

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

**Avaliação Experimental dos Métodos de
Prevenção de Fissuras na Interface
Alvenaria de Vedação e Pilar de Concreto**

André Penteado Tramontin

**Campinas
2005**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO

**Avaliação Experimental dos Métodos de
Prevenção de Fissuras na Interface
Alvenaria de Vedação e Pilar de Concreto**

André Penteado Tramontin

Orientador: Prof. Dr. Armando Lopes Moreno Junior

Dissertação de Mestrado apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Edificações.

Campinas, SP
2005

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

T683a Tramontin, André Penteado
Avaliação experimental dos métodos de
prevenção de fissuras na interface alvenaria de
vedação e pilar de concreto / André Penteado
Tramontin.--Campinas, SP: [s.n.], 2005.

Orientador: Armando Lopes Moreno Junior.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual
de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil,
Arquitetura e Urbanismo.

1. Alvenaria. 2. Edifícios - Trinca. 3.
Ancoragem (Engenharia de estruturas). I. Moreno
Junior, Armando Lopes. II. Universidade Estadual
de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil,
Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Título em Inglês: Experimental analysis of methods of prevention of splitting
in the fair-faced masonry and concrete column.

Palavras-chave em Inglês: Masonry, Splitting e Anchorage

Área de concentração: Edificações.

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Mauro Augusto Demarzo e Carlito Calil Junior

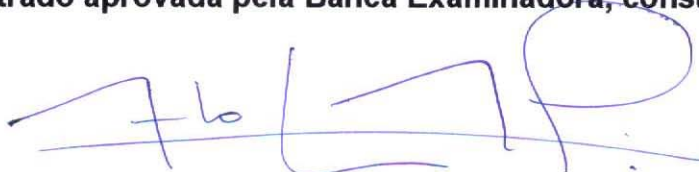
Data da defesa: 08/07/2005

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

Avaliação Experimental dos Métodos de Prevenção de Fissuras na Interface Alvenaria de Vedação e Pilar de Concreto

André Penteado Tramontin

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof. Dr. Armando Lopes Moreno Júnior
Presidente e Orientador / FEC – UNICAMP



Prof. Dr. Mauro Augusto Demarzo
FEC – UNICAMP



Prof. Dr. Carlito Calil Júnior
EESC / USP

Campinas, 08 de Julho de 2.005

Dedicatória

“Para toda minha família, especialmente a
minha esposa Helga”.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Armando Lopes Moreno Junior, meu orientador e mentor, pela amizade e dedicação ao longo desta jornada.

À Coordenadoria de Pós-Graduação, aos seus professores e funcionários, em especial a sua coordenadora Prof^a. Dra. Lucila Chebel Labaki e à Paulerman Maria da Conceição Mendes pela receptividade, orientação, atenção e dedicação.

À minha sogra e amiga Tânia Debroi Orlando que, com dedicação e empenho, possibilitou a execução desta pesquisa.

À Construtora Franco Penteado, em especial ao engenheiro civil Adilson Franco Penteado, a sua gerente Mirian Lúcia Bredariol Marchi e ao encarregado João Alves de Souza pelo fornecimento dos materiais e mão-de-obra para a elaboração deste estudo.

À Universidade São Francisco, em especial a sua coordenadora Prof^a Glacir Terezinha Fricke e ao Prof. Alberto Luis Francato, pela liberação do laboratório de materiais de construção civil e ao técnico Marcus Vinícius Massak pelo auxílio na execução dos ensaios laboratoriais.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	xiii
RESUMO.....	xvi
ABSTRACT	xvii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Justificativa.....	1
1.2. Objetivo	3
1.3. Estruturação do trabalho	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. Alvenaria de Vedação	6
2.1.1. Conceituação	6
2.1.2. Materiais Constituintes da Alvenaria de Vedação	9
2.1.2.1. Bloco de Concreto.....	9
2.1.2.2. Bloco de Concreto Celular.....	10
2.1.2.3. Bloco Cerâmico	11
2.1.2.4. Bloco Sílico-calcáreo	12
2.1.2.5. Tijolo Comum	13
2.1.2.6. Tijolo Cerâmico Furado	14
2.1.2.7. Argamassa de Assentamento	15
2.1.3. A Execução da Alvenaria de Vedação	18

2.1.3.1. Análise e Preparo da Estrutura de Concreto	19
2.1.3.2. Demarcação da Alvenaria – Locação da Primeira Fiada.....	25
2.1.3.3. Elevação da Alvenaria.....	29
2.1.3.4. Ancoragem das Alvenarias aos Pilares	34
2.2. Fissuras nas Alvenarias de Vedação	35
2.2.1. Aparecimento de Fissuras – Causas.....	35
2.2.2. Aparecimento de Fissuras – Prevenção.....	51
2.2.3. Ancoragem na Interface Alvenaria-Pilar: Materiais e Técnicas	59
2.2.4. Normalização de Materiais de Ancoragem em Alvenarias	66
2.2.4.1. Telas Metálicas Eletrosoldadas	66
2.2.4.2. Barras de Aço Tipo “Ferro Cabelo”	67
2.2.5. Trabalhos já Realizados	68
3. PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	75
3.1. Ensaio de Caracterização dos Materiais	77
3.1.1. Bloco Cerâmico de Vedação	77
3.1.2. Argamassa de Assentamento	78
3.1.3. Aço	78
3.1.4. Cimento Portland.....	79
3.1.5. Agregado Miúdo	79
3.1.6. Agregado Graúdo	80
3.2. Ensaio de Arrancamento à Tração Direta (“Pullout Test”).....	80
3.2.1. Arrancamento do Dispositivo de Ancoragem da Junta de Argamassa de Prismas de Alvenaria.....	80
3.2.2. Arrancamento do Dispositivo Fixado ao Elemento de Concreto Armado e à Junta de Argamassa de Prismas de Alvenaria	85
4. RESULTADOS OBTIDOS	88
4.1 Ensaio de Caracterização dos Materiais	88
4.1.1. Bloco Cerâmico de Vedação	88
4.1.1.1. Determinação da Resistência à Compressão	89
4.1.1.2. Determinação da Absorção de Água.....	92
4.1.2. Argamassa de Assentamento	93

4.1.2.1. Determinação da Resistência à Compressão	93
4.1.2.2. Determinação do Índice de Consistência Normal (“Flow Table”)	95
4.1.2.3. Determinação da Resistência de Aderência à Tração.....	96
4.1.2.4. Determinação da Resistência de Aderência à Flexão	97
4.1.3. Aço	99
4.1.3.1. Determinação da Resistência à Tração.....	100
4.1.4. Cimento Portland.....	108
4.1.4.1. Determinação da Resistência à Compressão	108
4.1.4.2. Determinação da Finura	110
4.1.4.3. Determinação dos Tempos de Pega	110
4.1.5. Agregado Miúdo	110
4.1.5.1. Determinação da Composição Granulométrica	110
4.1.5.2. Determinação da Massa Específica	112
4.1.6. Agregado Graúdo	113
4.1.6.1. Determinação da Composição Granulométrica.....	113
4.2. Ensaios de Arrancamento à Tração Direta.....	115
4.2.1. Arrancamento do Dispositivo de Ancoragem da Junta de Argamassa de Prismas de Alvenaria	115
4.2.2. Arrancamento do Dispositivo Fixado ao Elemento de Concreto Armado e à Junta de Argamassa de Prismas de Alvenaria	126
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS	136
5.1. Arrancamento do Dispositivo de Ancoragem da Junta de Argamassa de Prismas de Alvenaria.....	136
5.2. Arrancamento do Dispositivo Fixado ao Elemento de Concreto Armado e à Junta de Argamassa de Prismas de Alvenaria	144
5.3 Análise Custo X Benefício	149
6. CONCLUSÕES FINAIS.....	152
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	156

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. – Fatores Influentes na Ocorrência de Fissuras.....	2
Figura 2.1. – Variedades de Blocos de Concreto	10
Figura 2.2. – Variedades de Blocos de Concreto Celular.....	11
Figura 2.3. – Variedades de Blocos Cerâmicos	12
Figura 2.4. – Variedades de Blocos Sílico-calcáreos	12
Figura 2.5. – Tijolo Comum	13
Figura 2.6. – Tijolo Cerâmico Furado	14
Figura 2.7. – Chapisco Rolado com Rolo para Textura Acrílica	21
Figura 2.8. – Chapisco de Argamassa Colante com Desempenadeira Dentada.....	22
Figura 2.9. – Definição da Galga da Alvenaria com Nível de Mangueira	23
Figura 2.10. – Aparelho de Nível Tipo “Alemão”	23
Figura 2.11. – Escantilhão para Auxiliar a Execução da Alvenaria de Vedação	24
Figura 2.12. – Definição do Espaçamento dos Blocos na Fiada de Demarcação	26
Figura 2.13. – Execução da Fiada de Demarcação da Alvenaria.....	27
Figura 2.14. – Conferência das Características da Fiada de Demarcação	28
Figura 2.15. – Verificação do Nivelamento da Fiada com Régua de Bolha	31
Figura 2.16. – Colocação de Argamassa de Assentamento Sobre os Blocos	32
Figura 2.17. – Assentamento do Bloco Junto ao Pilar.....	32
Figura 2.18. – Execução da Alvenaria Utilizando-se a Linha como Referência	33
Figura 2.19. – Verificação do Prumo da Alvenaria com Régua de Bolha.....	33

Figura 2.20. – Colocação de Tela Metálica Eletrosoldada para Ligação entre Alvenaria-Pilar.....	34
Figura 2.21. – Colocação de Barras de Aço Tipo “Ferro Cabelo” para Ligação entre Alvenaria-Pilar.....	35
Figura 2.22. – Fissuras na Interface Alvenaria de Vedação–Estrutura de Concreto	38
Figura 2.23. – Fissuras na Interface Alvenaria de Vedação–Estrutura de Concreto	38
Figura 2.24. – Fissuras na Interface Alvenaria de Vedação–Estrutura de Concreto	39
Figura 2.25. – Fissuras na Interface Alvenaria Externa de Vedação–Estrutura de Concreto	41
Figura 2.26. – Fissuras na Interface Alvenaria Externa de Vedação–Estrutura de Concreto	42
Figura 2.27. – Fissuras na Alvenaria Interna de Vedação.....	42
Figura 2.28. – Tipos de Dispositivos de Ligação Alvenaria-Pilar: a) Tela Metálica Eletrosoldada, malha 25x25 mm; b) Tela Metálica Eletrosoldada, malha 15x15 mm; c) Fita Corrugada; d) Fita Perfurada; e) Ferro Cabelo Dobrado.....	60
Figura 2.29. – Tipos de Fixação dos Dispositivos de Ligação Alvenaria-Pilar: a) Cantoneiras Curtas de Aço; b) Cantoneiras de Aço de 50 mm; c) Cantoneiras de Aço de 100 mm; d) Pinos e Arruelas de Aço	61
Figura 2.30. – Esquema do Aparato para Ensaios de Arrancamento à Tração do Dispositivo de Ancoragem e Juntas de Argamassa	71
Figura 3.1. – Materiais de Ancoragem	81
Figura 3.2. – Comprimentos de Ancoragem.....	81
Figura 3.3. – Esquema do Ensaio de Arrancamento do Dispositivo da Junta de Argamassa de Prismas de Alvenaria	83
Figura 3.4. – Equipamento do Ensaio de Arrancamento do Dispositivo da Junta de Argamassa de Prismas de Alvenaria	84
Figura 3.5. – Esquema do Ensaio de Arrancamento do Dispositivo Fixado ao Pilarrete de Concreto Armado e à Junta de Argamassa de Prismas de Alvenaria.	86

Figura 3.6. – Equipamento do Ensaio de Arrancamento do Dispositivo Fixado ao Pilarete de Concreto Armado e à Junta de Argamassa de Prismas de Alvenaria	87
Figura 4.1. – Ensaio da Resistência à Compressão do Tijolo Cerâmico Tipo “A”	91
Figura 4.2. – Ensaio da Resistência à Compressão da Argamassa de Assentamento.	95
Figura 4.3. – Ensaio da Resistência de Aderência à Flexão da Argamassa de Assentamento	99
Figura 4.4. – Gráfico do Ensaio de Resistência à Tração do Aço CA-50 5.0 mm	101
Figura 4.5. – Gráfico do Ensaio de Resistência à Tração do Aço CA-50 6.3 mm	103
Figura 4.6. – Ensaio da Resistência à Tração das Barras de Aço	104
Figura 4.7. – Gráfico do Ensaio de Resistência à Tração do Fio da Tela Metálica	106
Figura 4.8. – Ensaio da Resistência à Tração da Tela Metálica Eletrosoldada.....	107
Figura 4.9. – Ensaio da Resistência à Compressão do Cimento Portland	109
Figura 4.10. – Ensaio da Determinação da Composição Granulométrica do Agregado Miúdo	112
Figura 4.11. – Ensaio da Determinação da Composição Granulométrica do Agregado Graúdo.....	114
Figura 4.12. – Comparação Entre os Deslocamentos Médios para o Aço CA-50, Diâmetro 5,0 mm e Comprimento de Ancoragem: 30 cm e 40 cm... ..	117
Figura 4.13. – Ensaio de Arrancamento para o Aço CA-50, Diâmetro 5,0 mm e Comprimento de Ancoragem 30 cm.....	118
Figura 4.14. – Ensaio de Arrancamento para o Aço CA-50, Diâmetro 5,0 mm e Comprimento de Ancoragem 40 cm.....	118
Figura 4.15. – Comparação Entre os Deslocamentos Médios para o Aço CA-50, Diâmetro 6,3 mm e Comprimento de Ancoragem: 30cm e 40cm.....	121
Figura 4.16. – Ensaio de Arrancamento para o Aço CA-50, Diâmetro 6,3 mm e Comprimento de Ancoragem 30 cm.....	122
Figura 4.17. – Ensaio de Arrancamento para o Aço CA-50, Diâmetro 6,3 mm e Comprimento de Ancoragem 40 cm.....	122

Figura 4.18. – Comparação Entre os Deslocamentos Médios para a Tela Metálica, Malha 15x15 mm, e Comprimento de Ancoragem: 30cm e 40cm	124
Figura 4.19. – Ensaio de Arrancamento para a Tela Metálica, Comprimento de Ancoragem 30 cm	125
Figura 4.20. – Ensaio de Arrancamento para a Tela Metálica, Comprimento de Ancoragem 40 cm	125
Figura 4.21. – Comparação Entre os Deslocamentos Médios para o Aço CA-50, Diâmetro 5,0 mm, sem Chapisco e com Chapisco no Pilarete	128
Figura 4.22. – Comparação Entre os Deslocamentos Médios para o Aço CA-50, Diâmetro 6,3 mm, sem Chapisco e com Chapisco no Pilarete	130
Figura 4.23. – Comparação Entre os Deslocamentos Médios para a Tela Metálica, sem Cantoneira e com Cantoneira e, sem Chapisco e com Chapisco no Pilarete	134
Figura 4.24. – Ensaio de Arrancamento do Dispositivo Fixado ao Elemento de Concreto Armado e à Junta de Argamassa de Prismas de Alvenaria....	135
Figura 5.1. – Detalhe do Dispositivo de Medição das Deformações	137
Figura 5.2. – Comparação das Deformações Específicas Médias	137
Figura 5.3. – Instante do Arrancamento da Barra de Aço CA-50 5,0 mm do Prisma de Alvenaria	138
Figura 5.4. – Instante do Arrancamento da Barra de Aço CA-50 6,3 mm do Prisma de Alvenaria	139
Figura 5.5. – Instante do Escoamento Tela Metálica	140
Figura 5.6. – Comparação do Ensaio de Arrancamento do Aço CA-50 5,0mm tipo “ferro cabelo” com o Ensaio de Resistência à Tração para a Barra de Aço CA-50 5,0mm	141
Figura 5.7. – Comparação do Ensaio de Arrancamento do Aço CA-50 6,3mm tipo “ferro cabelo” com o Ensaio de Resistência à Tração para a Barra de Aço CA-50 6,3mm	142
Figura 5.8. – Comparação do Ensaio de Arrancamento da Tela Metálica com o Ensaio de Resistência à Tração para o Fio da Tela Metálica	143

Figura 5.9. – Comparação dos Deslocamentos Médios Até a Ocorrência da Primeira Fissura (Visível a Olho Nu)	145
Figura 5.10. – Detalhe da Ruptura do Corpo-de-Prova Sem Tratamento	146
Figura 5.11. – Detalhe da Ruptura do Corpo-de-Prova Com Tratamento de Chapisco Com Adesivo Acrílico	147
Figura 5.12. – Comparação Custo X Benefício	150

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. – Classificação das Variáveis para Escolha de Paredes de Contraventamento.....	53
Tabela 2.2. – Recomendações para Obter Estruturas Menos Deformáveis	57
Tabela 2.3. – Recomendações para Obter Alvenarias Mais Resistentes.....	58
Tabela 2.4. – Decisões Fundamentais para Evitar Fissuras nas Alvenarias Decorrentes da Interação Alvenaria-Estrutura	59
Tabela 2.5. – Resumo Comparativo entre a Tela Metálica Eletrosoldada Galvanizada e o “Ferro Cabelo” Quanto ao seu Desempenho	64
Tabela 2.6. – Resumo Comparativo entre a Tela Metálica Eletrosoldada Galvanizada e o “Ferro Cabelo” Quanto à sua Utilização	65
Tabela 2.7. – Etapas de Ancoragem de Telas Eletrosoldadas e “Ferro Cabelo” à Estrutura de Concreto	66
Tabela 4.1. – Tijolo Cerâmico de Vedação Tipo “A” 14x19x29 cm: Ensaio da Resistência à Compressão	90
Tabela 4.2. – Bloco Cerâmico Vedação Tipo “B” 14x19x39 cm: Ensaio da Resistência à Compressão	90
Tabela 4.3. – Tijolo Cerâmico de Vedação Tipo “A” 14x19x29 cm: Ensaio da Absorção de Água.....	92
Tabela 4.4. – Bloco Cerâmico Vedação Tipo “B” 14x19x39 cm: Ensaio da Absorção de Água.....	92

Tabela 4.5. – Argamassa de Assentamento: Ensaio da Resistência à Compressão	94
Tabela 4.6. – Argamassa de Assentamento: Ensaio do Índice de Consistência Normal (“Flow Table”)	96
Tabela 4.7. – Argamassa de Assentamento: Ensaio da Resistência de Aderência à Tração	97
Tabela 4.8. – Argamassa de Assentamento: Ensaio da Resistência de Aderência à Flexão	98
Tabela 4.9. – Barra de Aço CA-50, Diâmetro 5.0 mm Tipo “Ferro Cabelo”: Ensaio da Resistência à Tração.....	100
Tabela 4.10. – Barra de Aço CA-50, Diâmetro 6.3 mm Tipo “Ferro Cabelo”: Ensaio da Resistência à Tração.....	102
Tabela 4.11. – Tela Metálica Eletrosoldada Galvanizada, malha 15x15 mm, diâmetro do fio 1.65mm: Ensaio da Resistência à Tração	105
Tabela 4.12. – Cimento Portland CP-III-32: Ensaio da Resistência à Compressão	108
Tabela 4.13. – Agregado Miúdo: Ensaio da Composição Granulométrica	111
Tabela 4.14. – Agregado Graúdo: Ensaio da Composição Granulométrica	113
Tabela 4.15. – Aço CA-50 diâmetro 5,0 mm e c= 30 cm: Ensaio de Arrancamento ...	115
Tabela 4.16. – Aço CA-50 diâmetro 5,0 mm e c= 40 cm: Ensaio de Arrancamento ...	116
Tabela 4.17. – Aço CA-50 diâmetro 6,3 mm e c= 30 cm: Ensaio de Arrancamento ...	119
Tabela 4.18. – Aço CA-50 diâmetro 6,3 mm e c= 40 cm: Ensaio de Arrancamento ...	120
Tabela 4.19. – Tela Metálica c= 30 cm: Ensaio de Arrancamento	123
Tabela 4.20. – Tela Metálica c= 40 cm: Ensaio de Arrancamento	124
Tabela 4.21. – Aço CA-50 5,0 mm sem Tratamento: Ensaio de Arrancamento	126
Tabela 4.22. – Aço CA-50 5,0 mm com Tratamento: Ensaio de Arrancamento	127
Tabela 4.23. – Aço CA-50 6,3 mm sem Tratamento: Ensaio de Arrancamento	129
Tabela 4.24. – Aço CA-50 6,3 mm com Tratamento: Ensaio de Arrancamento	129
Tabela 4.25. – Tela Metálica, com Cantoneira e sem Tratamento: Ensaio de Arrancamento.....	131
Tabela 4.26. – Tela Metálica, sem Cantoneira e sem Tratamento: Ensaio de Arrancamento.....	131

Tabela 4.27. – Tela Metálica, com Cantoneira e com Tratamento: Ensaio de Arrancamento.....	132
Tabela 4.28. – Tela Metálica, sem Cantoneira e com Tratamento: Ensaio de Arrancamento.....	133
Tabela 5.1. – Levantamento de Custos Para a Execução dos Serviços	149

RESUMO

Penteado, André T. Avaliação Experimental dos Métodos de Prevenção de Fissuras na Interface Alvenaria de Vedação e Pilar de Concreto, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2005. 160 páginas. Dissertação.

