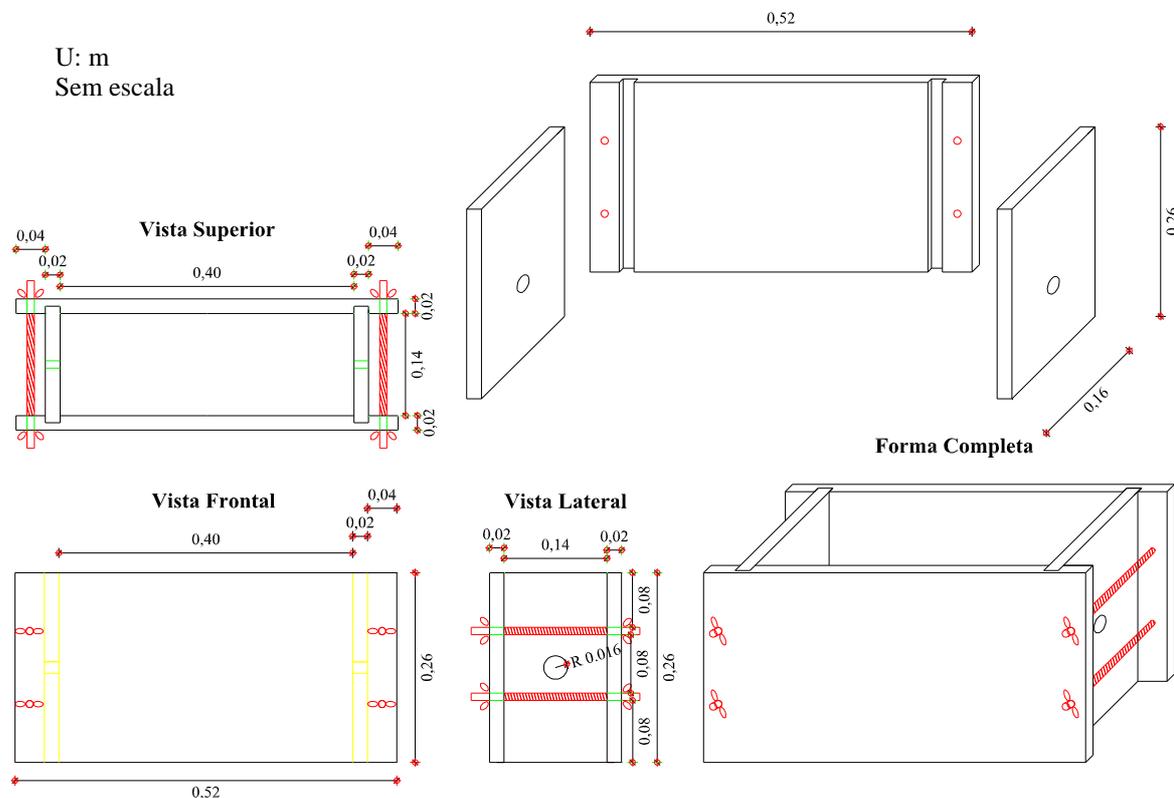
Para fim de validação dos resultados a serem obtidos através desta proposta de ensaio, avaliou-se a variabilidade estatística do mesmo. Inicialmente foi aplicado numa população de 30 amostras, para então verificar o tamanho amostral necessário com fins à reprodutibilidade do mesmo.

O corpo de prova proposto é composto por:

- 1 meio-bloco cerâmico, (14x14x19) cm, contendo em si uma barra de aço de 30 cm previamente grauteada no interior do mesmo;
- 1 bloco de concreto de mesma dimensão contendo outra barra também com 30 cm inserida;
- e revestimento de argamassa industrializada reforçada com tela sobre as duas faces do conjunto unido, dentro de um molde. Promoveu-se a limpeza da superfície de ambos, para retirar possíveis pulverulentos e oleosidades, antes de aplicar a argamassa.

Para viabilizar a confecção do corpo de prova e simular um sistema de revestimento de argamassa com tela sobre a interface alvenaria/estrutura, foi estudada a confecção de uma fôrma de que viabilizasse a montagem do conjunto a ser ensaiado sem que houvesse o comprometimento das partes durante o manuseio, cuja representação esquemática segue na figura 55.

Figura 55: representação esquemática da fôrma adotada para execução do corpo de prova para ensaio de tração direta de sistema de revestimento reforçado com tela metálica



Depois de passados os 28 dias de cura do grauteamento da barra de aço no meio-bloco cerâmico o mesmo é engavetado de modo que a sua barra atravessasse o furo feito numa das laterais da fôrma (figura 56c). Em seguida o bloco de concreto, também após 28 dias de curado é encaixado simetricamente no outro lado da mesma fôrma (figura 56d). Sobre eles é disposta a tela metálica rente à superfície, tendo o cuidado de padronizar o posicionamento da tela de forma que o fio longitudinal sempre ficasse voltado para baixo (figura 56e).

De modo que a realização do ensaio de tração fosse possível e sabendo que o comprimento de curso da prensa é igual a 1,13 m, que a altura do conjunto alvenaria-bloco cerâmico montado ficou em 40 cm, foram cortadas duas barras de aço de bitola 16 mm, com tamanho igual a 30 cm, inseridas em cada um dos lados do corpo de prova, para permitir prendê-la à garra da prensa para aplicação da carga de tração no eixo da amostra.

O revestimento de argamassa sobre o corpo de prova foi definido numa espessura de 6 cm, sabendo-se que, geralmente, as regiões que exigem o uso da tela com fins de reforço, são aqueles que após mapeamento prévio da fachada têm necessidade de espessuras superiores a 2,5 cm para evitar a sua queda, e cuja recomendação dos fabricantes de tela metálica deve ocorrer a partir de 5 cm. O revestimento foi aplicado em duas etapas: primeiro um lado da amostra foi moldado e após 15 dias de cura com sacos plásticos, para protegê-lo da ação do vento e evitar formação de fissuras, o outro lado foi moldado. Na produção do revestimento de argamassa, para cada saco de 40 kg de argamassa industrializada foi possível revestir uma das faces de cada 5 corpos de prova. O tempo de mistura da argamassa industrializada com a água adotado foi de 4 min, conforme recomendação do fabricante. O lançamento da argamassa ocorreu com uso de uma caixa de queda, para garantir uma uniformidade da energia de lançamento e evitar ruído pertinente à mão de obra. A definição da altura de queda foi determinada por Pagnussat (2013), pela comparação da densidade de massa de uma argamassa aplicada manualmente por um funcionário experiente com as densidades de massa de argamassas lançadas a diferentes alturas da caixa de queda. A aplicação da argamassa sobre o substrato ocorreu a 1,00 m de altura, pois esta foi a altura de queda que melhor se aproximou da energia de lançamento da mesma argamassa por um operário da construção, para o aparelho disponível no NORIE/UFRGS, através dos testes laboratoriais feitos pelo pesquisador mencionado anteriormente.

Depositou-se argamassa na caixa de queda, efetuaram-se 6 batidas com martelo de borracha em cada uma das faces da mesma, e enfim promoveu-se seu lançamento sobre o substrato.

Diante da sobreessura (argamassa superior a 5 cm) do revestimento, para promover melhor uniformidade de adensamento do revestimento sobre a interface alvenaria-estrutura criada no corpo de prova optou-se por fazer um adensamento complementar da argamassa após o seu lançamento com a caixa de queda, aplicando 6 batidas suaves com martelo de borracha em cada uma das faces da fôrma.

Aos 28 dias de cura, feita com sacos plásticos (figura 56j), da argamassa aplicada na primeira face do corpo de prova, realizou-se o ensaio de tração direta. Ressalta-se que esta foi a face de ruptura monitorada.

Para garantir a ortogonalidade da barra de aço de 16 mm de bitola e 30 cm de comprimento durante a sua inserção, tanto no bloco de alvenaria cerâmico, quanto no bloco de concreto utilizou-se o esquadro. Ainda assim, para evitar possíveis distorções de aplicação da carga de tração axial ao corpo de prova, elaboraram-se alças, que serviriam como rótulas, as quais foram acopladas às extremidades das barras de aço (figura 56l). As alças foram bem ajustadas com uso de parafuso, e em seguida o corpo de prova foi encaminhado à prensa para ruptura. Na prensa foram colocados dois ganchos, um na garra inferior e outro na garra superior, para enganchar as alças do corpo de prova (figura 56m). Primeiro a amostra é encaixada na alça superior e por último foi encaixada na alça inferior.

Para melhor compreensão da metodologia desta etapa da pesquisa segue na figura 56 a sequência de etapas necessárias para a produção dos corpos de prova que simulam um sistema de revestimento de argamassa reforçada com tela metálica aplicada sobre a interface alvenaria-estrutura.

Figura 56: sequência de montagem do sistema alvenaria-estrutura reforçado com tela metálica: limpeza (a) do concreto e (b) do meio-bloco cerâmico, encaixe do (c) bloco de concreto e (d) do bloco cerâmico, (e) colocação da tela metálica, (f) organização da caixa de queda, (g) adensamento do material dentro da caixa de queda, (h) queda da argamassa, (i) rasamento da argamassa dentro da fôrma, (j) cura ao ar com sacos plásticos, (l) encaixe da rótula no corpo de prova, (m) encaixe da alça nas garras da prensa, (n) ensaio de tração direta, (o) corpo de prova após ruptura



É importante informar que a escolha do meio-bloco cerâmico para representar a alvenaria se deu por conta da necessidade de um corpo de prova final com peso total possível de manusear em todas as etapas do experimento.

Com a intenção de reduzir a variabilidade do ensaio optou-se por não inserir argamassa de assentamento entre o bloco cerâmico e o bloco de concreto. Em seu lugar, adotou-se uma

placa de isopor de (14 x 14) cm e 1 cm de espessura, conforme a figura 57, no contato das faces dos blocos onde foi previamente passada uma fita adesiva plástica.

Figura 57: movimentação dos corpos de prova com auxílio de dois operadores



A metodologia proposta apresentou algumas limitações processuais como a massa elevada das amostras, especialmente após a aplicação de argamassa sobre a segunda face. O peso total do corpo de prova revestido pelos dois lados dava algo em torno de 28 kg. Desta forma, tanto por questões ergonômicas, como por medida de segurança às pessoas e aos corpos de prova, os manuseios destes foram sempre realizados por duas pessoas, conforme mostra a figura 58.

Figura 58: movimentação dos corpos de prova com auxílio de dois operadores



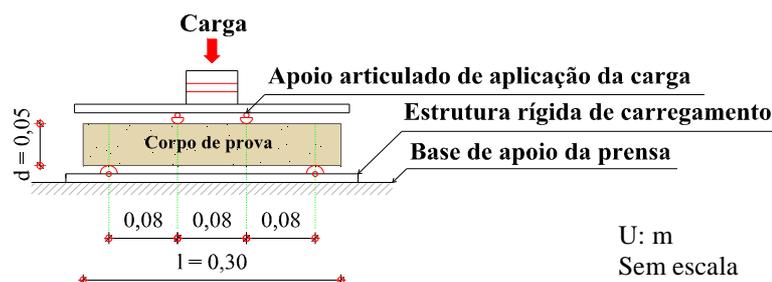
3.5.3 Proposta de ensaio de tração na flexão em SRA reforçado com tela metálica

Como primeira opção de método de avaliação de desempenho de revestimentos de argamassa reforçados com tela metálica, nesta pesquisa, propõe-se um ensaio que representa esforços de tração por flexão que podem ocorrer, por exemplo, na zona de fixação superior da alvenaria (“encunhamento”) de fachadas. A metodologia utilizada foi uma adaptação da indicada para Giselle Reis Antunes (engcivil.giselle@gmail.com), Tese, Porto Alegre, PPGEC/UFRGS, 2016.

caracterização de blocos de concreto, do ponto de vista de flexão, descrita na NBR 12142 (ABNT, 2010)⁵ e na ASTM C1018⁶. Utilizou-se um ensaio de tração em 4 pontos e um dispositivo de flexão baseado nas respectivas normas, capaz de assegurar a aplicação da força perpendicularmente às faces superior e inferior do corpo de prova, sem excentricidades.

Optou-se por realizar o ensaio de tração na flexão em quatro pontos (figura 59), ou seja, com aplicação de duas cargas sobre os terços do vão de apoio do corpo de prova prismático (dois cutelos no terço do vão), por este é formato de ensaio mais disseminado (BALBO, 2013). Com este tipo de ensaio aplicado com 4 apoios entende-se que os dados obtidos tenham menos ruídos, maior precisão e permite medir satisfatoriamente a propriedade desejada do que o ensaio realizado com 3 apoios, onde é aplicada uma carga central (um cutelo). O ensaio termina quando é atingida a carga máxima de ruptura suportada pelo material.

Figura 59: desenho esquemático do ensaio de tração na flexão com 4 apoios



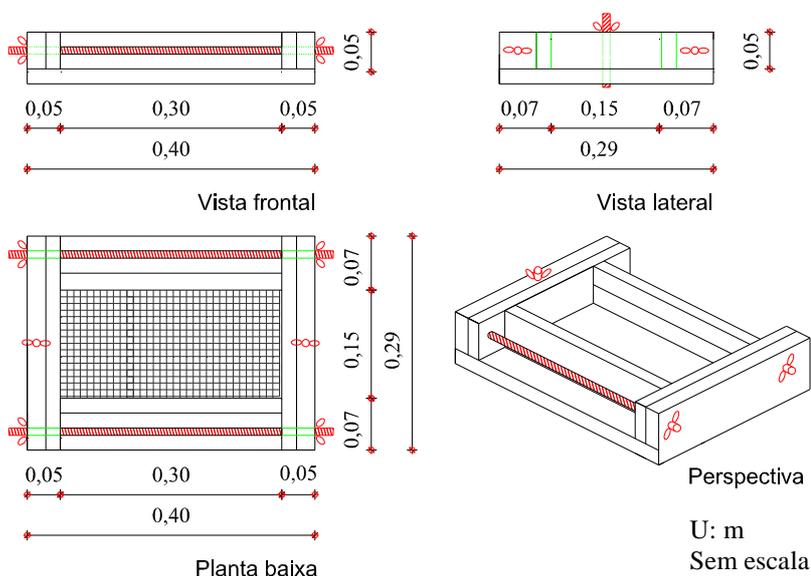
Com se trata de uma proposta nova de ensaio, apesar de adaptado, para argamassa armada, moldaram-se 30 corpos de prova, que segundo a literatura voltada às aplicações das metodologias quantitativas em estatística (BOX *et al.*, 2005; LUCHESA, 2011), é uma amostra suficientemente grande e representativa da população, embora esse número varie de autor para autor, o que equivale aproximadamente 10 % a 20 % da população. A adoção inicial de 30 amostras deste ensaio ocorreu para a definição do tamanho amostral necessário para sua reprodução em avaliações futuras.

⁵ ABNT. NBR 12142: Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010.

⁶ AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standart test method for flexural toughness and first crack strength of fiber reinforced concrete. ASTM C1018. Book of ASTM Standart, part04.02. ASTM, Philadelphia, 1994.

Adotaram-se 30 amostras de tela metálica eletrosoldada galvanizada (15 x 30) cm, de malha quadrada (25 x 25) mm de diâmetro de fio de 1,24 mm, do tipo AQ, sendo cada amostra composta por 6 fios longitudinais e 11 fios transversais. Após o corte a tela é inserida na metade da espessura da camada de uma argamassa industrializada de 5 cm e moldadas numa fôrma especialmente desenvolvida para este tipo de ensaio, conforme a figura 60. Ressalta-se que foi definida um protótipo com 5 cm de espessura, sabendo-se que, geralmente, as regiões do revestimento que exigem a utilização de tela com fins de reforço, verificadas através de mapeamento prévio da fachada, são aquelas com necessidade de espessuras superiores a 2,5 cm para evitar a sua queda.

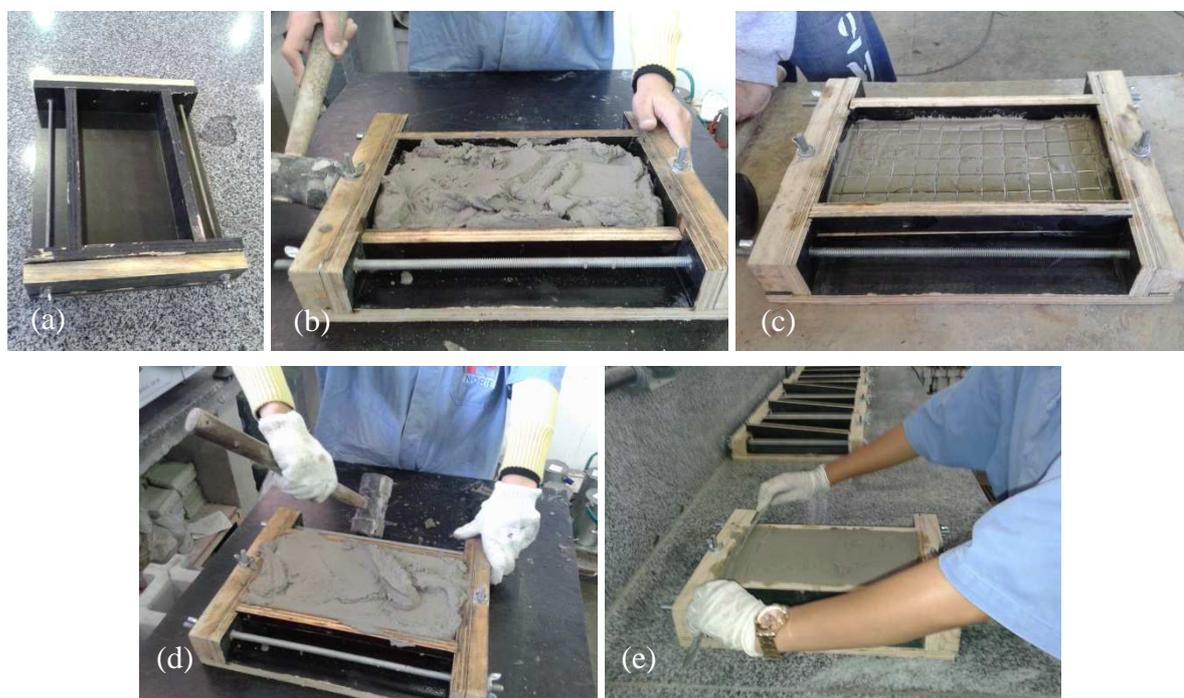
Figura 60: representação esquemática da fôrma usada para moldagem do corpo de prova de argamassa reforçado com tala para ensaio de tração na flexão



Para execução dos corpos de prova de argamassa armada, inicialmente a argamassa industrializada no estado fresco foi depositada na fôrma numa camada de 2,5 cm, então se efetuam 8 (oito) batidas leves com martelo de borracha para adensá-la, em cada um dos quatro lados da fôrma. Neste ensaio a utilização de caixa de queda para realizar o lançamento da argamassa dentro da forma não foi adequada, pois a argamassa refletia para fora do recipiente. Em seguida, a tela metálica foi imersa sobre a camada inicial, procedendo-se com o aperto da mesma na argamassa. A segunda camada de argamassa (2,5 cm) preenchidos com argamassa e novamente efetuam-se mais 8 golpes em cada uma das quatro faces da forma a fim de promover o adensamento da argamassa e retirar possíveis bolhas (figura 61). Regularizou-se a superfície do corpo de prova através do uso de uma régua metálica.

Após moldados todos os corpos de prova, de caracterização das argamassas e do ensaio de ruptura da argamassa armada, foram cobertos com sacos plásticos permanecendo em ambiente durante 24 horas e posteriormente desformados. Depois da desforma os corpos de prova de caracterização da argamassa reforçada com tela metálica foram dispostos em câmara climatizada, com temperatura e umidade relativa do ar, controladas, de 23 ± 2 °C e 60 ± 5 %, respectivamente, condição de climatizações baseada em normas já existentes de argamassa como a NBR 15258 (ABNT, 2005).

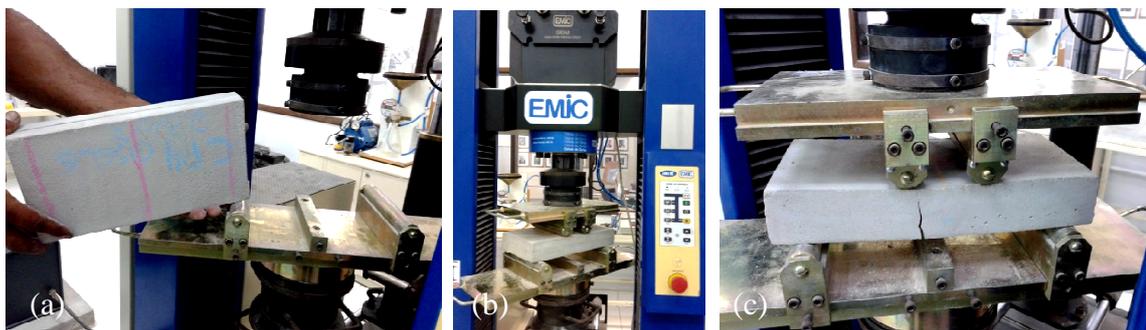
Figura 61: moldagem dos corpos de prova para o ensaio de tração na flexão: a) forma, b) deposição da primeira camada de argamassa, c) inserção da tela metálica, d) colocação da segunda camada de argamassa e e) rasamento da fôrma.



Para este ensaio foi adotada a velocidade de carregamento igual a 0,05KN/s, conforme indicado na NBR 13279 (ABNT, 2005). Utilizou-se uma máquina de ensaios da marca EMIC, modelo DL 20000, disponível no LAMTAC/NORIE - UFRGS. O ensaio, que pode ser observado na figura 62, foi realizado com temperatura e umidade controlada de 23 ± 2 °C e umidade relativa do ar de 60 ± 5 %.

Para melhor alinhar o corpo de prova diante dos apoios, e garantir que os esforços fossem simétricos e efetivamente aplicados nos pontos corretos, demarcou-se com linhas o mesmo nos posicionamentos devidos, conforme é possível verificar na figura 62a.

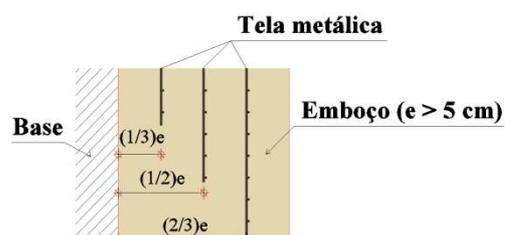
Figura 62: execução do ensaio de tração na flexão de argamassa reforçada com tela metálica



Para a reprodução do ensaio, verificou-se estatisticamente que seriam necessárias apenas 4 amostras, como será visto posteriormente nos resultados. Então, adotou-se o ensaio de tração na flexão em 4 pontos, proposto nesta pesquisa, de maneira a avaliar a influência do posicionamento da tela em relação à espessura do revestimento, a influência do uso de diferentes tipos de tela metálica na argamassa e por último a influência de diferentes tipos de argamassa. Adotaram-se corpos de prova de argamassa sem tela como referência.

Foi avaliada a influência de 3 posições da tela metálica imersa na argamassa do tipo Ar1. Moldaram-se 12 placas de (15 x 30) cm com 5 cm de espessura, sendo 4 contendo argamassa armada no meio da espessura por tela metálica eletrossoldada galvanizada, de malha quadrada (25 x 25) mm e diâmetro de fio de 1,24mm; 4 com a tela metálica imersa a 1/3 da espessura de argamassa e outras 4 amostras com a tela imersa a 2/3 da espessura da argamassa, para cada um dos tipos de tela metálica avaliados, conforme figura 63.

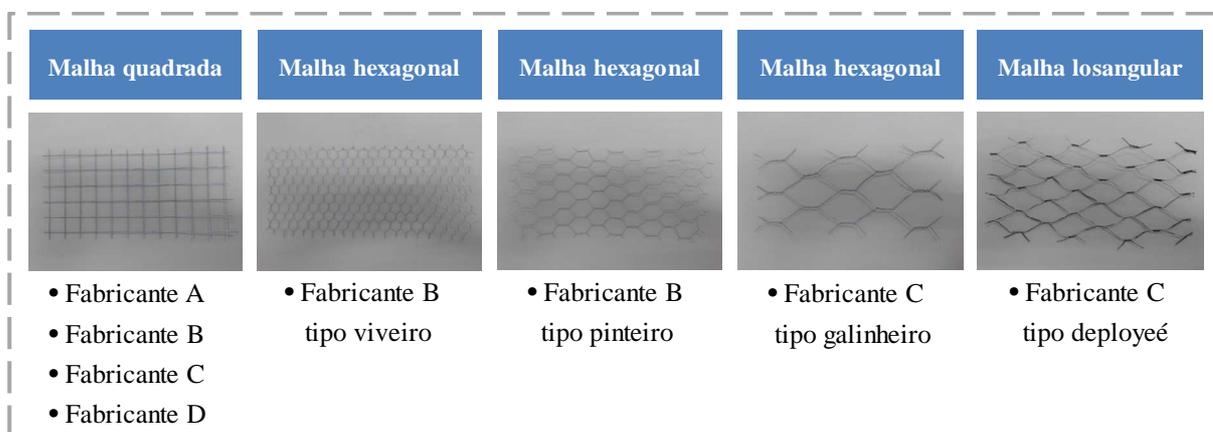
Figura 63: posicionamento da tela dentro do emboço



Para avaliação da resistência à tração na flexão em 4 pontos da argamassa, adotou-se como parâmetro fixo a argamassa do tipo Ar1 com diferentes tipos de tela metálica inseridas a 1/3 da espessura da amostra (na região comprimida do corpo de prova), no meio e a 2/3 (na região tracionada do corpo de prova). Adotaram-se como variáveis: um grupo referência, com argamassa sem a incorporação de tela, 4 (quatro) grupos contendo telas metálica de malha

quadrada, dos fabricantes A, B, C e D, e outras 3 (três) com malha hexagonal do tipo viveiro, pinteiro e galinheiro no corpo de prova, como apresentado na figura 64.

Figura 64: grupos de telas adotados no ensaio de tração na flexão em 4 pontos



Para avaliação da influência do tipo de argamassa, tomou-se como parâmetro fixo o posicionamento da tela, definido a 2/3 da espessura do corpo de prova, por julgar-se este posicionamento na região tracionada da amostra o de uso mais eficiente da tela. E como variáveis utilizaram-se dois tipos de argamassa industrializada, Ar1 e Ar2, para todos os tipos de tela.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados referentes aos ensaios de caracterização dos materiais bem como dos ensaios propostos para avaliação de desempenho do sistema de revestimento de argamassa reforçado com tela metálica.

A fim de avaliar as influências de cada variável, realizou-se o tratamento estatístico através do programa *Statistica* em sua versão 7.0. Foram calculadas as médias, o desvio padrão e o valor-p para os resultados de todos os testes realizados. Para isso utilizou-se a análise de variância ANOVA com um nível de confiança de 95 %. Os valores-p abaixo de 0,05, para cada comparação entre as médias, indica haver diferença estatística significativa entre os parâmetros testados.

Para efeito do tratamento estatístico dos dados se optou por descartar os valores espúrios, aqueles que sinalizam alguma falha possivelmente inerente à atuação de ruídos experimentais.

O critério de eliminação desses eventuais valores espúrios foram aqueles inferiores a "média+2 δ " ou superiores a "média - 2 δ " das variáveis de resposta, no entanto para todos os ensaios realizados neste trabalho não houveram valores espúrios.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

4.1.1 Comparação entre as argamassas de emboço

Segundo Cincotto *et al.*(1995), a argamassa deverá ter resistência para suportar a movimentação da base que poderá ocorrer por recalques ou por variação dimensional por umedecimento e secagem ou ainda pela dilatação e contração do revestimento devido às variações de temperatura. Estas solicitações poderão provocar fissuras ou falha na aderência entre a argamassa e a base ou entre as camadas de argamassa.

Sabendo que a resistência mecânica é uma propriedade fundamental para o desempenho e durabilidade dos revestimentos de argamassa, e normalmente está relacionada com várias outras propriedades como, por exemplo, com a elasticidade, porosidade e aderência, justifica-se a análise desta característica.

A partir de estudos preliminares e da caracterização das argamassas de emboço, expressos na tabela 6, verificou-se que Ar1 e Ar2 são distintas. Então, decidiu-se por estabelecer uma comparação entre elas quanto à resistência à compressão, resistência à tração na flexão e módulo de elasticidade. Os resultados foram tratados estatisticamente através do método de análise de variância (ANOVA).

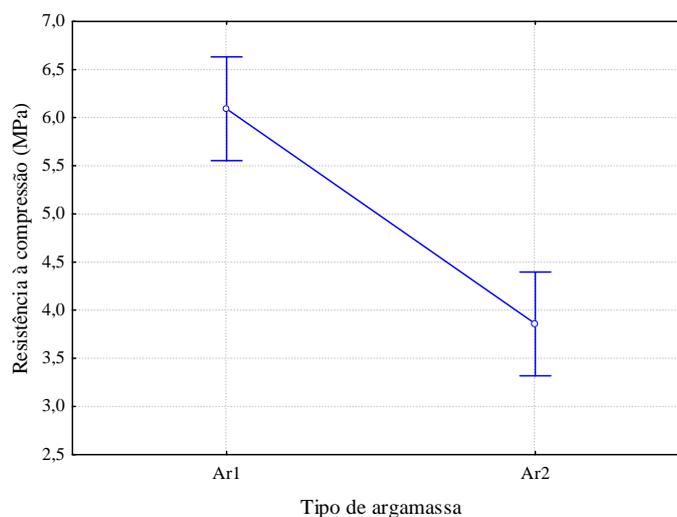
Na tabela 13 verifica-se através da ANOVA que o tipo de argamassa adotado exerce influência significativa nos resultados de resistência à compressão. A figura 65 mostra a tendência de comportamento do tipo de argamassa de emboço na resistência à compressão. A obtenção desta tendência se deu através dos resultados no referido ensaio das argamassas estudadas, na idade de 28 dias.

Tabela 13: ANOVA da resistência à compressão das duas argamassas de emboço estudadas.

	SQ	GDL	MQ	Fcalc p	Fator p	Significativo
Tipo de argamassa	14,96	1	14,96	42,60	0,00	S
Erro	3,51	10	0,35			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática; Teste F: valor calculado de F;
NS: não significativo; S: significativo

Figura 65: efeito isolado do tipo de argamassa sobre a resistência à compressão, aos 28 dias



Observa-se que o tipo de argamassa adotado exerce influência sobre a resistência à compressão. Por esta propriedade as duas argamassas são classificadas em classes distintas.

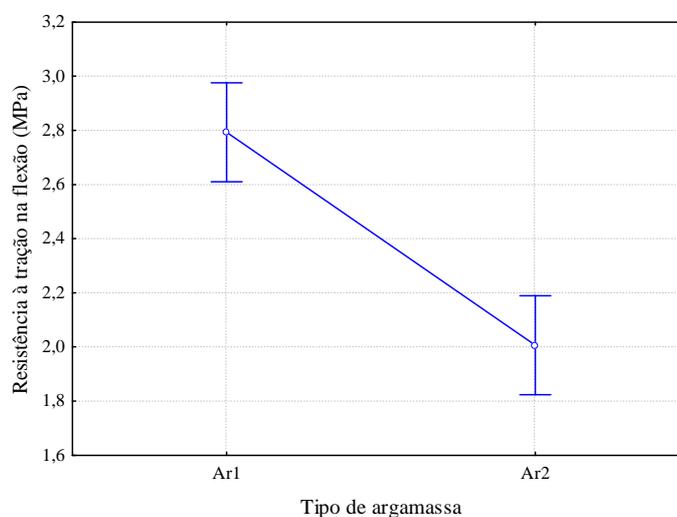
A tabela 14 e figura 66 mostram a partir da análise estatística que o efeito da resistência à tração na flexão exerce influência significativa na variável de resposta e, portanto, as argamassas avaliadas se constituem como diferentes quanto a esta propriedade.

Tabela 14: ANOVA da resistência à tração flexão das duas argamassas de emboço estudadas

	SQ	GDL	MQ	Fcalc p	Fator p	Significativo
Tipo de argamassa	1,86	1	1,86	45,92	0,000	S
Erro	0,40	10	0,04			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática; Teste F: valor calculado de F; NS: não significativo; S: significativo

Figura 66: efeito isolado do tipo de argamassa sobre a resistência à tração na flexão, aos 28 dias



Os resultados apresentados para a resistência à tração na flexão, são coerentes aos de resistência à compressão obtidos.

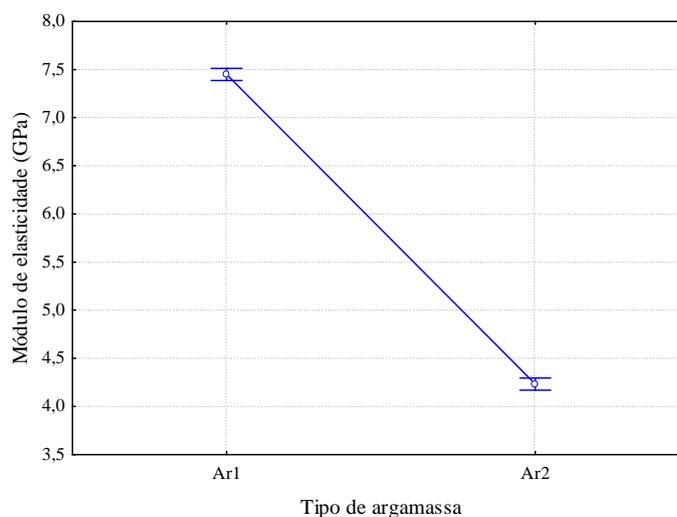
Já na tabela 15 e figura 67, observa-se que o tipo de argamassa adotado exerce influência sobre o módulo de elasticidade, fato que não pode ser explicado simplesmente pela variabilidade residual. Como esperado argamassa com maior resistência à compressão apresentam em geral maior módulo de elasticidade.

Tabela 15: ANOVA do módulo de elasticidade das duas argamassas de emboço estudadas

	SQ	GDL	MQ	Fcalc p	Fator p	Significativo
Tipo de argamassa	31,041	1	31,041	6395,776	0,000	S
Erro	0,049	10	0,005			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática; Teste F: valor calculado de F;
NS: não significativo; S: significativo

Figura 67: efeito isolado do tipo de argamassa sobre o módulo de elasticidade, aos 28 dias



O módulo de elasticidade é uma propriedade, segundo Cincotto *et al.* (1995), que representa a capacidade das argamassas de dissiparem as tensões a que estão submetidas. Selmo (1989) comenta que “os revestimentos devem apresentar capacidade de deformação para poder deformar-se sem ruptura ou através de microfissuras que não comprometam a aderência, estanqueidade e sua durabilidade”.

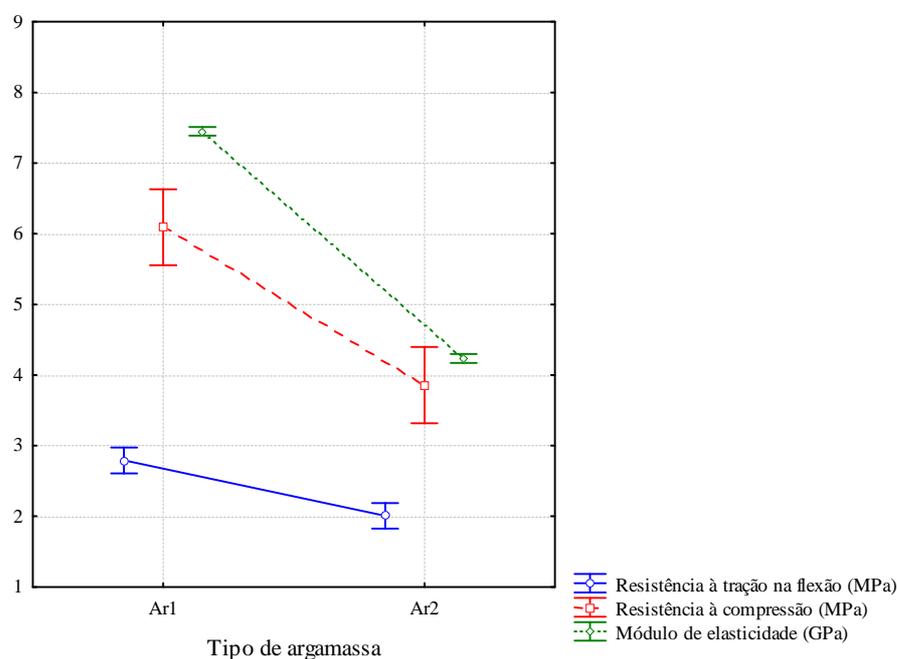
Analisando-se estatisticamente, verificou-se o efeito da interação entre a resistência à tração na flexão, resistência à compressão e o módulo de elasticidade, conforme a tabela 16 e figura 68, a partir de uma ANOVA, de forma a avaliar se exercem influência significativa nos resultados obtidos variando-se o tipo de argamassa adotado.

Tabela 16: ANOVA do comportamento à resistência à tração flexão, resistência à compressão e módulo de elasticidade das duas argamassas de emboço estudadas

	Test	Value	F	Efeito df	Erro df	Significativo
Tipo de argamassa	Wilks	0,001	2621,08	3	8	Sim

As argamassas Ar1 e Ar2, perante os resultados anteriormente discutidos são consideradas argamassas estatisticamente diferentes entre si.

Figura 68: ANOVA do comportamento quanto à resistência à tração na flexão, à resistência à compressão e ao módulo de elasticidade variando-se o tipo de argamassa.



4.1.2 Caracterização da tela metálica

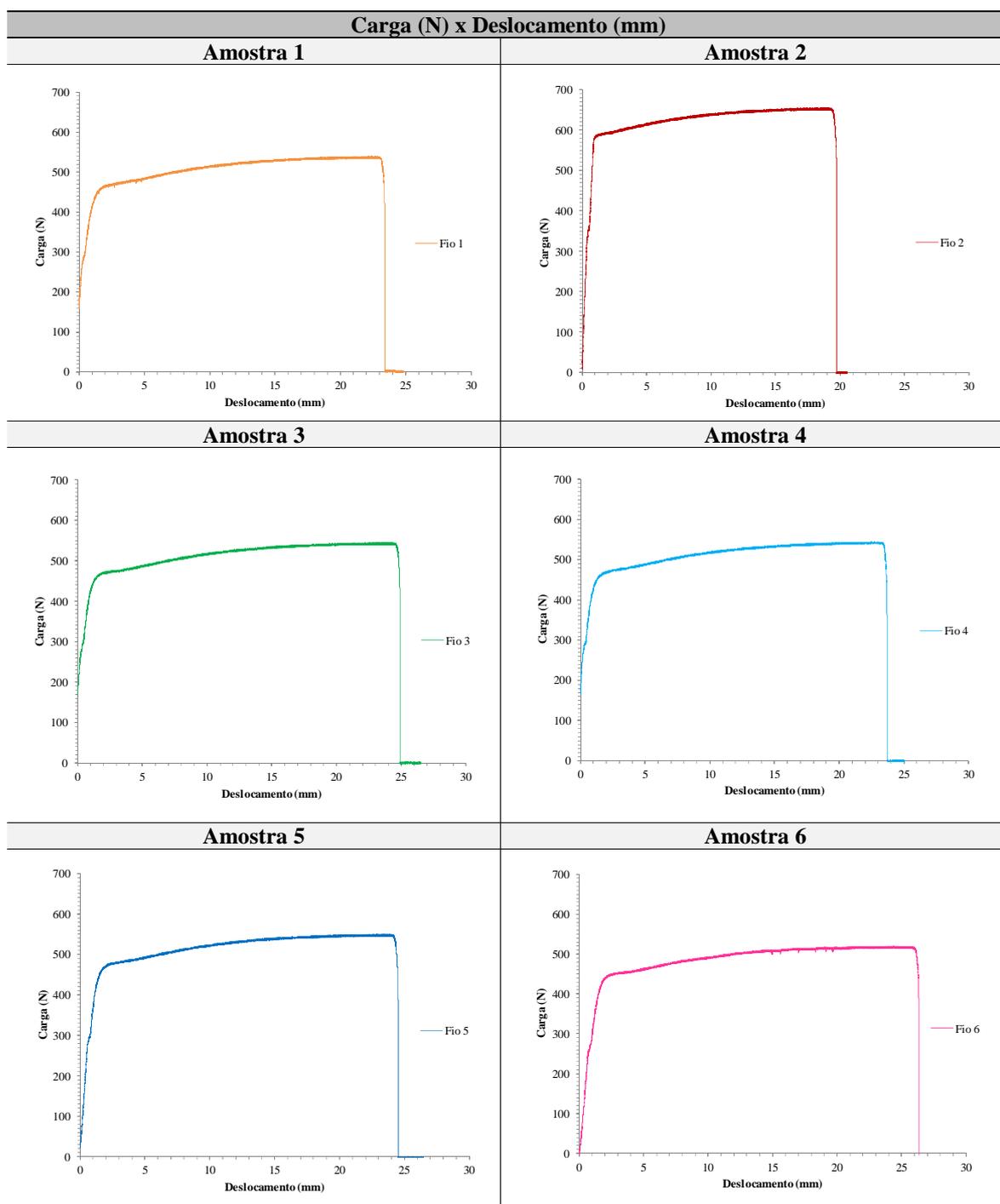
Conforme apresentado no item 3.4.5 não foi possível caracterizar através do ensaio de tração as telas com malhas entrelaçadas hexagonais nem a malha losangular, conhecida como deployeé. Desta forma, foram ensaiadas as telas de malha quadrada (25 x 25) mm e fio 1,24 mm. Nesta etapa de caracterização dos materiais, se optou por propor um ensaio de caracterização de telas com malhas quadradas cujos resultados são comparados com os principais resultados referentes ao ensaio de tração do arame de aço, feitos conforme a NBR 6207 (ABNT, 1982).

a) Avaliação do fio metálico

A determinação de propriedades mecânicas do fio de aço, como a resistência à tração é de essencial importância para caracterizá-lo diante desta sua principal propriedade, seja para fornecer dados para projeto ou mesmo para controle de qualidade do material. O ensaio de tração em arame de aço consiste em submeter um corpo de prova em forma de fio, com dimensões geométricas definidas, a um esforço crescente aplicado na direção do eixo longitudinal que tende a alongá-lo, até a ruptura. Este ensaio permite conhecer como o fio de arame se alonga diante da força de tração que atua sobre sua área transversal, quais os limites de tração que suporta e a partir de que momento se rompe.

Nesta pesquisa, o diagrama carga (N) x deslocamento fornecido pela máquina de ensaio faz o registro simultâneo do deslocamento em função da força aplicada. A partir dele é possível obter vários parâmetros como a carga máxima, o limite de resistência bem como a deformação (alongamento) das 6 (seis) amostras de arame ensaiadas, como se observa na tabela 17. O fio ensaiado nesta fase do trabalho é do tipo que compõe a tela AQ.

Tabela 17: gráficos resultantes do ensaio de tração direta no arame de aço, fio 1,24mm



Os demais resultados obtidos através dos métodos de ensaios já especificados foram organizados em planilhas. Na tabela 18, nota-se o comportamento do fio de arame quando ensaiado à tração.

Tabela 18: características quanto à tração do fio de arame 1,24 mm, segundo a NBR 6207 (ABNT, 1982)

Corpo de prova	Diâmetro do arame inicial di (mm)	Diâmetro do arame final df (mm)	Área inicial da seção reta So (mm ²)	Área da seção após ruptura Sf (mm ²)	Coefficiente de estrição (%)	lo (mm)	lf (mm)	Alongamento A (%)	Carga máxima de ruptura (N)	Limite de resistência (MPa)	Tensão de escoamento (MPa)
Fio 1	1,25	1,19	1,23	1,11	9,37	250,00	280,00	12,00	662,13	539,55	452,00
Fio 2	1,24	1,22	1,21	1,17	3,20	250,00	281,00	12,40	655,14	542,50	485,00
Fio 3	1,24	1,21	1,21	1,15	4,78	250,00	282,00	12,80	658,18	545,02	469,00
Fio 4	1,24	1,20	1,21	1,13	6,35	250,00	283,00	13,20	657,85	544,74	462,00
Fio 5	1,23	1,19	1,19	1,11	6,40	250,00	282,00	12,80	653,67	550,12	458,00
Fio 6	1,24	1,18	1,21	1,09	9,44	250,00	288,00	15,20	628,01	520,04	428,00
Média:	1,24	1,20	1,21	1,13	6,59	250,00	282,67	13,07	652,50	540,33	459,00
Desv. Pad.:	0,01	0,01	0,01	0,03	2,48	0,00	2,80	1,12	12,34	10,53	18,95
CV (%):	0,81	0,83	0,83	2,65	37,63	0,00	0,99	8,57	1,89	1,95	4,13

A partir dos valores, apresentados na tabela 18, se observou uma reduzida variabilidade, especialmente nos principais parâmetros de caracterização da tela metálica quanto à tração que são: a carga máxima (652,5 N), o limite de resistência (540,33 MPa) e o limite de escoamento (459,00 MPa). Cabe esclarecer, segundo a NBR 6207 (ABNT, 1982), que a carga máxima se trata da maior força suportada pelo corpo de prova tracionado até a ruptura; o limite de resistência equivale à tensão correspondente à carga máxima; e por último o limite convencional de escoamento que, para o material em estudo, consiste no valor da tensão que produz 0,2% de alongamento não elástico.

O limite de resistência médio, 540,33 MPa que equivale a 54,03 kg/mm², obtido para o fio da tela AQ, encontra-se dentro do intervalo de resistência apresentado pelo fabricante, entre 40 e 55 kg/mm².

b) Avaliação da tela metálica com malha quadrada

Considerando que os fabricantes das telas fornecem apenas os dados de resistência do fio que compõe a malha metálica, neste item se apresenta a proposta de caracterização da tela metálica em si, quanto à tração confeccionada com o mesmo tipo de fio apresentando anteriormente. A tela utilizada inicialmente para validação deste ensaio foi a do tipo AQ.

O registro da carga máxima pelo adquiridor de dados da prensa utilizada neste ensaio da tela se deu no momento da ruptura do primeiro fio, embora nem sempre um único fio se rompesse. Os pontos de ruptura foram observados, em sua maioria, distanciados dos pontos de solda, fato este que demonstra a qualidade da tela.

Lembre-se que a resistência à tração da tela é atribuída à ação conjunta dos fios que se dá na configuração de malha quadrada, (30 x 50) cm, contendo 12 fios longitudinais e 20 transversais. Deste modo, o limite de resistência foi calculado através da razão entre a carga máxima obtida e a área da seção de um fio (S_o) multiplicada pelo número de fios longitudinais (n) que compõem a tela, que são 12, conforme equação mostrada abaixo:

$$\sigma_R = \frac{F_m}{n S_o} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

σ_R = Limite de resistência à tração, em MPa;

F_m = Carga máxima, em N;

n = Número de fios longitudinais

S_o = Área inicial da seção reta do fio de arame, em mm²

Os valores obtidos do limite de resistência à tração estão apresentados na tabela 19

Tabela 19: tração da tela metálica malha quadrada (25 x 25) mm e fio 1,24mm

Características quanto à tração da tela metálica		
Corpo de prova	Carga máxima (N)	Limite de resistência (MPa)
Tela 1	8160,00	561,98
Tela 2	8560,00	589,53
Tela 3	8540,00	588,15
Tela 4	8640,00	595,04
Tela 5	8500,00	585,40
Tela 6	8120,00	559,23
Média:	8420,00	579,89
Desv. Pad.:	221,99	15,29
CV (%):	2,64	2,64

Desta maneira é possível realizar uma análise estatística no sentido de verificar se há diferença significativa entre os valores do limite de resistência à tração, obtidos para o fio de

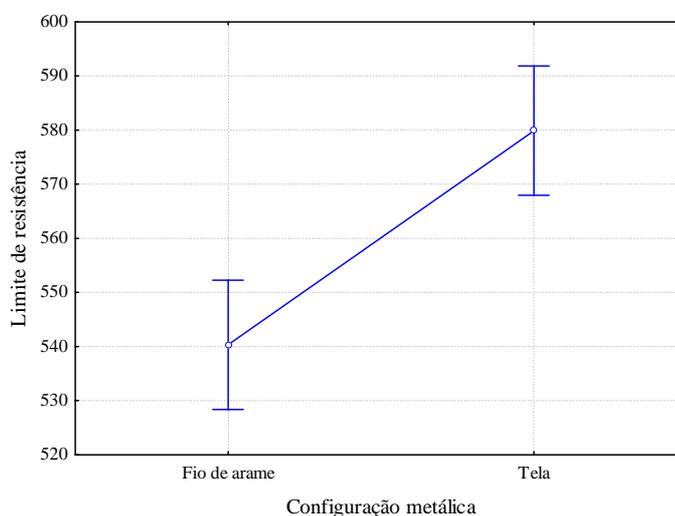
arame, conforme o previsto na NBR 6207 (ABNT, 1982) e os valores obtidos para a tela metálica segundo o método proposto nesta pesquisa, ver tabela 20 e figura 69.

Tabela 20: análise estatística do limite de resistência à tração para o fio e para tela metálica

	SQ	GDL	MQ	Fcalc	Fator p	Significativo
Configuração metálica	4695,33	1	4695	27,25	0,00	Sim
Erro	1723,00	10	172			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática; Teste F: valor calculado de F;
NS: não significativo; S: significativo

Figura 69: comparação entre as configurações metálicas de ensaio à tração.



Considerando que para um nível de significância de 5%, somente os fatores com probabilidade inferior a ele são consideradas como significativas, ou seja, que causam alterações na variável de resposta. Observa-se que o ensaio proposto para tela metálica apresentou diferenças significativas para os valores encontrados se comparado com o ensaio do fio de arame (figura 45).

4.1.3 Avaliação comparativa de resistência à tração de diferentes tipos de tela metálica com malha quadrada

Uma vez que não houve diferença significativa nos resultados dos ensaios utilizados diretamente sobre o fio e na tela metálicas, optou-se por realizar este ensaio para caracterizar as telas metálicas de malha quadrada utilizadas nesta pesquisa. O ensaio de tração utilizado nesta etapa da pesquisa foi apresentado no item 3.5.1, e ilustrado na figura 50. Utilizaram-se seis amostras 30x50 cm de telas metálicas eletrossoldadas galvanizadas de malha quadrada 25x25 mm com fio de diâmetro de 1,24 mm, indicadas para reforço e reabilitação de argamassas no mercado brasileiro. Foram telas metálicas de malha quadrada (Q) de 4 fabricantes distintos, denominados a partir de agora de A, B, C e D.

Os resultados do limite de resistência à tração da tela metálica de malha quadrada foram obtidos conforme equação 1 preconizada no item anterior, e são apresentadas na tabela 21.