As fissuras na interface alvenaria-estrutura são comuns e pouco se conhece a respeito da sua ocorrência, embora sejam freqüentes, especialmente as que aparecem na ligação alvenaria-pilar de concreto. O objetivo deste trabalho foi estudar a melhor técnica de ancoragem entre alvenaria-estrutura, avaliando sua eficiência no combate a esse tipo de fissura. Foram utilizados para a elaboração dos ensaios, além dos materiais usados na alvenaria de vedação (bloco cerâmico, argamassa etc), diferentes materiais de ancoragem (tela metálica eletrosoldada e barras de aço) e dispositivos de ligação (adesivo epóxi, pinos, arruelas e cantoneira), analisando-se assim o melhor conjunto do ponto de vista técnico. Foram feitos ensaios de caracterização dos materiais e de arrancamento à tração direta, até a ocorrência da primeira fissura visível a olho nu. Concluiu-se finalmente que a tela metálica eletrosoldada galvanizada malha 15 x 15 mm e diâmetro do fio 1,65 mm, sem cantoneira e com tratamento de chapisco com adesivo acrílico no pilarete foi a melhor técnica de ancoragem para a prevenção do aparecimento de fissuras na interface alvenaria de vedação e pilar de concreto.

Palavras-Chave: Alvenaria, Fissuras, Ancoragem, Tela Eletrosoldada.

ABSTRACT

The splitting of the fair-faced masonry-structure are very usual but it is not well-known the reason of its occurrence, although they are frequent, specially the ones that appear in the linking of the masonry-concrete column. The purpose of this work was to study the best anchorage technique between masonry-structure, being evaluated its efficiency to prevent this type of splitting. Beyond the materials that are usually used for masonry (ceramic block, mortar etc), changeable materials of anchorage (steel welded tie and steel wire) and apparatus of linking (adhesive epoxy, bolts, washers and angle-steel) were used, analyzing the best combination for the technical view. Tests of characterization of the materials and the pullout test were made, until the occurrence of the first splitting visible by naked eye. Finally, it was concluded that the metallic wall tie, 15 x 15 mm and the diameter of wire 1,65 mm, without angle-steel and with mortar with acrylic adhesive in the concrete column was the best anchorage technique for to prevent occurrence of splitting in the fair-faced masonry-concrete structure.

Keywords: Masonry, Splitting, Anchorage, Wall Ties.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Justificativa

Na Medicina, o grande desafio de cientistas-pesquisadores e médicos é diagnosticar doenças, encontrar suas causas, criar fórmulas e técnicas de tratamento e principalmente, formas de prevenção.

A partir da descoberta das causas, as formas de prevenção mostram-se eficazes e minimizam muito os custos dos tratamentos dessas doenças. A “Engenharia Biológica” procura sempre (e cada vez mais rapidamente) aprimorar-se e é surpreendente o nível técnico alcançado. Para um futuro bem próximo, prevê-se a cura e a erradicação de muitas doenças que afligem a humanidade.

Como na Medicina, a Engenharia Civil tem problemas patológicos que seguem as mesmas regras: diagnóstico, causas e técnicas de tratamento. Mas a prevenção é a chave para minimizar tais “doenças”.

Um desses problemas patológicos na Engenharia Civil é o das fissuras em alvenaria e estrutura. Estudos feitos mostram que nas últimas décadas o aumento da densidade demográfica nas cidades exigiu a construção de novas habitações verticais

num ritmo cada vez mais acelerado para atender a demanda, provocando muitas vezes uma falta de qualidade das construções. Um conjunto formado pelos fatores: profissionais não qualificados, materiais fora das especificações e falta de critérios técnicos são as principais causas da ocorrência das fissuras, conforme é mostrado na figura 1.1.

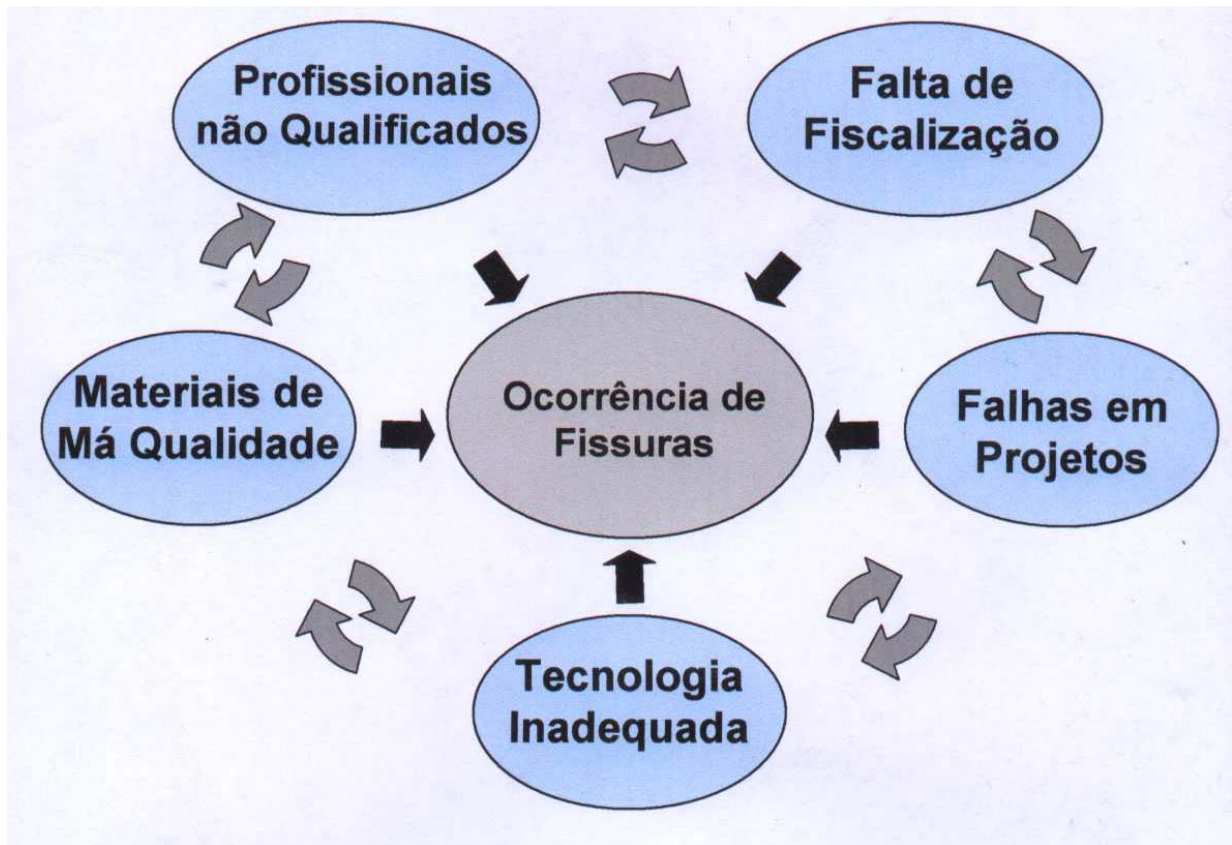


Figura 1.1 – Fatores Influentes na Ocorrência de Fissuras.

Estes fatores, aliados ao desinteresse dos poderes públicos, tiveram muitas vezes resultados catastróficos. Inúmeras edificações apresentaram fissuras que comprometeram até mesmo as suas estruturas inviabilizando seu uso, provocando enormes prejuízos e intermináveis ações judiciais.

O estudo das conseqüências e as propostas de soluções para o problema patológico das fissuras deve ser sistêmico porque um grande número de edificações no Brasil apresentam-no e é motivo de muita preocupação dos profissionais e empresários

da construção civil e dos proprietários que muitas vezes carregam todo o ônus do problema.

1.2. Objetivo

As fissuras em alvenaria das edificações são um alerta de que algo errado está acontecendo, podendo comprometer a estanqueidade à água, o isolamento acústico e em alguns casos até a estrutura do edifício. Mesmo não apresentando riscos na estrutura, quanto à estética, elas exercem um efeito muito negativo nas pessoas e é natural que os proprietários exijam a solução do problema.

É um desafio aos estudiosos saber quais as causas principais, como encontrar soluções para minimizar o problema quando as fissuras já estão instaladas e como evitar que elas ocorram.

As alvenarias em geral sofrem interferências do movimento natural do solo e do mecanismo de acomodação dos materiais. Segundo Thomaz (2001): “Trincas ou fissuras sempre existiram, pois são conseqüências de fenômenos naturais”. Tal afirmação não é convincente porque pode isentar os verdadeiros responsáveis.

Por outro lado, houve uma evolução acentuada nas técnicas de projetos e execuções e uma melhoria da qualidade dos materiais que possibilitaram a construção de edifícios muito mais leves e esbeltos. Para se obter uma alvenaria de boa qualidade, basicamente deve-se empregar bons materiais, observar rigorosamente as normas técnicas, utilizar mão-de-obra especializada e manter uma fiscalização contínua.

Mas não bastam esses cuidados se o projeto não apresentar os meios necessários para se obter a alvenaria adequada ao processo de produção das paredes e das outras partes da obra. O projeto todo deve seguir rigorosamente os parâmetros e critérios das normas técnicas.

Estudar formas de melhorias para evitar as fissuras é um problema bem mais complexo do que pode parecer numa primeira análise. Com esse trabalho pretende-se avaliar experimentalmente métodos de prevenção de fissuras na interface alvenaria de vedação e pilar de concreto.

1.3. Estruturação do Trabalho

Para atingir os objetivos propostos, o tema é desenvolvido em 4 capítulos, além da introdução e conclusão.

No capítulo 2, apresenta-se o embasamento teórico da dissertação fundamentado em pesquisas bibliográficas, ou seja, conceitua-se a alvenaria de vedação ao aparecimento de fissuras, principalmente à causa e as técnicas e materiais de ancoragem de ligação alvenaria-estrutura para combater este problema patológico, dando um enfoque especial à normalização destas técnicas e/ou materiais que é fator importantíssimo da obra, onde deve-se considerar as legislações referentes às responsabilidades técnicas dos profissionais desta área de atuação, ao código de defesa do consumidor e às condições de segurança do trabalho.

Como exposto anteriormente, como a proposta deste trabalho é o combate ao aparecimento de fissuras na interface alvenaria de vedação-estrutura de concreto, no final do capítulo 2 é apresentado um estudo conceitual desta prevenção.

No capítulo 3, utilizando as premissas teóricas, é descrito o programa experimental para se determinar um material e/ou técnica de ancoragem para a prevenção do aparecimento das fissuras na interface alvenaria de vedação e pilar de concreto, utilizando diferentes materiais, dispositivos e comprimentos de ancoragem. Neste capítulo também é apresentado o programa experimental dos ensaios de caracterização dos materiais envolvidos nesta pesquisa.

No capítulo 4, são apresentados os resultados laboratoriais preliminares referentes a todos os ensaios de caracterização dos materiais envolvidos para a elaboração deste trabalho (bloco cerâmico de vedação, argamassa de assentamento, aço, cimento, agregado miúdo e agregado graúdo), ou seja, ensaios para determinação de resistência à compressão, absorção de água, índice de consistência normal, resistência de aderência à tração, resistência de aderência à flexão, resistência à tração, finura, tempos de pega, composição granulométrica e massa específica. Também neste capítulo, são apresentados os resultados dos ensaios laboratoriais principais deste estudo. Acredita-se que seja uma importante colaboração, como aplicativo para a indústria da construção civil.

No capítulo 5, são apresentadas as análises dos resultados principais, bem como as diretrizes para a prevenção dos problemas patológicos das fissuras na interface alvenaria de vedação e pilar de concreto.

Finalmente, apresenta-se a conclusão do trabalho, mostrando os resultados obtidos, bem como sugestões de novos temas, objetos de futuros estudos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, será apresentado a conceituação da alvenaria de vedação, materiais constituintes e suas técnicas de execução, da ocorrência de fissuras, suas causas, prevenção, normalização e trabalhos já realizados sobre o assunto.

2.1. Alvenaria de Vedação

2.1.1. Conceituação

Os mais antigos registros da história da humanidade são as inscrições rupestres nas cavernas, primeiras habitações do homem. Nas escavações de sítios arqueológicos, encontraram-se apetrechos de uso doméstico, ferramentas e armas que testemunharam a evolução do homem e a sua capacidade de adaptação ao meio ambiente.

As construções em alvenaria da antiguidade vão desde o rudimentar empilhamento de fragmentos de rochas até as construções pesadas, espessas e rígidas dos templos e monumentos. Data de 10.000 a.C. a utilização de tijolos secos ao Sol nas construções persas e assírias.

As pirâmides egípcias, maias, peruanas, os templos gregos, o Coliseu, as cidades soterradas greco-romanas, a espetacular muralha da China e uma infinidade de monumentos demonstram a arte, a beleza e a técnica extremamente avançada que os antigos possuíam. Recentemente, foram descobertos enormes fragmentos do Colosso de Rhodes e do Farol da Alexandria, este com uma altura estimada de 183m e construído em alvenaria de pedra.

A alvenaria de pedra foi usada em grande escala nas cidades litorâneas do Brasil, devido a abundância desse material, e a taipa de pilão foi o material utilizado em São Paulo, na época da colonização. A partir do ciclo econômico do café, começaram a surgir as construções em tijolos, as primeiras olarias e os primeiros edifícios, mansões e palacetes. Nos anos 30 do século XX, surge o concreto armado, muito empregado nas construções de edifícios públicos.

Em um ritmo cada vez mais acelerado em busca de soluções para a melhoria das condições de vida, o homem trava batalhas com as adversidades da natureza, com sua inteligência e com seus pares.

A evolução da alvenaria acompanha a evolução do próprio homem que atualmente é composta de materiais de alta tecnologia que oferecem mais resistência, são mais leves e mais baratos e que perduram à ação do tempo. A invenção de materiais como os blocos de concreto, cerâmico, sílico-calcáreo, concreto celular etc., representaram uma revolução na história da alvenaria.

Como consequência do aparecimento dos novos materiais e das mudanças nas técnicas de projetos e execução de obras, surgiram de maneira mais acentuada, os problemas nas edificações, que passaram a ser motivo de constante estudo, utilizando-se princípios da Física e Química, da mecânica dos solos, da ciência dos materiais etc.

A alvenaria de vedação é constituída por blocos ou tijolos unidos por juntas de argamassa, formando um conjunto monolítico de características próprias. Os elementos que formam a alvenaria de vedação possuem, cada um, suas características, mas, são dependentes e interagem.

A função das paredes de alvenaria é proteger o edifício e seus ambientes. Elas devem respeitar as especificações estabelecidas nos projetos, variáveis para com a finalidade a que se destina. O desempenho que se espera da parede é função de como ela foi construída e da sua relação com as demais partes da obra. Espera-se que as alvenarias de vedação de edifícios obedeçam a requisitos imprescindíveis tais como:

- Estanqueidade à água;
- Isolamento térmico e acústico;
- Resistência ao fogo;
- Estética;
- Durabilidade;
- Economia.

Outros requisitos associados a características e propriedades funcionais dos materiais devem ser incluídos, são eles:

- a) Deformabilidade: É a capacidade que a alvenaria possui de absorver e distribuir as tensões internas, sem perder o desempenho;
- b) Resistência Mecânica: Depende principalmente da resistência do bloco, quando submetido a esforços de compressão, de tração e cisalhamento. As juntas de argamassas também influem na alvenaria, sejam elas verticais ou horizontais.

Tratando-se da deformabilidade, pode-se afirmar que quanto maior o módulo de deformação, menor a capacidade que a parede tem de se deformar e maior é seu nível de tensões internas. A deformabilidade e o módulo de deformação dependem da estrutura e da dimensão do bloco, do tipo de argamassa, da espessura das juntas e da aderência entre os blocos e a argamassa das juntas.

Tratando-se da resistência mecânica, a deformação sofrida pela estrutura ao longo do tempo devido aos fenômenos de fluência e retração tem atingido altos níveis de solicitação não previstos nas paredes. As paredes de alvenaria construídas entre pilares e vigas podem ser sobrecarregadas pelas ações desses elementos, principalmente quando prazos e seqüências de construção não são respeitados de modo a minimizar as tensões impostas.

Quando tais requisitos não são observados, fatalmente ocorrerão problemas nas alvenarias de vedação. Um desses problemas é o das fissuras, chamado atualmente de “problemas patológicos das fissuras”. O objetivo do presente trabalho é estudar a melhor técnica de ligação alvenaria-estrutura no combate ao aparecimento de fissuras.

2.1.2. Materiais Constituintes da Alvenaria de Vedação

2.1.2.1. *Bloco de Concreto*

Os tipos de bloco mais comuns são os de concreto, que podem ser produzidos em diferentes geometrias e com resistências à compressão variáveis, de acordo com a proporção das matérias-primas que os constituem.

Atualmente, existem no mercado várias fábricas de blocos de concreto, as quais utilizam tecnologia avançada para controle de qualidade do bloco, levando-se em conta desde exigências estruturais até a estética do produto (para utilização aparente).

Os blocos de concreto são fabricados com cimento e agregados, curados de forma a assegurar sua homogeneidade e integridade em todo processo construtivo. Deverão apresentar arestas vivas, não devem apresentar trincas, fraturas ou outros defeitos que possam prejudicar o seu assentamento ou afetar a resistência e durabilidade da construção. Possuem diversas dimensões de fabricação, entre elas as mais comuns existentes no mercado são (largura x altura x comprimento): blocos da família 09x19x39 cm, blocos da família 14x19x39 cm e blocos da família 19x19x39 cm.

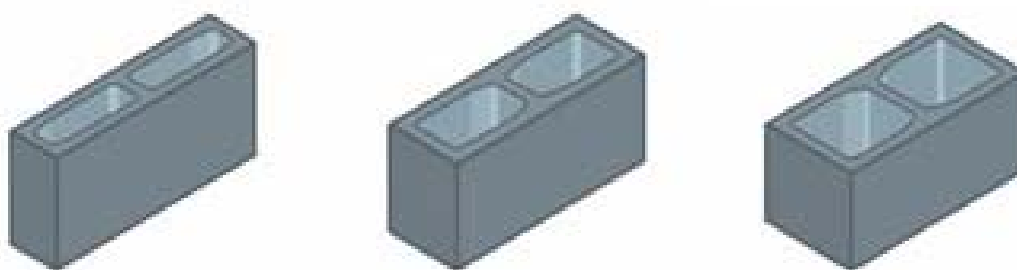


Figura 2.1 – Variedades de Blocos de Concreto.

Segundo a norma brasileira NBR 7173 (ABNT, 1982), as tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos devem ser de ± 3 mm, as quais devem ser verificadas com precisão de 0,5 mm. Sua resistência mínima à compressão média deve ser $\geq 2,50$ MPa e a mínima individual $\geq 2,00$ MPa. Quando os blocos se destinarem à execução de alvenarias externas expostas a intempéries, não poderão ter teor de umidade superior a 40% de absorção total do bloco, nem possuir absorção máxima média acima de 10% e individual acima de 15%.

2.1.2.2. Bloco de Concreto Celular

O bloco é constituído de concreto celular, formado a partir de uma mistura homogênea e adequada de cimento, areia, pó de alumínio (um agente expensor que funciona como fermento, fazendo a argamassa crescer e ficar cheia de células de ar, tornando-a leve) e aditivos químicos moldados por prensagem e curado a vapor sob pressão.

É um bloco de elevada porosidade, leve, resistente e estável no que diz respeito a suas dimensões; proporciona elevado isolamento térmico por ter uma estrutura celular, composta de células de ar totalmente fechadas e uniformemente distribuídas; possui cor clara e superfície que dispensa o chapisco; é um material inorgânico e incombustível. As dimensões mais comercializadas são (largura x altura x comprimento): 7,5x30x60 cm, 10x30x60 cm, 12,5x30x60 cm, 15x30x60 cm, 17,5x30x60 cm 20x30x60 cm e 22,5x30x60 cm. Este tipo de bloco pode ser utilizado, além de alvenaria de vedação, como isolante térmico, acústico e enchimento para lajes. A norma alemã DIN 4165 (1999), especifica a determinação a densidade aparente da massa seca e ensaio de resistência à compressão para este material.



Figura 2.2 – Variedades de Blocos de Concreto Celular.