Tabela 21: resistência à tração de telas metálicas, malha 25x25mm e fio 1,24mm de diferentes fabricantes

Tipo de tela metálica	Características quanto à tração da tela metálica				
	CP	Carga máxima (KN)	Limite de resistência (MPa)	Quantidade e locais de ruptura	
AQ	1	6,90	476,14	2 pontos no fio e 3 na solda	
	2	6,00	414,03	3 pontos no fio	
	3	7,60	524,44	3 pontos no fio e 2 na solda	
	4	7,30	503,74	4 pontos na solda	
	5	6,70	462,34	3 pontos no fio e 1 na solda	
	6	7,80	538,25	2 pontos no fio e 2 na solda	
	Média	7,05	486,49	Rupturas no fio (%)	Rupturas na solda (%)
	Desv. Pad.:	0,66	91,02		
	CV(%):	9,36	18,71		
BQ	1	4,6	317,43	4 pontos no fio	
	2	4,2	289,82	5 pontos no fio	
	3	4,5	310,53	5 pontos no fio	
	4	4,6	317,43	4 pontos no fio	
	5	4,6	317,43	4 pontos no fio	
	6	4,5	310,53	4 pontos no fio	
	Média	4,5	310,53	Rupturas no fio (%)	Rupturas na solda (%)
	Desv. Pad.:	0,15	21,38		
	CV(%):	3,44	6,89		

CQ	1	4,6	317,43	4 pontos na solda	
	2	4,9	338,13	4 pontos na solda	
	3	4,9	338,13	1 ponto no fio e 3 na solda	
	4	4,8	331,23	4 pontos na solda	
	5	5	345,03	5 pontos na solda	
	6	4,5	310,53	4 pontos na solda	
	Média	4,78	330,08	Rupturas no fio (%)	Rupturas na solda (%)
	Desv. Pad.:	0,19	26,79		
	CV(%):	4,06	8,11		
DQ	1	5,2	358,83	4 pontos no fio	
	2	5,5	379,53	4 pontos no fio	
	3	5,4	372,63	4 pontos no fio	
	4	5,5	379,53	4 pontos no fio e 1 na solda	
	5	5,1	351,93	4 pontos no fio	
	6	5,5	379,53	4 pontos no fio e 1 na solda	
	Média	5,37	370,33	Rupturas no fio (%)	Rupturas na solda (%)
	Desv. Pad.:	0,18	24,17		
	CV(%):	3,26	6,53		

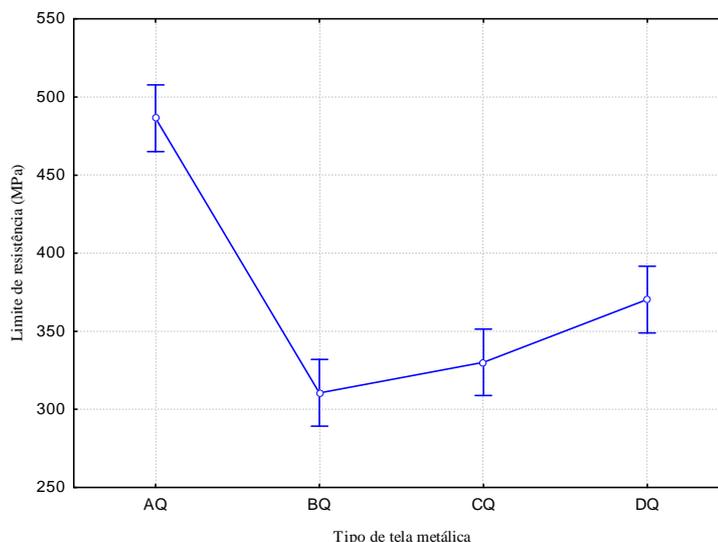
A tabela 22 e figura 70 apresentam a análise estatística dos dados e ilustram que telas metálicas de malha quadrada, produzidas por fabricantes distintos, apresentam diferenças significativas para os valores encontrados no quesito do limite de resistência à tração.

Tabela 22: análise estatística de limite de resistência à tração de telas metálicas de fabricantes distintos

	SQ	GDL	MQ	Fcal	Fator p	Significativo
Tipos de tela de metálica com malha quadrada	11751,47	3	37250,49	59,34	0,00	S
Erro	12555,28	20	627,76			

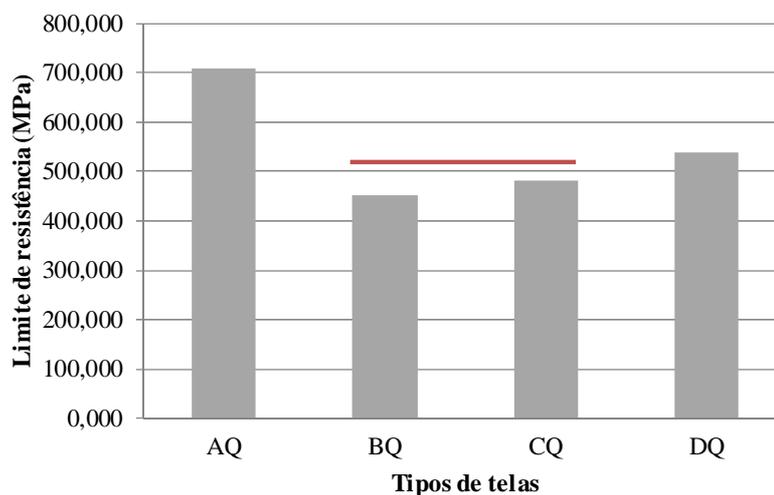
SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática; Teste F: valor calculado de F; NS: não significativo; S: significativo

Figura 70: comparação de limite de resistência à tração de telas metálicas malha quadrada



Nota-se a partir da comparação de médias quanto ao limite de resistência à tração apresentada na figura 71, que as telas BQ e CQ não apresentam diferença significativa entre si. As diferentes telas metálicas, indicadas pelos próprios fabricantes para reforço e reabilitação de revestimentos de argamassa, embora apresentem as mesmas dimensões (malha e diâmetro do fio) demonstram diferenças de desempenho.

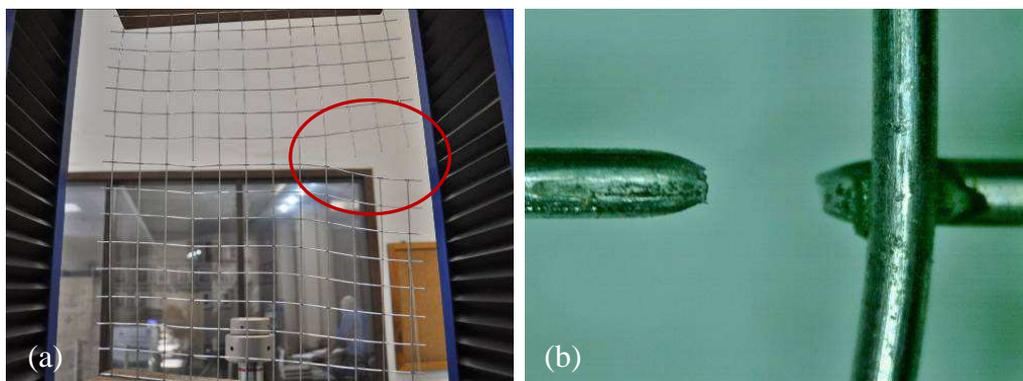
Figura 71: comparação de médias de limite de resistência para telas de malha quadrada



Observando-se os dados referentes à caracterização da tela metálica AQ, verificou-se que esta apresentou os valores mais elevados de resistência (486,49 MPa) quando comparada com as produzidas pelos demais fabricantes. No que se refere às regiões de incidência de rompimentos, na tela metálica AQ verificou-se praticamente uma equivalência entre a quantidade de rupturas ao longo do fio (52 %) e nos pontos de solda (48 %), exemplificado na Contribuição para Avaliação de Desempenho de Revestimentos de Argamassa Reforçados com Telas Metálicas

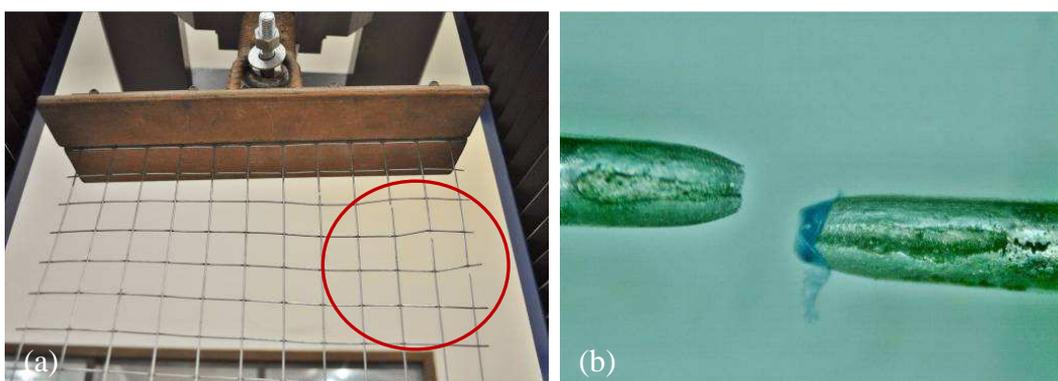
figura 72. Percebe-se, portanto, uma equivalência do desempenho ao longo do fio com o ponto da solda para o fabricante A.

Figura 72: a) detalhe da ruptura na tela metálica, do fabricante A e b) destaque da ruptura no fio bem próximo à região da solda.



Em se tratando da tela metálica B, observou-se, que a incidência de rupturas se deu em sua totalidade ao longo dos fios (100 %), conforme mostrado na figura 73. A partir dos resultados encontrados é possível afirmar que a tela BQ apresentou baixa variabilidade, destacando a uniformidade dos valores encontrados, no entanto, com desempenho quanto ao limite de resistência à tração 36,17% inferior ao apresentado pela tela AQ, demonstrando necessidade de aprimoramento em seu controle de qualidade.

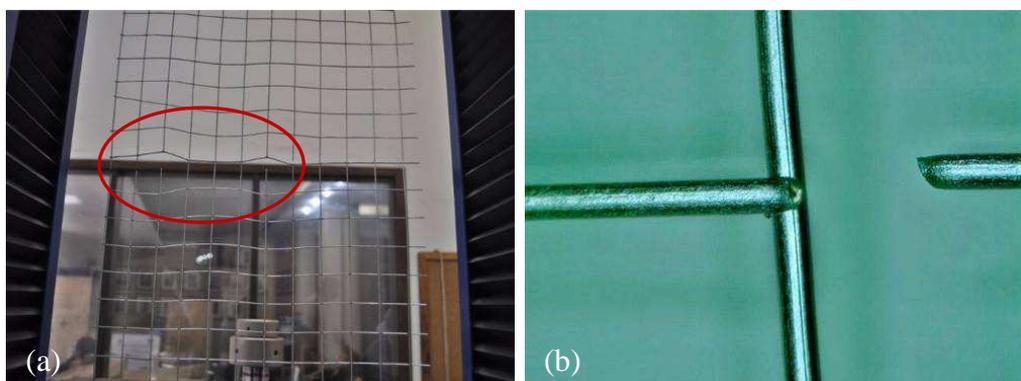
Figura 73: a) detalhe da ruptura na tela metálica, do fabricante B e b) destaque da ruptura ao longo do fio.



Para as telas amostradas do fabricante C obtiveram-se os menores valores de resistência à tração, detectou-se quase de forma unânime ruptura das telas nos pontos de solda, como se observa na figura 74, destacando esta região da tela como a de maior fragilidade. Embora a tela CQ tenha apresentado um coeficiente de variação baixo (8,11%), verifica-se uma necessidade de melhoria no controle de qualidade de produção de telas metálicas, tanto no Giselle Reis Antunes (engcivil.giselle@gmail.com), Tese, Porto Alegre, PPGEC/UFRGS, 2016.

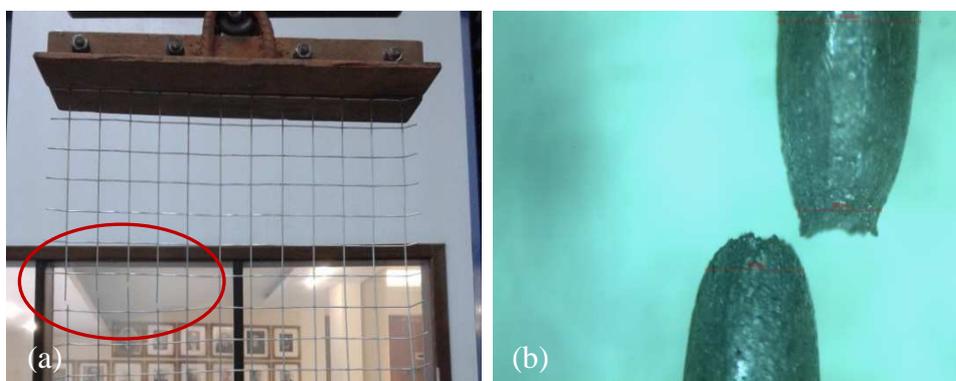
sentido de assegurar menos incidência de rupturas na solda quanto no intuito de melhorar seu limite de resistência à tração que foi cerca de 32,15% inferior ao apresentado pela tela AQ.

Figura 74: detalhe da ruptura na tela metálica, do fabricante C



Já para as amostras da tela metálica DQ, registrou-se resistência à tração atingida, esta foi de 370,33 MPa, com reduzido coeficiente de variação de 6,53 %. Como se pode ver na figura 75, as telas deste fabricante romperam em sua maioria ao longo do fio, evidenciando um rigoroso controle de qualidade da tela.

Figura 75: a) detalhe da ruptura na tela metálica, do fabricante D e b) destaque da ruptura na solda



4.2 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO SISTEMA DE ARGAMASSA REFORÇADO COM TELA

4.2.1 Ensaio de tração por compressão diametral em SRA reforçado com tela metálica

Neste item, serão apresentados os resultados do ensaio cuja metodologia foi expressa no item 3.5.1 deste trabalho. Os corpos de prova contém argamassa do tipo Ar1 e quando possuem tela utilizou-se a do tipo AQ, previamente caracterizada na tabela 11.

Os resultados de ruptura à tração por compressão diametral dos corpos de prova ensaiados foram obtidos conforme equação a seguir, e seguem apresentados na tabela 23.

$$f_{ct} = \frac{2P}{dl} \quad \text{Equação 2}$$

Onde,

f_{ct} = resistência à tração por compressão diametral, em MPa;

P = força máxima aplicada, em N;

d = diâmetro do corpo e prova, em mm;

l = comprimento do corpo, em mm.

Ao final, no intuito da reprodutibilidade do ensaio descrito neste trabalho, para um nível de confiança de 95% e um erro máximo admitido igual a 20% do valor médio da resistência verificou-se qual o número mínimo de amostras seria suficiente para adotá-lo em caracterizações futuras da argamassa armada sem comprometimento dos resultados. Para tanto se admitiu uma população de 30 amostras e se aplicou a seguinte equação, extraída da Estatística:

$$e = \frac{z \cdot \sigma_x}{\sqrt{n}} \quad \text{Equação 3}$$

Onde,

e = margem de erro máximo que se quer admitir;

z = desvio do valor médio, para alcançar o nível de confiança desejado;

σ_x = desvio padrão da população;

n = tamanho da amostra.

No tratamento dos resultados segundo Pimentel Gomes (2000), em experimentos de campo, se considera baixo coeficiente de variação com valor inferior a 10%, ou seja, o experimento apresenta alta precisão; são considerados médios valores de CV entre 10% e 20%, acarretando em boa precisão, são julgados como valores altos, CV que esteja entre 20% e 30%,

significando baixa precisão e considerado muito alto CV acima de 30%, indicando baixíssima precisão. Embora experimentos em campo sejam diferentes dos realizados em laboratório, na falta de outras referências voltadas exclusivamente para ensaios laboratoriais, adotou-se a referência de coeficiente de variação apresentada pelo referido autor.

Tabela 23: resultados de tração por compressão diametral da argamassa Ar1 com tela, aos 28 dias

CP	Altura média (mm)	Diâmetro médio (mm)	Volume (mm ³)	Massa (g)	Carga máxima (N)	σ_t (MPa)
1	201,27	99,81	1574572,77	2420,00	26300,00	0,83
2	201,04	100,79	1603970,76	2420,00	27200,00	0,85
3	199,92	102,03	1634563,88	2380,00	29000,00	0,91
4	200,12	100,77	1595838,52	2420,00	34500,00	1,09
5	201,27	99,81	1574572,77	2420,00	26300,00	0,83
6	201,04	100,79	1603970,76	2420,00	27200,00	0,85
7	199,92	102,03	1634563,88	2380,00	29000,00	0,91
8	200,12	100,77	1595838,52	2420,00	34500,00	1,09
9	201,07	99,99	1578845,00	2262,00	17537,00	0,56
10	200,44	99,39	1555104,78	2290,00	16040,00	0,51
11	200,05	100,01	1571346,15	2356,00	24992,00	0,80
12	200,72	100,20	1582565,92	2384,00	26464,00	0,84
13	199,41	100,54	1582965,24	2386,00	31646,00	1,00
14	200,90	99,78	1570772,51	2324,00	30300,00	0,96
15	201,69	99,31	1562088,78	2194,00	24171,00	0,77
16	199,88	99,76	1562170,99	2326,00	24191,00	0,77
17	200,71	99,44	1558766,72	2344,00	21492,00	0,69
18	201,84	99,66	1574447,29	2212,00	27449,00	0,87
19	200,18	99,66	1561380,51	2304,00	31239,00	1,00
20	201,07	100,12	1582992,44	2194,00	18589,00	0,59
21	201,38	99,29	1559059,59	2296,00	25761,00	0,82
22	201,41	99,86	1577405,14	2306,00	23548,00	0,75
23	200,74	99,71	1567320,00	2248,00	25308,00	0,80
24	200,97	100,44	1592295,68	2292,00	29321,00	0,92
25	201,92	100,22	1592663,13	2500,00	30654,00	0,96
26	200,86	99,16	1550964,18	2210,00	32382,00	1,04
27	201,22	99,12	1552647,33	2208,00	19200,00	0,61
28	199,64	99,77	1560569,01	2220,00	30582,00	0,98
29	201,60	100,42	1596651,27	2188,00	31094,00	0,98
30	202,13	100,04	1588636,77	2250,00	26011,00	0,82
P média (N):		26732,37	σ_t média (MPa):		0,85	
Desv. Pad.:		4757,76	Desv. Pad.:		0,15	
CV (%):		17,80	CV (%):		17,66	

A tabela 23 apresenta os resultados obtidos de resistência à flexão aos 28 dias da argamassa reforçada com tela metálica de 30 amostras utilizadas, para a determinação do número de corpos de prova mínimo para o respectivo ensaio.

Através da observação dos principais parâmetros referentes à caracterização da argamassa reforçada com tela metálica, apresentados anteriormente na tabela 23, registrou-se uma carga máxima de ruptura média à tração por compressão diametral de 26732,37 N, desvio padrão de 4757,76 N e um coeficiente de variação igual a 17,80 %.

De modo a incentivar sua reprodutibilidade em ensaios futuros aplicou-se a equação 3, admitindo que os resultados experimentais obtidos no ensaio se enquadram em uma distribuição normalizada, definiu-se uma margem de erro (intervalo no qual se espera encontrar o dado que se deseja medir do universo) entre -1,96 e +1,96 da média, de modo a englobar os valores que cobrem 95 % dos casos, e adotou-se como erro máximo a ser tolerado um valor igual a 20 % da resistência média à tração na flexão. Com isto, obteve-se uma estimativa do tamanho mínimo da amostra de fato necessário para futuros ensaios que avaliem este parâmetro de desempenho da argamassa armada, totalizando 3,00 amostras.

Então no sentido de verificar se há diferença significativa entre os valores da carga máxima com o uso ou não de tela metálica na argamassa, moldaram-se 3 corpos de prova sem tela e 3 com tela, com as amostras contendo argamassa do tipo Ar1 e tela metálica do tipo AQ de malha quadrada, (25 x 25) mm e fio 1,24 mm. Os resultados obtidos no ensaio de tração por compressão diametral seguem expressos na tabela 24.

Tabela 24: caracterização de corpos de prova de argamassa Ar1 com e sem tela quanto à tração por compressão diametral

Arg.	CP	Altura média (mm)	Diâmetro médio (mm)	Volume (mm ³)	Massa (g)	Carga máxima (N)	σ (MPa)		
Sem tela	1	199,87	99,74	1561584,02	2360,00	16100,00	0,51	P média (N):	15433,33
	2	200,56	100,04	1576454,96	2400,00	14900,00	0,47	Desv. Pad.:	611,01
	3	198,90	100,75	1585479,93	2320,00	15300,00	0,49	CV (%):	3,96
Com tela	1	201,27	99,81	1574572,77	2420,00	26300,00	0,83	P média (N):	27500,00
	2	201,04	100,79	1603970,76	2420,00	27200,00	0,85	Desv. Pad.:	1374,77
	3	199,92	102,03	1634563,88	2380,00	29000,00	0,91	CV (%):	5,00

Fez-se a análise estatística com aplicação da ANOVA aos valores encontrados e verificou-se que há inferência estatística entre o uso e o não uso de tela metálica, no comportamento da

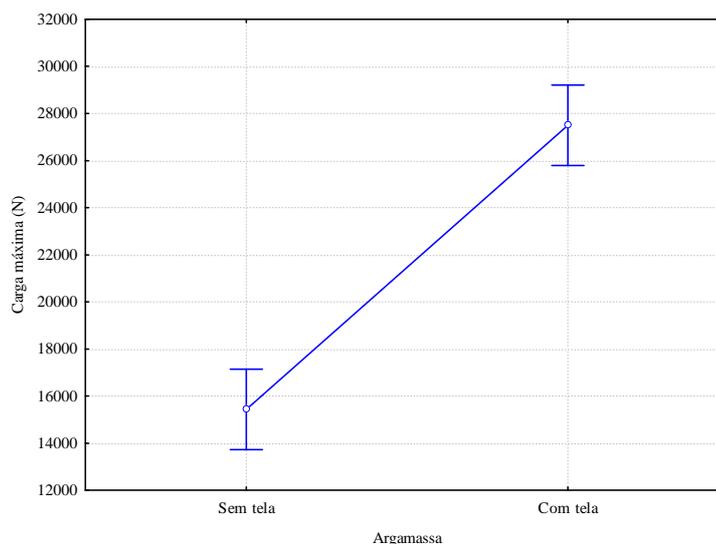
argamassa Ar1 quanto à carga máxima à tração por compressão diametral, como visto na figura 76 e tabela 25. Notou-se, considerando as cargas médias obtidas, que o uso da tela aumentou em praticamente 1,8 vezes a capacidade de carga à ruptura da argamassa.

Tabela 25: ANOVA da influência da presença na carga máxima à tração por compressão diametral em argamassa Ar1

	SQ	GDL	MQ	Fcalc p	Fator p	Significativo
Argamassa	218406666,67	1	218406666,67	193,00	0	S
Erro	4526666,67	4	1131666,67			

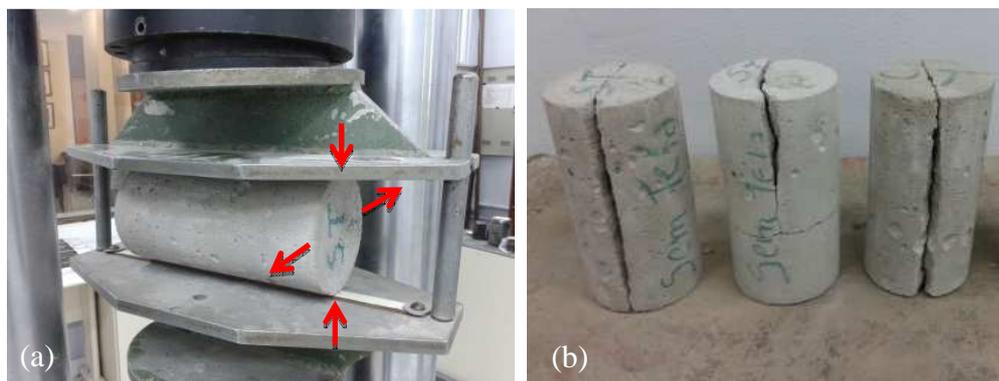
SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática; Teste F: valor calculado de F; NS: não significativo; S: significativo

Figura 76: influência do uso da tela na carga máxima à tração por compressão diametral de corpos de prova de argamassa Ar1, aos 28 dias



Na figura 77 se observam as amostras da argamassa de emboço ensaiada à tração por compressão diametral, em todos eles verificou-se a ruptura como esperado, perpendicular à linha de aplicação da carga, e não sofreram esmagamento.

Figura 77: ensaio de tração por compressão diametral em amostras sem tela metálica.



Verifica-se na figura 78 o comportamento dos corpos de prova de argamassa armada com tela metálica de malha quadrada depois de submetidos à carga. Considerando os resultados de desempenho à compressão diametral utilizando-se a argamassa Ar1 verifica-se que a tela metálica agrega capacidade de carga nesta. As amostras sofreram um leve esmagamento junto ao ponto de aplicação da carga, na largura da tira de madeira adotada na espessura prescrita por norma.

Figura 78: ensaio de tração por compressão diametral em amostras contendo tela metálica



A utilização do ensaio de tração por compressão diametral, já consagrado, para controle tecnológico de materiais mostrou-se como uma possibilidade de verificação de compatibilidade da tela metálica em interação com a argamassa. No entanto, adotar o parâmetro de resistência à tração por compressão diametral para avaliar o desempenho de argamassas que contenham tela metálica, não é indicado. Visto que, com o incremento de resistência à tração do compósito proporcionado pelo reforço, o corpo de prova acaba por também sofrer compressão, evidenciado pelo esmagamento da argamassa junto à tira de madeira adotada no aparato de ensaio (figura 84). Diante da impossibilidade de mensurar a contribuição da resistência à compressão e da resistência à tração por compressão diametral, Giselle Reis Antunes (engcivil.giselle@gmail.com), Tese, Porto Alegre, PPGEC/UFRGS, 2016.

na resistência total do compósito, indica-se que o parâmetro de avaliação aplicável neste ensaio para argamassas reforçadas com tela metálica deve ser a carga máxima de ruptura.

4.2.2 Ensaio de tração direta em SRA reforçado com tela metálica na interface alvenaria-estrutura

Os corpos de prova ensaiados nesta etapa foram confeccionados utilizando meio blocos cerâmicos caracterizados no item 3.5.2, blocos de concreto caracterizados no item 3.4.4, e argamassa industrializada cujas características estão na tabela 6. E a tela metálica aplicada foi do tipo AQ, previamente caracterizada na tabela 11 e, conforme visto na figura 72, foi a que apresentou melhores valores de resistência à tração.

Os resultados de resistência à tração direta do revestimento de argamassa reforçado com tela metálica, aplicada sobre a interface alvenaria-estrutura proposta nesta pesquisa, seguem o procedimento de ensaio apresentado no item 3.7 deste documento, e foram obtidos conforme fórmula a seguir.

$$\sigma_t = \frac{P}{nel} \quad \text{Equação 4}$$

Onde,

σ_t = resistência à tração direta, em MPa;

P = carga máxima aplicada, em N;

e = espessura do revestimento de argamassa, em mm;

l = largura do revestimento de argamassa, em mm;

n = número de faces revestidas com argamassa.

De modo a manter a simetria de aplicação da carga de tração no corpo de prova composto pelo conjunto alvenaria-estrutura, foi aplicado revestimento reforçado com tela metálica em ambas as faces da amostra, na espessura de 6 cm. Portanto, para obtenção da resistência à tração direta, deve-se dividir a carga máxima pela área da seção de ruptura multiplicada por 2.

No ensaio de tração direta da argamassa reforçada com tela sobre a interface alvenaria/estrutura, a carga foi aplicada sobre o corpo de prova, continuamente e sem choques, com crescimento constante de velocidade até a ruptura da argamassa, percebida facilmente a olho nu, a uma velocidade de carregamento igual a 0,05KN/s. Os resultados obtidos no ensaio são apresentados na tabela 26.