2.1.2.3. Bloco Cerâmico

Os blocos cerâmicos, segundo as normas brasileira NBR 7171 e NBR 8042 (ABNT, 1992), são definidos como sendo um componente de alvenaria em forma de paralelepípedo, que possui furos prismáticos ou cilíndricos perpendiculares às faces que os contêm. A qualidade dos blocos cerâmicos está intimamente relacionada à qualidade das argilas empregadas na fabricação e também ao processo de produção, que é conformado por extrusão ou prensagem, queimado posteriormente a temperatura

adequada (aproximadamente 900 °C). Existem no mercado diversas dimensões para este tipo de bloco, porém as mais comuns são derivadas dos blocos de concreto, os quais seguem modulações de 10, 15 e 20 cm de espessura. Sua resistência mínima à compressão média deve ser $\geq 2,50$ MPa e a mínima individual $\geq 2,00$ MPa.

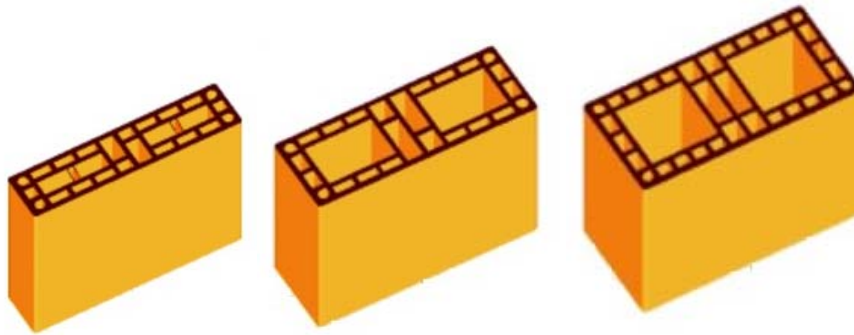


Figura 2.3 – Variedades de Blocos Cerâmicos.

2.1.2.4. Bloco Sílico-calcáreo

Os blocos sílico-calcáreos são elementos de vedação maciça ou com furos em forma de paralelepípedo, constituído por silicato de cálcio e por uma mistura homogênea e adequadamente proporcional de cal virgem em pó e areia quartzosa, moldado por prensagem e curado a vapor sob alta pressão (submetidas a uma autoclave de aproximadamente 5 horas). Possui excelente característica termo-acústica e resistência ao fogo. As dimensões mais comercializadas são (largura x altura x comprimento): 11,5x7,1x24 cm, 11,5x11,3x24 cm, 14x11,3x24 cm e 17,5x11,3x24 cm.

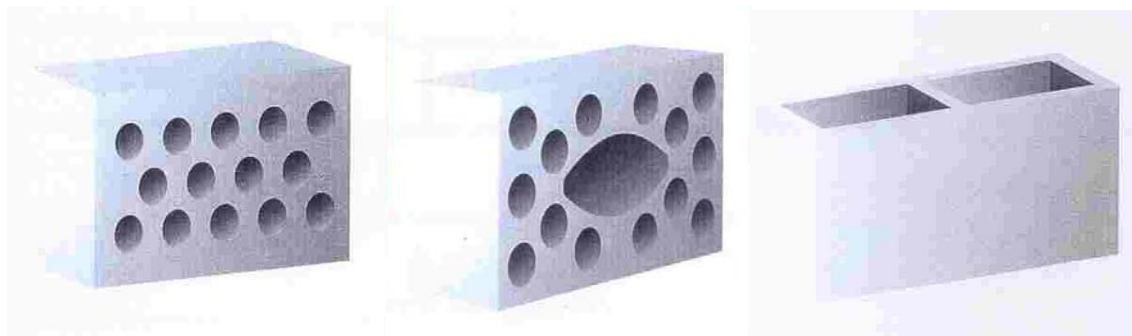


Figura 2.4 – Variedades de Blocos Sílico-calcáreos.

Este tipo de bloco deve atender à especificação nominal da norma brasileira NBR 14974-1 (ABNT, 2003) com tolerância máxima de ± 2 mm no sentido longitudinal e ≤ 2 mm nas outras dimensões. Sua resistência mínima à compressão média deve ser $\geq 2,50$ MPa e a mínima individual $\geq 2,00$ MPa. Os blocos deverão apresentar arestas vivas, sem trincas, fraturas ou defeitos que possam prejudicar o seu assentamento, afetar a resistência, durabilidade ou aspecto visual.

2.1.2.5. Tijolo Comum

O tijolo comum é um material sólido e fabricado com argila (vermelha e/ou branca porosa), conformado por extrusão ou prensagem, queimado à temperatura adequada, sem vitrificação, que permita ao produto final atender às condições determinadas pela norma brasileira NBR 8041 (ABNT, 1983). Apresenta forma retangular mais ou menos uniforme, tanto em relação à forma quanto ao cozimento; possui boa resistência à compressão (categorias A, B e C), baixa condutividade térmica, resistência à abrasão e grande absorção. As dimensões mais comercializadas são (largura x altura x comprimento): 9x5,7x19 cm e 9x9x19 cm; e suas tolerâncias máximas de fabricação para os tijolos comuns, segundo a norma brasileira NBR 8041 (ABNT, 1983) devem ser de 3 mm para mais ou para menos, nas três dimensões. Sua resistência mínima à compressão média deve ser $\geq 1,50$ MPa.

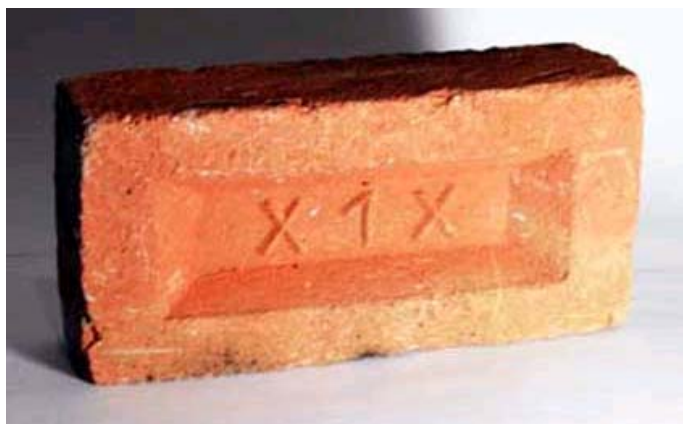


Figura 2.5 – Tijolo Comum.

2.1.2.6. Tijolo Cerâmico Furado

O tijolo cerâmico furado, conhecido vulgarmente na construção civil por tijolo tipo “baiano”, é fabricado com argila, conformado por extrusão ou prensagem, queimado à temperatura adequada, sem vitrificação, que permita ao produto final atender às condições determinadas pela norma brasileira NBR 7171 (ABNT, 1992). Apresenta-se em forma de paralelepípedo, possuindo furos prismáticos ou cilíndricos perpendiculares às faces que os contém.

As dimensões mais comercializadas são (largura x altura x comprimento): 9x19x19 cm e 9x19x29 cm; e as tolerâncias máximas de fabricação para os tijolos cerâmicos furados, segundo a norma brasileira NBR 7171 (ABNT, 1992) devem ser de ± 3 mm nas três dimensões; a espessura das paredes externas do bloco deverá ser, no mínimo, igual a 7 mm; deverá apresentar uniformidade na cor e não possuir defeitos sistemáticos de trincas, quebras e superfícies irregulares. Sua resistência mínima à compressão média deve ser $\geq 2,50$ MPa e a mínima individual $\geq 2,00$ MPa.



Figura 2.6 – Tijolo Cerâmico Furado.

2.1.2.7. Argamassa de Assentamento

A argamassa é o elemento de ligação dos blocos ou tijolos da alvenaria em uma estrutura única, sendo normalmente constituída de cimento, areia e cal. É importante ressaltar que, embora as argamassas de assentamento sejam compostas, na essência, pelos mesmos elementos constituintes do concreto, elas tem funções e empregos bastante distintos. Assim, não é correto utilizar procedimentos iguais aos da produção de concreto para produzir argamassas de qualidade.

Enquanto para o concreto o objetivo final é obter a maior resistência à compressão com menor custo, para as argamassas o importante é que sejam aptas a transferir as tensões de maneira uniforme entre os blocos, compensando as irregularidades e as variações dimensionais. Além disso, deve unir solidariamente os blocos de alvenaria e ajudá-las a resistir aos esforços laterais.

Atualmente, existem diversos tipos de argamassas de assentamento no mercado nacional, constituídas de cimento Portland, areia e cal: as argamassas produzidas em obras; as argamassas industrializadas ensacadas e as argamassas industrializadas em silos, produzidas eletronicamente, podendo conter aditivos para aumentar sua validade de aplicação. Para tanto, as propriedades mais importantes para as argamassas de assentamento são:

- a) Trabalhabilidade: A trabalhabilidade é medida indiretamente pelo teste de fluidez (consistência), que é definida como a porcentagem do aumento de diâmetro da base de um tronco de cone, depois de submeter-se a impactos sucessivos em uma mesa vibratória padrão. A argamassa de boa trabalhabilidade deve se espalhar facilmente sobre o bloco ou tijolo e aderir às superfícies verticais. A consistência deve ser tal que o bloco ou tijolo possa ser prontamente alinhado e que seu peso e o peso das fiadas subseqüentes não provoquem posterior escorrimento da argamassa. Testes

com pedreiros experientes mostraram que uma argamassa de boa trabalhabilidade tem fluidez entre 115 e 150 %. Entretanto, a medição de fluidez nem sempre é indicativa de uma boa trabalhabilidade. Misturas ásperas e sem coesão, mesmo com fluidez nesta faixa, produzirão argamassas inadequadas para uso em alvenaria;

- b) Retenção de Água: Retenção é a capacidade da argamassa de reter água contra a sucção de água pelo bloco. Se o bloco for muito poroso e retirar muito rapidamente a água da argamassa, não haverá líquido suficiente para a completa hidratação do cimento, o que resulta em uma fraca ligação entre o bloco ou tijolo e a argamassa. Além disso, o endurecimento muito rápido da argamassa pela perda de água impede o assentamento correto da fiada seguinte. A má retenção de água pode ser resultante de uma má granulometria do agregado, agregados muitos grandes, mistura insuficiente ou escolha errada do tipo de cimento. O uso de material pozolânico ou a adição de mais água e mais tempo de mistura podem aumentar a probabilidade de retenção, melhorando a qualidade da argamassa;
- c) Tempo de Endurecimento: O endurecimento é função da hidratação, ou seja, da reação química entre o cimento e a água. Se o endurecimento for muito rápido, causará problemas no assentamento dos blocos ou tijolos e no acabamento das juntas. Se for muito lento, causará atraso na construção pela espera que se fará necessária para a continuação do trabalho. Temperaturas muito altas tendem a acelerar o endurecimento. Inversamente, temperaturas muito baixas retardam o endurecimento. Um preparo mais homogêneo da argamassa faz com que o cimento se misture melhor à água e, conseqüentemente, acelere o processo de endurecimento;

- d) Aderência: A resistência de aderência é a capacidade que a interface alvenaria-argamassa possui de absorver tensões tangenciais (cisalhamento) e normais (tração) a ela, sem romper-se. A aderência entre a argamassa e a alvenaria é uma combinação da superfície de contato entre ambas e da adesão da pasta de cimento à alvenaria. A aderência, portanto, não é uma propriedade intrínseca da argamassa, mas depende também das características dos blocos ou tijolos. Os fatores que influenciam a capacidade de contato e a adesão são a trabalhabilidade da argamassa, a retenção de água, a taxa de absorção inicial do bloco ou tijolo, a mão-de-obra, a quantidade de cimento na mistura, a textura da superfície do bloco ou tijolo, o teor de umidade do bloco ou tijolo, a temperatura e umidade relativa;
- e) Resistência à Compressão: A resistência à compressão depende do tipo e da qualidade de cimento usado na mistura, tanto numa argamassa fabricada na obra, como numa argamassa industrializada. A argamassa deve ser resistente o suficiente para suportar os esforços a que a alvenaria será submetida. No entanto, não deve exceder a resistência dos blocos ou tijolos da parede, de maneira que as fissuras que venham a ocorrer devido a expansões de origens térmicas ou outros movimentos ocorram nas juntas e argamassa. Uma argamassa mais forte não implica necessariamente em uma parede mais forte. Não há uma relação direta entre as duas resistências. Para cada resistência de bloco ou tijolo existe uma resistência ótima da argamassa. Um aumento desta resistência não aumentará a resistência da parede. Portanto, é importante notar que uma grande resistência à compressão da argamassa não é necessariamente sinônimo de uma melhor solução estrutural.

2.1.3. A Execução da Alvenaria de Vedação

Para se obter maior produtividade sem a ocorrência de desperdícios ou retrabalhos, recomenda-se padronizar os procedimentos para execução da alvenaria de vedação em blocos cerâmicos ou de concretos, de forma a racionalizar os serviços a serem executados.

Primeiramente, para se obter a melhor qualidade do produto final, é essencial ter em mãos o maior número de documentos possíveis como parâmetros para a execução da alvenaria. São eles: projetos de arquitetura, estrutura, instalações hidráulicas, instalações elétricas, impermeabilização, esquadrias, alvenaria e produção.

Recomenda-se também a utilização de ferramentas e equipamentos adequados para se conseguir maior produtividade da mão-de-obra e menor desperdício de materiais. As principais ferramentas e equipamentos comumente empregados para a produção da alvenaria de vedação ou qualquer outro tipo de alvenaria são: régua de bolha para nível e prumo, aparelho de nível (alemão ou laser); prumo de face; trena, bsnaga ou meia-cana para aplicação de argamassa; andaimes e cavaletes metálicos reguláveis; caixote plástico ou metálico para acondicionamento da argamassa, linha de nylon, carrinhos para transportes de blocos, escantilhão metálico graduado etc.

Os aspectos descritos anteriormente, relativos à produção da parede de alvenaria de vedação, referem-se a procedimentos que antecedem a própria produção da alvenaria: à demarcação e à obtenção do desempenho, prumo e nivelamento do painel de alvenaria; obtenção de juntas regulares e adequadamente amarradas e procedimentos para a execução da fixação da alvenaria à estrutura.

Ao se implantar as recomendações propostas, busca-se obter alvenarias que atendam aos requisitos exigidos para que a parede desempenhe adequadamente suas funções, sem que apresentem problemas patológicos, tais como fissuras, deslocamento de revestimentos, entre outros. Além disso, busca-se também a otimização das atividades para se obter elevada produtividade, a eliminação de desperdícios de materiais e a adequada qualidade dos serviços executados.

Para melhor compreensão das atividades envolvidas na produção da alvenaria de vedação, elas foram agrupadas em quatro etapas básicas: o levantamento das características de execução da estrutura, a demarcação da primeira fiada, a elevação e a fixação das alvenarias, abordadas a seguir.

2.1.3.1. Análise e Preparo da Estrutura de Concreto

Estando a alvenaria inserida em uma estrutura, é certo que a tecnologia de produção da parede estará vinculada diretamente às características e à qualidade da execução da estrutura. Além disso, as características de deformabilidade e de trabalho da estrutura, aliadas à forma de vinculação estrutura-alvenaria (fixação), irão determinar a potencial intensidade de solicitação da alvenaria de vedação, bem como a sua resposta à solicitação imposta.

As características de regularidade geométrica do vão estrutural, por sua vez, irão determinar o posicionamento, a planicidade e até mesmo o nivelamento da alvenaria de vedação, observando-se que uma estrutura mal executada, sem controle de produção, pode implicar em conseqüências danosas para a execução da alvenaria.

No caso das estruturas de concreto armado, a velocidade imprimida à produção e à imposição de um elevado aproveitamento das fôrmas, tem resultado na execução de componentes de qualidade muitas vezes insatisfatória, sobretudo no que se refere ao correto posicionamento, alinhamento e planeza dos mesmos. Não é raro existirem

pilares desalinhados, vigas fletidas ou ainda parcialmente fora do plano determinado pelos pilares.

Devido a essas características de execução das estruturas de concreto armado, a etapa de “levantamento das características da estrutura” é essencial para a obtenção de uma alvenaria com qualidade, pois erros grosseiros, porém comuns, trazem sérias conseqüências à execução das alvenarias de vedação, uma vez que é difícil programar em nível de projeto, seu posicionamento e suas características de prumo e nivelamento.

Assim, esse levantamento tem por objetivo detectar as principais falhas que possam determinar alterações, não só na alvenaria a ser executada como na própria estrutura. Uma vez identificadas as principais falhas e definida a conduta para correção ou adequação da alvenaria, é possível liberar o vão da estrutura para a execução das paredes.

Segundo Franco, Barros e Sabbatini (1994), observa-se ainda que, para dar início à produção da alvenaria, deve-se respeitar os prazos mínimos de produção da estrutura:

- Concretagem do pavimento executada há pelo menos 45 dias;
- Retirada total do escoramento da laje do pavimento há pelo menos 15 dias;
- Retirado completamente o escoramento da laje do pavimento superior.

Liberada a estrutura, tem início o seu preparo para o recebimento da alvenaria. Este preparo deve ter início pela limpeza cuidadosa do local em que será executada a alvenaria. Com o local devidamente limpo, pode-se dar início ao chapiscamento de

todas as regiões que entrarão em contato com a alvenaria, tais como as faces de pilares e as faces inferiores de vigas e lajes.

Franco, Barros e Sabbatini (1994) recomendam que o chapisco seja aplicado pelo menos três dias antes do início da produção da alvenaria, a fim de que apresente maior resistência de aderência na ocasião do assentamento dos componentes.

O chapisco poderá ser obtido utilizando-se argamassa de cimento e areia com traço 1:4, em volume, sendo aplicado convencionalmente. No entanto, este procedimento implica em elevado desperdício em função da reflexão da argamassa, propõe-se, então, que o chapisco seja aplicado com rolo de pintura texturizada, empregando-se, neste caso, a argamassa com traço 1:4 em volume de cimento e areia, aditivada com PVA, na proporção de uma parte de PVA e oito partes de água de amassamento, denominado “chapisco rolado”, conforme mostra a figura 2.7.

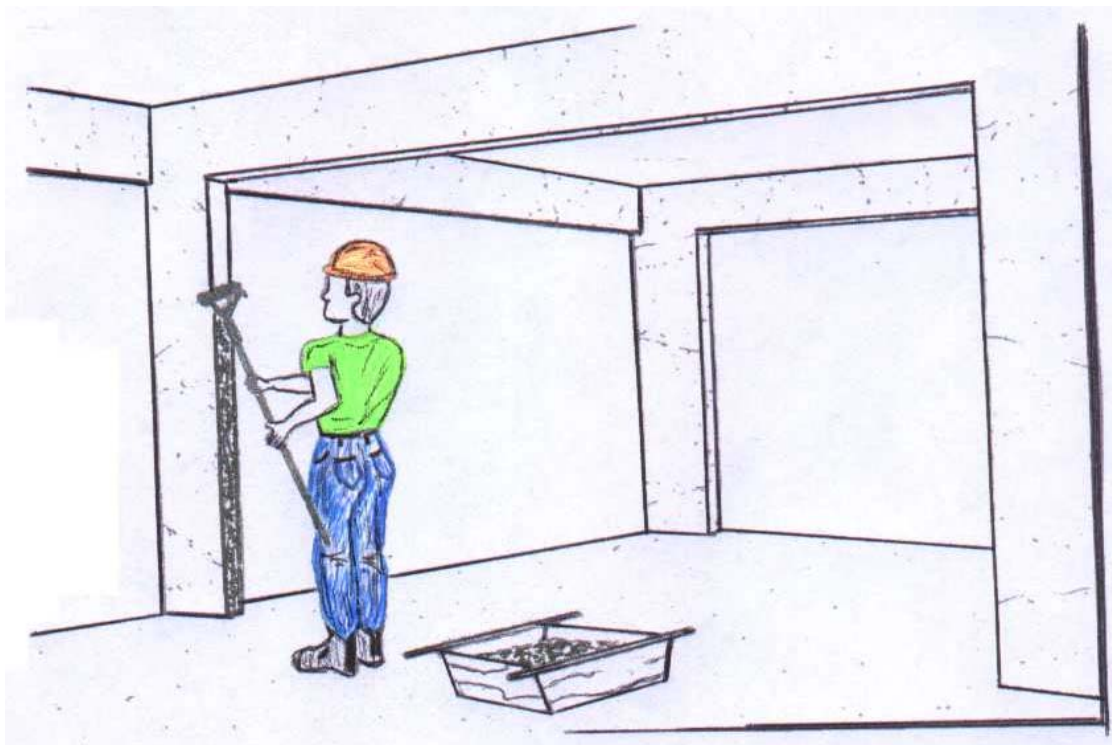


Figura 2.7 – Chapisco Rolado com Rolo para Textura Acrílica (Franco, Barros e Sabbatini, 1994).