Tabela 26: resistência à tração direta, aos 28 dias do revestimento de argamassa com tela aplicada na interface alvenaria/estrutura

CP	Carga máxima (N)	Tensão de tração direta (MPa)	
1	8164,44	0,49	
2	7244,87	0,43	
3	8387,76	0,50	
4	9359,88	0,56	
5	7356,54	0,44	
6	9031,46	0,54	
7	8716,18	0,52	
8	6259,62	0,37	
9	10010,14	0,60	
10	9116,85	0,54	
11	7028,12	0,42	
12	7520,74	0,45	
13	6417,26	0,38	
14	6029,73	0,36	
15	8433,74	0,50	
16	7724,36	0,46	
17	8111,90	0,48	
18	6975,57	0,42	
19	7671,82	0,46	
20	6522,36	0,39	
21	7258,01	0,43	
22	8039,64	0,48	
23	7271,15	0,43	
24	7244,87	0,43	
25	5937,78	0,35	
26	6069,14	0,36	
27	7323,69	0,44	
28	8762,16	0,52	
29	6568,34	0,39	
30	5694,75	0,34	
P média (N):	7541,78	σ média (MPa):	0,45
Desv. Pad.:	1111,38	Desv. Pad.:	0,07
CV (%):	14,74	CV (%):	14,74

Observando-se os resultados de tração expressos na tabela 43, verificou-se uma carga máxima de ruptura média de 7541,78N, desvio padrão de 1111,38N e um coeficiente de variação elevado igual a 14,74%. Quanto à resistência à tração direta atingida, obteve-se 0,45MPa, com desvio padrão de 0,07MPa e um coeficiente de variação de 14,74%, indicando precisão do ensaio satisfatória.

Diante da precisão obtida no ensaio e, na tentativa de reproduzi-lo em testes futuros, aplicou-se a equação 3, considerando que os resultados experimentais obtidos, se enquadram em uma distribuição normalizada. Definiu-se uma margem de erro (intervalo no qual se espera encontrar o dado que se deseja medir do universo) entre -1,96 e +1,96 da média, de modo a englobar os valores que cobrem 95% dos casos, e adotou-se como erro máximo a ser tolerado um valor igual a 20% da resistência média à tração na direta. Com isto, obteve-se uma estimativa do tamanho mínimo da amostra de fato necessária para reprodução do mesmo em ensaios que avaliem parâmetro de desempenho de tração direta da argamassa armada, o qual deu 2,09, e que se arredondou para 3 amostras.

4.2.2.1 Influência do uso de tela metálica adotada no reforço de argamassa sobre a interface alvenaria/estrutura na resistência à tração direta

De modo a avaliar a influência da utilização ou não de tela metálica sobre a interface alvenaria estrutura foram moldados 3 corpos de prova sem tela, para fins comparativos, com os 3 corpos de prova contendo argamassa do tipo Ar1 e tela metálica do tipo AQ de malha quadrada, (25 x 25) mm e fio 1,24 mm. Os resultados para ambas as configurações de corpos de prova estão expressos na tabela 27 para melhor entendimento.

Tabela 27: caracterização dos grupos de argamassa com e sem tela quanto à tração direta

Arg.	CP	Massa (kg)	Carga da primeira fissura (N)	Carga máxima (N)	Tensão de tração direta da 1ª fissura (MPa)	Tensão de tração direta máxima (MPa)	
Com tela	1	27,54	6075,70	9031,46	0,36	0,54	
	2	27,86	4512,40	9116,85	0,27	0,54	
	3	27,49	5018,20	8716,18	0,30	0,52	
Carga média da 1ª fissura (N):	5202,10	σ média 1ª fissura (MPa):	0,31	Carga média máxima (N):	8954,83	σ média máxima (MPa):	0,53
Desv. Pad.:	797,71	Desv. Pad.:	0,05	Desv. Pad.:	211,04	Desv. Pad.:	0,01
CV (%):	15,33	CV (%):	15,33	CV (%):	2,36	CV (%):	2,36
Sem tela	1	27,00	2193,80	5714,45	0,13	0,34	
	2	27,70	2318,60	5885,23	0,14	0,35	
	3	27,46	2213,50	5852,39	0,13	0,35	
Carga média da 1ª fissura (N):	2241,97	σ média 1ª fissura (MPa):	0,13	Carga média máxima (N):	5817,36	σ média máxima (MPa):	0,35
Desv. Pad.:	67,09	Desv. Pad.:	0,00	Desv. Pad.:	90,62	Desv. Pad.:	0,01
CV (%):	2,99	CV (%):	2,99	CV (%):	1,56	CV (%):	1,56

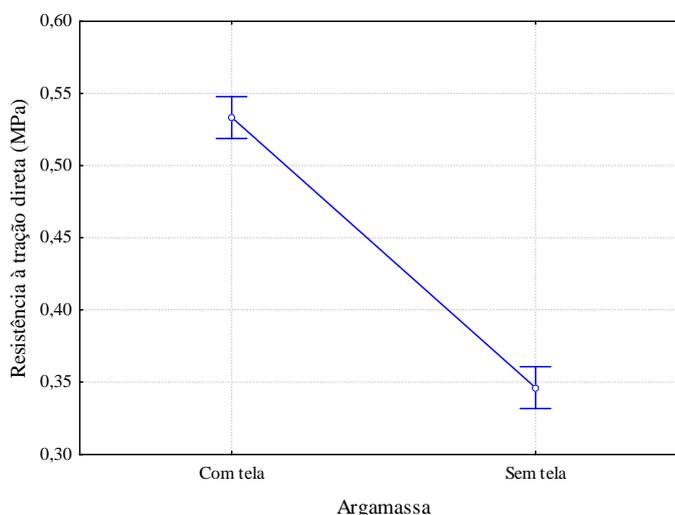
Sabendo que para um nível de significância de 5%, somente os fatores com probabilidade inferior a ele são considerados significativos, ou seja, que causam alterações na variável de resposta. A partir da análise de variância realizada para os valores encontrados, como visto na tabela 28 e figura 79, nota-se que não houve inferência estatística entre os dois tipos de revestimentos aplicados sobre a interface alvenaria-estrutura com e sem tela metálica quanto à resistência à tração direta.

Tabela 28: análise estatística da resistência à tração direta máxima em argamassa reforçada com tela aplicada na interface alvenaria/estrutura

	SQ	GDL	MQ	Fcal	Fator p	Significativo
Argamassa	0,05	1	0,05	643,06	0,00	S
Erro	0,00	4	0,00			

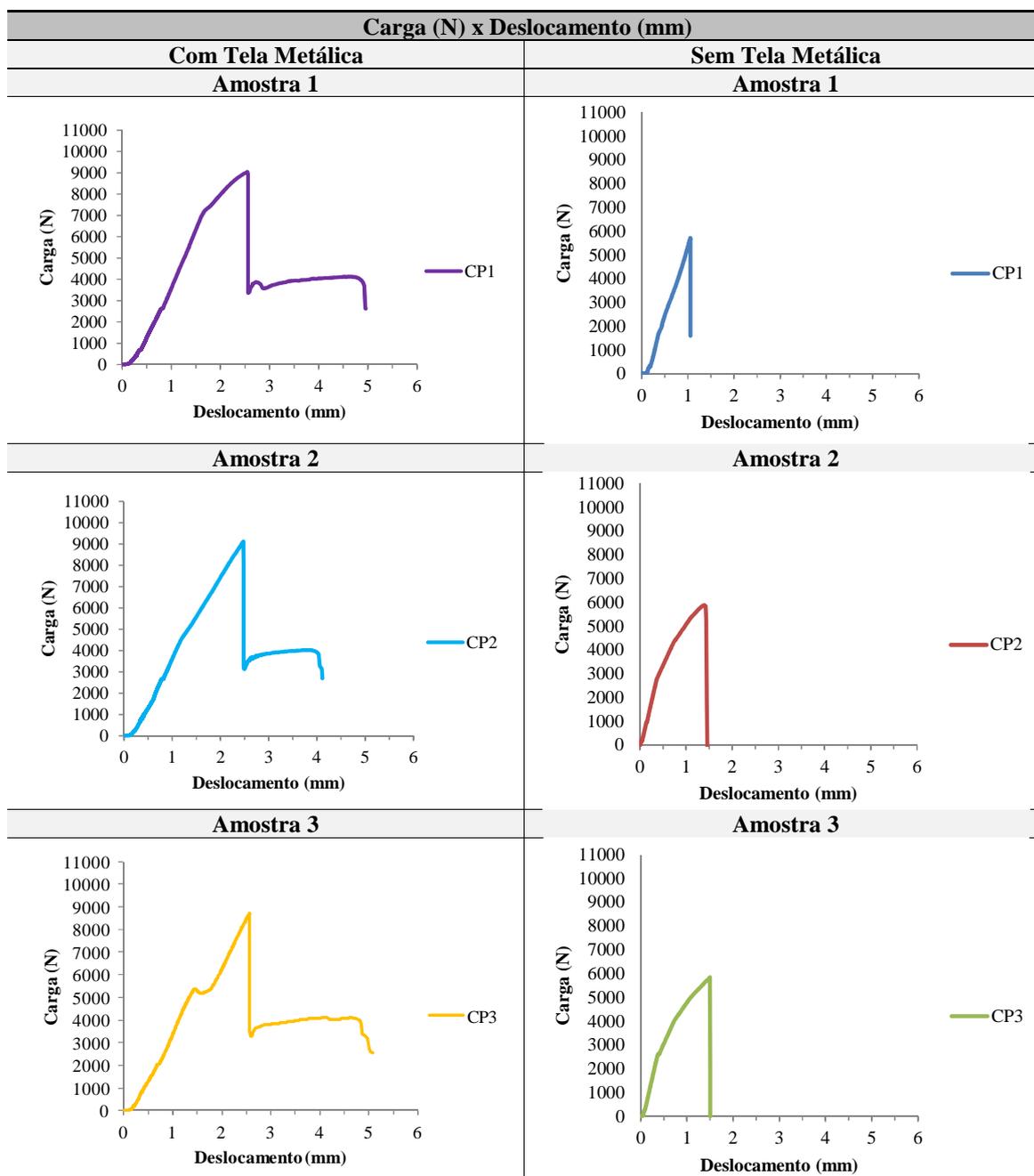
SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática; Teste F: valor calculado de F; NS: não significativo; S: significativo

Figura 79: influência do uso da tela na resistência à tração direta máxima em argamassa aplicada na interface alvenaria/estrutura, aos 28 dias



A tabela 29 mostra as curvas de carga (N) x deslocamento (mm) das amostras de argamassa testadas com e sem a utilização de tela metálica quanto ao ensaio de tração direta proposto. As curvas demonstram um comportamento estável de propagação de fissura, ou seja, a deformação elástica ocorre à medida que a carga aumenta até que a carga máxima é alcançada, logo após esta deformação começa a diminuir, indicando um comportamento de amortecimento.

Tabela 29: gráficos resultantes do ensaio de tração direta em argamassa com e sem tela aplicada na interface alvenaria/estrutura, aos 28 dias



É possível notar nas curvas as regiões mencionadas por Kobayashi e Cho (1981) em sua pesquisa. A primeira região indicando a deformação elástica das amostras, outra demonstrando o surgimento da primeira fissura e o crescimento da mesma, e por fim a região de propagação de fissuras. Verifica-se um comportamento distinto entre as argamassas com e sem tela. A carga máxima da argamassa sem tela é 35,03% inferior do que a obtida para a argamassa reforçada com tela metálica. Nota-se de maneira evidente a contribuição da tela na minimização do surgimento da primeira fissura, a argamassa com tela apresentou resistência à

Contribuição para Avaliação de Desempenho de Revestimentos de Argamassa Reforçados com Telas Metálicas

tração 58,06% superior a encontrada para a argamassa sem tela. Indicou-se ainda que a argamassa sem tela apresenta um comportamento mais rígido do que a que contém a tela metálica, pela observação do deslocamento.

4.2.3 Ensaio de tração na flexão em SRA reforçado com tela metálica

Conforme explicado no item 3.5.3, inicialmente realizaram-se os ensaios para verificar a variabilidade do procedimento de resistência à tração na flexão em 4 pontos proposto. Neste item os resultados obtidos da argamassa reforçada com tela metálica são apresentados e seguidos das respectivas discussões. Para efetivação do mesmo se adotou a argamassa industrializada do tipo Ar1, cuja caracterização consta na tabela 6, do item 3.4.1.

Os resultados para a resistência à tração na flexão da argamassa armada foram obtidos segundo a seguinte equação.

$$\sigma_{tf} = \frac{Pl}{bd^2} \quad \text{Equação 2}$$

Onde,

σ_{tf} = resistência à tração na flexão, em MPa;

P = carga máxima aplicada, em N;

l = distância entre cutelos de suporte, em mm;

b = largura média do corpo de prova na seção de ruptura, em mm;

d = altura média do corpo de prova, na seção de ruptura, em mm.

O procedimento adotado para obtenção dos resultados nesta etapa da pesquisa foi o descrito no item 3.5.3. A carga, no ensaio de tração na flexão da argamassa armada, foi aplicada sobre o corpo de prova, continuamente e sem choques, com crescimento constante de velocidade até a ruptura da argamassa, percebida facilmente a olho nu. Em todos os corpos de prova observou-se que a fissura localizou-se entre os apoios inferiores do dispositivo de ensaio, como esperado, e segundo o modo I de ruptura, conforme Anderson (2005). A tabela 30 apresenta os resultados obtidos de resistência à flexão aos 28 dias da argamassa armada de 30 amostras utilizadas, para a determinação do número de corpos de prova mínimo para o respectivo ensaio.

De modo similar ao verificado pela literatura para compósitos reforçados com fibra, (KOBAYASHI E CHO, 1981; TOLEDO FILHO, 1997 e SILVA, 2012) em todos os ensaios ocorreu a primeira fissura verificada na matriz cimentícia e, por conseguinte, a tela conferia ao conjunto uma resistência residual. Como a utilização da tela metálica em havendo

sobreespessura, tem intenção de evitar a queda do revestimento, e com isso a contribuição da tela metálica no incremento de resistência, optou-se por adotar como tensões obtidas a resistência residual pós-fissuração das argamassas reforçadas com tela metálica.

Tabela 30: resultados de ensaio para argamassa armada quanto à tração na flexão

CP	Carga máxima (N)	Tensão de tração na flexão (MPa)	
1	2365,00	1,51	
2	2397,00	1,53	
3	2549,00	1,63	
4	2503,00	1,60	
5	2627,00	1,68	
6	3553,00	2,27	
7	2831,00	1,81	
8	2654,00	1,70	
9	2838,00	1,82	
10	2529,00	1,62	
11	2719,00	1,74	
12	2555,00	1,64	
13	2956,00	1,89	
14	2621,00	1,68	
15	2338,00	1,50	
16	3054,00	1,95	
17	2312,00	1,48	
18	2621,00	1,68	
19	2529,00	1,62	
20	2187,00	1,40	
21	2549,00	1,63	
22	2654,00	1,70	
23	2956,00	1,89	
24	2621,00	1,68	
25	2503,00	1,60	
26	2838,00	1,82	
27	2621,00	1,68	
28	2529,00	1,62	
29	2627,00	1,68	
30	2529,00	1,62	
P média (N):	2638,83	σ_{tf} média (MPa):	1,69
Desv. Pad.:	261,11	Desv. Pad.:	0,33
CV (%):	9,90	CV (%):	19,79

Através da observação dos principais parâmetros referentes à caracterização da argamassa reforçada com tela metálica, apresentados anteriormente na tabela 30, registrou-se uma carga máxima de ruptura média de 2638,83N, desvio padrão de 261,11N e um coeficiente de variação igual a 9,90%. Quanto à resistência à tração na flexão atingida, esta foi de 1,69MPa, com desvio padrão de 0,33MPa e um coeficiente de variação de 19,79%, demonstrando uma reduzida variabilidade do ensaio, com precisão suficiente para adotá-lo nas avaliações de desempenho deste tipo de sistema de revestimento, como esperado.

De modo a incentivar sua reprodutibilidade em ensaios futuros aplicou-se a fórmula 2, admitindo que os resultados experimentais obtidos no ensaio, se enquadram em uma distribuição normalizada, definiu-se uma margem de erro (intervalo no qual se espera encontrar o dado que se deseja medir do universo) entre -1,96 e +1,96 da média, de modo a englobar os valores que cobrem 95% dos casos, e adotou-se como erro máximo a ser tolerado um valor igual a 20% da resistência média à tração na flexão. Com isto, obteve-se uma estimativa do tamanho mínimo da amostra de fato necessário para futuros ensaios que avaliem este parâmetro de desempenho da argamassa armada, de 3,76, portanto definiu-se em 4 amostras, resultado incentivador visto que é um número reduzido e de fácil execução.

4.2.3.1 Influência da posição da tela metálica em relação à espessura da argamassa na resistência à tração na flexão

Como se verificou na bibliografia não há consenso no que tange ao posicionamento da tela metálica quando a mesma encontra-se imersa na argamassa em sistemas de revestimento com espessura elevada (entende-se para valores acima de 3 cm). Ora se verifica a indicação da tela no meio da camada, ora a 1/3 da camada em relação ao substrato (mais próximo da base), ou ainda a 2/3 da camada de emboço (mais voltado ao exterior, na região tracionada do revestimento). Moldaram-se corpos de prova de argamassa Ar1 sem tela, adotados como referência, cujos resultados são apresentados na tabela 31.

Tabela 31: resistência à tração na flexão, aos 28 dias, da argamassa Ar1 sem tela metálica

Argamassa referência	Código	CP	Carga máxima (N)	σ_{tf} (MPa)				
Sem tela	ST	ST1	3100,00	1,98	P média (N):	3101,75	σ_{tf} média (MPa):	1,99
		ST2	3107,00	1,99				
		ST3	3159,00	2,02	Desv. Pad.:	48,30	Desv. Pad.:	0,03
		ST4	3041,00	1,95	CV (%):	1,56	CV (%):	1,56

Para validação da influência do posicionamento da tela na camada de revestimento de argamassa, nesta etapa da pesquisa se propõe a utilização do ensaio de tração na flexão em 4 pontos, já apresentado, para três posições distintas da tela em relação à espessura do emboço (figura 80 e figura 81). Para tanto, a argamassa adotada foi a do tipo Ar1.

Figura 80: ensaio de tração na flexão em corpos de prova (a) com tela a 1/3 da espessura, (b) com tela no meio da espessura e (c) com tela a 2/3 da espessura da argamassa

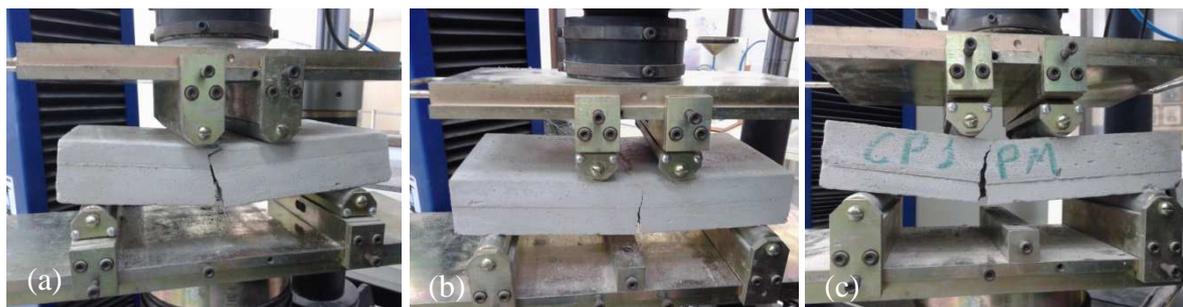
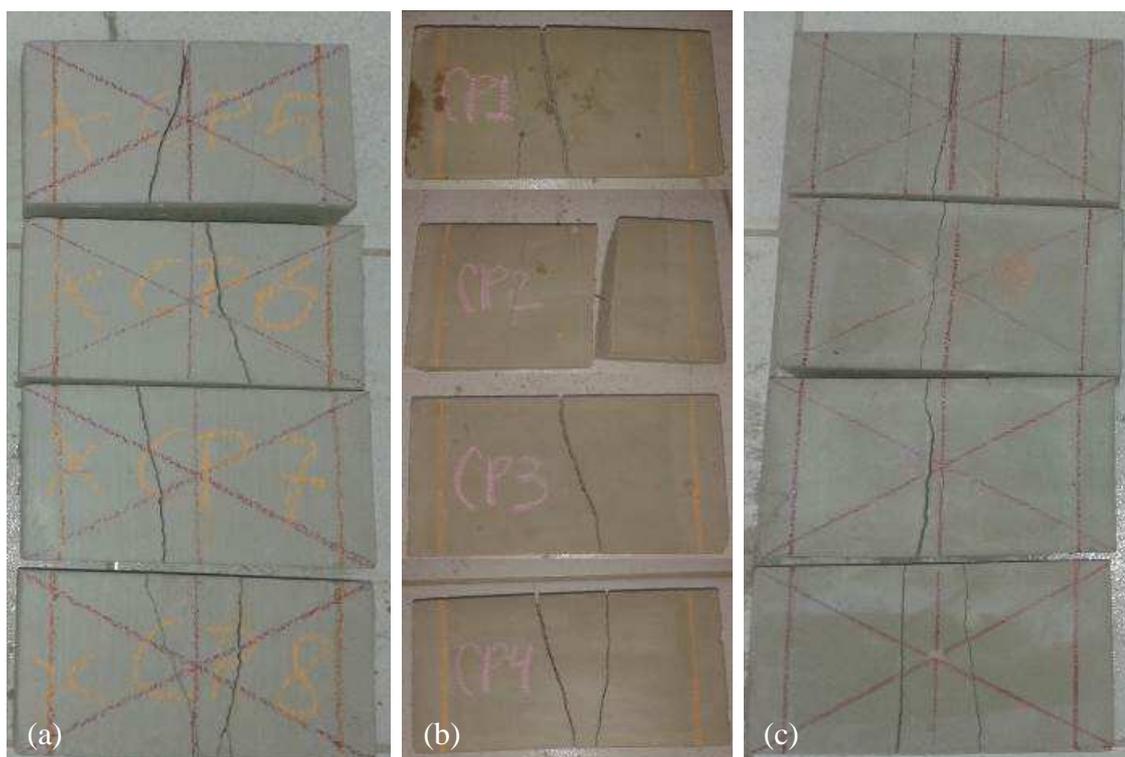


Figura 81: corpos de prova após a ruptura (a) com tela a 1/3 da espessura (b) com tela no meio (1/2) da espessura, e (c) com tela a 2/3 da espessura da argamassa, respectivamente



Os resultados de caracterização da argamassa armada com reforço de tela metálica quanto à tração na flexão, quando a tela está inserida a 1/3 da espessura (Figura 81a), no meio (Figura 81b) e a 2/3 (Figura 81c) da espessura da argamassa de revestimento estão mostrados na tabela 32, tabela 33 e tabela 34, respectivamente.

Tabela 32: resistência à tração na flexão, aos 28 dias, da argamassa Ar1 com tela metálica colocada a 1/3 da camada

Fabr.	Tipo de Tela	Código	CP	Carga máxima (N)	σ_f (MPa)				
A	Malha quadrada, 25 x 25 mm, fio 1,24 mm	AQ	AQ1	2876,93	1,84	P média (N):	2791,53	σ_f média (MPa):	1,79
			AQ2	3087,13	1,98				
			AQ3	2252,89	1,44	Desv. Pad.:	369,53	Desv. Pad.:	0,24
			AQ4	2949,18	1,89	CV (%):	13,24	CV (%):	13,24
B	Malha quadrada, 25 x 25 mm, fio 1,24 mm	BQ	BQ1	2574,76	1,65	P média (N):	2499,25	σ_f média (MPa):	1,60
			BQ2	2351,47	1,50				
			BQ3	2752,13	1,76	Desv. Pad.:	203,40	Desv. Pad.:	0,13
			BQ4	2318,62	1,48	CV (%):	8,14	CV (%):	8,14
B	Malha hexagonal, 1/2", fio 0,56mm, viveiro	BV	BV1	2009,91	1,29	P média (N):	2009,91	σ_f média (MPa):	1,29
			BV2	2200,39	1,41				
			BV3	1832,57	1,17	Desv. Pad.:	150,45	Desv. Pad.:	0,10
			BV4	1996,77	1,28	CV (%):	7,49	CV (%):	7,49
B	Malha hexagonal, 1", fio 0,56mm, pinteiro	BP	BP1	2535,38	1,62	P média (N):	2445,06	σ_f média (MPa):	1,56
			BP2	2101,87	1,35				
			BP3	2108,43	1,35	Desv. Pad.:	442,26	Desv. Pad.:	0,28
			BP4	3034,57	1,94	CV (%):	18,09	CV (%):	18,09
C	Malha hexagonal 2", fio 1,24 mm, tipo galinheiro	CG	CG1	3310,49	2,12	P média (N):	3013,24	σ_f média (MPa):	1,93
			CG2	3652,00	2,34				
			CG3	2936,04	1,88	Desv. Pad.:	642,89	Desv. Pad.:	0,41
			CG4	2154,42	1,38	CV (%):	21,34	CV (%):	21,34
C	Malha losangular, 30 x 30 mm, fio 2 mm x 0,3mm, tipo deployeé	CD	CD1	2016,48	1,29	P média (N):	2535,38	σ_f média (MPa):	1,62
			CD2	2765,27	1,77				
			CD3	2765,27	1,77	Desv. Pad.:	355,18	Desv. Pad.:	0,23
			CD4	2594,50	1,66	CV (%):	14,01	CV (%):	14,01
C	Malha quadrada, 25 x 25 mm, fio 1,24 mm	CQ	CQ1	2325,19	1,49	P média (N):	2330,21	σ_f média (MPa):	1,49
			CQ2	2135,52	1,37				
			CQ3	2108,00	1,35	Desv. Pad.:	297,39	Desv. Pad.:	0,19
			CQ4	2752,13	1,76	CV (%):	12,76	CV (%):	12,76
D	Malha quadrada, 25 x 25 mm, fio 1,20 mm	DQ	DQ1	3888,48	2,49	P média (N):	3829,33	σ_f média (MPa):	2,45
			DQ2	4814,59	3,08				
			DQ3	3678,20	2,35	Desv. Pad.:	773,53	Desv. Pad.:	0,50
			DQ4	2936,05	1,88	CV (%):	20,20	CV (%):	20,20

*P=Carga; σ_f =tensão de tração na flexão; CV=Coefficiente de Variação

Tabela 33: resistência à tração na flexão, aos 28 dias, da argamassa Ar1 com tela metálica colocada a 1/2 da camada

Fabr.	Tipo de Tela	Código	CP	Carga máxima (N)	σ_{tf} (MPa)				
A	Malha quadrada, 25 x 25 mm, fio 1,24 mm	AQ	AQ1	4945,80	3,17	P média (N):	4420,20	σ_{tf} média (MPa):	2,83
			AQ2	4624,00	2,96				
			AQ3	4111,00	2,63	Desv. Pad.:	443,46	Desv. Pad.:	0,28
			AQ4	4000,00	2,56	CV (%):	10,03	CV (%):	10,03
B	Malha quadrada, 25 x 25 mm, fio 1,24 mm	BQ	BQ1	4033,00	2,58	P média (N):	4051,03	σ_{tf} média (MPa):	2,59
			BQ2	3337,00	2,14				
			BQ3	4309,10	2,76	Desv. Pad.:	516,85	Desv. Pad.:	0,33
			BQ4	4525,00	2,90	CV (%):	12,76	CV (%):	12,76
B	Malha hexagonal, 1/2", fio 0,56mm, viveiro	BV	BV1	2101,86	1,35	P média (N):	2215,01	σ_{tf} média (MPa):	1,42
			BV2	2206,96	1,41				
			BV3	2016,48	1,29	Desv. Pad.:	226,93	Desv. Pad.:	0,15
			BV4	2534,72	1,62	CV (%):	10,25	CV (%):	10,25
B	Malha hexagonal, 1", fio 0,56mm, pinteiro	BP	BP1	1793,16	1,15	P média (N):	1852,27	σ_{tf} média (MPa):	1,19
			BP2	1878,55	1,20				
			BP3	1589,54	1,02	Desv. Pad.:	231,35	Desv. Pad.:	0,15
			BP4	2147,84	1,37	CV (%):	12,49	CV (%):	12,49
C	Malha hexagonal 2", fio 1,24 mm, tipo galinheiro	CG	CG1	2752,13	1,76	P média (N):	2760,35	σ_{tf} média (MPa):	1,77
			CG2	3264,46	2,09				
			CG3	2587,93	1,66	Desv. Pad.:	359,89	Desv. Pad.:	0,23
			CG4	2436,86	1,56	CV (%):	13,04	CV (%):	13,04
C	Malha losangular, 30 x 30 mm, fio 2 mm x 0,3mm, tipo deployeé	CD	CD1	1819,43	1,16	P média (N):	1967,22	σ_{tf} média (MPa):	1,26
			CD2	2154,42	1,38				
			CD3	1885,11	1,21	Desv. Pad.:	147,70	Desv. Pad.:	0,09
			CD4	2009,91	1,29	CV (%):	7,51	CV (%):	7,51
C	Malha quadrada, 25 x 25 mm, fio 1,24 mm	CQ	CQ1	3579,74	2,29	P média (N):	3553,47	σ_{tf} média (MPa):	2,27
			CQ2	3198,78	2,05				
			CQ3	3796,50	2,43	Desv. Pad.:	253,54	Desv. Pad.:	0,16
			CQ4	3638,85	2,33	CV (%):	7,14	CV (%):	7,14
D	Malha quadrada, 25 x 25 mm, fio 1,20 mm	DQ	DQ1	3238,19	2,07	P média (N):	3315,37	σ_{tf} média (MPa):	2,12
			DQ2	3146,24	2,01				
			DQ3	3507,50	2,24	Desv. Pad.:	157,49	Desv. Pad.:	0,10
			DQ4	3369,55	2,16	CV (%):	4,75	CV (%):	4,75

*P=Carga; σ_{tf} =tensão de tração na flexão; CV=Coefficiente de Variação

Tabela 34: resistência à tração na flexão, aos 28 dias, da argamassa Ar1 com tela metálica colocada a 2/3 da camada

Fabr .	Tipo de Tela	Código	CP	Carga máxima (N)	σ_{tf} (MPa)				
A	Malha quadrada, 25 x 25 mm, fio 1,24 mm	AQ	AQ1	6634,00	4,25	P média (N):	6619,50	σ_{tf} média (MPa):	4,24
			AQ2	6621,00	4,24				
			AQ3	6293,00	4,03	Desv. Pad.:	260,27	Desv. Pad.:	0,17
			AQ4	6930,00	4,44	CV (%):	3,93	CV (%):	3,93
B	Malha quadrada, 25 x 25 mm, fio 1,24 mm	BQ	BQ1	5767,00	3,69	P média (N):	6351,75	σ_{tf} média (MPa):	4,07
			BQ2	6411,00	4,10				
			BQ3	7029,00	4,50	Desv. Pad.:	525,08	Desv. Pad.:	0,34
			BQ4	6200,00	3,97	CV (%):	8,27	CV (%):	8,27
B	Malha hexagonal, 1/2", fio 0,56mm, viveiro	BV	BV1	1544,00	0,99	P média (N):	1727,50	σ_{tf} média (MPa):	1,11
			BV2	1891,00	1,21				
			BV3	1754,00	1,12	Desv. Pad.:	142,77	Desv. Pad.:	0,09
			BV4	1721,00	1,10	CV (%):	8,26	CV (%):	8,26
B	Malha hexagonal, 1", fio 0,56mm, pinteiro	BP	BP1	2141,00	1,37	P média (N):	1980,25	σ_{tf} média (MPa):	1,27
			BP2	1597,00	1,02				
			BP3	1753,00	1,12	Desv. Pad.:	377,11	Desv. Pad.:	0,24
			BP4	2430,00	1,56	CV (%):	19,04	CV (%):	19,04
C	Malha hexagonal 2", fio 1,24 mm, tipo galinheiro	CG	CG1	5005,00	3,20	P média (N):	5008,00	σ_{tf} média (MPa):	3,21
			CG2	5242,00	3,35				
			CG3	5312,00	3,40	Desv. Pad.:	380,09	Desv. Pad.:	0,24
			CG4	4473,00	2,86	CV (%):	7,59	CV (%):	7,59
C	Malha losangular, 30 x 30 mm, fio 2 mm x 0,3mm, tipo deployé	CD	CD1	3495,00	2,24	P média (N):	3785,00	σ_{tf} média (MPa):	2,42
			CD2	3619,00	2,32				
			CD3	4013,00	2,57	Desv. Pad.:	268,09	Desv. Pad.:	0,17
			CD4	4013,00	2,57	CV (%):	7,08	CV (%):	7,08
C	Malha quadrada, 25 x 25 mm, fio 1,24 mm	CQ	CQ1	6155,00	3,94	P média (N):	6047,75	σ_{tf} média (MPa):	3,87
			CQ2	6956,00	4,45				
			CQ3	6614,00	4,23	Desv. Pad.:	1104,38	Desv. Pad.:	0,71
			CQ4	4466,00	2,86	CV (%):	18,26	CV (%):	18,26
D	Malha quadrada, 25 x 25 mm, fio 1,20 mm	DQ	DQ1	6076,00	3,89	P média (N):	6248,25	σ_{tf} média (MPa):	4,00
			DQ2	6634,00	4,25				
			DQ3	6214,00	3,98	Desv. Pad.:	265,69	Desv. Pad.:	0,17
			DQ4	6069,00	3,88	CV (%):	4,25	CV (%):	4,25

*P=Carga; σ_{tf} =tensão de tração na flexão; CV=Coefficiente de Variação

Observou-se que a ruptura de todos os corpos de prova ocorreu de forma brusca, como é de se esperar para materiais rígidos, e em dois momentos, inicialmente houve a formação de microfissuras na argamassa no terço central do corpo de prova, seguido da ruptura da tela metálica, o valor de carga, registrado nas tabelas 32, 33 e 34, equivale ao valor obtido até que houvesse a ruptura da tela.

Os coeficientes de variação obtidos nos ensaios de todos os grupos demonstraram rigorosa ou boa precisão e uniformidade nos valores encontrados. Suficiente para admitir o ensaio de tração na flexão em 4 ponto adequado para avaliação de desempenho deste tipo de sistema de revestimento.

Para ter uma noção geral e facilitar a comparação entre os três posicionamentos de tela, apresenta-se na tabela 35 um resumo dos valores médios resistência à tração na flexão obtidos nas três situações, para cada tipo de tela metálica, imersa na argamassa Ar1.

Tabela 35: resumos dos valores de resistência à tração na flexão, aos 28 dias, da argamassa Ar1 com tela metálica nos três posicionamentos na camada

Tela.	σ_{tf} (MPa)		
	1/3	1/2	2/3
AQ	1,79	2,83	4,24
BQ	1,60	2,59	4,07
BV	1,29	1,42	1,11
BP	1,56	1,19	1,27
CG	1,93	1,77	3,21
CD	1,62	1,26	2,42
CQ	1,49	2,27	3,87
DQ	2,45	2,12	4,00

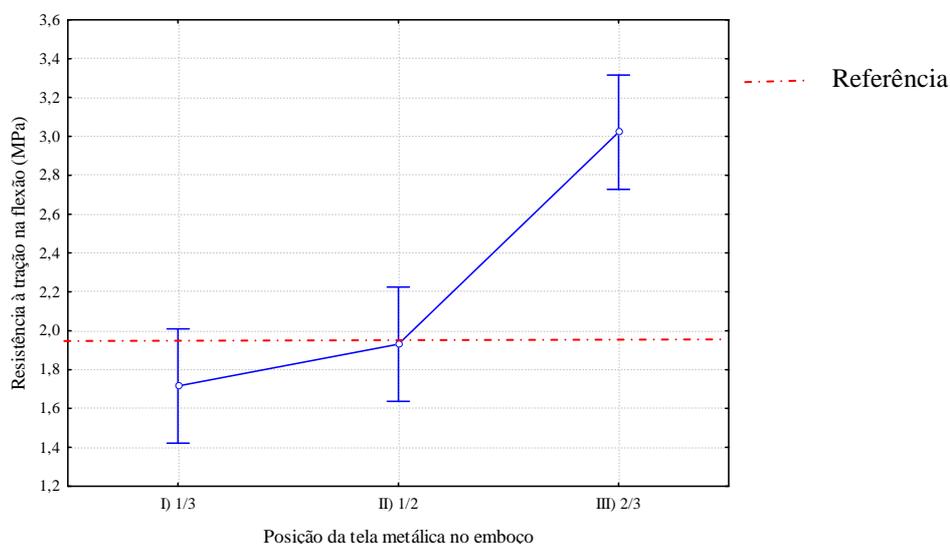
Com o intuito de avaliar se houve inferência estatística entre as três opções de posicionamento de tela metálica no emboço utilizado, no comportamento da argamassa quanto à resistência à tração na flexão, realizou-se a ANOVA a todos os valores encontrados, independentemente do tipo de tela metálica adotado (tabela 36 e figura 82). Pelos resultados verificados na tabela 36, é possível admitir que variando o posicionamento da tela metálica no interior da argamassa ocorreram variações significativas entre si quanto ao parâmetro analisado.

Tabela 36: análise estatística da resistência à tração na flexão variando a posição da tela metálica na argamassa Ar1 armada

	SQ	GDL	MQ	F _{cal}	Fator p	Significativo
Posição da tela metálica no emboço	31,35	2	15,67	22,34	0,00	S
Erro	65,25	93,00	0,70			

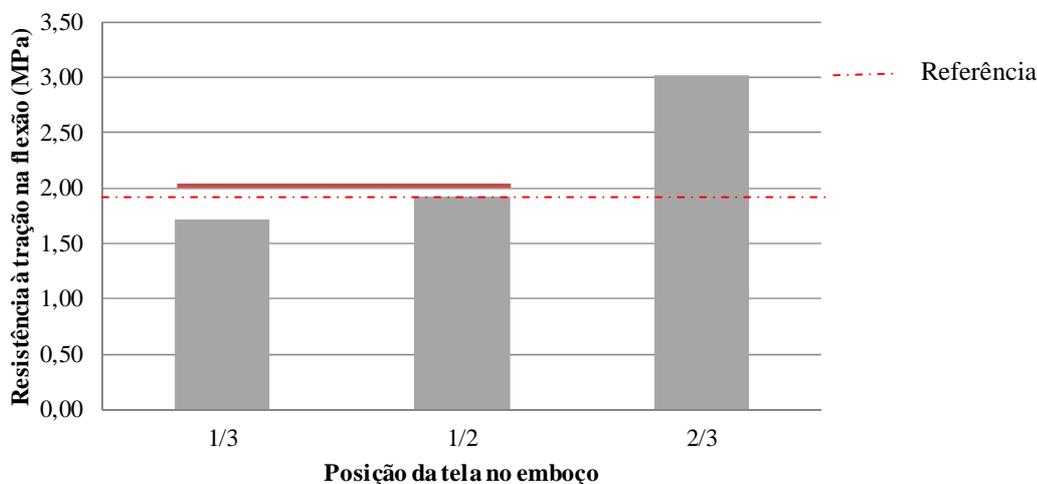
SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática; Teste F: valor calculado de F;
NS: não significativo; S: significativo

Figura 82: análise de variância dos valores de resistência à tração na flexão variando a posição da tela metálica na argamassa Ar1 armada



A comparação de médias em relação à resistência à tração na flexão, referentes à caracterização da argamassa reforçada com tela metálica (figura 83), mostrou que argamassas contendo tela a 1/3 ou na metade do emboço não apresentam diferença significativa entre si. Enquanto que, posicionar tela mais externamente ao emboço, ou seja, na região tracionada do revestimento à 2/3 da base, apresentou os melhores resultados, como esperado. Desta maneira, verificou-se que de fato há contribuição da tela metálica no incremento de resistência quando a mesma é localizada na região tracionada do revestimento.

Figura 83: comparação múltipla de médias de resistência à tração na flexão variando a posição da tela em relação à espessura do emboço de argamassa Ar1.



Verificou-se com estes resultados que embora ABCP (2004), MACIEL *et al.* (1998); e MEDEIROS (2011) recomendem que a tela esteja centralizada em relação à espessura, este posicionamento pouco contribui para o incremento de resistência à tração na flexão das argamassas de revestimento.

A análise da influência do tipo de tela na resistência à tração na flexão será realizada a seguir.

4.2.3.2 Influência do tipo de tela metálica adotada no reforço de argamassa na resistência à tração na flexão

Uma vez determinado o número de corpos de prova necessários para amostragem na aplicação do ensaio de tração na flexão em 4 pontos, ainda através da observação dos dados que constam nas tabelas 32, 33 e 34 apresentadas anteriormente, e da tabela 31 com resultados das amostras referência da argamassa Ar1, sem adoção de tela como reforço, estabeleceu-se comparativos da influência do tipo de tela metálica adotado no parâmetro em estudo.

Aos resultados obtidos nos ensaios desenvolvidos nesta etapa da pesquisa foram utilizados tratamentos estatísticos, apresentados através de gráficos e tabelas, seguidos das respectivas discussões. Em todos os corpos de prova observou-se que a fissura localizou-se entre os apoios inferiores do dispositivo de ensaio.

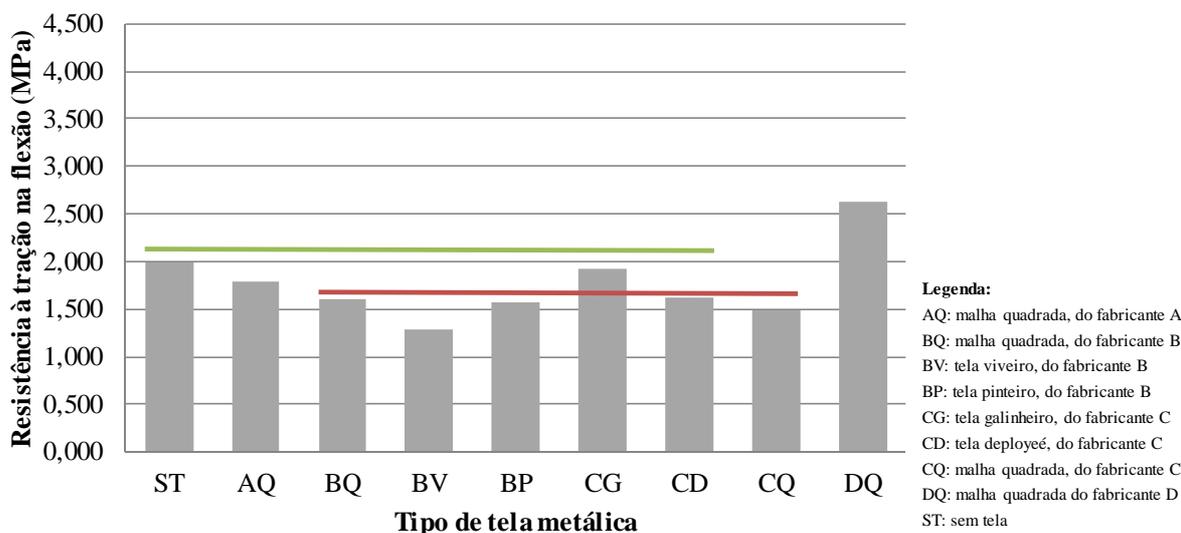
Verificou-se através da ANOVA, mostrada na tabela 37, que o tipo de tela metálica adotada exerce influência significativa na resistência à tração na flexão em 4 pontos, para a argamassa Ar1 reforçada com tela metálica. Para o conjunto com tela metálica posicionada a 1/3 da camada de emboço obteve-se a comparação de médias notada na figura 84.

Tabela 37: análise estatística da resistência à tração na flexão da argamassa Ar1 armada com telas metálicas distintas a 1/3 do emboço

	SQ	GDL	MQ	Fcal	Fator p	Significativo
Tipo de tela metálica	4,80	8	0,60	7,32	0,00	S
Erro	2,21	27	0,08			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática; Teste F: valor calculado de F;
NS: não significativo; S: significativo

Figura 84: comparação de médias de resistência à tração na flexão da argamassa Ar1 armada com telas metálicas distintas dispostas a 1/3 da camada



Com a tela posicionada na zona comprimida do revestimento, ou seja, a 1/3 do emboço, quase que em sua totalidade o uso da tela metálica não apresentou contribuição, como AQ e CG, ou até mesmo piorou, no caso das telas BQ, BP, BV, CD e CQ, o desempenho das argamassas reforçadas. A única exceção foi a tela DQ que promoveu incremento no desempenho do sistema reforçado. No geral os valores medidos obtidos para todos os tipos de tela foram inferiores ao obtidos com telas em outras posições.

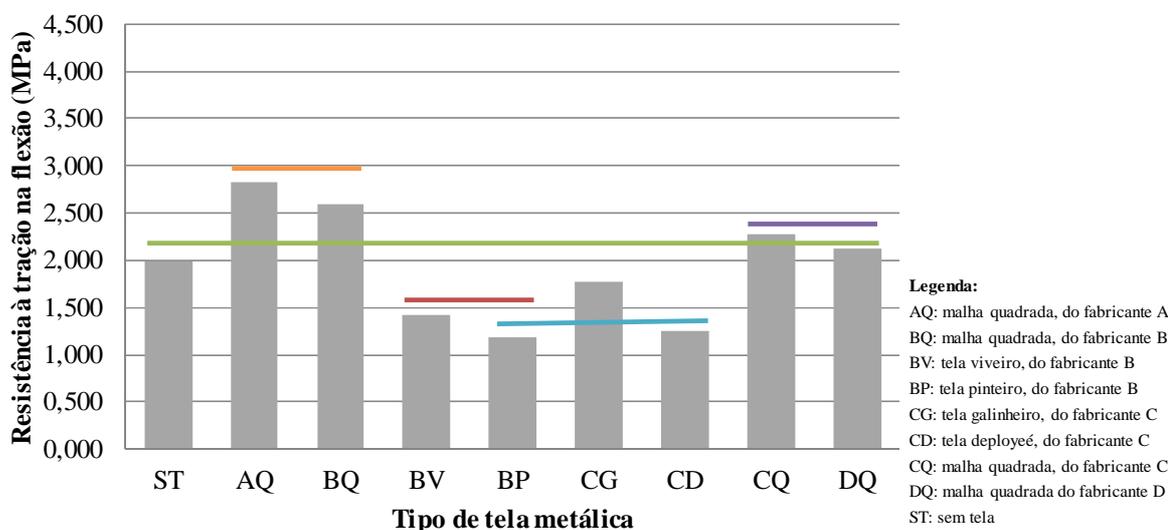
Considerando as médias dos resultados encontrados de tração na flexão quando as telas metálicas estão posicionadas no meio (1/2) da espessura do emboço, verificou-se na tabela 38 que o tipo de tela exerce influência na variável de resposta. A comparação das médias está mostrada na figura 85.

Tabela 38: análise estatística da resistência à tração na flexão da argamassa Ar1 armada com telas metálicas distintas, no meio (1/2) do emboço

	SQ	GDL	MQ	Fcal	Fator p	Significativo
Tipo de tela metálica	10,80	8	1,35	36,54	0,00	S
Erro	1,00	27	0,04			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática; Teste F: valor calculado de F;
 NS: não significativo; S: significativo

Figura 85: comparação de médias de resistência à tração na flexão da argamassa Ar1 armada com telas metálicas distintas dispostas no meio (1/2) da camada



A comparação de médias em relação à resistência à tração na flexão, referentes à caracterização da argamassa reforçada com tela metálica (Figura 84), com tela posicionada no meio do emboço mostrou que argamassas contendo as telas com malha quadrada, a exceção da do tipo DQ que não apresentou diferença significativa em relação a argamassa padrão, apresentaram os melhores desempenhos. Por outro lado, as telas BV, BP e CD tiveram desempenho inferior e a tela CG desempenho similar à argamassa referência, demonstrando a ineficiência destas em agregar resistência à tração na flexão à argamassa. Este comportamento possivelmente pode ser atribuído à natureza mais deformável que as telas entrelaçadas de espessura de fio menor (0,56 mm) e a tela deployeé (0,18 mm) possuem.

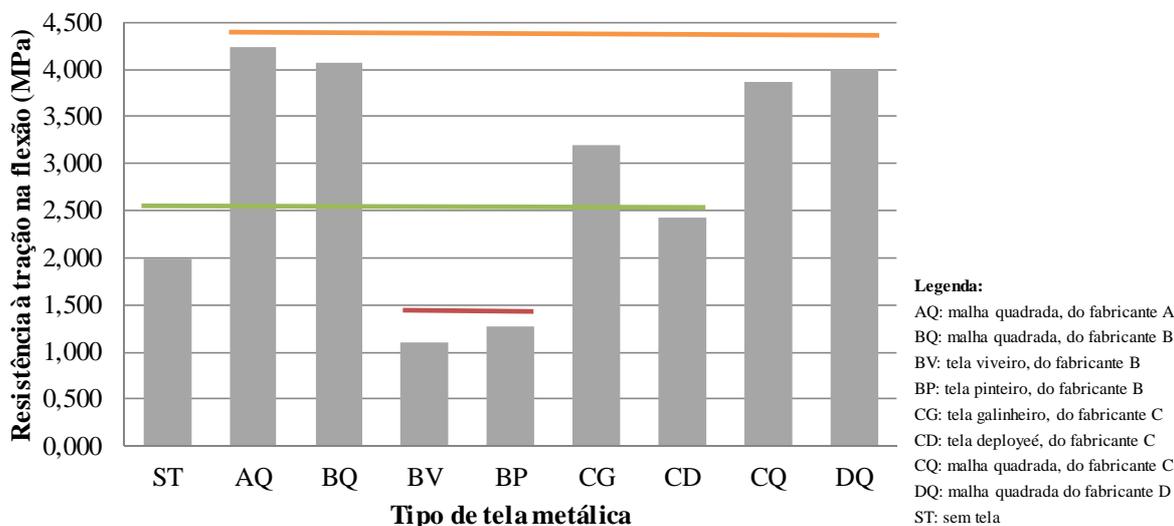
Para o conjunto com tela metálica posicionada a 2/3 da camada de emboço, obteve-se a comparação de médias conforme a figura 86. Verificou-se através da análise estatística registrada na tabela 39, que o tipo de tela metálica nesta condição também exerce influência na resistência à tração na flexão da argamassa reforçada.

Tabela 39: análise estatística da resistência à tração na flexão da argamassa Ar1 armada com telas metálicas distintas a 2/3 do emboço

	SQ	GDL	MQ	Fcal	Fator p	Significativo
Tipo de tela metálica	49,35	8	6,17	67,26	0,00	S
Erro	2,48	27	0,09			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática; Teste F: valor calculado de F;
 NS: não significativo; S: significativo

Figura 86: comparação de médias de resistência à tração na flexão da argamassa Ar1 armada com telas metálicas distintas dispostas a 2/3 da camada



Com tela posicionada na zona tracionada do emboço, ou seja, a 2/3 da espessura do revestimento, verificaram-se os melhores resultados de desempenho, se comparada às telas posicionada no meio ou a 1/3 do emboço, conforme esperado. Analogamente ao verificado por Pfeil(1989); Leonhardt e Mönning, (2007); Nawy, (2008); Wight e MacGregor, (2012), tradicionalmente, no concreto armado, uma das principais técnicas de reforço consiste em aumentar a resistência ao momento fletor das vigas, por exemplo, adicionando-se mais barras de aço ao banzo tracionado da peça, a tela metálica igualmente promoveu melhorias para posição similar.

As argamassas armadas com telas metálicas de malha quadrada, de mesmas dimensões (malha e diâmetro do fio), de 4 (quatro) fabricantes distintos apresentaram os melhores resultados de desempenho e estatisticamente iguais para este posicionamento da tela. Em seguida a tela CG apresentou resultados intermediários de desempenho, em relação à argamassa referência. Esta tela possui fios entrelaçados de malha hexagonal com bitola de 1,24 mm, igual a das telas de malha quadrada e por esta razão apresenta maior rigidez e melhor desempenho se comparada com as outras telas entrelaçadas analisadas (BV e BP). Verificou-se que as amostras de argamassa armada com a tela CD apresentaram mesmo desempenho da argamassa referência sem tela (ST) e, portanto, não é considerada eficiente.

Por fim, avaliando os resultados citados, para nenhuma posição as telas BV e BP apresentaram contribuição para o aumento de resistência à tração na flexão da argamassa, inclusive foram consideradas inadequadas por terem valores inferiores ao da argamassa

referência. Houve piora significativa das propriedades mecânicas avaliadas da argamassa armada com telas do tipo viveiro e pinteiro, de desempenho inferior à argamassa referência, muito provavelmente devido a problemas de aderência na interação com a argamassa.