Uma outra alternativa para o preparo das peças estruturais é o emprego de argamassa colante, aplicada com desempenadeira dentada. Este procedimento também tem sido um avanço no que se refere à racionalização dessa atividade. Os resultados obtidos até o momento têm demonstrado um aumento na produtividade da mão-de-obra e um reduzido desperdício de materiais, compensado, na maioria dos casos, o custo mais elevado da argamassa industrializada, como é mostrado na figura 2.8.

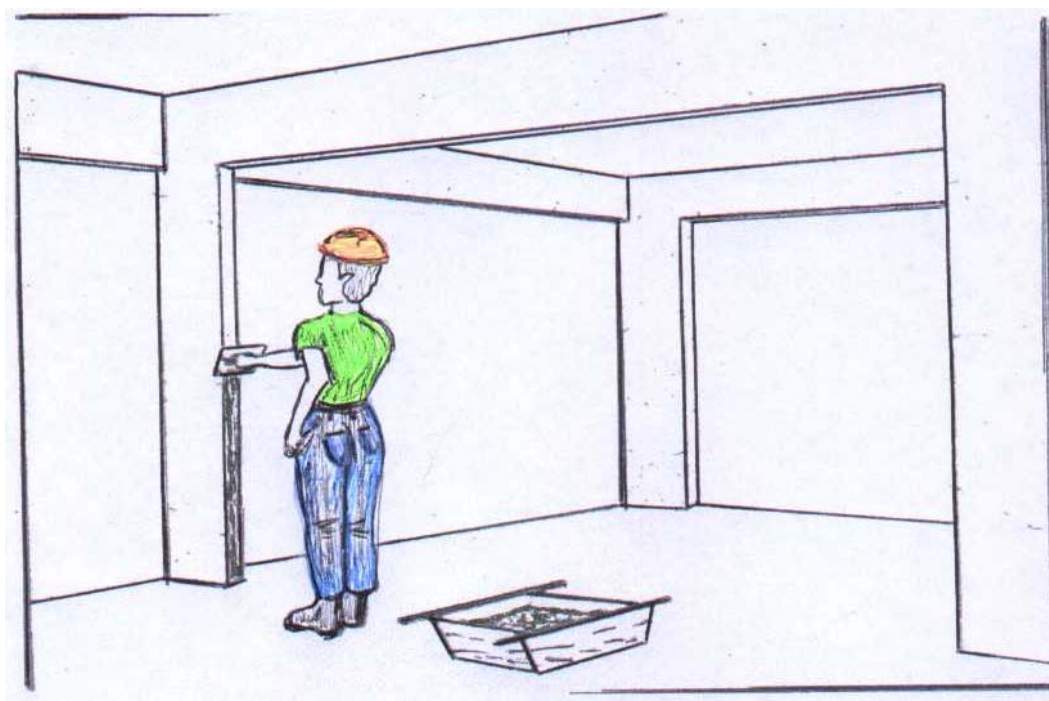


Figura 2.8 – Chapisco de Argamassa Colante com Desempenadeira Dentada (Franco, Barros e Sabbatini, 1994).

Preparada a superfície da alvenaria, recomenda-se que seja feita a galga para auxiliar no assentamento dos componentes. A galga, entendida como a determinação da altura das fiadas de alvenaria, pode ser definida nos próprios pilares da estrutura, com o auxílio de uma mangueira de nível, como ilustra a figura 2.9. Opcionalmente, e para a maior racionalização desta atividade, pode-se empregar o aparelho de nível em substituição da mangueira, conforme figura 2.10.

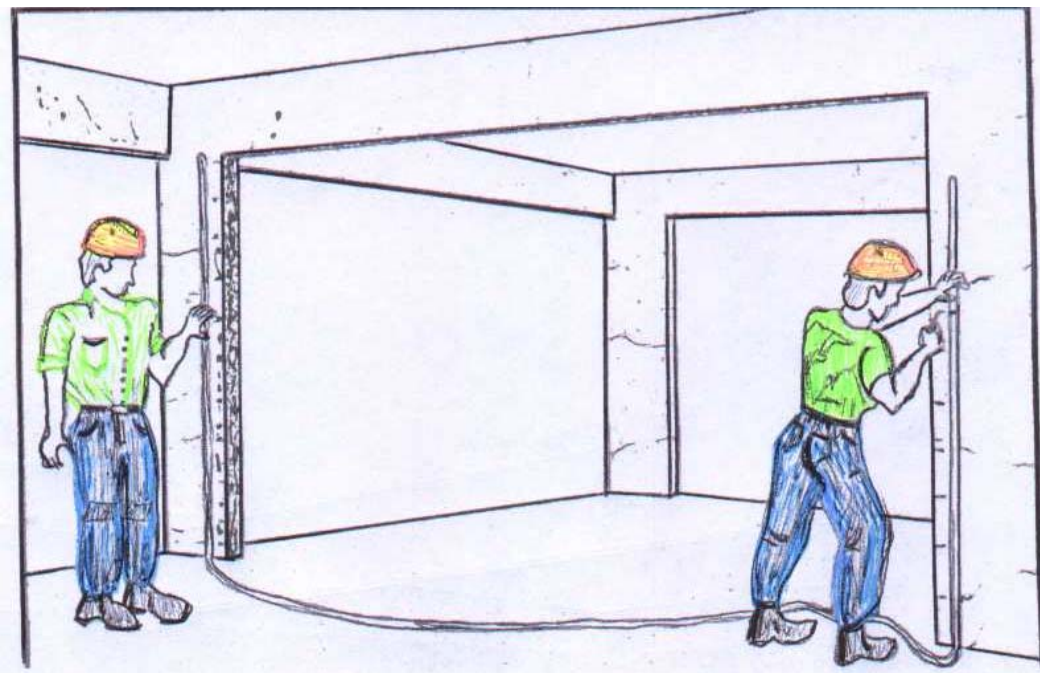


Figura 2.9 – Definição da Galga da Alvenaria com Nível de Mangueira (Franco, Barros e Sabbatini, 1994).

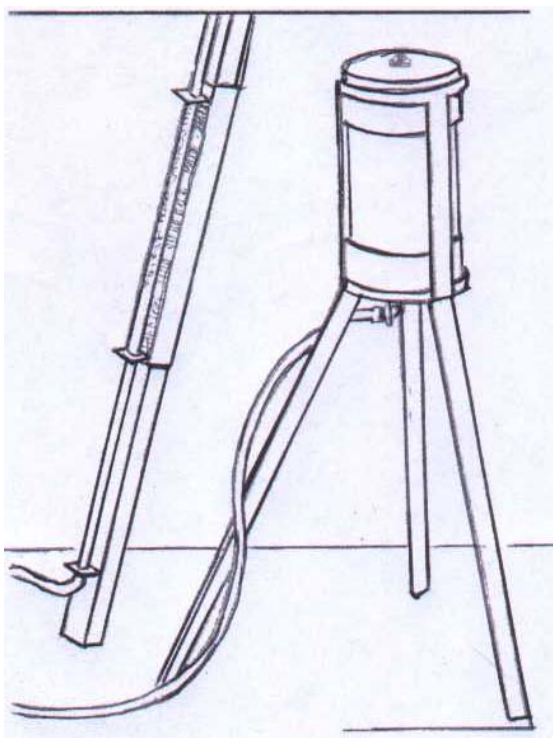


Figura 2.10 – Aparelho de Nível Tipo “Alemão” (Franco, Barros e Sabbatini, 1994).

A galga definida nos pilares da estrutura é um procedimento que não auxilia completamente a execução da alvenaria, uma vez que permite a definição do nivelamento, mas não auxilia na obtenção do prumo da alvenaria, caso os pilares não estejam rigorosamente prumados. Assim, uma alternativa à galga nos pilares é a sua execução fora deles. Isto pode ser feito de maneira rudimentar, com o auxílio de um caibro que deve ser devidamente posicionado junto ao vão em que será executada a alvenaria, de maneira que possa ser corretamente prumado, ou com o auxílio de um escantilhão, que assim como o caibro possibilita a obtenção de fiadas devidamente alinhadas, niveladas e prumadas, com a diferença que o seu emprego proporciona maior produtividade pela facilidade de posicionamento. A figura 2.11. mostra um dos inúmeros tipos de escantilhões existentes na construção civil.



Figura 2.11 – Escantilhão para Auxiliar a Execução da Alvenaria de Vedação (Scanmetal, 2004).

Uma vez preparada a estrutura, pode-se iniciar a fase de demarcação da alvenaria (assentamento da primeira fiada).

2.1.3.2. Demarcação da Alvenaria – Locação da Primeira Fiada

A demarcação da alvenaria é uma operação crítica para a qualidade do serviço. Além disso, é a operação para a qual é necessária a consulta aos projetos (de arquitetura e de alvenaria), a fim de realizá-lo corretamente. Desta maneira, para executar a demarcação, deverá ser uma mão-de-obra qualificada, isto é, habilidosa, motivada, de grande responsabilidade profissional e que saiba ler e interpretar os projetos. Recomenda-se que esta mão-de-obra seja a única a executar a demarcação de todos os pavimentos, para que se possa ter ganho de produtividade, devido aos efeitos da repetitividade e do aprendizado dos projetos e, para garantir a uniformidade e qualidade dos serviços. Os procedimentos básicos para a execução desta atividade são apresentados a seguir:

- a) A demarcação da alvenaria de vedação deve ser feita com o próprio bloco assentado com uma argamassa de cimento e areia, não sendo necessário o emprego de componentes distintos;
- b) Inicialmente deve-se demarcar as faces das paredes, a partir dos eixos ortogonais de referência, usando-se os valores das cotas acumuladas, materializando-se pelo posicionamento dos blocos de extremidade;
- c) Antes da demarcação, deverá ser verificado o nivelamento da laje (com o nível de mangueira ou, preferencialmente, com o aparelho de nível alemão ou laser). Se forem identificados pontos com desnivelamento superior a 2,0 cm em relação ao projeto, estes locais deverão ser previamente corrigidos. Se for uma depressão, deverá ser feita a aplicação de uma camada de argamassa um dia antes do assentamento dos blocos, se for uma saliência, deverá ser removida;

- d) Antes do início do assentamento da fiada de demarcação, é recomendado que se faça a verificação da distribuição dos blocos nesta fiada, como ilustra a figura 2.12, definindo-se a necessidade de cortes;



Figura 2.12 – Definição do Espaçamento dos Blocos na Fiada de Demarcação (Franco, Barros e Sabbatini, 1994).

- e) Em seguida, deve-se iniciar a demarcação pelo assentamento dos blocos de extremidade, que deverá ser feito com nível, prumo e linha;
- f) Deverá ser obedecido um mesmo nível entre os blocos de extremidade, a fim de permitir a amarração entre paredes perpendiculares entre si e manter a galga constante e correta. A espessura da camada de argamassa, nesta fiada de demarcação, poderá ser de 1,0 a 3,0 cm, a fim de que se possa absorver irregularidades da laje, menores que 2,0 cm;

- g) Os blocos da fiada de demarcação deverão ser assentados com a junta vertical preenchida, para se garantir maior resistência a choques e permitir melhor distribuição de esforços entre a estrutura e a alvenaria;
- h) Quando o revestimento previsto para a alvenaria for gesso liso ou massa de pequena espessura, a primeira fiada deverá ser assentada com duas linhas, para garantir o perfeito alinhamento e o prumo dos blocos da primeira fiada, como é mostrado na figura 2.13;

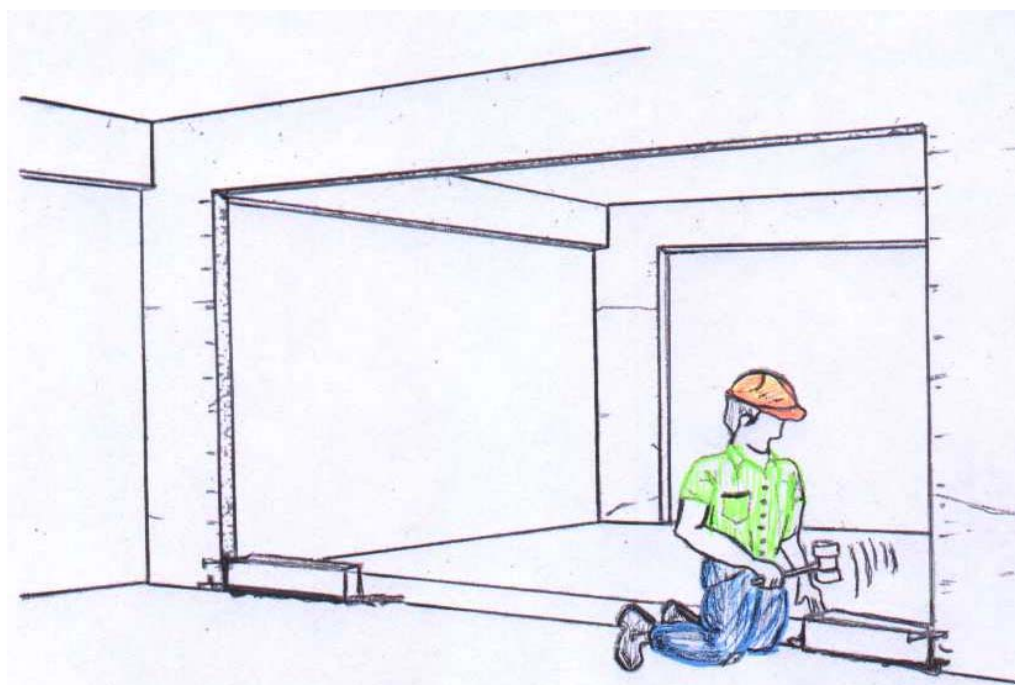


Figura 2.13 – Execução da Fiada de Demarcação da Alvenaria (Franco, Barros e Sabbatini, 1994).

- i) Uma vez demarcadas todas as alvenarias, esta atividade deverá ser conferida por um profissional devidamente qualificado. O controle desta fase de trabalho pode impedir que erros mais grosseiros venham a prejudicar etapas posteriores. Assim, nesta verificação, deverão ser conferidos o alinhamento, o prumo e o esquadro das demarcações, visando detectar a eficácia da equipe de mão-de-obra de demarcação;

- j) O alinhamento das faces das paredes deverá ser conferido com o alinhamento das faces das vigas e o posicionamento dos pilares, como é mostrada a figura 2.14. A tolerância admitida é de no máximo 5 mm para o deslocamento relativo entre os eixos da alvenaria e das vigas internas, e 10 mm para o mesmo deslocamento em relação às vigas externas. Para as paredes com erros superiores a estes limites, as condições para sua correção deverão ser adotadas pelo engenheiro responsável pela obra;

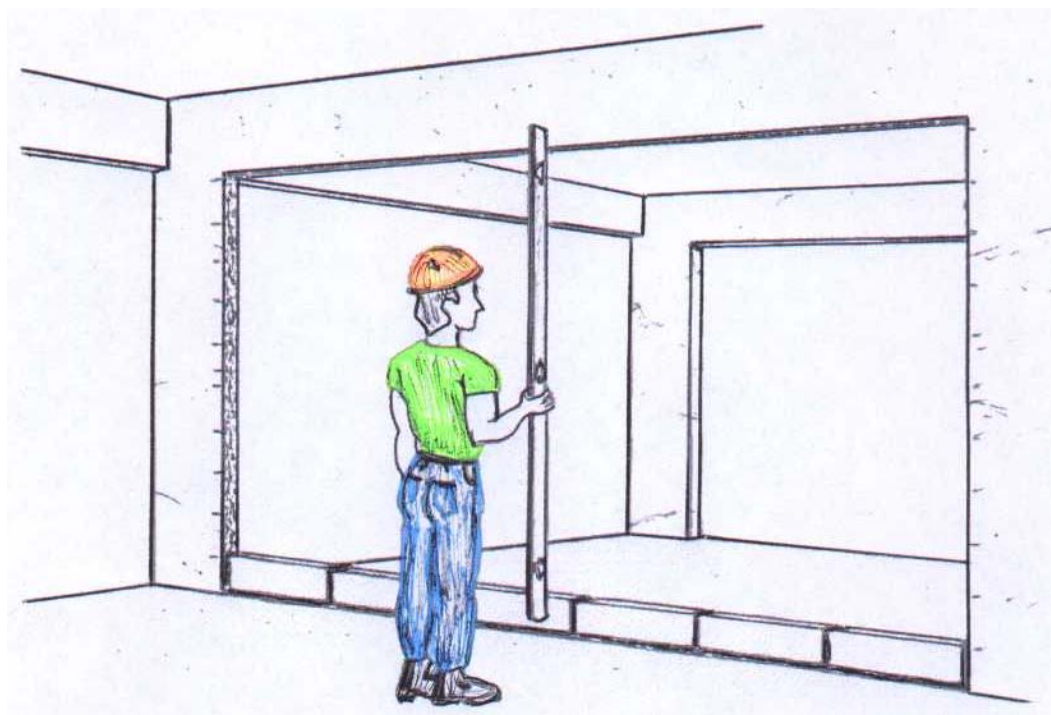


Figura 2.14 – Conferência das Características da Fiada de Demarcação (Franco, Barros e Sabbatini, 1994).

- k) Cabe observar que uma eficiente demarcação da alvenaria, na qual se procure minimizar as discordâncias alvenaria-estrutura, pode resultar em significativa economia na execução dos revestimentos.

2.1.3.3. Elevação da Alvenaria

Em edifícios de múltiplos pavimentos, após a execução da demarcação da alvenaria, pode-se iniciar a sua elevação, desde que sejam obedecidos os seguintes prazos mínimos admissíveis:

- Estarem concretadas pelo menos quatro lajes acima do pavimento;
- Retirados totalmente os escoramentos duas lajes acima do pavimento.

Como se exige tolerâncias rigorosas de prumo e planicidade, para permitir a utilização de revestimentos de pequena espessura, a mão-de-obra deverá estar devidamente habilitada.

Para a obtenção de revestimentos de pequena espessura, a qualidade da elevação da alvenaria deverá ser conferida e somente deverão ser aceitas as paredes que atenderem às exigências estabelecidas no final deste item. A seguir, serão descritos os procedimentos básicos adotados para a execução desta etapa:

- a) Recomenda-se que a elevação da alvenaria dos pavimentos-tipo (no caso de edifícios de múltiplos pavimentos) seja feita, inicialmente, na forma de um protótipo, por exemplo, sobre a primeira laje. Assim, as soluções adotadas neste protótipo poderão ser reproduzidas em todos os pavimentos-tipo e nos locais em que seja possível, para os demais pavimentos;
- b) A ligação com as vigas e lajes superiores é feita posteriormente (etapa de fixação) com argamassa fraca, através do preenchimento completo do vão deixado entre a alvenaria e a estrutura durante a etapa de elevação;

- c) Nas extremidades verticais das paredes, ou seja, na união com os pilares e na união entre paredes, os blocos deverão ser assentamentos com a primeira junta vertical preenchida;
- d) Os blocos que serão posicionados na superfície de ligação alvenaria-pilar deverão ser assentados com a argamassa da junta vertical já colocada sobre ele, de modo que a mesma seja comprimida fortemente contra o pilar (não se deve admitir o preenchimento posterior da junta vertical alvenaria-pilar, pois isto cria uma ligação fraca e sujeita à fissuração);
- e) A programação do assentamento da alvenaria deverá ser feita de maneira que se tenha a execução de, no máximo, oito fiadas consecutivas (1,60 m de altura), sendo, de preferência, quatro em cada período de trabalho do dia. Esta recomendação tem por objetivo permitir maior estabilidade do conjunto da alvenaria, o que seria comprometido caso a execução da parede ocorresse em uma única etapa;
- f) A colocação de vergas e contravergas pré-moldadas ou a moldagem das mesmas no local deverá ser feita concomitantemente com a elevação da alvenaria;
- g) As tolerâncias de execução da alvenaria, que serão objeto de controle para aprovação dos serviços são as seguintes:
 - Prumo das paredes – 5,0 mm / 2,0 m;
 - Prumo das laterais dos vãos – 10,0 mm / 2,0 m;
 - Nivelamento das fiadas – 10,0 mm / 2,0 m;

- Nivelamento da última fiada e das fiadas inferior e superior dos vãos – 5,0 mm / 2,0 m;
- Planicidade da parede – 5,0 mm de flecha (centro da régua de 2,0 m).

Apresentam-se, a seguir, as figuras 2.15, 2.16, 2.17, 2.18 e 2.19, que ilustram alguns dos procedimentos básicos de elevação da alvenaria de vedação descritos anteriormente.

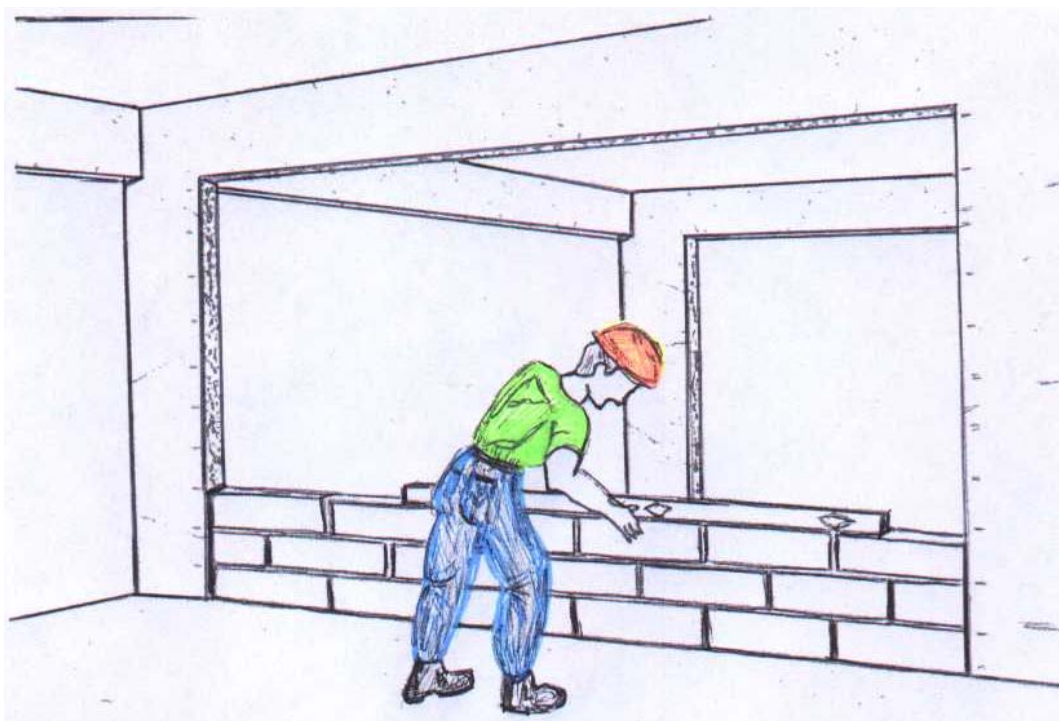


Figura 2.15 – Verificação do Nivelamento da Fiada com Régua de Bolha (Franco, Barros e Sabbatini, 1994).

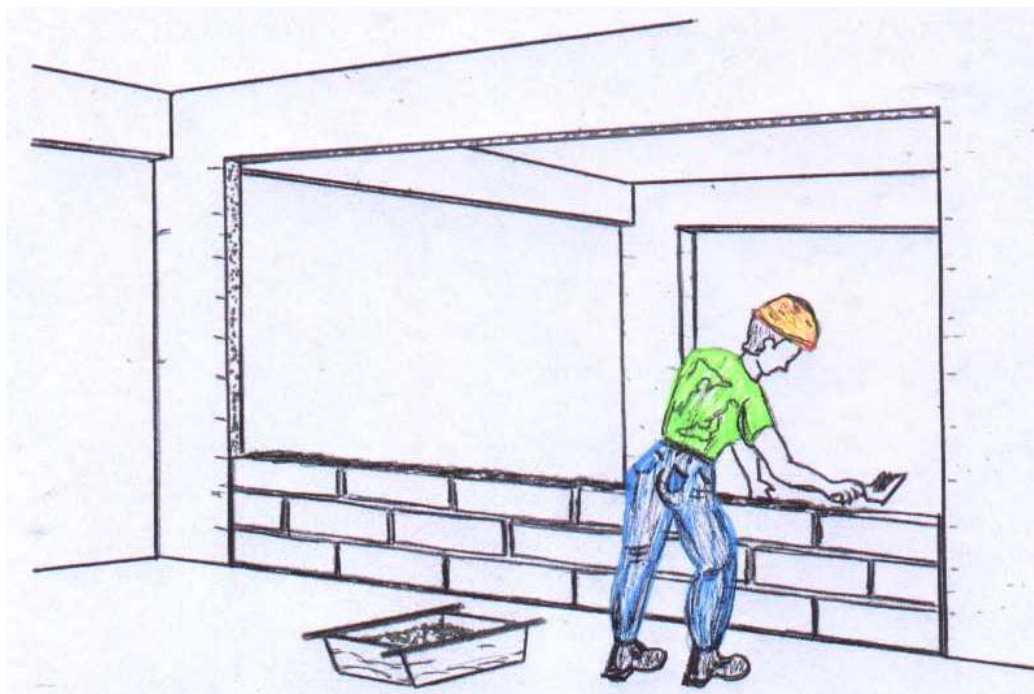


Figura 2.16 – Colocação de Argamassa de Assentamento Sobre os Blocos (Franco, Barros e Sabbatini, 1994).

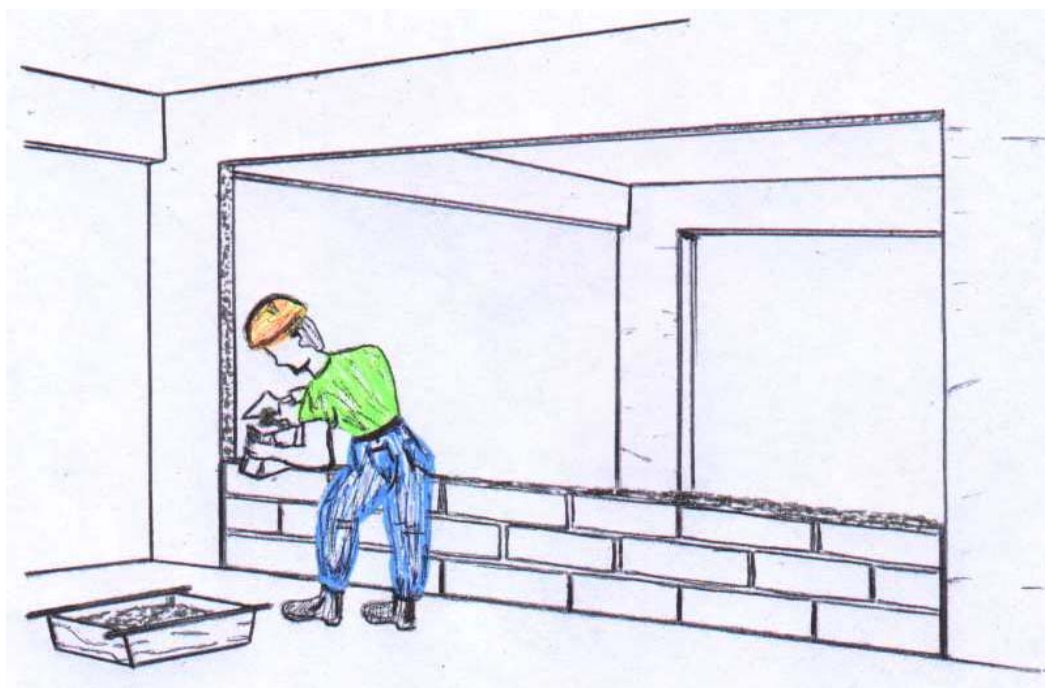


Figura 2.17 – Assentamento do Bloco Junto ao Pilar (Franco, Barros e Sabbatini, 1994).

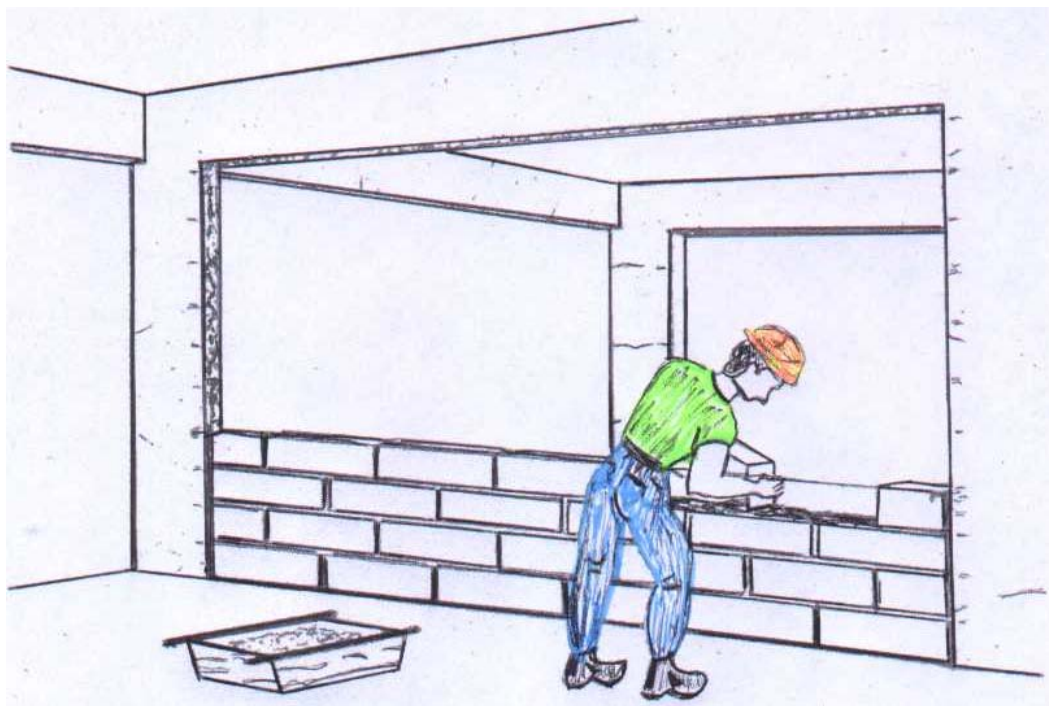


Figura 2.18 – Execução da Alvenaria Utilizando-se a Linha como Referência (Franco, Barros e Sabbatini, 1994).

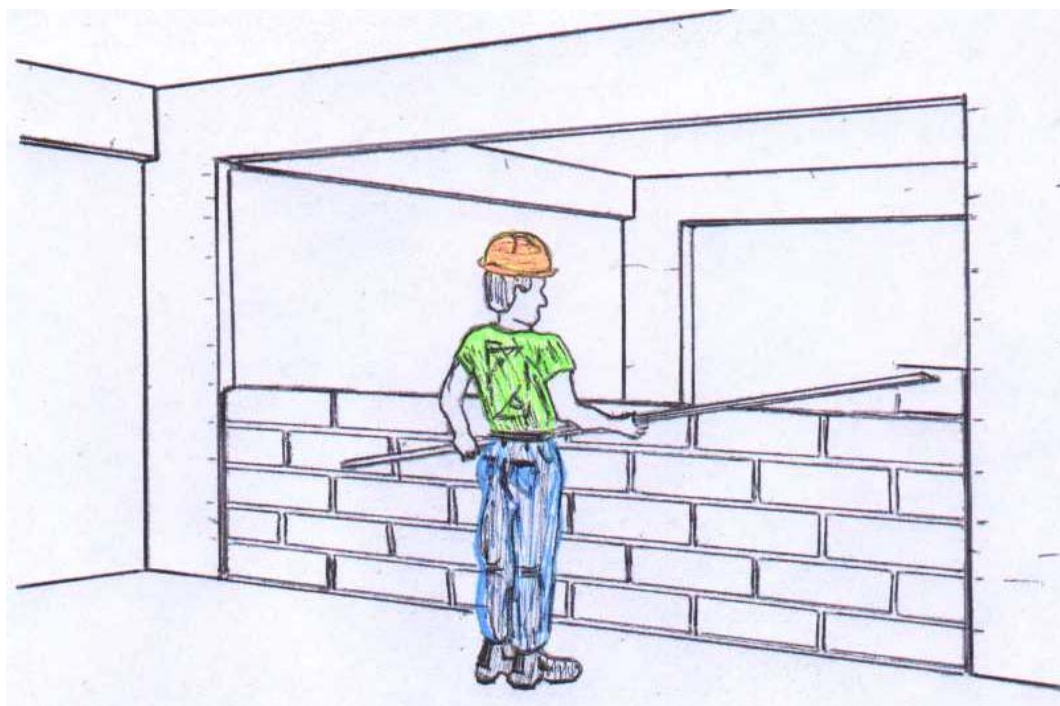


Figura 2.19 – Verificação do Prumo da Alvenaria com Régua de Bolha (Franco, Barros e Sabbatini, 1994).

2.1.3.4. Ancoragem das Alvenarias aos Pilares

A fixação da alvenaria é também uma operação crítica para a qualidade do serviço. Portanto, para executá-la, deverá ser designada uma mão-de-obra que seja qualificada para tal serviço. É desejável que esta mão-de-obra seja a única a executar a fixação de todos os pavimentos (no caso de edifícios de múltiplos pavimentos), para garantir-se a uniformidade e qualidade do serviço. A fixação lateral das alvenarias aos pilares deverá ser feita, na maioria dos casos, apenas por aderência de argamassa, com a junta preenchida.

As amarrações deverão ser executadas na etapa de preparo da estrutura (item 2.1.3.1) e recomenda-se para a execução destes serviços a utilização de barras de aço tipo “ferro cabelo”, fixadas com adesivo epóxi, ou telas metálicas eletrosoldadas, geralmente fixadas com pinos, arruelas e cantoneiras, posicionadas de duas em duas fiadas, a partir da segunda fiada, conforme figuras 2.20 e 2.21.



Figura 2.20 – Colocação de Tela Metálica Eletrosoldada para Ligação entre Alvenaria-Pilar (Medeiros e Franco, 1999).

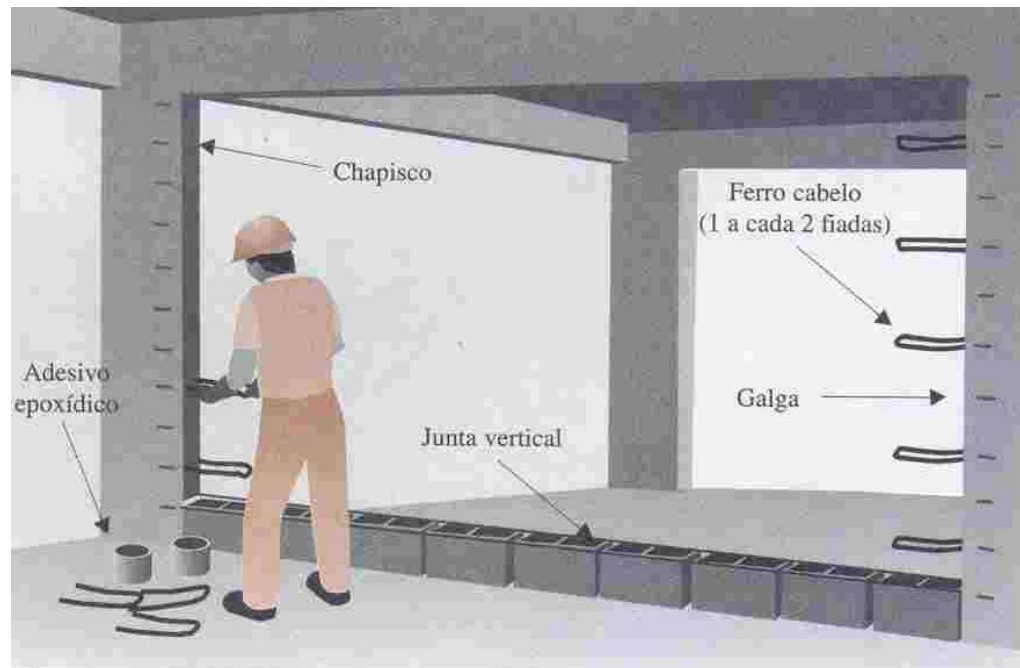


Figura 2.21 – Colocação de Barras de Aço Tipo “Ferro Cabelo” para Ligação entre Alvenaria-Pilar (Souza, et al., 1996).

2.2. Fissuras nas Alvenarias de Vedação

2.2.1. Aparecimento de Fissuras – Causas

Nas últimas quatro décadas do século XX, os edifícios, principalmente os de múltiplos pavimentos, tiveram algumas de suas características modificadas gradativamente. Atualmente é possível identificar as significativas diferenças entre os edifícios construídos no início e no final desse período.

Conforme estudos feitos por Sabbatini (1984), as principais diferenças de características estão relacionadas à massa e ao volume das alvenarias e estruturas de concreto.

Na década de 60 do século XX, as alvenarias de vedação eram de tijolos maciços, com paredes externas de 28 cm de espessura, uma densidade superficial de aproximadamente 5600 N/m^2 e um carregamento estrutural de aproximadamente 1.4000 N/m . Nas estruturas de concreto, normalmente existiam vigas sob todas as paredes, existia um número exagerado de pilares “robustos”, as vigas externas eram extremamente altas e os nós eram rígidos.

Nos dias atuais as alvenarias de vedação normalmente são de tijolos ou blocos furados, com paredes externas de no máximo 20 cm de espessura, uma densidade superficial de aproximadamente 1500 N/m^2 e um carregamento de aproximadamente 3500 N/m . Nas estruturas de concreto existem vigas sob algumas paredes, houve uma redução do número de pilares e estes ficaram mais esbeltos, as vigas externas são menores e os nós menos rígidos.

Como consequência dessas mudanças, as estruturas de concreto tornaram-se mais delgadas com menor grau de rigidez e, portanto, mais deformáveis.

Outro fator importante nas alterações sofridas durante esse período foi o aumento considerável dos vãos médios entre os apoios (inicialmente de $\pm 3,50 \text{ m}$ para $\pm 7,0 \text{ m}$) conseqüentemente dobrando sua flecha máxima potencial (inicialmente de $\pm 10,0 \text{ mm}$ para $\pm 20,0 \text{ mm}$).

Houveram modificações importantes também na técnica construtiva, na seqüência de execução e no planejamento operacional. Como resultado das mudanças nas técnicas de cura e do tempo de colocação em carga da estrutura associadas às mudanças nas características de deformabilidade do concreto, ocorreu uma expressiva mudança na amplitude de deformação lenta total.

Segundo Sabbatini (1984), estima-se que o coeficiente de deformação lenta (ϕ) do concreto da estrutura tenha sido multiplicado por quatro. Isto implica que as

deformações finais da estrutura nos dias de hoje podem ser até quatro vezes a que existia há não muito tempo atrás.

As mudanças no planejamento e na seqüência de execução leva à fixação da alvenaria na estrutura prematuramente (entre 45 e 110 dias) e é quando a deformação lenta ainda não aconteceu, ao contrário de antigamente quando a alvenaria era fixada à estrutura quando toda deformação lenta estava completa.

As conseqüências traduziram-se em maiores deformações lentas, a maior parte quando a alvenaria já estava fixada, com aumento das deformações induzidas e das tensões nas alvenarias.

Ele também comparou as características de resistência e de deformabilidade de paredes de alvenaria de tijolo maciço e argamassa de cal na década de 60 e 90 do século XX. Concluiu que antigamente a resistência à compressão era bem maior (1,5 a 4,0 MPa contra 0,2 a 0,5 MPa) e o módulo de deformabilidade era bem menor (1,0 a 1,5 GPa contra 2,0 a 5,0 GPa) respectivamente. Concluiu também que a alvenaria cerâmica usada atualmente tem menor resistência à compressão e é mais rígida; portanto, menor deformabilidade e, como conseqüência, as rupturas nas alvenarias atuais ocorrem com solicitações muito menores que antigamente.

Como as solicitações decorrentes das deformações impostas aumentaram muito e a capacidade da alvenaria de absorver e resistir à essas solicitações diminuíram, apresenta-se uma situação que provoca em larga escala as fissuras e esmagamentos.



Figura 2.22 – Fissuras na Interface Alvenaria de Vedação–Estrutura de Concreto.

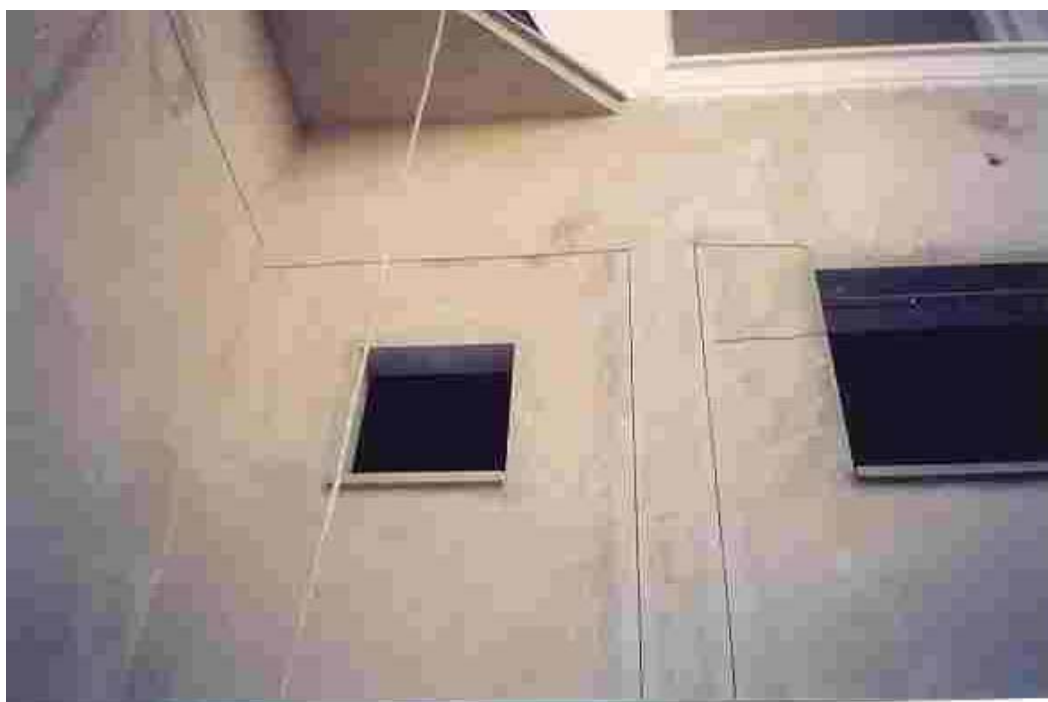


Figura 2.23 – Fissuras na Interface Alvenaria de Vedação–Estrutura de Concreto.