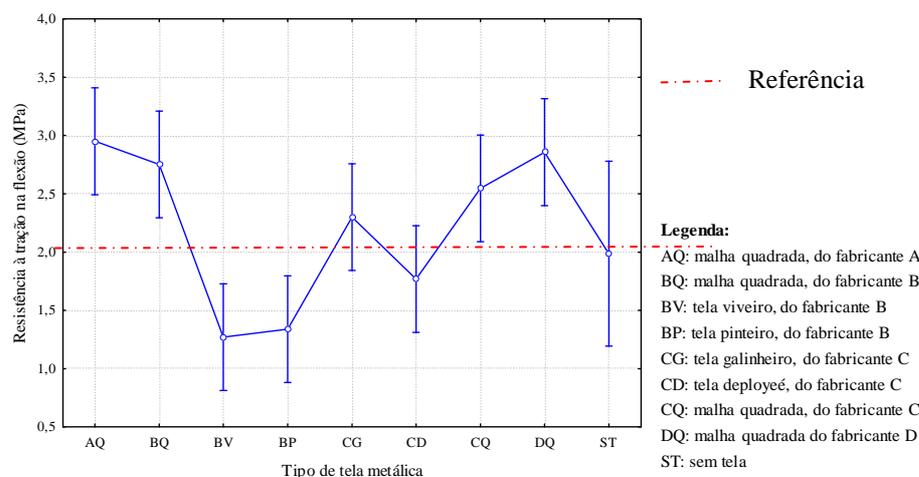
De modo a ter uma noção geral de desempenho dos diferentes tipos de tela metálica, em relação à argamassa referência (sem tela), independentemente do posicionamento da tela em relação ao emboço, fez-se a análise estatística de variância (ANOVA) de todos os resultados obtidos. Sabendo que somente os fatores com probabilidade inferior a um nível de significância de 5% são considerados como significativos, ou seja, que causam alterações na variável de resposta, ficou demonstrado na tabela 40 que a alteração do tipo de tela metálica adotada no reforço de revestimento de argamassa influencia de forma significativa o comportamento da argamassa quanto à resistência à tração na flexão. Na figura 87, que mostra os valores de resistência à tração na flexão de argamassas com telas distintas, os pontos estão ligados para facilitar a visualização, mas não indica um comportamento.

Tabela 40: análise estatística da resistência à tração na flexão da argamassa Ar1 armada variando o tipo de tela metálica adotado

	SQ	GDL	MQ	Fcal	Fator p	Significativo
Tipo de tela metálica	38,84	8	4,85	7,62	0,00	S
Erro	57,98	91	0,64			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática; Teste F: valor calculado de F;
NS: não significativo; S: significativo

Figura 87: análise de variância dos valores de resistência à tração na flexão de argamassas armadas variando o tipo de tela metálica adotado



Considerando o resultado geral, independente da posição da tela verificou-se que as telas com malha quadrada, AQ, BQ, CQ e DQ, apresentaram o melhor desempenho.

As telas entrelaçadas, BV e BP, por sua vez, foram as que obtiveram os piores resultados, inclusive piorando o desempenho se comparada à argamassa referência. Este comportamento pode ser atribuído ao efeito de corte (cisalhante) que a tela promove no conjunto, bem como a incompatibilidade geométrica das malhas com as características reológicas da argamassa utilizada. Possivelmente a argamassa utilizada não apresenta coesão e a fluidez suficientemente compatíveis para garantir a total impregnação dos fios de pequena espessura (0,56 mm) das malhas entrelaçadas citadas, dificultando a aderência e interação entre os materiais (tela/argamassa) e dificultando a efetiva contribuição da tela à tração.

A tela CG, embora tenha incrementado o desempenho, ainda assim foi inferior ao encontrado nas de malha quadrada. Este resultado vem a corroborar aquele encontrado por Silva (2012) em sua pesquisa, quando constatou a melhoria no desempenho para telas metálicas com malhas quadradas soldadas e superiores às verificadas nas telas entrelaçadas.

Nas amostras de argamassa contendo tela metálica do tipo CD se detectou resultados com desempenho intermediário, se comparada com outras naturezas de tela metálica ensaiadas. A tela do tipo *deployeé*, quando comparada à argamassa referência, apresentou leve incremento de resistência, no entanto sua utilização prática em obra é bastante dificultada pelo manuseio. Este tipo de tela corta com facilidade as mãos do operador, mesmo que esteja com luvas. Em se tratando de durabilidade seu uso em fachadas externas pode incorrer em processos corrosivos na presença de umidade, e acarretar num posterior descolamento, pela natureza expansiva da oxidação, já que não possui tratamento de galvanização. Ressalta-se que internacionalmente o uso deste tipo de tela se dá em maiores espessuras de fio e com tratamentos anticorrosivos.

Vale lembrar que conforme a ANSI A108.02, o metal expandido (*deployeé*) é recomendado para revestimento de argamassa em pequena espessura, com no mínimo 3/4", em revestimentos de argamassa não aderidas à base, separada desta por uma membrana de clivagem que permite a movimentação do revestimento cerâmico.

Complementarmente fez-se uma análise de custo do uso da tela metálica, com base nos valores unitários de área em m² da tela em real (moeda brasileira - R\$) em função da resistência média à tração na flexão, em MPa. O custo dos rolos de tela metálica foi obtido através de uma pesquisa de mercado. Com isto foi possível comparar o custo em função da

resistência obtida em sistemas de argamassa armada com malha de metal, expressos em R \$ / MPa, como mostrado na tabela 41.

Tabela 41: resultados de custos de telas metálicas pela resistência à tração na flexão da argamassa armada

Fabricante	Tipo de tela metálica	Malha mm	Área do rolo	Custo do rolo (R\$)	Custo da tela metálica (R\$/m ²)	σ_{tf} média (MPa)	Custo da tela metálica (R\$/MPa)
A	Malha quadrada (Q)	25 x 25	12,50	195,00	15,60	4,24	3,68
B	Malha quadrada (Q)	25 x 25	12,50	181,18	14,49	4,07	3,56
	Malha hexagonal, viveiro (V)	12,7 (1/2")	75,00	587,90	7,84	1,11	7,06
	Malha hexagonal, pinteiro (P)	25,4 (1")	75,00	374,90	5,00	1,27	3,94
C	Malha hexagonal, galinheiro (G)	50,8 (2")	75,00	529,90	7,07	3,21	2,20
	Malha losangular, deployeé (D)	25,4 (1")	50,00	99,99	2,00	2,42	0,83
	Malha quadrada (Q)	25 x 25	12,50	163,99	13,12	3,87	3,39
D	Malha quadrada (Q)	25 x 25	12,50	110,00	8,80	4,00	2,20

A tabela 41 mostra que o custo tela muito depende do fabricante do material, porque, embora a tela DQ tenha tido resistência média máxima de tração na flexão equivalente às apresentadas pelas outras telas de malha quadrada com o mesmo fio e malha (AQ, BQ e CQ) o custo por MPA é mais barato do que o delas. A tela de metal do tipo CG foi a que melhor aliou o custo com o benefício, seguido por telas CQ, BQ e AQ, de forma que estas opções de tela são as mais recomendadas para uso.

Embora o custo do MPA para a tela CD tenha sido o mais baixo de todos (0,83 R\$ / MPa), tecnicamente, foi visto anteriormente que a sua utilização não traz melhoria no desempenho da argamassa à tração na flexão. Notou-se também que a tela BV, apresentou o maior custo por MPa, demonstrando que, além de um desempenho inadequado tecnicamente sua utilização é a mais cara de todas.

4.2.3.3 Influência do tipo de argamassa de emboço na resistência à tração na flexão

Sabendo-se da importância da interação entre materiais num sistema de revestimento como um todo, buscou-se complementarmente avaliar a resistência tração na flexão quando as telas metálicas interagem com diferentes argamassas de emboço. Desta maneira, adotou-se o ensaio de tração da flexão em 4 pontos, com tela inserida a 2/3 da espessura do emboço, visto que pelos resultados demonstrados anteriormente foi o posicionamento de tela na argamassa de melhor desempenho. Utilizaram-se 2 (duas) argamassas industrializadas, usualmente aplicadas em revestimento de emboço externo, Ar1 e Ar2, já caracterizadas, ressaltando-se que ambas possuem módulos de elasticidade distintos. Compararam-se os resultados obtidos para a argamassa Ar1, expressos na tabela 34, com os resultados obtidos para a argamassa Ar2, expressos na tabela 42.

Tabela 42: resistência à tração na flexão, aos 28 dias, da argamassa Ar2 com tela metálica colocada a 2/3 da camada

Fabr.	Tipo de Tela	Código	CP	Carga máxima (N)	σ_{tf} (MPa)				
A	Malha quadrada, 25 x 25 mm, fio 1,24 mm	AQ	AQ1	3889,00	2,49	P média (N):	4026,50	σ_{tf} média (MPa):	2,58
			AQ2	2910,00	1,86				
			AQ3	4532,00	2,90	Desv. Pad.:	832,92	Desv. Pad.:	0,53
			AQ4	4775,00	3,06	CV (%):	20,69	CV (%):	20,69
B	Malha quadrada, 25 x 25 mm, fio 1,24 mm	BQ	BQ1	3633,00	2,33	P média (N):	3675,00	σ_{tf} média (MPa):	2,35
			BQ2	3317,00	2,12				
			BQ3	4282,00	2,74	Desv. Pad.:	424,75	Desv. Pad.:	0,27
			BQ4	3468,00	2,22	CV (%):	11,56	CV (%):	11,56
B	Malha hexagonal, 1/2", fio 0,56mm, viveiro	BV	BV1	638,00	0,41	P média (N):	673,25	σ_{tf} média (MPa):	0,43
			BV2	611,00	0,39				
			BV3	689,00	0,44	Desv. Pad.:	63,37	Desv. Pad.:	0,04
			BV4	755,00	0,48	CV (%):	9,41	CV (%):	9,41
B	Malha hexagonal, 1", fio 0,56mm, pinteiro	BP	BP1	2680,00	1,72	P média (N):	2827,75	σ_{tf} média (MPa):	1,81
			BP2	2726,00	1,74				
			BP3	3258,00	2,09	Desv. Pad.:	288,66	Desv. Pad.:	0,18
			BP4	2647,00	1,69	CV (%):	10,21	CV (%):	10,21
C	Malha hexagonal 2", fio 1,24 mm, tipo galinheiro	CG	CG1	4624,00	2,96	P média (N):	3932,75	σ_{tf} média (MPa):	2,52
			CG2	3619,00	2,32				
			CG3	3009,00	1,93	Desv. Pad.:	758,94	Desv. Pad.:	0,49
			CG4	4479,00	2,87	CV (%):	19,30	CV (%):	19,30
C	Malha losangular, 30 x 30 mm, fio 2 mm x 0,3mm, tipo deployé	CD	CD1	3120,00	2,00	P média (N):	2699,50	σ_{tf} média (MPa):	1,73
			CD2	2555,00	1,64				
			CD3	2857,00	1,83	Desv. Pad.:	369,88	Desv. Pad.:	0,24
			CD4	2266,00	1,45	CV (%):	13,70	CV (%):	13,70

C	Malha quadrada, 25 x 25 mm, fio 1,24 mm	CQ	CQ1	3416,00	2,19	P média (N):	3808,25	σ_{tf} média (MPa):	2,44
			CQ2	4000,00	2,56				
			CQ3	3482,00	2,23	Desv. Pad.:	437,62	Desv. Pad.:	0,28
			CQ4	4335,00	2,77	CV (%):	11,49	CV (%):	11,49
D	Malha quadrada, 25 x 25 mm, fio 1,20 mm	DQ	DQ1	4250,00	2,72	P média (N):	4005,75	σ_{tf} média (MPa):	2,56
			DQ2	3225,00	2,06				
			DQ3	3901,00	2,50	Desv. Pad.:	603,16	Desv. Pad.:	0,39
			DQ4	4647,00	2,97	CV (%):	15,06	CV (%):	15,06

*P=Carga; σ_{tf}=tensão de tração na flexão; CV=Coefficiente de Variação

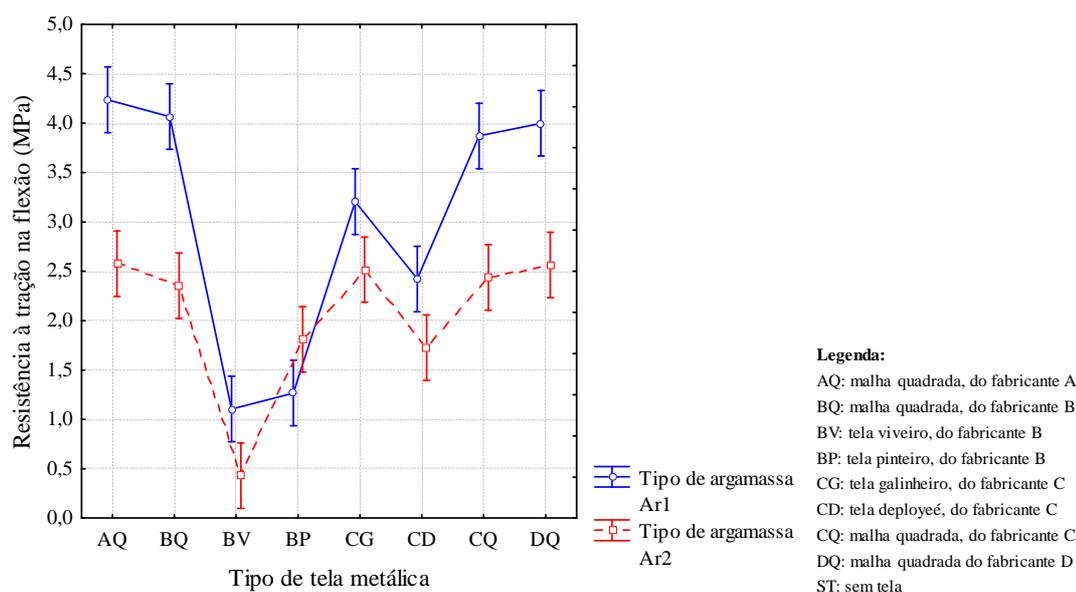
A figura 88 e tabela 43 mostram a análise de variância aplicada aos resultados de tração na flexão encontrados variando-se o tipo de argamassa adotada, mantendo-se fixa a posição da tela em relação à espessura do emboço a 2/3. Verificou-se com o tratamento estatístico que o tipo de argamassa de emboço adotado exerce influência nos valores encontrados de resistência à tração na flexão de argamassas com telas distintas.

Tabela 43: análise estatística da resistência à tração na flexão da argamassa Ar1 armada variando o tipo de argamassa adotada

	SQ	GDL	MQ	F _{cal}	Fator p	Significativo
Tipo de tela metálica	7,98	7	1,14	10,49	0,00	S
Erro	5,21	48	0,11			

SQ: soma quadrática; GDL: grau de liberdade; MQ: média quadrática; Teste F: valor calculado de F;
NS: não significativo; S: significativo

Figura 88: análise de variância dos valores de resistência à tração na flexão de argamassas armadas variando o tipo de argamassa adotada



Como foi preconizado por Figueiredo (2000), a argamassa Ar1, aquela que apresenta o maior módulo de elasticidade (7454,04 MPa) quando comparada a argamassa Ar2 (4236,15 MPa), apresentou melhor desempenho a tração na flexão e por esta razão maior compatibilidade com as telas metálicas. Demonstrando-se para as combinações de materiais ensaiados nesta pesquisa que melhor será a interação argamassa tela metálica/argamassa quanto mais aproximado do módulo da tela metálica for o módulo de elasticidade da argamassa.

4.3 CONTRIBUIÇÃO PARA A AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

Com base no exposto, assumindo-se que os sistemas são compostos por materiais, considera-se que uma avaliação de desempenho adequada deve iniciar pela caracterização de todos os materiais que compõem o sistema e verificar seu atendimento às respectivas normas prescritivas. Para o objeto de estudo tratado nesta pesquisa que é a argamassa reforçada com tela metálica, sabe-se que já existem ensaios de caracterização da argamassa bastante difundidos. A lacuna de conhecimento se trata da caracterização da tela metálica. Os fabricantes de tela se limitam a apresentar apenas a resistência dos fios, e não apresentam a resistência da tela em si, que pode apresentar fragilidades na solda, como se verificou no programa experimental.

Então a contribuição inicial deste trabalho consiste numa proposta de ensaio para caracterização à tração de telas metálicas com malha quadrada, a geometria cujos resultados obtiveram os melhores resultados na interação com as argamassas adotadas. Como as malhas entrelaçadas do tipo viveiro, pinteiro, galinheiro e do tipo deployeé não apresentam restrição à movimentação na direção da carga mesmo com um corpo de prova de pequena dimensão, este ensaio não se mostrou efetivo.

É notório que para haver uma seleção adequada dos materiais em combinação esta escolha deve ser regida no desempenho do sistema como um todo. Desta maneira, nesta pesquisa apresentou três opções de ensaio para avaliação do sistema de revestimento. E, dependendo da função do revestimento, seja ele como argamassa armada ou como ponte de transmissão, estes ensaios propostos podem ser complementares ou de uso individual.

Os três ensaios propostos se tratam de: tração por compressão diametral, tração direta e tração na flexão em 4 pontos, e visam atenuar as preocupações correntes com a compatibilidade do sistema de argamassa reforçado com tela metálica.

Em resumo, as contribuições para avaliação de desempenho de sistemas de revestimento reforçados com tela metálica seguem apresentadas a seguir:

Proposta 1: Caracterização da tela metálica utilizada através do ensaio de tração direta, e expressar os locais de ruptura, carga máxima, limite de resistência à tração e atentar que os pontos de solda não podem apresentar uma resistência menor que a do fio;

Proposta 2: Avaliação da interação argamassa/tela metálica através do ensaio de tração por compressão diametral, através dele expressar a carga máxima suportada pelo conjunto;

Proposta 3: Avaliação do sistema de revestimento de argamassa reforçado com tela aplicado sobre a interface alvenaria/estrutura, e a partir dele expressar a carga de formação da primeira fissura, a carga máxima, a resistência de formação da primeira fissura e a resistência máxima à tração direta obtida. Embora este ensaio tenha execução complexa e demande mais tempo, apresentou variabilidade satisfatória e mostrou-se indicado para as situações em que a tela metálica for utilizada com a função de ponte de transmissão;

Proposta 4: Avaliação da interação argamassa/tela metálica através do ensaio de tração na flexão, através dele expressar a carga máxima e a resistência à tração na flexão. O ensaio auxilia na verificação do ganho de desempenho para os parâmetros citados, quanto ao controle de fissuração da argamassa.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PRÓXIMAS PESQUISAS

Neste capítulo serão apresentadas as principais conclusões extraídas de toda a pesquisa experimental realizada.

5.1 CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos e análises realizadas, para as condições ambientais de laboratório e para os materiais e tipos de solicitações que se aplicam a esta pesquisa, considera-se:

- as argamassas Ar1 e Ar2 apresentaram características distintas quanto à resistência à tração na flexão, resistência à compressão e ao módulo de elasticidade, sendo que para o tipo Ar1 os parâmetros de caracterização mecânica da argamassa citados os foram superiores;
- o ensaio de tração proposto para a caracterização de telas metálicas com malha quadrada mostrou-se apto no que se refere a avaliar comportamento de tração. O referido ensaio apresentou diferenças significativas para os valores encontrados se comparada com a configuração de ensaio já consagrada para fio de arame, respaldado pela NBR 6207 (1982), e tem reduzida variabilidade;
- a comparação entre telas de malha quadrada de fabricantes distintos, a partir das análises efetuadas nesta pesquisa, permitiu notar diferenças significativas quanto ao limite de resistência à tração no referido ensaio, embora apresentem as mesmas dimensões de abertura de malha (25 mm x 25 mm), e de espessura de fio (1,24 mm);
- a tela metálica de malha quadrada, CQ, apresentou as falhas predominantemente na zona de solda, indicando problemas no processo de fabricação, além de ter apresentado os valores de tensão de ruptura mais baixos obtidos;
- a partir dos resultados obtidos neste trabalho é possível afirmar que a tela AQ foi a que apresentou o melhor desempenho quanto ao limite de resistência à tração;
- em se tratando do ensaio de tração por compressão diametral proposto, a sua utilização se mostrou viável para avaliar a eficiência do uso de tela no incremento de resistência da argamassa, no entanto, permite avaliações limitadas ao parâmetro de carga máxima de ruptura, já que com ele não é possível mensurar que parte da resistência compete à tração e que parte compete à compressão;
- o ensaio de tração direta desenvolvido neste trabalho para caracterização do revestimento de argamassa reforçado com tela metálica aplicado sobre a interface alvenaria-estrutura, embora complexo e demande mais tempo para execução, apresentou variabilidade satisfatória e mostrou-se capaz para avaliar além da carga a resistência à tração. O ensaio demonstrou pela análise comparativa entre argamassa contendo tela e sem tela, aplicada sobre a interface alvenaria-estrutura, do corpo de prova proposto, que as duas formas apresentam diferenças significativas entre si;
- através do ensaio de tração direta proposto, para avaliar revestimentos reforçados sobre a interface alvenaria-estrutura notou-se que a carga máxima da argamassa sem tela é 35,03% inferior a obtida para a argamassa reforçada com tela metálica.

Observou-se de maneira evidente a contribuição da tela na minimização do surgimento da 1ª fissura, e um comportamento mais rígido apresentado pela argamassa sem tela;

- quanto ao ensaio de tração na flexão em 4 pontos, proposto nesta pesquisa, considera-se o mesmo apto para a caracterização de argamassas reforçadas quanto a solicitações de tração na flexão. Foi possível avaliar diferentes tipologias de telas metálicas e posicionamentos da mesma considerando sua facilidade de execução, número pequeno de corpos de prova necessário a ser ensaiado, e devido à sua reduzida variabilidade. Sua utilização no futuro pode contribuir para a escolha de materiais mais compatíveis entre si, com destaque às argamassas armadas para revestimento;
- a partir no ensaio de tração na flexão em 4 pontos, verificou-se que em todos os posicionamentos de tela no revestimento de argamassa a ruptura se deu em dois momentos, inicialmente a argamassa fissurou, e em seguida a tela metálica rompeu. Comparativamente, observou-se que as argamassas reforçadas com tela posicionada na zona tracionada do emboço o que *in loco* equivaleria a um posicionamento da tela voltado mais próximo ao exterior, tratada por 2/3 da espessura do revestimento, apresentaram os melhores resultados de desempenho tanto de carga com por aumentar o tempo de aparecimento da primeira fissura, se comparada às telas posicionada no meio ou a 1/3 do emboço, conforme esperado. Vale ressaltar que por se tratar do uso de tela metálica em revestimentos de argamassa, numa aplicação real, não se deve negligenciar o cobrimento, o qual deve ser suficiente no sentido de evitar processos corrosivos precoces na mesma, o que produziria risco de degradação ao sistema;
- argamassas reforçadas com telas de malha quadrada, contendo mesmas dimensões de malha (25 mm x 25 mm) e espessura do fio (1,24 mm), no que se refere ao ensaio de tração na flexão em 4 pontos, não apresentaram diferenças significativas entre si, portanto e diante de seu desempenho favorável, são indicadas para incremento de resistência de revestimentos de argamassa;
- a partir dos resultados nos ensaios de resistência à tração na flexão em 4 pontos notou-se que houve piora significativa das propriedades mecânicas dos compósitos, quando reforçados com as telas BV e BP, hexagonais entrelaçadas do tipo viveiro e pinteiro, respectivamente, sendo possível afirmar que o uso das mesmas é inadequado;

- A tela CG, do tipo galinheiro, apresentou resultados intermédios de resistência à tração em flexão, em comparação com outras naturezas telas de metálicas testadas, mostrando-se como uma possibilidade a ser considerada no uso de reforços;
- verificou-se ainda que as amostras de argamassa com a tela CD, do tipo deployeé, apresentaram o mesmo desempenho da argamassa referência sem tela (ST) e, portanto não é considerada eficiente;
- do ponto de vista econômico, notou-se que a tela BV, apresentou o maior custo por MPa, demonstrando que, além de um desempenho inadequado tecnicamente sua utilização é a mais cara de todas. Por outro lado, o uso mais vantajoso de tela é conferido pelo tipo CG, seguido pelas telas CQ, BQ e AQ, que melhor aliam custo / benefício técnico;
- notou-se que o tipo de argamassa adotado em interação com a tela metálica exerce influência nos resultados de tração na flexão. A argamassa com maior módulo de elasticidade, a Ar1 apresentou melhor compatibilidade com as telas metálicas.

5.2 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Este trabalho visou propor e avaliar uma metodologia de desempenho capaz de comprovar a eficiência do uso da tela metálica para reforço de revestimento de argamassa. Todavia, ao longo de sua realização ficou evidente a necessidade de ampliar a investigação, e adotar outras opções de abordagem do tema proposto, as quais são destacadas abaixo como possíveis temas a serem aplicadas em pesquisas futuras:

- a) reprodução dos ensaios realizados nesta pesquisa com outros tipos de telas como as de fibra de vidro e telas poliméricas;
- b) avaliar a influência dos parâmetros de fixação da tela metálica no revestimento, tais como uso ou não de pinos no aumento da capacidade resistente do revestimento sem fissuração;
- c) desenvolvimento de procedimento experimental para ensaios de cisalhamento, no contato do revestimento da argamassa reforçada com tela aplicada sobre a interface alvenaria-estrutura
- d) desenvolvimento de ensaios para avaliação de desempenho *in loco* de revestimentos que contenham telas metálicas;

REFERÊNCIAS

ABCP. **Manual de Revestimentos de Argamassa**. v. Ativo 279, 2002. Associação Brasileira de Cimento Portland. Disponível em:

<<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/ativos/279/manual-de-revestimentos-de-argamassa.html>>. Acesso em: 30/9/2011.

ABCP. **Práticas recomendadas para revestimento de argamassa - Revestimento externo: execução e controle - colocação de telas**. Rio de Janeiro: Comunidade da Construção, 2004.

ABNT. **NBR 6207: Arame de aço - Ensaio de tração - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1982.

ABNT. **NBR ISO 9004-4: Gestão da qualidade e elementos do sistema da qualidade. Parte 4: Diretrizes para melhoria da qualidade**. Rio de Janeiro, 1993.

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

ABNT. **NBR 13755: Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1996.