Figura 2.24 – Fissuras na Interface Alvenaria de Vedação–Estrutura de Concreto.

Sabbatini (1984) avalia as causas primárias responsáveis pelas fissuras:

- Deficiência dos materiais constituintes;
- Erros de projetos;
- Defeitos de execução;
- Acidentes e utilização e/ou manutenção inadequada

Classifica, ainda, como causas imediatas:

- Movimento das fundações;
- Deformações estruturais excessivas;
- Variações de temperatura;
- Variações de umidade;
- Defeitos de execução;
- Outros (acidentes, reações químicas, vibrações etc).

Esta segunda classificação mostra-se mais útil quanto ao diagnóstico e reparação do problema, sendo que as quatro primeiras são responsáveis pela maioria das fissuras em parede resistente e estão relacionadas com as deformações das alvenarias.

As tensões induzidas de pequena magnitude se diluem quando a alvenaria alcança o volume final após a deformação, isto quando a deformação por variação volumétrica for livre. Se, ao contrário, a variação volumétrica for restringida como nas paredes de grande extensão ou pela rigidez nas fixações, o estado de tensão é tão alto que a ruptura é quase inevitável.

Para diminuir a ocorrência desse tipo de fissuras, Sabbatini (1984) recomenda diminuir a amplitude da retração na secagem e o grau de restrições, e aumentar a capacidade de absorção da alvenaria.

Segundo Medeiros e Franco (1999), pode-se classificar a origem das fissuras das paredes como sendo:

- a) Interna: provocadas principalmente pelas variações de temperatura e de umidade, conforme mostra a figura 2.27;
- b) Externa: provocadas por choques, cargas suspensas, cargas transmitidas pela estrutura ou deslocamentos transferidos à parede pelo seu suporte. As externas têm ocorrido com maior frequência e intensidade, quando são causadas principalmente por movimentos diferenciais entre o concreto armado e as paredes devido à maior sensibilidade da alvenaria às ações mecânicas que lhe são impostas e aos deslocamentos excessivos que as estruturas e seus elementos têm apresentado. Sua magnitude e intensidade são maiores quanto maior é o grau de restrição imposto ao movimento, conforme mostram as figuras 2.25 e 2.26.



Figura 2.25 – Fissuras na Interface Alvenaria Externa de Vedação–Estrutura de Concreto.



Figura 2.26 – Fissuras na Interface Alvenaria Externa de Vedação–Estrutura de Concreto.



Figura 2.27 – Fissuras na Alvenaria Interna de Vedação (Medeiros e Franco, 1999).

As fissuras transmitem-se facilmente aos revestimentos de gesso e argamassa de pequena espessura (5 a 15 mm) executados nas paredes internas. A capacidade de se deformar para dissipar as tensões transmitidas pela base fissurada é menor quanto menor é a espessura da camada de revestimento e assim se observa, neste caso, um maior número de ocorrência de fissuração de paredes internas comparando com o de paredes externas.

Thomaz (2001) afirma que as fissuras são provocadas por tensões oriundas da atuação de sobrecargas ou de movimentações de materiais, dos componentes ou da obra como um todo. São analisados por ele os seguintes fatores:

a) *Fissuras provocadas por movimentações de origens térmicas*

As fissuras ocasionadas por movimentações de origens térmicas podem atingir várias partes das construções tais como lajes de coberturas sobre paredes (autoportantes), lajes e pilares estruturais, muros, platibandas, revestimentos de paredes internas e externas, pisos externos, lajes de forro etc.

As fissuras, neste caso, são provocadas pelas variações de temperaturas a que estão sujeitos os vários materiais da construção. Os movimentos de dilatação e contração dos elementos componentes da edificação estão restritos pelos elementos que os envolvem, que por sua vez também estão dilatando-se e contraindo-se, o que causa tensões que não são devidamente absorvidas por um e por outro, o que pode provocar as fissuras.

As propriedades físicas do material e a intensidade da variação da temperatura influem diretamente na movimentação de origem térmica. As tensões desenvolvidas dependem da intensidade da movimentação, do grau de restrição imposta aos elementos e das propriedades elásticas do material.

Movimentações de origens térmicas entre componentes de um elemento também podem causar o problema que geralmente ocorre devido à junção de materiais de diferentes coeficientes de dilatação térmica sob as mesmas variações de temperatura (por exemplo, alvenaria-argamassa de assentamento); exposição de materiais a diferentes variações térmicas naturais (por exemplo, cobertura-paredes); gradiente de temperatura ao longo de um mesmo componente (por exemplo, face exposta-face protegida de uma laje). É importante também considerar nas movimentações de origens térmicas a velocidade e o tempo da ocorrência, a eventual fadiga do material ocasionada por ações de carregamento-descarregamento, tração-compressão, além da sua amplitude.

Os choques térmicos provocam a deterioração do material e causam danos relevantes nas edificações sendo que, nesses casos, materiais com boa condutividade térmica, baixo coeficiente de dilatação linear, baixo módulo de deformação e alto grau de resistência a esforços de tração são os mais indicados.

Segundo Thomaz (2001), é importante ressaltar a ocorrência da patologia das trincas e fissuras devido a variações na temperatura: nas estruturas de pilares e vigas, suportes de paredes de alvenaria de vedação, e nas argamassas de revestimentos de alvenaria de vedação.

A estrutura de uma edificação estará sujeita a movimentações térmicas principalmente se forem em concreto aparente. As faces expostas à insolação direta podem atingir temperaturas de até 80 °C, mas normalmente as movimentações térmicas não causam danos à estrutura. Podem surgir fissuras internas no encontro de vigas que não são detectadas. Entretanto, as movimentações térmicas podem causar fissuras em pilares que irão ocorrer principalmente quando a estrutura não possui juntas de dilatação ou foram mal projetadas. O mais comum é que haja destacamento entre alvenaria e estrutura devido às movimentações térmicas e em consequência o aparecimento de trincas de cisalhamento nas extremidades das alvenarias.

A argamassa de revestimento poderá apresentar fissuras provocadas por movimentações térmicas que irão depender do módulo de deformação da argamassa. A capacidade de deformação do revestimento deve ser bem maior que a capacidade de deformação da alvenaria. O Serviço Nacional de Meteorologia do Brasil considera os meses de janeiro e julho como típicos de grandes variações térmicas (de 14 °C a 20 °C de amplitude em 24 horas). Essas grandes variações associadas à insolação direta do material de revestimento podem provocar fissuração devido às movimentações térmicas que ocorrem entre alvenaria e argamassa de revestimento.

b) Fissuras provocadas por movimentações de origens higroscópicas

As fissuras são responsáveis por outros problemas patológicos da alvenaria de vedação. Através delas há infiltração de água que provoca lixiviação, eflorescência e/ou bolor induzindo movimentações de origens higroscópicas dos materiais com a conseqüente formação de novas fissuras, e assim por diante.

As variações de umidade dos materiais de construção podem provocar fissuras que se assemelham às provocadas por movimentações térmicas. As aberturas variam de acordo com as propriedades higrométricas e em função da variação de temperatura e umidade.

O mecanismo de fissuração, através da variação de umidade nos materiais que compõe a construção, efetiva-se porque o aumento do teor de umidade produz uma expansão do material enquanto a diminuição provoca uma contração. Se essas movimentações encontram resistências, ocorrem as fissuras. As diversas causas desse tipo de fissura são proveniente de: a) umidade resultante da produção dos componentes; b) umidade na execução da obra; c) umidade do ar ou da chuva e; d) umidade do solo.

c) *Fissuras provocadas por ações de sobrecargas*

Pilares, vigas e paredes podem sofrer fissurações decorrentes de sobrecargas quando, mesmo consideradas no projeto estrutural, apresentam falhas na execução desses componentes ou no cálculo estrutural, ou onde existe a atuação de uma sobrecarga superior à prevista.

Thomaz (2001) considera como sobrecarga uma solicitação externa, prevista ou não em projeto, capaz de provocar a fissuração do componente com ou sem função estrutural.

Os componentes do concreto armado podem apresentar fissuração quando submetidos a sobrecarga sem que isso implique na ruptura da estrutura porque as tensões são redistribuídas e absorvidas pela estrutura. O concreto armado pode fissurar quando submetido à flexão com as fissuras geralmente apresentando pequenas aberturas na direção vertical. A localização, número, extensão e abertura das fissuras dependem das características geométricas da peça, das propriedades físicas e mecânicas dos materiais que a constituem e do estágio de carregamento.

Uma das causas mais freqüentes de fissuras é a sobrecarga da parede de vedação decorrente da deformação dos componentes estruturais conjugados com o encunhamento rígido da parede no encontro com a viga ou com a laje. As alvenarias de vedação não são projetadas para resistirem à atuação de cargas verticais, além daquelas provenientes do seu peso próprio e de pequenas cargas de ocupação (prateleiras, lavabos etc).

d) *Fissuras provocadas por deformabilidade excessiva da estrutura de concreto*

A produção do concreto armado sofreu nos últimos tempos um avanço tecnológico considerável devido à utilização de materiais de melhor qualidade, novos métodos e cálculos sofisticados. Com isso, as estruturas tornaram-se mais flexíveis e, portanto, as suas deformações e respectivas conseqüências devem ser analisadas com maior cuidado.

Os problemas decorrentes de deformações por compressão, cisalhamento ou torção não são muito graves. Entretanto, a ocorrência de deslocamentos verticais em componentes fletidos tem causado um número considerável de casos graves que se manifestam na compressão de caixilhos, empoçamento de água em viga-calha, em lajes de cobertura, destacamento de pisos cerâmicos e fissuras em paredes.

As alvenarias são os componentes que mais sofrem com o deslocamento vertical de vigas e lajes e existem três configurações típicas:

- O componente de apoio deforma-se mais que o componente superior. Neste caso, as fissuras são inclinadas nos cantos superiores da parede. Na parte inferior, surgem geralmente fissuras horizontais;
- O componente de apoio deforma-se menos que o componente superior. Neste caso, a parede comporta-se semelhante a uma viga e as acompanham as flexões de vigas de concreto armado;
- O componente de apoio e o componente superior apresentam deformações aproximadamente iguais, e as fissuras começam nos vértices inferiores e propagam-se aproximadamente a 45°.

Enfim, existem várias configurações de fissuras em alvenaria de vedação devido ao carregamento causado por flexão de vigas e lajes, torção de vigas e lajes e compressão axial. O mecanismo de formação dessas fissuras tem sido estudado por diversos autores que propõem soluções para tratamento de fissuras já instaladas e de prevenção da patologia usando materiais que apresentam desempenho superior, como concreto armado de alto desempenho, cimento de qualidade e métodos refinados de cálculo.

e) *Fissuras provocadas por recalques de fundação*

Segundo Thomaz (2001), há pouco tempo atrás, as construções apresentavam carregamentos que geralmente não excediam a 5000 kN. Hoje as estruturas ganham em esbeltez e leveza, mas o grande número de pavimentos provoca uma carga sobre o solo que pode chegar a 200.000 kN.

Sob o efeito da carga, é normal que haja uma deformação do solo, cuja capacidade de carga e de deformabilidade varia em função do tipo de solo, disposição do lençol freático, intensidade da carga, dimensões e formato da placa carregada e interferência de fundações vizinhas.

Os recalques diferenciados provocam fissuras que são geralmente inclinadas e que as vezes se confundem com as fissuras provocadas por deflexão de componentes estruturais, com aberturas maiores do que estas e inclinando-se sobre o ponto de maior recalque, com presença de esmagamentos localizados em forma de escamas.

f) *Fissuras provocadas pela retração de produtos à base de cimento*

Para obter a trabalhabilidade ideal, os concretos e argamassas geralmente são preparados com excesso de água, e como consequência há um aumento na retração. Três formas de retração são relevantes:

- Retração química: por redução de volume em relação ao volume inicial devido à reação química entre o concreto e a água;
- Retração de secagem: por redução de volume devido à evaporação do excesso de água;
- Retração por carbonatação: redução de volume devido à reação da cal hidratada usada na hidratação do cimento com o gás carbônico do ar, formando carbonato de cálcio.

Os principais fatores que interferem na retração de um produto à base de cimento são:

- A composição química e finura do cimento;
- A quantidade de cimento adicionada à mistura: quanto mais cimento maior a retração;
- A natureza do agregado: quanto menor o módulo de deformação e maior a capacidade de absorção de água dos agregados, maior a sua retração;
- A granulometria dos agregados: quanto maior a finura dos agregados maior a quantidade de cimento e maior a retração;
- A quantidade de água na mistura: quanto maior a relação água/cimento maior a retração na secagem;

- As condições de cura: a retração é maior quando a evaporação da água inicia-se antes do término da pega do aglomerante.

A umidade relativa do ar também é um fator que influencia a retração dos componentes do concreto. As tensões provenientes da retração podem causar fissuração em pilares, vigas, lajes, argamassas de assentamento e revestimento.

g) *Fissuras provocadas por alterações químicas dos materiais de construção*

As alterações químicas dos materiais de construção geralmente manifestam-se na forma de lixiviação e não na formação de fissuras. As que se manifestam mais freqüentemente são:

- Hidratação retardada da cal: quando a cal é mal hidratada durante a fabricação dos componentes, se ocorrer uma umidificação posterior, provavelmente os óxidos livres vão sofrer hidratação e, em consequência, haverá um aumento de volume que pode causar fissuras semelhantes às da dilatação térmica;
- Ataque de sulfatos: os sulfatos podem atacar as argamassas de assentamento e de revestimento provocando uma expansão geral da alvenaria e em casos mais graves a degeneração das juntas. As fissuras das alvenarias, neste caso, são semelhantes às que ocorrem por retração da argamassa, têm maior abertura e são acompanhadas por eflorescência;
- Corrosão de armaduras: as armaduras do concreto armado, quando não são devidamente cobertas, ficam sujeitas às ações da água e do ar, sofrendo corrosão. Esse tipo de deterioração da armadura do concreto armado é típico das regiões litorâneas, em solos com elevado teor de matéria orgânica em decomposição, em solos contaminados e atmosferas

poluídas. O aumento do volume das armaduras devido à produção de óxido de ferro provoca fissuração e lascamento do concreto nas regiões próximas às armaduras.

2.2.2. Aparecimento de Fissuras – Prevenção

Normalmente as paredes são consideradas apenas como carga no dimensionamento da estrutura reticulada de uma edificação. É projetada uma densidade superficial da parede em função de sua espessura, tipo de material e revestimentos, e sua massa total é distribuída linearmente na posição do eixo da parede.

Como a alvenaria tem rigidez, qualquer deformação potencial da estrutura encontra o obstáculo da alvenaria que reage contra esta deformação, ocasionando tensões e conseqüentemente fissuras, tanto na alvenaria quanto na estrutura.

Devido à sua rigidez, a alvenaria deforma-se muito pouco e fica sob tensão devido à carga que lhe é imposta. Como na estrutura esta deformação potencial não ocorre devido à sua menor amplitude, a estrutura fica submetida a um novo esforço imposto pela alvenaria, de sentido contrário ao aplicado.

Acontecendo uma ruptura em um dos elementos do conjunto, o equilíbrio é rompido e como a alvenaria é o elemento mais frágil a ruptura acaba ocorrendo nela ou numa das interfaces entre a estrutura e a alvenaria. Um novo estado de equilíbrio é atingido até que a estabilização ou o colapso da alvenaria ocorra.

A estrutura e a alvenaria constituem um corpo único, rígido e monolítico quando a interação entre elas é completa, estão em perfeito equilíbrio, e se não, ocorrem rupturas. Esta situação ocorre quando a alvenaria é completamente solidarizada com a estrutura, com fixação superior (encunhamento alvenaria-estrutura).

Mesmo antes do encunhamento, a alvenaria interage com a estrutura devido ao seu peso. A estrutura de apoio tende a se deformar e com o enrijecimento da argamassa essa deformação da estrutura encontra o obstáculo da alvenaria, causando assim uma interação parcial da alvenaria-estrutura. Sem o encunhamento, o estado de equilíbrio é atingido e a alvenaria é submetida a tensões menores.

Os níveis de tensões seriam muito baixos se a alvenaria não tivesse rigidez ou fosse totalmente isolada da estrutura através de materiais resilientes ou elastoméricos (por exemplo: silicone, poliuretano, SBR – borracha de estireno butadieno etc). Somente seu peso exerceria tensão sobre a estrutura e esta se deformaria conforme previsto no projeto.

A alvenaria funciona como uma chapa rígida de contraventamento, ao travar as deformações da estrutura à qual está inserida. Este contraventamento depende do grau de rigidez da alvenaria.

Sabbatini (1998) fez a seguinte analogia para explicar o comportamento da parede de alvenaria como elemento de contraventamento: supôs uma parede de fechamento de isopor inserida num pórtico formado por duas vigas e dois pilares de concreto armado. Como o isopor não tem rigidez significativa comparada com a do concreto e não havendo resistência, as deformações e deslocamentos dos elementos do pórtico não seriam impedidos. Se, ao contrário, o fechamento do pórtico for feito por uma chapa de aço de 15,0cm de espessura, como o aço tem uma rigidez muito maior que o concreto, os elementos do pórtico não se deformariam e o contraventamento seria total. Como a alvenaria não tem a rigidez do isopor nem do aço, ela contraventa parcialmente o pórtico e este contraventamento depende da sua rigidez e da resistência que ela exerce.

Baseado em resultados experimentais obtidos por Franco, Barros e Sabbatini (1994), Sabbatini (1998) afirmou que “se a alvenaria estiver solidarizada com a

estrutura, seguramente ela exerce a função de contraventamento, portanto, é elemento estrutural e, como tal deveria ser dimensionada”. Concluiu que a alvenaria não é somente carga e a sua reação às deformações estruturais interferem na estrutura e vice-versa. Portanto, o dimensionamento estrutural deve considerar o efeito de contraventamento das alvenarias. O grau de contraventamento da alvenaria deve ser conhecido e equacionado, pois é muito importante para um correto dimensionamento; para isso deve-se compatibilizar as deformações da estrutura com a capacidade que a alvenaria tem de absorvê-las. Devido às rigidezes heterogêneas dos elementos do conjunto, o problema torna-se de difícil solução.

A tabela 2.1 apresenta as variáveis mais importantes para solucionar o problema de compatibilização das deformações alvenaria-estrutura.

Tabela 2.1 – Classificação das Variáveis para Escolha de Paredes de Contraventamento (Sabbatini, 1998)

Graus de Contraventamento	Graus de Deformabilidade da Estrutura	Graus de Risco de Ruptura	Graus de Resistência da Alvenaria	Graus de Resiliência da Alvenaria
Total	Muito deformável	Provável	Superior	Muito resiliente
Alto	Mediamente deformável	Alto risco	Alta	--
Médio	Pouco deformável	Médio risco	Normal	Mediamente resiliente
Baixo	Muito pouco deformável	Baixo risco	Regular	--
Nulo	Rígida	Improvável	Baixa	Pouco resiliente

Sabbatini (1998) propõe quatro alternativas para a recuperação do equilíbrio estrutura reticulada-parede de alvenaria, quando este é rompido, e evitar o aparecimento de patologias. São elas:

a) *Dissolidarizar a Alvenaria da Estrutura*

Isolar a alvenaria da estrutura é a solução mais lógica. Como a parede de alvenaria não tem condições de resistir ao esforço a que é submetida e o meio técnico não dispõe de meios para equacionar o problema, uma solução possível seria dissolidarizá-las para que não interfira uma na outra.

Algumas formas de dissolidarização, sem perda da estabilidade são:

- Fixá-la através de espuma de poliuretano expandida;
- Engastá-la totalmente com perfis;
- Engastá-la parcialmente com perfis.

Quanto a esta proposta, surgem alguns problemas:

- Na dissolidarização, as interfaces entre a alvenaria e a estrutura funcionam como juntas que não devem ser recobertas por revestimentos não resilientes. As juntas ficam vincadas ou cobertas por cobre-juntas. Há uma dificuldade de aceitação por herança cultural que acredita que a construção deve ser monolítica, sem juntas;

- Submetidas à ação da água da chuva, as paredes externas necessitam de juntas estanques e o custo das mais eficientes e confiáveis é alto, além dos aspectos estéticos;
- Os projetos necessitam ser sistêmicos, cada fase do projeto precisa ser integrada com todos os outros projetos técnicos, pois as vedações irão interagir. Decisões tomadas repentinamente, que não fazem parte do projeto, pode comprometer a técnica da dissolidarização;
- Sem a atual forma de contraventamento da alvenaria, muitas edificações estariam seriamente comprometidas. Provavelmente, deve-se enrijecer as estruturas juntamente com a dissolidarização para que cada uma suporte as suas deformações. O mercado não aceita bem essa alternativa uma vez que encarece a execução da estrutura.

b) Aumentar a Resistência Mecânica da Alvenaria

A alvenaria teria resistência para suportar as tensões induzidas pela estrutura muito deformáveis. Neste caso, não teria sentido usar estrutura reticulada pois, se a alvenaria suporta sozinha os esforços, não há necessidade de vigas e pilares. É a alternativa mais inadequada e não pode ser adotada isoladamente porque aumentar a resistência da alvenaria implica em aumento da espessura da parede e da densidade superficial e, portanto, aumento das cargas atuantes. Além disso, as estruturas terão que ser alteradas tornando-se mais rígidas e mais volumosas,

c) *Dar Total Rigidez à Estrutura*

É uma alternativa aparentemente mais lógica, mas de difícil implementação no mercado. Para tornar a estrutura totalmente rígida é necessário aumentar o número e as dimensões dos pilares, tornar as vigas mais espessas e com isso aumentar muito o volume da estrutura. É encarada como uma volta ao passado, um retrocesso quando se procura racionalizar a obra, diminuindo desperdícios em volume de material e custos.

d) *Recompor o Equilíbrio Alvenaria-Estrutura*

É a alternativa mais racional porque pode ser adotada sem traumas, as mudanças de técnicas são simples, não implicam em aumento de custos e nem alteram os projetos. A maior dificuldade para adotar essa solução está relacionada com os profissionais envolvidos que precisariam mudar de postura frente às necessidades técnicas que se impõem e de admitir que o domínio do processo tem de ser totalmente assumido pela engenharia.

Sabbatini (1998) acredita que a solução que aparentemente é a mais viável das 4 (quatro) alternativas propostas é a de recompor o equilíbrio da alvenaria-estrutura, por 3 (três) razões práticas:

- Os resultados aparecem, sem alarde, sem grandes conflitos e sem traumas;
- É mais viável aos construtores, sem interferências significativas com as áreas de incorporação ou consulta aos clientes;
- A implementação é imediata.

O equilíbrio alvenaria-estrutura é recomposto obtendo-se estruturas menos deformáveis e alvenarias mais resistentes, como demonstram as tabelas 2.2, 2.3 e 2.4, classificadas como “roteiro” para obtenção desse equilíbrio.

Tabela 2.2 – Recomendações para Obter Estruturas Menos Deformáveis (Sabbatini, 1998)

a)	<i>Maior rigidez localizada</i> - Incremento nas dimensões dos elementos estruturais, principalmente espessuras de lajes.
b)	<i>Maior rigidez global</i> - Aumento na quantidade, dimensão e rigidez dos nós; - Uso de vigas sob paredes.
c)	<i>Menor deformabilidade dos elementos</i> - Incrementar tempo de escoramento permanente e aumentar o percentual de escoras permanentes; - Estudar a viabilidade da laje protendida em alguns casos.
d)	<i>Concreto com menor deformação elástica</i> - Maior módulo de deformação elástica (28 dias); - Promover a cura úmida.
e)	<i>Concreto com menor deformação lenta</i> - Incrementar tempo de escoramento; - Promover a cura úmida por, pelo menos, 7 (sete) dias; - Maior módulo de deformação aos 28 dias.

Tabela 2.3 – Recomendações para Obter Alvenarias Mais Resistentes
(Sabbatini, 1998)

a)	<i>Fixação da alvenaria na estrutura sem pré-tensão</i> - Não encunhar; - A fixação deve ser feita com argamassa de baixo módulo e alta aderência, preenchendo totalmente o espaço entre a alvenaria e a estrutura.
b)	<i>Alvenaria com maior resiliência</i> - Uso de argamassas de menor módulo; - Uso de blocos de módulo controlado; - Adoção de juntas verticais secas nas situações onde é permitido; - Juntas horizontais de no mínimo 1,0 cm.
c)	<i>Diminuição das tensões na alvenaria</i> - Postergar ao máximo a fixação superior da alvenaria; - Antecipar ao máximo os carregamentos antes da fixação; - Adotar a seqüência de execução mais favorável possível.
d)	<i>Incrementar a resistência mecânica da alvenaria</i> - Uso de blocos de maior resistência e regularidade dimensional; - Executar juntas de argamassas regulares; - Amarração entre as fiadas; - União entre paredes.
e)	<i>Melhorar a fixação lateral da alvenaria</i> - Junta de união alvenaria-pilar totalmente preenchida; - Compressão do bloco contra o pilar; - Telas de reforço onde forem necessárias; - Preparo da superfície do pilar.

Tabela 2.4 – Decisões Fundamentais para Evitar Fissuras nas Alvenarias Decorrentes da Interação Alvenaria-Estrutura (Sabbatini, 1998)

- Especificar, contratar e exigir o módulo de deformação como propriedade fundamental do concreto.
- Cura úmida das lajes por no mínimo 7 (sete) dias.
- Período de escoramento permanente mínimo de 28 (vinte e oito) dias.
- Respeitar os prazos técnicos para o carregamento da estrutura.

Existem muitos trabalhos sobre as deformações estruturais excessivas e os danos que causam para a alvenaria de vedação. Atualmente americanos e europeus adquiriram conhecimento tecnológico e introduziram em seus códigos as práticas construtivas que possibilitaram a diminuição dos casos de fissuras.

É fato que existe um consenso entre os autores de trabalho sobre a patologia das fissuras, tanto em alvenaria estrutural quanto em alvenaria de vedação. Pode-se até afirmar que, independente do tipo de tijolo ou bloco utilizado para a execução da alvenaria, com ou sem ancoragem (com ou sem encunhamento), sempre corre o risco do aparecimento de uma fissura na interface alvenaria-estrutura devido aos diferentes materiais utilizados, pois cada qual tem diferente trabalhabilidade. Porém, estas fissuras podem ou não ser visíveis a olho nu, cabendo ao construtor utilizar a melhor técnica e o melhor material para evitá-las.

2.2.3. Ancoragem na Interface Alvenaria-Pilar: Materiais e Técnicas

Através do projeto com especificações adequadas tanto para as estruturas quanto para as vedações, pode-se limitar as tensões atuantes a níveis compatíveis com as resistências das paredes e suas interfaces.

Conforme explicações de Pfefferman e Haseltine (1992), a idéia de usar reforços nas paredes de alvenaria é análoga a do concreto, uma vez que o material apresenta resistência limitada tanto à tração como ao cisalhamento.

Pode-se adotar reforços metálicos como suporte das tensões atuantes nas regiões mais solicitadas ou juntas de controle permitindo que estas tensões sejam dissipadas. Para evitar as fissuras na ligação de paredes com pilares de estrutura, pode-se empregar reforços. A ancoragem das paredes é uma forma de prevenir as fissuras de interface através de ferros chamados “ferros cabelo” (fios de aço para concreto armado de espessura entre 4 a 6 mm) fixados com adesivo epóxi e atualmente de telas metálicas eletrosoldadas de arame de pequenos diâmetros fixadas com pinos, arruelas e cantoneiras, utilizando um revólver elétrico, conforme mostram as figuras 2.28 e 2.29.

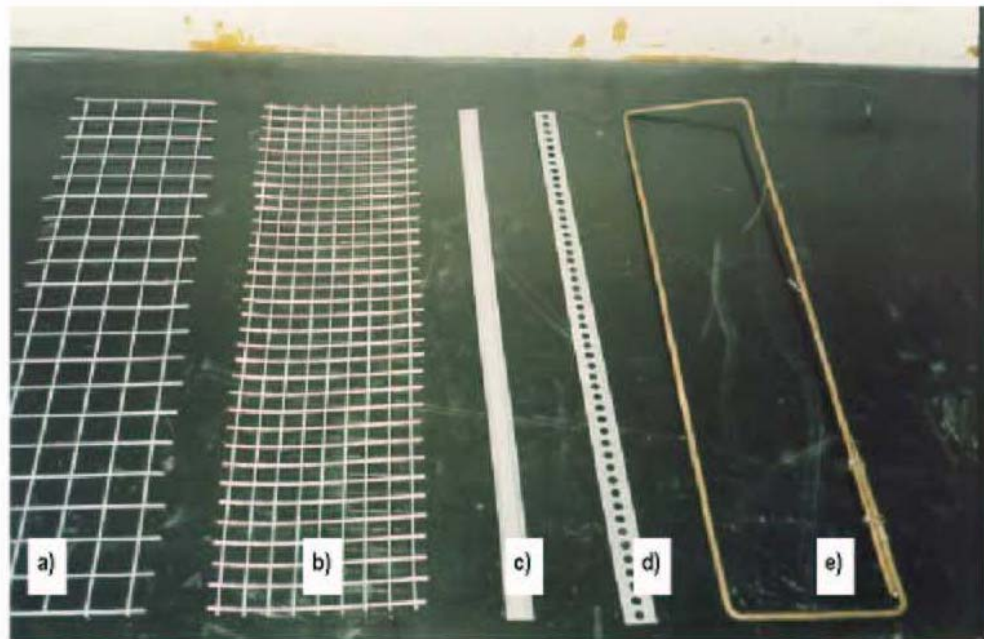


Figura 2.28 – Tipos de Dispositivos de Ligação Alvenaria-Pilar: a) Tela Metálica Eletrosoldada, malha 25x25 mm; b) Tela Metálica Eletrosoldada, malha 15x15 mm; c) Fita Corrugada; d) Fita Perfurada; e) Ferro Cabelo Dobrado (Medeiros e Franco, 1999).

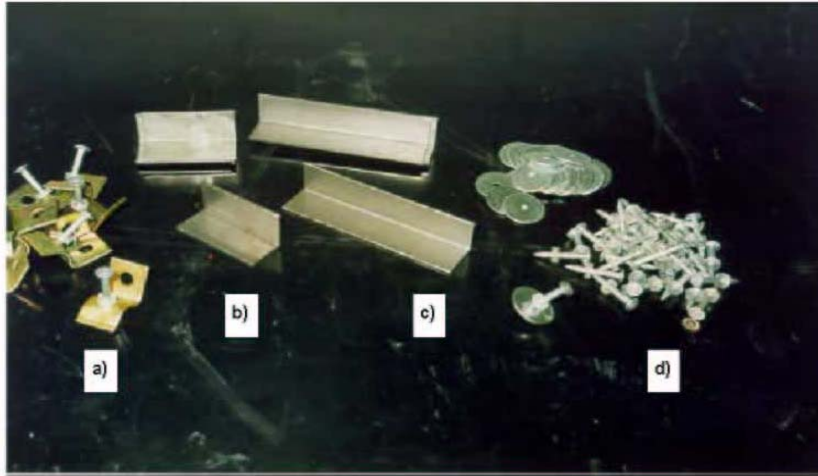


Figura 2.29 – Tipos de Fixação dos Dispositivos de Ligação Alvenaria-Pilar: a) Cantoneiras Curtas de Aço; b) Cantoneiras de Aço de 50 mm; c) Cantoneiras de Aço de 100 mm; d) Pinos e Arruelas de Aço (Medeiros e Franco, 1999).

Qualquer material de ancoragem utilizado normalmente na construção civil pode combater a visualização de uma fissura na interação alvenaria-estrutura, desde que se use uma técnica adequada e mão-de-obra treinada para esta finalidade. Porém, deve-se levar em conta o custo benefício que uma determinada técnica, em conjunto com um determinado material de ancoragem, vai gerar para a obra.

Os chamados “ferros cabelo” são utilizados na construção civil, na prática, de forma empírica, mesmo existindo normas brasileiras para tal finalidade. Esta técnica de ancoragem empregada desde meados do século XVIII e utilizada por muitos até os dias atuais é simplesmente uma técnica que pedreiros ecléticos usam e acabam ensinando para as gerações seguintes.

As telas de arames eletrosoldadas foram inicialmente utilizadas como cercas e alambrados e seu emprego na construção civil como elemento constituinte do concreto armado data do início do século XX. As telas foram empregadas na construção do *Empire State Building*. Em 1928 o ACI – *American Institute of Concrete* – publicou um trabalho sobre o uso das telas soldadas como material de construção e em 1936 a

ASTM – *American Society for Testing and Materials* elaborou a primeira norma. O uso de telas soldadas na construção civil se difundiu principalmente devido às vantagens obtidas na substituição das armaduras convencionais – montadas no local – para lajes de concreto armado. No Brasil, a utilização das telas é relativamente recente havendo ainda muito espaço para crescimento de seu uso.

Devido às contribuições do NATIONAL CONCRETE MASONRY ASSOCIATION – NCMA (1972) e do BRICK INSTITUTE OF AMERICA – BIA (1988, 1996, 1998 e 1999), através de publicações de vários boletins técnicos específicos sobre o assunto, existem diversos códigos de obra, manuais técnicos e normas que especificam o emprego de telas para fins de reforços de alvenarias. Há também normalização específica para a análise de desempenho das telas e outros dispositivos para reforço de juntas de paredes. No caso específico do uso de telas soldadas para ligação de paredes de alvenaria com estruturas reticulares, pouco foi desenvolvido, conforme constatação feita por Medeiros e Franco (1999).

Como as telas soldadas apresentam vantagens relativas à produtividade na execução, sua utilização tem sido intensificada. O seu emprego tem desempenho superior ao das armaduras montadas no local porque permitem maior precisão no espaçamento dos fios das malhas para armadura, devido ao seu processo automatizado de produção, reduzindo substancialmente as perdas em obras, segundo Baumann (1993).

O uso das telas eletrosoldadas reduz o tempo de instalação do dispositivo de ligação, facilita a execução das paredes da fachada e das paredes internas o que representa um ganho de até 20% na produtividade, sendo assim um atrativo para os construtores.

De acordo com Medeiros e Franco (1999), a utilização das telas eletrosoldadas, quando comparadas com os tradicionais “ferros cabelo”, na ligação de parede com

pilares, representam um ganho de produtividade na execução da alvenaria entre 20% e 40%.

Devido à facilidade de corte e manuseio, as telas eletrosoldadas são usadas na amarração de paredes de blocos de tamanhos diferentes, na amarração de paredes com ângulos diferentes de 90°, permitindo uma ancoragem adequada à argamassa de assentamento e desempenho compatível aos esforços de tração e conseqüentemente mais resistente à fissuração.

Existem restrições ao uso das telas eletrosoldadas, segundo o NATIONAL CONCRETE MASONRY ASSOCIATION – NCMA (1972) quanto ao combate de esforços de cisalhamento como os que ocorrem nos cantos de aberturas. Segundo Beall (1987), as ancoragens construídas com telas eletrosoldadas devem ser consideradas conectores flexíveis, pois resistem bem melhor à tração que ao cisalhamento concentrado e de grande magnitude, como são os casos de paredes duplas de fachadas de edifícios em que a lâmina exterior constitui-se em uma cortina ancorada no nível de cada laje por meio de conectores metálicos, de forma a garantir estabilidade. Recomenda-se para maior resistência à esforços cortantes o uso de barras e chapas com desenhos apropriados.

Vale salientar, após vários ensaios realizados, a constatação de que é necessário um tratamento na superfície do pilar para melhorar a aderência alvenaria-pilar. Recomenda-se que a superfície do pilar seja chapiscado com uma argamassa de cimento e areia adicionando algum tipo de adesivo acrílico, conforme Sabbatini (1998).

Todas essas vantagens contribuem diretamente para a racionalização da obra como um todo, minimizando operações realizadas no canteiro de obra. As tabelas 2.5, 2.6 e 2.7 listam algumas vantagens das telas eletrosoldadas quanto ao desempenho e ao uso como reforço e ligação entre paredes de alvenaria e pilares de concreto armado quando comparadas com o tradicional “ferro cabelo”.

Tabela 2.5 – Resumo Comparativo Entre a Tela Metálica Eletrosoldada Galvanizada e o “Ferro Cabelo” Quanto ao Seu Desempenho (Medeiros e Franco, 1999)

Quanto ao Desempenho	
Tela Eletrosoldada	“Ferro Cabelo”
Desempenho global superior.	Desempenho limitado e difícil de ser obtido satisfatoriamente.
Maior capacidade de evitar o surgimento das primeiras fissuras na interface entre parede e pilar.	Ineficiência do ferro cabelo reto. Potencial do ferro dobrado comprometido pela dificuldade na execução.
Maior homogeneidade da aderência ao arrancamento (<i>pull out test</i>).	Grande variação nos resultados de aderência devido a enorme influência da mão-de-obra.
Menor influência da mão-de-obra.	Grande influência da mão-de-obra no posicionamento do fio na junta de argamassa.
Maior capacidade de aderência à argamassa.	Baixa aderência com a argamassa. Depende muito da posição na junta horizontal e da existência de barra transversal para funcionar adequadamente.
Maior capacidade de redistribuição de tensões. Efeito de difusibilidade da armadura no interior da junta de argamassa.	Potencial de concentrações de tensões e conseqüente ruptura brusca.
Arame protegido contra corrosão. Galvanização aumenta vida útil em cerca de 10 (dez) vezes.	Sujeito à corrosão rápida se exposta à umidade e ação de revestimento de gesso, principalmente quando o recobrimento fica comprometido.
Estabilidade lateral da parede limitada ao seu potencial de resistência à tração.	Dificuldade de posicionamento correto e capacidade de cisalhamento muito maior que a resistência à tração da alvenaria.
Pouca dependência da aderência com a argamassa: macro ancoragem na malha quadrada.	Depende da aderência com argamassa, mesmo existindo uma dobra transversal à espessura da parede.

Tabela 2.6 – Resumo Comparativo Entre a Tela Metálica Eletrosoldada Galvanizada e o “Ferro Cabelo” Quanto à Sua Utilização (Medeiros e Franco, 1999)

Quanto à Sua Utilização	
Tela Eletrosoldada	“Ferro Cabelo”
Maior grau de racionalização do serviço de colocação da armadura de ancoragem.	Maior desperdício de material e mão-de-obra.
Chegando cortada nos tamanhos necessários; a tela pode ser rapidamente fixada.	Requer corte, dobra e ancoragem no concreto, dificultando a colocação.
Maior possibilidade de ajuste em diferentes situações, como: ligação de paredes de diferentes espessuras, ligação de paredes não ortogonais, reforço de paredes com blocos.	Maior dificuldade para ajuste das várias situações de projeto.
Potencial de uso em toda a extensão da junta horizontal da argamassa, armando a parede para resistir a esforços de flexão e cisalhamento.	Fios unidirecionais contínuos, sem fios transversais, desempenho restrito, dependendo unicamente da aderência argamassa-armadura.
Facilidade de recobrimento do fio de pequeno diâmetro pela argamassa.	Maior dificuldade para recobrimento adequado. Necessidade de camada extra de argamassa para assentamento dos blocos da fiada superior.
Permite sobreposição, como no encontro de paredes não ortogonais e emendas por transpasse.	Não permite sobreposição devido à limitação de espessura da junta horizontal.
Facilidade para aplicação da argamassa e assentamento dos blocos. Mesmo fixada ao pilar, a tela permite manobra.	O “ferro cabelo” chumbado é pouco maleável dificultando a execução da alvenaria.
Uso imediato após colocação.	Necessidade de espera para cura completa do adesivo usado na chumbagem.
Fixação por meio de cravação com pino através de finca-pinos de baixa velocidade.	Ancoragem no pilar com uso de adesivo epóxi.
Uso de pino e cantoneira permite fixação com segurança.	O uso de brocas para fazer furos para fixação é dificultado pela armadura do pilar.
A dobra ocorre somente no momento da colocação da tela na junta.	A posição final ocorre desde a fixação, perturbando o andamento da execução da parede.
Menor necessidade de controle de qualidade.	Necessidade de maior controle devido a um maior número de operações unitárias e uso de adesivo.
Maior potencial de atendimento ao projeto.	Uso restrito.
Garantia de qualidade do produto pelo fabricante. São industrializadas.	Preparação dos materiais em obra dificulta garantia do conjunto.