ABNT. **NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1998.

ABNT. **NBR ISO 6892: Materiais metálicos - Ensaio de tração à temperatura ambiente**. Rio de Janeiro, 2002.

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

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

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

ABNT. **NBR 13280: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido.pdf**. Rio de Janeiro, 2005c.

ABNT. **NBR 15270-3: Componentes cerâmicos Parte 3: blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2005d.

ABNT. **NBR 15630: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do módulo de elasticidade dinâmico através da propagação de onda ultrassônica**. Rio de Janeiro, 2009.

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

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standart test method for flexural toughness and first crack strength of fiber reinforced concrete**. ASTM C1018. Book of ASTM Standart, part04.02. ASTM, Philadelphia, 1994.

ANDERSON, L. T. **Fracture mechanics: fundamentals and applications**. 3. ed. New York: CRC Press, 2005.

ACI Committee 549 1R-88. **Guide for the design, construction and repair of ferrocement**. ACI Structural Journal, May±June 1988.

ANSI **A108.01: General requirements: subsurfaces and preparations by other trades**. American National Institute, Anderson, 2013.

ANSI **A108.02: General requirements: materials, environmental, and workmanship**. American National Institute, Anderson, 2013.

ANTUNES, G. R. **Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília - sistematização da incidência de casos**, 2010. 178 p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.

ARCELORMITTAL. **Catálogo - Soluções para Alvenaria - Tela Belgorevest**, 2011. Disponível em: <<http://www.belgobekaert.com.br/Produtos/Documents/Solucoes-Alvenaria.pdf>>. Acesso em: 30/4/2011.

ARIF, M.; PANKAJ; KAUSHIK, S. K.. Mechanical behaviour of ferrocement composites: an experimental investigation. In: **Cement & Concrete Composites**, 21, 1999, p. 301-312.

ASTM. E8/E8M: Standard test methods for tension testing of metallic materials. **American Society for Testing and Materials**, p. 27, 2011.

ATKINSON, G. A. External vertical surfaces of buildings: aspects of design and appearance. In: SYMPOSIUM ON EVALUATION OF THE PERFORMANCE OF EXTERNAL VERTICAL SURFACES OF BUILDINGS, 1977, Otaniemi, Espoo, Finland. **Proceedings ...** Otaniemi, Espoo, Finland: RILEM/ASTM/CIB, 1977. 3v. v.1, p. 19-25.

BAÍA, L. L. M.; SABBATINI, F. H. **Projeto e execução de revestimento de argamassa**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2002.

BALBO, J. T. Relações entre resistências à tração indireta e à tração na flexão em concretos secos e plásticos. In: **Revista IBRACON de Estruturas e materiais**, vol. 6, nº 6. São Paulo, 2013.

BALLARIN, A. W. Estudo técnico - Argamassa armada: definição, histórico e desenvolvimento. In: W. J. Freire; A. L. Beraldo (Eds.); **Tecnologias e materiais alternativos de construção**. Campinas: Editora da Unicamp. 1 ed., v. 1, 2003, p.213–252.

BARROS, M. M. S.B. de; SABBATINI, F. H. **Produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria: diretrizes básicas. Revisão do Relatório Técnico Sabbatini, F. H. e Barros, M. M. S. B. Recomendações para a produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação e em alvenaria.** Relatório Técnico: R6-06/90 – EP/ENCOL-6, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

BASTOS, P. K. X.; DÉTRICHÉ, C. H.; BALAYSSAC, J.-P.; CINCOTTO, M. A. Retração e desenvolvimento de propriedades mecânicas em argamassas de revestimento. In: **Ambiente Construído**, v. 2, n. 2, Porto Alegre, p. 57–70, 2002.

BAUER, E. (Editor). **Revestimento de argamassa: características e peculiaridades.** Brasília: LEM- UnB; SINDUSCON, 2005.

BAUER, R. J. F. **Falhas em revestimentos: recomendações nas fases de projeto, execução e manutenção.** Apostila. Grupo Falcão Bauer, São Paulo, 1995.

BARTOS, P. Analysis of Pull-out Tests on Fibers embedded in Brittle Matrices. In: **Journal of Materials Science**, v. 15, n. 12, p. 3122-3128, 1980. 3. Review paper: bond in fibre reinforced cements and concretes. *Journal of Materials Science*, v.3, n.3, p.159-77, Aug. 1981.

BENTUR, A.; MINDESS, S. **Fibre reinforced cementitious composites.** United Kingdom. Barking, Elsevier. 1990.

BONIN, L. C.; CINCOTTO, M. A.; BASTOS, PEDRO K XAVIER. Um procedimento sistêmico para o controle da qualidade na aquisição de materiais para a produção de revestimentos de argamassas inorgânicas. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. **Anais...** p.781–789, 1999, Vitória: UFES/PPGEC.

BONSHOR, R. B.; BONSHOR, L. L. **Cracking in buildings.** BRE, Garston, 1996

BOX, G. E. P.; HUNTER, W.G; HUNTER, J. S. **Statistics for Experimenters**, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 2005.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **BS 5385-2: 2006 - Wall and floor tiling - Part 2: Design and installation of external ceramic and mosaic wall tiling in normal conditions - Code of practice.** London, 2006.

BROOKS, J. J. Factors influencing movements of concrete and creep effects. In: Workshop: Influence od creep on design, performance na safety of concrete dams. **Proceedings...** Rotterdam: A. A. Balkema, 1994

CALASANS, C. R. **Sistemas de revestimento de argamassas provocações para a qualificação.** VII Semana Pensando em Argamassa, 2009. Salvador. Disponível em: <<http://www.nst.ufba.br/files/CI%C3%A1udio+C...pdf>> Acesso em: 6/3/2012.

CALLISTER JR, W. D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução.** Rio de Janeiro: LTC Editora, 2002.

CAMPANTE, E. F. **Metodologia de diagnóstico, recuperação e prevenção de manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos de fachadas.** 2001, 408p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo.

CAMPANTE, E. F.; BAÍA, L. L. M. **Projeto e execução de revestimento cerâmico.** Coleção pr ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2003.

CARASEK, H. **Aderência de argamassas à base de cimento Portland a substratos porosos - avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo de ligação.** 1996. 285p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo.

CARASEK, H. **Materiais de construção civil e Princípios de ciência e engenharia de materiais.** Ed. G. C. Isaia. – São Paulo: IBRACON, 2007. v. 2. p.1712.

CARMONA FILHO, A. **Curso prático de diagnóstico, reparo e proteção de edificações em concreto.** São Paulo: ABECE, 2005.

CEOTTO, L. H.; BANDUK, R. C.; NAKAKURA, E. H. **Revestimentos de Argamassas: boas práticas em projeto, execução e avaliação.** Recomendações técnicas HABITARE, ed., v. 1, 2005. Porto Alegre: ANTAC.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia Científica.** São Paulo: Prentice Hall, 5 ed. 2002, 242 p.

CIB - W86 - BUILDING PATHOLOGY. Edited by FREITAS, V. P. **A state-of-the-art report on building pathology.** CIB Report, Publication 393. Brisbane, Australia, September 2013.

CINCOTTO, M. A., SILVA, M. A. C., CARASEK, H. **Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio** (Publicação IPT 2378). 1 ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995. 118 p.

CHAMELETE, A. G. **Estudo técnico - Armaduras para argamassa armada.** 2 ed. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 1999.

CHAKRABORTY, S.; KUNDU, S. P.; ROY, A.; ADHIKARI, B.; MAJUMDER, S. B. Polymer modified jute fibre as reinforced agent controlling the physical and mechanical characteristics of cement mortar. In: **Construction and Building Materials**, v. 49; 2013, p. 214-222.

COSTA, A.; ARÊDE, A.; COSTA, A.; GUEDES, J.; SILVA, B. Experimental testing, numerical modelling and seismic strengthening of traditional stone masonry: comprehensive study of a real Azorian pier. In: **Bulletin Earthquake Engineering**, Springer Science Business Media, v. 10, issue 1, 2010, p 135-159.

CHAGAS, S. V. M. **Estudo e proposta de um modelo de resistência à fadiga de argamassa de revestimento em estado plano tridimensional de tensões,** 2009. 172 p. Dissertação

(Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.

DORFMAN, G.; PETRUCCI, H. M. C. Recomendações para o projeto de fachadas com vistas à sua maior durabilidade e facilidade de manutenção. In: SIMPÓSIO SOBRE PATOLOGIA DAS EDIFICAÇÕES: PREVENÇÃO E RECUPERAÇÃO, 1989, Porto Alegre. **Anais ...** Porto Alegre: UFRGS, 1989. p. 251-263.

DUARTE, R. B. Correção de fissuras em alvenaria. In: SEMINÁRIO SOBRE MANUTENÇÃO DE EDIFÍCIOS. **Anais...** Porto Alegre: CPGEC/UFRGS, 1988, p.87-98.

EKANE, E. B. **Estudo de fissuração em concreto armado com fibras e armadura convencional**. 1999. 189p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

ELDER, A. J.; VANDENBERG, M. **Construcción: Manuales AJ**. Madrid: H. Blume Ediciones, 1977.

ESQUIVEL, J. F. T. **Avaliação do uso de revestimentos cerâmicos de fachada em edifícios residenciais multifamiliares em São Paulo: estudo de caso região sul - 1994 1998**, 2001. 407p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ESQUIVEL, J. F. T. **Avaliação da influência do choque térmico na aderência dos revestimentos de argamassa**, 2009. 262p. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

EUROPEAN ORGANIZATION FOR TECHNICAL APPROVALS. **ETAG 004**. External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering

EUROPEAN STANDARD, INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **EN ISO 1460**: Metallic coatings - Hot dip galvanized coatings on ferrous materials - Gravimetric determination of the mass per unit area. Brussels, 1992. 2 p.

EUROPEAN STANDARD, INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **EN ISO 1461**: Metallic coatings - Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles - Specifications and test methods. Brussels: EOTA, 1999, 5p.

EZELDIN, S.; BALANGURU, P. N. Bond behavior of normal and high-strength fiber reinforced concrete, In: **ACI Material Journal**, v. 86, n. 5, 1989, p. 515-524, set-out.

FIGUEIREDO, A. D. **Concreto com fibras de aço**. Boletim técnico: BR/PCC/260, ISSN 0103-9830. Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

FIORITO, A. J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução**. São Paulo: Pini, 2ª ed., 2009.

FRANCO, L.S. O projeto das vedações verticais: características e importância para a racionalização do processo de produção. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA Contribuição para Avaliação de Desempenho de Revestimentos de Argamassa Reforçados com Telas Metálicas

PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS. **Anais...** São Paulo: EPUSP/PCC, 1998, p. 221-236.

FREITAS, V. P. DE. **Relatório - HT 191A/02 - Isolamento térmico de fachadas pelo exterior - Reboco delgado armado sobre poliestireno expandido - ETICS**. Porto - Portugal: Maxit - Tecnologias de Construção e Renovação, Lda (Sistema “HOTSKIN”), 2002.

FERNANDES, T. S. **Panorama da forma de projetar e executar revestimentos aderidos de fachada de argamassa e cerâmica em Porto Alegre**, 2014. 87p. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Trabalho de diplomação (Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

GRIPP, R. A. **A importância do projeto de revestimento de fachada, para a redução de patologias**, 2008. 24p. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Vitória.

GOLDBERG, R. P. **Direct adhered ceramic tile, stone, masonry veneer, and thin Brick Facades –Technical Manual**. Laticrete Internacional, Inc., 2011.

HANAI, J. B. DE. **Argamassa armada - Projeto estrutural e dimensionamento com telas soldadas**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Telas Soldadas - IBTS, 1996.

INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR EARTHQUAKE ENGINEERING. **Guidelines for earthquake resistant non-engineered construction**. Revised edition of “Basic concept of seismic codes”, Volume I, part 2, 1980. National Information Center of Earthquake Engineering, Indian Institute of Technology Kanpur, Kanpur, India.

IBTS. **Telas soldadas: informações técnicas**, 2003. Instituto Brasileiro de Telas Soldadas - IBTS. Disponível em: <<http://www.ibts.org.br/pdfs/IT.pdf>>. Acesso em: 1/9/2011.

JOAQUIM, M. M. **Flexão e Flexo-Compressão em elementos de alvenaria estrutural**, 1999. 129p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

JODAS, M. **Estudo das ligações entre pilares de concreto e alvenaria cerâmica de vedação**, 2006. 140p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira.

JOISEL, A. **Fisuras y grietas em morteros y hormigones sus causas y remedios**. Barcelona: Editores técnicos asociados, 1981.

KADAM, B. S.; SINGH, Y.; LI, B. Out-of-plane behavior of unreinforced masonry strengthened using ferrocement overlay. In: **Materials and Structures**, v. 48; 2015, p. 3187-3203.

KATAOKA, L. T. **Estudo experimental da deformação ao longo do tempo de lajes contínuas e simplesmente apoiadas executadas com vigotas pré-moldadas de concreto**, Giselle Reis Antunes (engcivil.giselle@gmail.com), Tese, Porto Alegre, PPGEC/UFRGS, 2016.

2005. 189p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

KOBAYASHI, K.; CHO, R., Flexural Behavior of Polyethylene Fiber Reinforced Concrete. In: **The International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete** - The Construction Press Ltd., v. 3, n. 1, pp. 19-25, 1981.

LEONHARDT, F. MÖNNIG, E. **Construções de Concreto**. Volume 2. Rio de Janeiro, Interciência, 2007.

LORDSLEEM, A. C. J. **Sistemas de recuperação de fissuras da alvenaria de vedação: avaliação da capacidade de deformação**, 1997. 174p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

LUCHESA, C. J. **Cálculo do tamanho da amostra nas pesquisas em administração**. Curitiba: Edição do autor, 2011.

LUCAS, J. A. C. **Exigências funcionais de revestimentos de paredes**. ITE 25, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, LNEC, Lisboa, 2008.

MACIEL, L. L.; BARROS, M. M. S. BOTTURA; SABBATINI, F. H. **Recomendações para a execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos**, 1998. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

MEDEIROS, J.S.; FRANCO, L. S. **O uso de telas metálicas eletrosoldadas como armadura e ancoragem de paredes de vedação**. São Paulo: Convênio EPUSP/MORLAN, 1996.

MEDEIROS, J.S.; FRANCO, L. S. **Prevenção de trincas em alvenarias através do emprego de telas soldadas como armadura e ancoragem**, Texto Técnico: TT/PCC/22, ISSN 1413-0386, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. **Tecnologia e projeto de revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios**. Boletim Técnico: BT/PCC/246, ISSN 0103-9830, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

MESSIRY, M. E.; TARFAWY, S. E.; DEEB, R. E. Mechanical performance of cementitious composites reinforced with pultreded jute / polymeric matrix fabric. In: **Material Science & Engineering**, v. 4, issue 4, 173, 2015.

METHA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 3ª ed. São Paulo: IBRACON, 2008

MILNE, I.; RITCHIE, R. O.; KARIHALOO, B. **Comprehensive structural integrity**. Elsevier Science: 2003

MONDO, D. S.; MASUERO, A. B. **Avaliação experimental de técnicas de amarração na interface alvenaria de vedação e pilar de concreto**, 2010. 24p. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MORAES, E. P. D. de. PDC Argamassa Porto Alegre Módulo Execução: 23/agosto/2012

NAAMAN, A. E. Evolution on ferrocement and thin reinforced cementitious composites. In: **Arabian Journal for Science and Engineering**, 37, issue 2, march, 2012, p. 421-441.

NAWY, E.G. **Reinforced concrete: A fundamental approach**. Englewood Cliffs, Ed. Prentice Hall, 2008, 6th edition, 701p.

NEVES, C. M. M. **Projeto para execução do sistema de revestimento**. Salvador: Comunidade da Construção - Sistemas à base de cimento, 2011.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. São Paulo: Pini, 1997.

OLIVEIRA, F. L. DE. **Reabilitação de paredes de alvenaria pela aplicação de revestimentos resistentes de argamassa armada**, 2001. 203p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

OLIVEIRA, F. L. DE; HANAI, J. B. DE. Reabilitação de paredes de alvenaria pela aplicação de revestimentos resistentes de argamassa armada. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, v. 7, p. 131–164, 2005. São Carlos: Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.set.eesc.usp.br/pdf/download/2001DO_FabianaLopesOliveira.pdf>. Acesso em: 6/3/2012.

PAGNUSSAT, D. T. **Efeito da temperatura de queima de blocos cerâmicos sobre a resistência de aderência à tração de revestimentos de argamassa**. 2013. 211 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PATORREB. Fichas de patologia em parede exterior. Disponível em: <<http://patorreb.com/pt/>>. Acesso em: 4/3/2013.

PENAZZI, D.; VALLUZI, M.; SAISI, A., BINDA, L.; MODENA, C. Repair and strengthening of historic masonry buildings in seismic areas. In: INTERNATIONAL MILLENNIUM CONGRESS: MORE THAN TWO THOUSAND YEARS IN THE HISTORY OF ARCHITECTURE SAFEGUARDING THE STRUCTURE OF OUR ARCHITECTURAL HERITAGE. **Proceedings...** UNESCO-ICOMOS, Bethlehem, Palestine. Vol. 2, Section V (7 pp.), 2001.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Nobel, 2000. 477 p.

PFEIL, W. **Concreto Armado**, v. 1, 2 e 3, 5a ed., Rio de Janeiro, Ed. Livros Técnicos e Científicos, 1989.

RAMIRES, L. **Estudo teórico-experimental de reforço para construções de alvenaria empregando revestimento de argamassa armada**, 2007. 122p. Dissertação (Mestrado), Giselle Reis Antunes (engcivil.giselle@gmail.com), Tese, Porto Alegre, PPGEC/UFRGS, 2016.

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

RAMOS, N. M. M.; SIMÕES, M. L. DELGADO, J. M. P. Q; de Freitas, V. P. Reliability of the pull-off test in situ evaluation of adhesion strength. In: **Construction and Building Materials**, 31, 2012, p. 86-93.

RIBEIRO, F. A. **Especificação de juntas de movimentação em revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios: levantamento do estado da arte**, 2006. 158p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

RIBEIRO, J. L. D.; CATEN, C. S. TEN. **Série Monográfica Qualidade - Projeto de experimentos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2000.

ROMAN, H. R.; MUTTI, C. DO N.; ARAÚJO, H. N. DE. **Construindo em alvenaria estrutural**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

ROQUE, J. C. A. **Reabilitação estrutural de paredes antigas de alvenaria**. 2002. 338p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães.

SABBATINI, F. H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílico-calcária**, 1984. 298p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SABBATINI, F. H. Tecnologia de execução de revestimentos de argamassas. In: SIMPÓSIO DE APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DO CONCRETO, 13º SIMPATCON. **Anais...** São Paulo:EPUSP, São Paulo, 1990. 32 p.

SABBATINI, F. H. As fissuras com origem na interação vedação-estrutura. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS. **Anais...** p.169–186, 1998. São Paulo.

SAFAN, M. A. Behavior of fiber reinforced concrete beams with spliced tension steel reinforcement. In: **Concrete Research Letters**, 3, 2012, p. 346-358.

SAHADE, R. F. **Avaliação de sistemas de recuperação de fissuras em alvenaria de vedação**, 2005. 169p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo.

SALVADOR, P. F. **Influência dos ciclos de execução nas deformações das estruturas de concreto armado de edifícios de andares múltiplos**, 2007. 140p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SANTOS, F. P. dos. **Análise das condições superficiais dos substratos de revestimento externo de argamassa**. 2013. 112 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia

Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SEVIL, T.; BARAN, M.; BILIR, T.; CANBAY, E. Use of steel fiber reinforced mortar for seismic strengthening. In: **Construction and Building Materials**, 5, 2011, p. 862-899.

SHAH, S. P. N. **Ferrocement in construction**. 1981. The Aberdeen Group.

SILVA, A.J.C. Discussão de elementos para reforço de argamassas de revestimento para fachada. In: 4º CONGRESSO PORTUGUÊS DE ARGAMASSAS E ETICS. **Anais...** Coimbra, APFAC, p. 2, 2012

SILVA, F. G. S. **Proposta de metodologias experimentais auxiliares à especificação e controle das propriedades físico-mecânicas dos revestimentos em argamassa**, 2006. 266p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.

SILVA, M. de A. S. **Diretrizes para o projeto de alvenarias de vedação**, 2003. 167p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SILVA, J. A. R. M da **Fissuração das alvenarias: estudo do comportamento das alvenarias sob ações térmicas**, 1998. 507p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra.

STANDARDS AUSTRALIA. **AS 3958.1 - Ceramic tiles - Part 1: Guide to the installation of ceramic tiles**. Sydney, 2007.

STOLZ, C. M. **Análise dos principais parâmetros que influenciam na área de contato substrato/argamassa de revestimento**. 2015. 204 f. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

TCNA. **Handbook for ceramic, glass and stone tile installation**. The Council of North America, Inc, Anderson, 2013.

THOMAZ, E. **Trincas em edificações: causas e mecanismos de deformação**. São Paulo: Editora PINI, 2002.

TOLEDO FILHO, R. D. **Materiais Compósitos Reforçados com Fibras Naturais: Caracterização Experimental**, Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 1997.

TOZAKI, A.; MONTEIRO, A. Q.; GURIAN, L. A. **Manual técnico de manutenção e recuperação**. São Paulo: FDE, 1990.

TRAMONTIN, A. P. **Avaliação experimental dos métodos de prevenção de fissuras na interface alvenaria de vedação e Pilar de concreto**, 2005. 160p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

VEIGA, M. do R. da S. **Comportamento de argamassas de revestimento de paredes: contribuição para o estudo da sua resistência à fendilhação**, 1998. 552p. Tese (Doutorado) - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto.

VIEIRA, G. L. Avaliação da resistência à compressão, resistência à tração e formação de microfissuras em concretos produzidos com diferentes tipos de cimentos, quando aplicado um pré-carregamento de compressão. In: **Ambiente Construído** (on line), 11, nº 1 2011, p. 25-40, ISSN 1678-8621.

WIGHT, J. K.; MACGREGOR, J.G. **Reinforced concrete: Mechanics and design**. 6th ed., Ed. Pearson, Upper Saddle River, 2012.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE FERNANDES (2015)



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Departamento de Engenharia Civil



Reconhecimento do Panorama Porto Alegre Quanto à Execução de Revestimentos de Fachada

Caro entrevistado,

Esse questionário é parte de uma pesquisa de cunho científico de graduação em engenharia civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que tem como objetivo identificar o panorama porto alegre de projeto e execução de revestimentos de fachada. O entrevistador e a universidade garantem que as informações fornecidas são confidenciais, anônimas e respeitam as éticas de pesquisa, serão utilizadas somente para fins acadêmicos.

Para o adequado preenchimento do questionário assinale com um “X” a opção que mais se enquadra a conduta adotada pela construtora na obra em questão. Sua resposta será analisada em conjunto com os outros respondentes mantendo o sigilo e não será utilizada para outros fins.

Use um formulário para cada obra. Preencha os campos apropriados

Responsável pelas Informações	
Nome:	
Profissão:	Cargo:
Construtora:	
Caracterização da Edificação	
1. Nome da edificação:	
2. Ano da conclusão (previsão de conclusão):	
3. Endereço:	
4. Número de pavimentos:	
5. Uso: <input type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Institucional <input type="checkbox"/> Industrial	6. Tipo de Sistema Estrutural empregado: <input type="checkbox"/> Estrutura de concreto convencional <input type="checkbox"/> Lajes planas / nervuradas <input type="checkbox"/> Estrutura protendida <input type="checkbox"/> Alvenaria Estrutural

<input type="checkbox"/> Outro. Especifique:	<input type="checkbox"/> Outros. Quais? _____
Caracterização da Obra	
1. Quantos dias leva o ciclo de concretagem?	2. Produção de argamassa: No canteiro: _____ % Industrializada: _____ %
3. Tipo de base (substrato): Bloco cerâmico: _____ % Bloco de concreto: _____ % Concreto: _____ % Outro. _____ %. Qual? _____	4. Quais os revestimentos externos empregados: <input type="checkbox"/> Argamassa com pintura ou textura <input type="checkbox"/> Cerâmica <input type="checkbox"/> Pedras Naturais <input type="checkbox"/> Outros. Quais? _____
5. Caso haja revestimento de argamassa, esse é: <input type="checkbox"/> Camada única (reboco paulista) <input type="checkbox"/> Monocamada <input type="checkbox"/> Emboço e reboco <input type="checkbox"/> Outro. Especifique: _____	6. Caso revestimento cerâmico: a) Quais as dimensões das placas? _____ cm b) Qual a EPU (expansão por umidade) informada no catálogo? _____ %
7. Utiliza-se chapisco? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	8. Utiliza-se o mesmo chapisco em toda a fachada? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não. Qual diferenciação é feita? _____
9. Quais os materiais utilizados no chapisco? <input type="checkbox"/> cimento: areia <input type="checkbox"/> cimento: areia: aditivo <input type="checkbox"/> chapisco industrializado aplicado com desempenadeira <input type="checkbox"/> chapisco industrializado aplicado com rolo <input type="checkbox"/> outros. Quais? _____	10. A empresa realiza controle tecnológico (como por exemplo, ensaio de arranchamento do revestimento)? <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim. Quais são realizados? _____

Caracterização do Projeto	
<p>1. Existe algum tipo de projeto de revestimento ou de fachada?</p> <p><input type="checkbox"/> Não</p> <p><input type="checkbox"/> Sim. Qual? _____</p>	<p>2. Caso exista, os projetistas acompanham de alguma maneira à obra?</p> <p><input type="checkbox"/> Não</p> <p><input type="checkbox"/> Sim. Como? _____</p>
<p>3. Adotam-se detalhes construtivos como:</p> <p>a) Telas para reforço do revestimento.</p> <p><input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não</p> <p>b) Juntas de movimentação</p> <p><input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não</p> <p>c) Peitoris</p> <p><input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não</p> <p>d) Pingadeiras (saliências ou negativos)</p> <p><input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não</p> <p>e) Vergas e contravergas</p> <p><input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não</p>	<p>4. Caso haja tela, que tipo é utilizada como reforço do revestimento de fachada?</p> <p><input type="checkbox"/> Metálica com malha quadrada</p> <p><input type="checkbox"/> Metálica com malha hexagonal (galinheiro)</p> <p><input type="checkbox"/> Metálica tipo deployé (metal expandido)</p> <p><input type="checkbox"/> Poliéster</p> <p><input type="checkbox"/> Outro. Especifique: _____</p>
<p>5. Qual o tipo de fixação da tela junto ao substrato?</p> <p><input type="checkbox"/> Imersa na argamassa</p> <p><input type="checkbox"/> Fixação com Pinos</p> <p><input type="checkbox"/> Outro. Qual? _____</p>	<p>6. Qual a posição de fixação da tela em relação ao substrato?</p> <p><input type="checkbox"/> Junto ao chapisco</p> <p><input type="checkbox"/> Imersa na argamassa de emboço. Distância em relação a base: ____</p>
<p>7. Regiões de uso de tela:</p> <p><input type="checkbox"/> Sobre a interface alvenaria- estrutura</p> <p><input type="checkbox"/> Platibanda</p> <p><input type="checkbox"/> Nos balanços (sacadas)</p> <p><input type="checkbox"/> Locais com sobre-espessura ($e > 2,5\text{cm}$).</p> <p><input type="checkbox"/> Outras. Quais? _____</p>	<p>8. Caso haja juntas de movimentação, que tipo de selante é usado?</p> <p><input type="checkbox"/> Acrílico</p> <p><input type="checkbox"/> De polireutano</p> <p><input type="checkbox"/> De silicone</p> <p><input type="checkbox"/> Outros. Quais? _____</p>
<p>9. Sobre as juntas de movimentação.</p>	<p>10. Caso exista peitoril nas janelas, ele possui largura:</p>

<p>a) Qual a espessura adotada? _____</p> <p>b) Existe junta na troca de todos os pavimentos? () Sim () Não</p> <p>c) Utilizou-se primer? () Sim () Não</p>	<p>() Igual a largura da janela</p> <p>() Maior que a largura da janela</p>
<p>11. É feita um negativo (pingadeira) na face inferior do peitoril? () Sim () Não</p>	<p>12. Caso exista pingadeiras(saliências ou negativos) na fachada, elas estão associadas a uma junta de movimentação? () Não () Sim_ () A junta está acima da pingadeira _() A junta está abaixo da pingadeira</p>
<p>13. Quais os materiais utilizados em revestimentos de argamassa? () Areia () Cal () Cimento () Aditivo. Qual: _____ () Filito () Argamassa industrializada () Argamassa semi-pronta de cal e areia () Argamassa estabilizada () Outros. Quais?</p>	<p>14. Caso haja revestimento cerâmico, qual o tipo de adesivo previsto? () Argamassa convencional. Qual? ____ () Argamassa colante. Qual? ____ () Cola. Qual? ____ () Outro. Qual? ____</p>
Características da Execução	
<p>1. Cite as três principais causas de modificações de projeto na fase de execução dos revestimentos.</p> <p>1. ____</p> <p>2. ____</p>	<p>2. Cite as três principais causas de re-trabalhos na fase de execução dos revestimentos de argamassa.</p> <p>1. ____</p> <p>2. ____</p> <p>3. ____</p>

3. ____																																																																			
3. Como é feita a medição dos materiais componentes da argamassa?																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">3. Como é feita a medição dos materiais componentes da argamassa?</th> </tr> <tr> <th colspan="6" style="text-align: center;">(%)</th> </tr> <tr> <th>Material</th> <th>Saco</th> <th>Padiola</th> <th>Carrinho de mão</th> <th>Lata</th> <th>Balde</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cimento</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cal</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Areia</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Filito</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Argamassa Industrializada</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>argamassa semi-pronta de cal e areia</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Argamassa estabilizada</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Água</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		3. Como é feita a medição dos materiais componentes da argamassa?						(%)						Material	Saco	Padiola	Carrinho de mão	Lata	Balde	Cimento						Cal						Areia						Filito						Argamassa Industrializada						argamassa semi-pronta de cal e areia						Argamassa estabilizada						Água					
3. Como é feita a medição dos materiais componentes da argamassa?																																																																			
(%)																																																																			
Material	Saco	Padiola	Carrinho de mão	Lata	Balde																																																														
Cimento																																																																			
Cal																																																																			
Areia																																																																			
Filito																																																																			
Argamassa Industrializada																																																																			
argamassa semi-pronta de cal e areia																																																																			
Argamassa estabilizada																																																																			
Água																																																																			
<p>4. É utilizada argamassadeira ou máquina semelhante:</p> <p>() Sim</p> <p>() Não</p>	<p>5. Quais os tempos médio de entre os serviços:</p> <p>Alvenaria e chapisco: ____ dia(s)</p> <p>Chapisco e revestimento ____ dia(s)</p> <p>Emboço e reboco ____ dia(s)</p> <p>Alvenaria e revestimento: ____ dia(s)</p>																																																																		
<p>6. Qual a espessura média final do revestimento de fachada?</p> <p>() Entre 2 e 3 cm</p> <p>() Entre 3 e 5 cm</p> <p>() Acima de 5 cm.</p>	<p>7. É feito algum procedimento de preparação no concreto do substrato?</p> <p>() Escovação</p> <p>() Lixamento</p> <p>() Apicoamento</p> <p>() Outro. Qual? ____</p>																																																																		
<p>8. Antes da aplicação do chapisco, é feita a limpeza da base?</p> <p>() Sim</p> <p>() Não</p>	<p>9. Nas quinas da fachada, o revestimento de argamassa é executado ao mesmo tempo nas duas paredes?</p> <p>() Sim</p> <p>() Não</p>																																																																		
<p>10. Caso a questão anterior seja positiva, utiliza-se desempenadeira com ângulo de 90°?</p>	<p>11. Para revestimentos cerâmicos, utiliza-se colagem dupla (colocação de argamassa colante no</p>																																																																		

<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	substrato e no tardo da peça cerâmica)? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
12. Para revestimentos cerâmicos, o tempo em aberto da argamassa colante é controlado? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	

Caso deseje receber os resultados desta pesquisa, informe seu email: _____

Obrigado por se disponibilizar a participar dessa pesquisa!

**APÊNDICE B: RESULTADOS DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO
DAS ARGAMASSAS DE EMBOÇO UTILIZADAS**

B.1 Resultados de caracterização da argamassa de emboço Ar1:

Tabela B.1: determinação da consistência da argamassa Ar1

Ensaio de determinação da consistência da argamassa – NBR 13276/2002			
1ª medida (mm)	2ª medida (mm)	3ª medida (mm)	Média (mm)
252	251	249	251
Desv. Pad.:			1,53
CV (%)			0,61

Tabela B.2: determinação da densidade de massa no estado fresco da argamassa Ar1

Ensaio de densidade de massa no estado fresco – NBR 13278/2005							
	Massa da placa	Massa cilindro + placa	Massa cilindro mv (g)	Massa cilindro + placa + água	Volume Vr (g)	Massa cilindro + argamassa mc (g)	Densidade de massa d (kg/m ³)
1ª leitura	98,93	740,91	641,98	1223,25	482,34	1469,22	1715,06
2ª leitura	98,93	740,95	642,02	1221,54	480,59	1463,48	1709,27
3ª leitura	98,90	740,88	641,98	1222,85	481,97	1464,07	1705,69
Média:							1710,01
Desv. Pad.:							4,73
CV (%):							0,28

Tabela B.3: determinação do módulo de elasticidade dinâmico da argamassa Ar1

Módulo de elasticidade dinâmico – Argamassa – NBR 15630/2009									
1ª leitura (µs)	2ª leitura (µs)	3ª leitura (µs)	Profundidade (mm)		Altura (mm)		Comprimento (mm)		Massa (g)
			P1	P2	A1	A2	C1	C2	
71,60	71,40	71,50	40,28	40,24	43,44	40,10	160,40	161,12	439,86
72,10	71,90	71,80	40,74	40,32	42,60	39,72	160,76	160,78	440,12
70,60	70,80	70,80	39,98	40,36	40,42	43,34	160,40	160,30	437,75

Tabela B.4: determinação do módulo de elasticidade dinâmico da argamassa Ar1

Módulo de elasticidade dinâmico – Argamassa – NBR 15630/2009								
CP	P _{méd} (mm)	A _{méd} (mm)	C _{méd} (mm)	Volume (m ³)	Densidade de massa (kg/m ³)	t (µs)	Velocidade de propagação das ondas (v) (mm/µs)	Módulo de elasticidade dinâmico (Ed) (Mpa)
1	40,26	41,77	160,76	0,27	1627,04	71,40	2,25	7423,36
2	40,53	41,16	160,77	0,27	1641,02	71,80	2,24	7404,88
3	40,17	41,88	160,35	0,27	1622,74	70,60	2,27	7533,90
Ed média (MPa):				7454,04	Desv. Pad.:	69,77	CV (%):	0,94

Tabela B.5: determinação da densidade de massa no estado endurecido da argamassa Ar1

Ensaio de densidade de massa no estado endurecido – NBR 13280/2005						
CP	P _{méd} (mm)	A _{méd} (mm)	C _{méd} (mm)	Massa (g)	Volume (m ³)	Densidade de massa (kg/m ³)
1	40,26	41,77	160,76	439,86	0,27	1627,04
2	40,53	41,16	160,77	440,12	0,27	1641,02
3	40,17	41,88	160,35	437,75	0,27	1622,74
ρ média:						1630,27
Desv. Pad.:						9,56
CV (%):						0,59

Tabela B.6: determinação da resistência à compressão e tração na flexão da argamassa Ar1

Ensaio de compressão e tração na flexão – Argamassa – NBR 13279/2005								
Velocidade de carga – Compressão: 0,5 kN/s Flexão: 0,05 kN/s								
CP	Rt				Rc			
	kN	Rt (MPa)	Rt média (MPa)	Desvio Padrão	kN	Rc (MPa)	Rc média (MPa)	Desvio Padrão
4A	1,12	2,62	2,79	0,32	9,92	6,20	6,09	0,78
4B					7,46	4,66		
5A	1,35	3,16			9,89	6,18		
5B					9,52	5,95		
6A	1,11	2,60			11,06	6,91		
6B					10,64	6,65		
Rt média (MPa)			2,79	Desv. Pad.:	0,32	CV (%):	1,32	
Rc média (MPa)			6,09	Desv. Pad.:	0,78	CV (%):	12,84	

Tabela B.7: determinação da absorção de água por capilaridade da argamassa Ar1

Ensaio de absorção de água por capilaridade – NBR 15259 (ABNT, 2005)							
CP	Área da seção transversal (cm ²)	Massa após 10 min de imersão em água (m ₁₀)	Massa após 90 min de imersão em água (m ₉₀)	M ₀ (g)	Mt (g)	Absorção At (g/cm ²)	Coefficiente de capilaridade (g/dm ² ·min ^{1/2})
1	16,64	398,00	404,00	392,00	404,00	0,72	6,00
2	16,67	398,00	404,00	392,00	404,00	0,72	6,00
3	16,74	404,00	410,00	398,00	410,00	0,72	6,00
Média:						0,72	6,00
Desv. Pad.:						0,00	0,00
CV (%):						0,31	0,00
Média + 2δ						0,72	6,00
Média - 2δ						0,71	6,00

Tabela B.8: determinação da retenção de água da argamassa Ar1

Ensaio de Retenção de Água – NBR 13277/2005								
Arg.	m conjunto (g)	m conj. + argamassa (g)	m conj + arg pós vácuo (g)	AF	Ra (%)	Ra média (%)	Desv. Pad.:	CV (%):
Ar1	592,95	1611,94	1604,84	0,12	94,35	94	0,00	0,00
	592,93	1611,92	1604,82	0,12	94,35			

B.2 Resultados de caracterização da argamassa de emboço Ar2:

Tabela B.9: determinação da consistência da argamassa Ar2

Ensaio de determinação da consistência da argamassa – NBR 13276/2002			
1ª medida (mm)	2ª medida (mm)	3ª medida (mm)	Média (mm)
285	290	280	285
Desv. Pad.:			5,00
CV (%)			1,75

Tabela B.10: determinação da densidade de massa no estado fresco da argamassa Ar2

Ensaio de densidade de massa no estado fresco – NBR 13278/2005							
	Massa da placa	Massa cilindro + placa	Massa cilindro mv (g)	Massa cilindro + placa + água	Volume Vr (g)	Massa cilindro + argamassa mc (g)	Densidade de massa d (kg/m³)
1ª leitura	126,50	767,20	640,70	1247,20	480,00	1419,92	1623,38
2ª leitura	126,50	767,20	640,70	1247,20	480,00	1419,92	1623,38
3ª leitura	126,50	767,20	640,70	1247,20	480,00	1435,20	1655,21
Média:							1633,99
Desv. Pad.:							18,38
CV (%):							1,12

Tabela B.11: determinação do módulo de elasticidade dinâmico da argamassa Ar2

Módulo de elasticidade dinâmico – Argamassa – NBR 15630/2009									
1ª leitura (µs)	2ª leitura (µs)	3ª leitura (µs)	Profundidade (mm)		Altura (mm)		Comprimento (mm)		Massa (g)
			P1	P2	A1	A2	C1	C2	
90,40	90,00	89,80	40,08	40,18	41,35	40,90	161,48	160,73	387,33
90,40	90,60	90,40	40,37	40,73	41,81	40,25	161,31	160,43	391,92
88,90	88,90	88,90	40,54	40,34	40,02	41,55	161,09	160,65	390,19

Tabela B.12: determinação do módulo de elasticidade dinâmico da argamassa Ar1

Módulo de elasticidade dinâmico – Argamassa – NBR 15630/2009								
CP	Pméd (mm)	Améd (mm)	Cméd (mm)	Volume (m ³)	Densidade de massa (kg/m ³)	t (μs)	Velocidade de propagação das ondas (v) (mm/μs)	Módulo de elasticidade dinâmico (Ed) (Mpa)
1	40,13	41,13	161,11	0,27	1456,79	90,00	1,79	4201,19
2	40,55	41,03	160,87	0,27	1464,30	90,40	1,78	4173,36
3	40,44	40,79	160,87	0,27	1470,58	88,90	1,81	4333,90
Ed média (MPa):				4236,15	Desv. Pad.:	85,79	CV (%):	2,03

Tabela B.13: determinação da densidade de massa no estado endurecido da argamassa Ar1

Ensaio de densidade de massa no estado endurecido – NBR 13280/2005						
CP	Pméd (mm)	Améd (mm)	Cméd (mm)	Massa (g)	Volume (m ³)	Densidade de massa (kg/m ³)
1	40,13	41,13	161,11	387,33	0,27	1456,79
2	40,55	41,03	160,87	391,92	0,27	1464,30
3	40,44	40,79	160,87	390,19	0,27	1470,58
ρ média:						1463,89
Desv. Pad.:						6,91
CV (%):						0,47

Tabela B.14: determinação da resistência à compressão e tração na flexão da argamassa Ar2

Compressão e tração na flexão – Argamassa – NBR 13279/2005								
Velocidade de carga – Compressão: 0,5 kN/s Flexão: 0,05 kN/s								
CP	Rt				Rc			
	kN	Rt (MPa)	Rt média (MPa)	Desvio Padrão	kN	Rc (MPa)	Rc média (MPa)	Desvio Padrão
4A	0,85	2,00	2,01	0,01	6,60	4,13	3,85	0,30
4B					5,40	3,38		
5A	0,86	2,02			6,20	3,88		
5B					6,20	3,88		
6A	0,86	2,00			6,70	4,19		
6B					5,90	3,69		
Rt média (MPa)			2,01	Desv. Pad.:	0,01	CV (%):	0,38	
Rc média (MPa)			3,85	Desv. Pad.:	0,30	CV (%):	7,72	

Tabela B.15: determinação da absorção de água por capilaridade da argamassa Ar2

Ensaio de absorção de água por capilaridade – NBR 15259 (ABNT, 2005)							
CP	Área da seção transversal (cm ²)	Massa após 10 min de imersão em água (m ₁₀)	Massa após 90 min de imersão em água (m ₉₀)	M ₀ (g)	Mt (g)	Absorção At (g/cm ²)	Coefficiente de capilaridade (g/dm ² ·min ^{1/2})
1	16,95	422,87	425,23	420,94	425,23	0,25	2,36
2	16,74	419,17	421,45	416,05	421,45	0,32	2,28
3	16,81	418,52	420,80	416,42	420,80	0,26	2,28
Média						0,28	2,31
Desv. Pad.:						0,04	0,05
CV (%):						13,70	2,00

Tabela B.16: determinação da retenção de água da argamassa Ar2

Ensaio de Retenção de Água – NBR 13277/2005								
Arg.	m conjunto (g)	m conj. + argamassa (g)	m conj + arg pós vácuo (g)	AF	Ra (%)	Ra média (%)	Desv. Pad.:	CV (%):
Ar2	592,33	1625,16	1620,83	0,11	96,20	95	1,21	1,26
	593,96	1573,66	1567,71	0,11	94,49			

**APÊNDICE C: RESULTADOS DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO
DO MEIO-BLOCO CERÂMICO**

C.1 Resultados de caracterização do meio-bloco cerâmico 14 x 14 x 19 (cm³):

Tabela C.1: resistência à compressão dos meio-blocos cerâmicos

Identificação	Área bruta (cm ²)	Carga de ruptura (kN)	Resistência à compressão (MPa)
CP 1	194,67	353,40	18,15
CP 2	194,74	318,40	16,35
CP 3	195,47	215,90	11,05
CP 4	193,93	204,60	10,55
CP 5	195,84	293,00	14,96
CP 6	195,69	231,30	11,82
CP 7	195,40	307,60	15,74
CP 8	197,02	272,40	13,83
CP 9	195,93	361,20	18,43
CP 10	198,22	288,90	14,57
CP 11	198,11	251,30	12,68
CP 12	196,96	225,00	11,42
CP 13	196,51	290,20	14,77
Rc média (MPa):	14,18	Desv. Pad.:	2,59
		CV (%):	18,29

Tabela C.2: características geométricas dos meio-blocos cerâmicos

Identificação	Determinação das características geométricas															
	Largura (L) (M = 140 mm)	Tolerância L ± 5 mm	Altura (H) (M = 190 mm)	Tolerância H ± 5 mm	Comprimento (C) (M = 140mm)	Tolerância C ± 5 mm	Desvio em relação ao esquadro (D) (≤ 3mm)	Planura das faces (F) (≤ 3mm)	Espessura das paredes externas (≥ 8mm)				Espessura dos septos (≥ 7 mm)			
									E1 (mm)	E2 (mm)	E3 (mm)	E4 (mm)	S1 (mm)	S2 (mm)	S3 (mm)	S4 (mm)
CP 1	139,36	-0,64	190,61	0,61	139,11	-0,89	1,51	2,19	9,27	8,21	9,37	10,45	7,64	8,14	7,85	8,80
CP 2	140,35	0,35	192,81	2,81	140,44	0,44	0	0,92	10,50	8,42	9,61	8,53	7,60	8,33	8,07	8,48
CP 3	140,69	0,69	193,45	3,45	140,67	0,67	0,94	1,17	10,08	9,18	8,56	9,33	9,04	9,25	8,22	8,51
CP 4	140,20	0,20	193,21	3,21	139,92	-0,08	1,23	0,48	9,69	8,61	7,94	9,24	8,08	8,00	8,51	8,93
CP 5	140,54	0,54	193,88	3,88	141,37	1,37	1,27	0,92	10,31	9,51	7,86	9,27	8,13	8,36	7,45	9,38
CP 6	140,42	0,42	193,53	3,53	140,40	0,40	4,84	3,33	10,04	9,54	8,02	9,44	7,95	8,08	8,10	8,56
CP 7	140,49	0,49	193,53	3,53	140,50	0,50	2,26	0,5	10,80	9,01	8,48	9,50	7,46	8,20	7,59	8,49
CP 8	140,32	0,32	189,82	-0,18	140,61	0,61	0	3,83	10,89	9,37	8,75	8,80	7,63	8,56	7,18	8,23
CP 9	140,17	0,17	191,92	1,92	140,46	0,46	3,47	2,13	10,24	9,09	8,55	9,17	8,19	8,75	7,05	8,26
CP 10	140,33	0,33	192,83	2,83	140,41	0,41	3,44	0,44	10,50	8,91	7,82	9,60	8,17	8,51	8,30	8,68
CP 11	140,75	0,75	189,53	-0,47	140,47	0,47	2,44	3,42	10,84	9,08	8,50	8,71	8,08	8,62	7,09	8,10
CP 12	139,93	-0,07	192,67	2,67	140,16	0,16	2,62	0,12	10,50	8,90	8,61	9,33	8,58	9,02	7,81	8,86
CP 13	140,41	0,41	193,21	3,21	140,12	0,12	1,88	1,67	8,22	10,68	8,62	8,74	8,33	8,60	7,72	8,46
Média	140,30		192,38		140,36											
Diferença (#3)	0,30		2,38		-149,64											

Tabela C.3: massa seca e índice de absorção de água dos meio-blocos cerâmicos

Identificação	Determinação da massa seca e do índice de absorção d'água						
	Massa Seca (ms) Leitura 1 (g)	0,25% da Leitura 1 (g)	Massa Seca (ms) Leitura 2 (g)	Massa Seca (ms) Leitura 3 (g)	Diferença	Massa Úmida (mm) (g)	Índice de absorção de água (AA)
CP 1	3,324	0,008	3,320	3,318	0,01	3,732	12,48
CP 2	3,324	0,008	3,322	3,320	0,00	3,726	12,23
CP 3	3,348	0,008	3,348	3,346	0,00	3,812	13,93
CP 4	3,412	0,009	3,408	3,408	0,00	3,702	8,63
CP 5	3,366	0,008	3,362	3,362	0,00	3,776	12,31
CP 6	3,334	0,008	3,332	3,332	0,00	3,748	12,48
AA média (MPa):	12,01		1,77		14,76		

**APÊNDICE D: RESULTADOS DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO
DO CONCRETO**

D.1 Resultados de caracterização do bloco de concretos:

Tabela D.1: características químicas, físicas e mecânicas do cimento Portland CP IV utilizado

Ensaio	Resultados	Norma
Óxido de Cálcio livre (CaO)	1,49%	NBR NM 13 (ABNT, 2004)
Anidrido Sulfúrico (SO ₃)**	2,42%	NBR NM 146 (ABNT, 2004)
Óxido de Magnésio (MgO)**	4,72%	NBR NM 14 (ABNT, 2004)
Resíduo insolúvel**	26,17%	NBR NM 22 (ABNT, 2004)
Resistência à compressão – 7 dias	27,6 MPa	NBR 7215 (ABNT, 1996)
Resistência à compressão – 28 dias	39,9 MPa	NBR 7215 (ABNT, 1996)
Início de pega**	225 min	NBR NM 65 (ABNT, 2002)
Fim de pega**	287 min	NBR NM 65 (ABNT, 2002)
Superfície específica – Blaine**	4590 cm ² /g	NBR NM 76 (ABNT, 1998)
Massa específica*	2,7 g/cm ³	NBR NM 23 (ABNT, 2001)
Finura peneira n°200**	1,10%	NBR NM 11579 (ABNT, 1991)

*ensaio realizado no LAMTAC/NORIE – UFRGS, ** dados fornecidos pelo fabricante

Tabela D.2: características físicas do agregado miúdo

Peneira (abertura)	%Retida	%Retida acumulada
4,75 mm	1	1
2,36 mm	4	5
1,18 mm	11	16
600µm	19	35
300µm	34	69
150µm	26	95
<150µm	5	100
Módulo de finura		2,21
Dimensão máxima (mm)		2,36
Massa unitária, NBR NM 45 (ABNT 1996) g/cm ³		1,57
Massa específica, NBR NM 52 (ABNT 2002) g/cm ³		2,50

Tabela D.3: características físicas do agregado graúdo

Peneiro (abertura)a	%Retida	%Retida acumulada
19 mm	-	-
9,5 mm	1	1
4,75 mm	81	82
2,36µm	17	99
1,18 µm	1	100
600 µm	0	100
300 µm	0	100
150µm	0	100
Módulo de finura		5,82
Dimensão máxima (mm)		9,5
Massa unitária, NBR NM 45 (ABNT 1996) g/cm ³		1,38
Massa específica, NBR NM 53 (ABNT 2002) g/cm ³		2,98

Tabela D.4: determinação da massa específica do concreto fresco

Determinação da massa específica do concreto fresco – NBR 9833/2008					
Concreto (1 : 1,65 : 2,08, a/c=0,47)					
CP	Massa (Kg)	D (cm)	H (cm)	Volume (dm ³)	Densidade de massa (Kg/m ²)
1	3,80	10,00	20,00	1,57	2419,16
2	3,75	10,00	20,00	1,57	2387,32
3	3,80	10,00	20,00	1,57	2419,16
Densidade média:					2408,54
Desv. Pad.:					18,38
CV (%):					0,76

Tabela D.5: determinação da absorção de água por imersão do concreto endurecido

Determinação da absorção de água por imersão do concreto endurecido – NBR 9778/2005										
CP	Massa inicial (Kg)	Massa após 24 h em estufa	Massa após 48 h em estufa	Massa após 72 h em estufa	Massa após 24 h de imersão em água	Massa após 48 h de imersão em água	Massa após 72 h de imersão em água	Ms (Kg)	Msat (Kg)	Absorção (%)
1	3,80	3,75	3,65	3,60	3,80	3,80	3,80	3,60	3,80	5,56
2	3,75	3,75	3,60	3,60	3,75	3,80	3,80	3,60	3,80	5,56
3	3,80	3,75	3,60	3,55	3,75	3,75	3,75	3,55	3,75	5,63
Absorção média:										2408,54
Desv. Pad.:										18,38
CV (%):										0,76

Tabela D.6: determinação da resistência à compressão do concreto endurecido

Determinação da absorção de água por imersão do concreto endurecido – NBR 9778/2005											
CP	Massa (Kg)	D1 (mm)	D2 (mm)	Dmédia (mm)	H1 (mm)	H2 (mm)	Hmédia (mm)	V (dm ³)	Densidade de massa (Kg/m ³)	F (N)	Resist. à comp. (MPa)
1	3,80	100,57	101,01	100,79	198,60	201,43	200,02	1,60	2381,20	224,17	28,10
2	3,78	100,30	100,19	100,25	199,14	199,81	199,48	1,57	2400,98	217,42	27,55
3	3,76	97,91	99,77	98,84	198,73	199,00	198,87	1,53	2464,19	218,98	28,54
Média:									2415,46	220,19	28,06
Desv. Pad.:									43,35	3,54	0,50
CV (%):									1,79	1,61	1,77