Tabela 2.7 – Etapas de Ancoragem de Telas Eletrosoldadas e “Ferro Cabelo” à Estrutura de Concreto (Medeiros e Franco, 1999)

Etapas	Tela Eletrosoldada	“Ferro Cabelo”
Corte e dobra		X
Nivelamento das posições de fixação	X	X
Marcação das posições	X	X
Fixação com cantoneira e pino	X	
Furação do pilar (2 vezes)		X
Limpeza do furo		X
Mistura do adesivo		X
Aplicação do adesivo		X
Chumbagem		X
Tempo de cura		X
Dobra para posição final	X	
Colocação da camada extra de argamassa		X
Total	04	10

2.2.4. Normalização de Materiais de Ancoragem em Alvenarias

2.2.4.1. Telas Metálicas Eletrosoldadas

Na construção civil, as telas de arames eletrosoldadas têm sido bastante utilizadas em alvenarias, principalmente como reforço de juntas horizontais, mas ainda necessita de estudos que possibilitem a normalização que defina especificações de uso e técnicas construtivas adequadas. O BRICK INSTITUTE OF AMERICA – BIA (1988) aconselha o uso de telas eletrosoldadas desde 1978. O NATIONAL CONCRETE

MASONRY ASSOCIATION – NCMA (1975) descreve a utilização das telas como armadura de juntas horizontais de paredes de alvenaria com função estrutural .

A norma britânica DD140 – Part 1 (BSI, 1986), especificamente para reforços de juntas horizontais de alvenaria, baseia-se na norma americana E 754 (ASTM, 1980 – Revisão 2000). Nesse ensaio, é estudada a colocação de dispositivos metálicos no interior de juntas de argamassa para verificar a sua resistência de aderência.

As normas européias EN 845-3 e EN 846-2 (EUROPEAN STANDARD, 1992) referem-se genericamente a acessórios destinados à alvenaria chamados “ties” com métodos de ensaios que determinam resistências tais como: aderência à tração, cisalhamento, rigidez etc, para a avaliação de desempenho de dispositivos destinados ao reforço de juntas de alvenaria.

No Brasil, ainda não existe uma publicação que trate especificamente da normalização do uso das telas metálicas eletrosoldadas como reforço na argamassa da alvenaria. As normas técnicas brasileiras tratam apenas de telas metálicas destinadas a armaduras de concreto armado.

2.2.4.2. Barras de Aço tipo “Ferro Cabelo”

Atualmente, não existem normas internacionais destinadas à ancoragem e reforços de juntas de alvenaria com a utilização de “ferros cabelo”. No Brasil, existem as normas NBR 8545 (ABNT, 1984) e NBR 14956-2 (ABNT, 2003), que recomendam a utilização dos “ferros cabelo” para auxílio na ancoragem da alvenaria na estrutura de concreto, sem quaisquer métodos ou técnicas de execução na ancoragem, ou de ensaios de resistência à tração ou cisalhamento com relação a reforço de juntas horizontais ou mesmo no combate ao aparecimento de fissuras.

Existe na normalização e literatura estrangeira uma preocupação constante com relação à durabilidade das ancoragens e reforços empregados em alvenarias, principalmente quanto à corrosão. Se o dispositivo for degradado pela corrosão e a parede depender de sua contribuição para manter-se estável, a segurança estaria comprometida, conforme explica Beall (1987).

Por isso existem várias exigências normativas quanto à proteção sendo normalmente necessárias galvanizações pelo processo de zincagem por imersão a quente, como prescreve a norma americana A153 (ASTM, 2003). Esta proteção é função da camada de zinco depositada na superfície e da agressividade do meio onde a alvenaria será construída, como já havia sido informado pelos boletins técnicos britânicos IP 28/79 (BRE, 1979) e IP 04/81 (BRE, 1981).

Com base nos parágrafos anteriores, entende-se que, com a utilização dos “ferros cabelo”, haveria uma grande possibilidade destes materiais entrarem em corrosão, comprometendo assim toda técnica de ancoragem no combate ao aparecimento de fissuras na interação alvenaria-estrutura.

2.2.5. Trabalhos já Realizados

Apesar das fissuras na interação alvenaria-estrutura serem muito freqüentes e responsáveis por inúmeras patologias das alvenarias e revestimentos, existem poucos estudos sobre materiais e técnicas de prevenção. As ligações entre as paredes e os pilares da estrutura são determinantes no aparecimento destas fissuras, mas ainda são empregadas de maneira empírica, gerando dúvidas tanto para projetistas quanto para construtores.

Um dos poucos trabalhos elaborados sobre o assunto foi feito pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em convênio com a Morlan S/A, coordenado

por Medeiros e Franco (1999). Este projeto de pesquisa visou o estudo do emprego de telas de arames soldados e galvanizados na construção de alvenarias. O projeto estudou primeiramente o uso das telas como reforço de juntas horizontais de paredes de alvenaria e como dispositivo de ligação entre estas paredes e os pilares das estruturas de concreto armado.

O objetivo inicial foi de estudar experimentalmente o uso e o desempenho, definir critérios e especificações adequadas dessas ligações, a fim de evitar ao máximo o aparecimento de fissuras.

Para definir procedimentos de execução e critérios para o emprego das telas, as principais variáveis foram:

- Tipo de ancoragem;
- Comprimento e espaçamento da ancoragem;
- Tipo de fixação.

O trabalho experimental foi realizado em duas etapas onde empregaram-se dois tipos de ensaios distintos. Para avaliação dos componentes de ancoragem em juntas de argamassa, foi empregado o ensaio de arrancamento à tração direta, adotado pela norma americana E 754 (ASTM, 1994) e os ensaios de cisalhamento em prismas de alvenaria. Também foram realizados experimentos para avaliar o comportamento desses dispositivos de ligação em corpos-de-prova em tamanho natural.

Para a realização do trabalho foram utilizados blocos cerâmicos furados com dimensões nominais 15x25x25 cm destinados à alvenaria de vedação e argamassa de assentamento industrializada ensacada. Foram utilizados três tipos de telas metálicas:

- Tela metálica eletrosoldada de malha 15x15 mm e fio de diâmetro 1,5 mm;
- Tela metálica eletrosoldada de malha 25x25 mm e fio de diâmetro 2,1 mm;
- Tela metálica eletrosoldada de malha 15x15 mm e fio com diâmetro 1,65 mm (desenvolvida posteriormente para adequar os resultados obtidos para as telas anteriores).

Além dessas telas, foram ensaiados outros tipos de materiais de ancoragem utilizados na construção civil, tais como:

- Barra de aço CA-50 tipo “ferro cabelo” com diâmetro de 5,0 mm;
- Fita metálica perfurada;
- Fita metálica corrugada.

O ensaio de arrancamento à tração direta dos dispositivos de ancoragem foi realizado de três modos distintos:

- Arrancamento direto do dispositivo fixado ao elemento de concreto armado;
- Arrancamento do dispositivo da junta de argamassa de prismas de alvenaria;
- Arrancamento do dispositivo fixado ao elemento de concreto armado e à junta de argamassa de prismas de alvenaria.

A figura 2.30 mostra o esquema empregado nestes ensaios. Nota-se que as barras horizontais sevem para a aplicação da carga de pré-compressão, previamente calibradas com “strain-gages”, enquanto as barras verticais destinam-se a manter o corpo-de-prova em sua posição original. Para acionar o dispositivo à tração foi empregada uma máquina universal de ensaios com controle de velocidade de carregamento. Os resultados obtidos correspondem ao surgimento da primeira fissura observada a olho nu a partir de uma distância de 1,0 m do corpo-de-prova sob condições de iluminação favorável com o uso de refletores dirigidos (cerca de 500 lux).

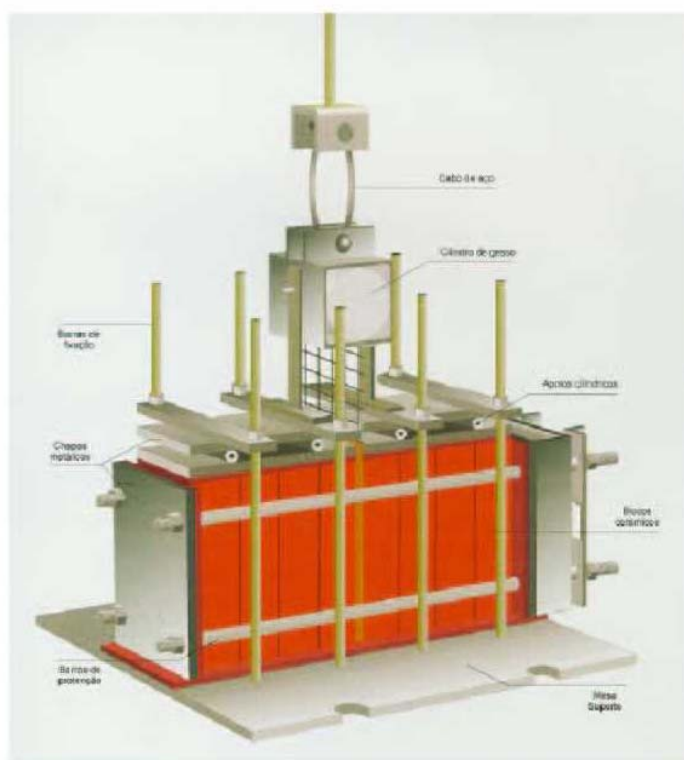


Figura 2.30 – Esquema do Aparato para Ensaios de Arrancamento à Tração do Dispositivo de Ancoragem em Juntas de Argamassa (Medeiros e Franco, 1999).

A partir das observações e dos resultados obtidos sobre o comportamento das técnicas e materiais empregados na ancoragem das paredes, Medeiros e Franco (1999) chegaram às seguintes conclusões:

- A aderência e a resistência da argamassa são fatores de grande influência para o funcionamento e desempenho do sistema de ancoragem;

- A aplicação de uma carga de compressão prévia traz importante influência à resistência ao arrancamento dos dispositivos de ancoragem e deve ser levado em consideração. Mesmo carregamentos mínimos como os considerados são suficientes para alterar substancialmente os resultados;
- Através do correto preenchimento da junta horizontal de argamassa e posicionamento centralizado da tela pode-se obter sensíveis ganhos de eficiência, podendo representar 100 % de melhoria da resistência ao arrancamento;
- O correto preenchimento da junta vertical entre pilar e parede tem importância fundamental para o desempenho da ligação uma vez que a aderência representa parcela importante da capacidade do conjunto em resistir ao surgimento de fissuras na interface;
- O tradicional “ferro cabelo” sem dobra é ineficiente para evitar trincas de interface parede-pilar;
- O “ferro cabelo” dobrado e as fitas metálicas apresentam desempenho limitado e são muito influenciados pela qualidade de execução quando comparados com as telas metálicas;
- A tela é mais fácil de ser posicionada no interior da junta horizontal de argamassa que as barras, chapas e fitas, principalmente por ter fios de pequeno diâmetro distribuídos ao longo da seção, impedindo que a mesma encoste facilmente na superfície do bloco da fiada inferior;
- As telas metálicas apresentam, em geral, resistência ao arrancamento bem menos dispersas que os outros dispositivos avaliados. Os coeficientes de

variação foram reduzidos de 30 a 40 % para o caso dos ensaios com “ferros cabelo” e de 15 a 20 % para os ensaios com tela;

- As cantoneiras destinadas à fixação de telas no pilar apresentaram melhor resultado que as arruelas por permitirem a fixação de um maior número de fios;
- Para paredes construídas com argamassa de resistência limitada (inferior a 7,0 MPa), como devem ser as paredes alvenarias de vedação em função de sua necessidade de ser deformável, não se justifica o emprego de arames e barras de maior diâmetro (acima de 2,1 mm) uma vez que as fissuras acontecem antes da ruptura do fio, na própria argamassa das juntas;
- A tela apresenta a vantagem de aumentar a área do reforço metálico com a junta de argamassa, contribuindo diretamente para melhor eficiência da ancoragem;
- A combinação de tela de fio de pequeno diâmetro e argamassa de baixo módulo se mostra a mais interessante para o caso prático de nossas alvenarias de vedação;
- Parte importante da contribuição da tela como ancoragem e reforço deve-se ao efeito de travamento mecânico dos arames transversais na argamassa da junta horizontal;
- A tela se mostrou como a melhor alternativa para ligação de paredes de vedação e pilares de concreto armado para prevenir fissuras de interface.

Neste capítulo, foram descritas as noções básicas sobre alvenaria de vedação, os materiais utilizados e suas técnicas de execução e, finalmente, o aparecimento de fissuras, suas causas, prevenção, normalização e trabalhos já realizados. No capítulo seguinte, está o aplicativo do capítulo 2, ou seja, o programa experimental para prevenção das fissuras.

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Neste capítulo, será descrito o programa experimental para se determinar um material e/ou técnica de ancoragem adequados para a prevenção do aparecimento das fissuras na interface alvenaria de vedação e pilar de concreto. Inúmeros fatores podem influenciar a ocorrência deste problema patológico na construção civil, principalmente em edifícios de múltiplos pavimentos, são eles:

- Tipo de alvenaria;
- Tipos de argamassas de assentamento;
- Tipos de dispositivos de ligação entre alvenaria-pilar;
- Tipo de fixação dos dispositivos de ligação;
- Tipos de substratos para a aderência alvenaria-pilar;
- Tensões atuantes na alvenaria.

Para a elaboração deste trabalho, foram adotados parâmetros constantes como: tijolo cerâmico furado de vedação 14x19x29 cm; argamassa de assentamento ensacada industrializada; componentes da estrutura de concreto (cimento Portland,

agregado miúdo, agregado graúdo e água); e tensão de compressão aplicada à alvenaria. Estes materiais foram escolhidos devido à sua freqüente utilização na construção civil.

Para os diferentes tipos de dispositivos de ligação entre alvenaria-pilar os seguintes parâmetros variáveis foram avaliados: barras de aço CA-50 com diâmetros 5,0 e 6,3 mm tipo “ferro cabelo” e tela metálica eletrosoldada galvanizada, malha 15x15 mm e diâmetro do fio 1,65 mm. O motivo da escolha destes três tipos de materiais foi devido à freqüência de utilização pelos profissionais da construção civil ligados à execução, para as barras de aço, e a aplicação cada vez maior das telas metálicas em projetos estruturais racionalizados desenvolvidos por projetistas atualizados em novas técnicas construtivas da engenharia civil.

Para os diferentes tipos de fixação dos dispositivos de ligação, foram avaliados os seguintes parâmetros variáveis: adesivo epóxi (para os “ferros cabelo”); e pinos, arruelas e cantoneiras (para a tela metálica).

A aderência foi avaliada sem tratamento e com tratamento do pilarete aplicando-se argamassa de chapisco com adesivo acrílico na estrutura de concreto.

Para atingir os objetivos principais desta pesquisa, foram executados, além dos ensaios de caracterização, o ensaio de arrancamento à tração direta conhecida como “Pullout Test” dividido em duas etapas:

- a) Arrancamento do Dispositivo de Ancoragem da Junta de Argamassa de Prismas de Alvenaria: Nesta etapa, foi testada a resistência de arrancamento do conjunto alvenaria-argamassa-dispositivo de ligação (tela metálica e “ferros cabelo”), com diferentes comprimentos de ancoragem, analisando-se o deslizamento e deformação de cada dispositivo de ancoragem, verificando sua aderência, conforme serão descritos no item 3.2.1.;

- b) Arrancamento do Dispositivo Fixado ao Elemento de Concreto Armado e à Junta de Argamassa de Prismas de Alvenaria: Nesta etapa, foi testada a resistência de arrancamento do conjunto alvenaria-argamassa-dispositivo de ligação-estrutura, até o aparecimento da primeira fissura visível a olho nu a partir de uma distância de 0,50 m do corpo-de-prova. Vários parâmetros variáveis foram analisados com relação a materiais de ancoragem, tipo de fixação e tratamento do substrato de concreto, conforme serão descritos no item 3.2.2.

Primeiramente, foram executados os ensaios de caracterização de todos os materiais utilizados para a elaboração do presente estudo (bloco cerâmico de vedação, argamassa ensacada industrializada, aço, cimento portland, agregado miúdo e agregado graúdo), como serão apresentados a seguir.

3.1. Ensaios de Caracterização dos Materiais

3.1.1. Bloco Cerâmico de Vedação

Foi ensaiado tijolo cerâmico furado com dimensões de 14x19x29 cm, devido ao baixo custo e alta frequência de utilização na construção civil. Foram realizados os seguintes experimentos de caracterização para este tipo de material:

- Determinação da resistência à compressão, segundo os procedimentos descritos na norma brasileira NBR 6461 (ABNT, 1983);
- Determinação da absorção de água, segundo os procedimentos descritos na norma brasileira NBR 12118 (ABNT, 1991).

3.1.2. Argamassa de Assentamento

Para a realização deste experimento, foi escolhida uma argamassa de assentamento industrializada ensacada de primeira linha no mercado nacional fabricada por uma empresa de renome e imaginando-se a racionalização de uma obra.

Foram realizados os seguintes ensaios de caracterização para a argamassa escolhida:

- Determinação da resistência à compressão, segundo os procedimentos descritos na norma brasileira NBR 13279 (ABNT, 1995);
- Determinação do índice de consistência normal (“flow table”), segundo os procedimentos descritos na norma brasileira NBR 13276 (ABNT, 2002);
- Determinação da resistência de aderência à tração, segundo os procedimentos descritos na norma brasileira NBR 13528 (ABNT, 1995);
- Determinação da resistência de aderência à flexão, segundo os procedimentos descritos na norma americana E 518 (ASTM, 2002).

3.1.3. Aço

Para a elaboração desse experimento, foram escolhidos três diferentes tipos de materiais como variáveis para a ligação alvenaria-estrutura. São eles:

- Barra de aço CA-50 com diâmetro 5,0 mm tipo “ferro cabelo”;
- Barra de aço CA-50 com diâmetro 6,3 mm tipo “ferro cabelo”;
- Tela metálica eletrosoldada galvanizada de malha 15x15 mm e diâmetro do fio de 1,65 mm.

Foi executado o ensaio de determinação da resistência à tração, segundo os procedimentos descritos nas normas brasileira NBR 7480 (ABNT, 1996) e NBR 7481 (ABNT, 1990).

3.1.4. Cimento Portland

O cimento escolhido para a elaboração deste trabalho foi o cimento Portland CPIII – 32, de primeira linha no mercado nacional fabricado por uma empresa de renome. Foram realizados os seguintes ensaios de caracterização do material:

- Determinação da resistência à compressão, segundo os procedimentos descritos na norma brasileira NBR 7215 (ABNT, 1996);
- Determinação da finura, segundo os procedimentos descritos na norma brasileira NBRNM 76 (ABNT, 1998);
- Determinação do tempo de pega, segundo os procedimentos descritos na norma brasileira NBRNM 65 (ABNT, 2003).

3.1.5. Agregado Miúdo

O agregado miúdo que foi utilizado na elaboração destes ensaios é vulgarmente chamado na região de Itatiba, Estado de São Paulo, como areia média lavada. Para caracterizar este tipo de material, foram feitos os seguintes experimentos:

- Determinação da composição granulométrica, segundo os procedimentos descritos na norma brasileira NBRNM 248 (ABNT, 2003);
- Determinação da massa específica, segundo os procedimentos descritos na norma brasileira NBRNM 52 (ABNT, 2003).

3.1.6. Agregado Graúdo

O agregado graúdo que foi utilizado na elaboração destes ensaios é conhecido na região de Itatiba, Estado de São Paulo, como brita 1. Para caracterizar este tipo de material foi executado o ensaio de determinação da composição granulométrica, segundo os procedimentos descritos na norma brasileira NBRNM 248 (ABNT, 2003).

Após a descrição dos ensaios de caracterização dos materiais, serão descritos os ensaios principais das técnicas de ancoragem na interação estrutura-alvenaria de vedação.

3.2. Ensaio de Arrancamento à Tração Direta (“Pullout Test”)

Primeiramente, de acordo com o procedimento de ensaio mostrado na norma americana E 754 (ASTM, 2000), foi realizado o ensaio de arrancamento à tração direta, conhecido no inglês como “pullout test”, do dispositivo de ancoragem da junta de argamassa de prismas de alvenaria, como será descrito a seguir.

3.2.1. Arrancamento do Dispositivo de Ancoragem da Junta de Argamassa de Prismas de Alvenaria

Foram executados corpos-de-prova em prismas de alvenaria com dois blocos cerâmicos de vedação 14x19x39 cm assentados com argamassa industrializada ensacada. Foram colocados na junta de assentamento três diferentes tipos de materiais de ancoragem para serem avaliados. São eles:

- Barra de aço CA-50 com diâmetro 5,0 mm tipo “ferro cabelo”;
- Barra de aço CA-50 com diâmetro 6,3 mm tipo “ferro cabelo”;

- Tela metálica eletrosoldada galvanizada de malha 15x15 mm e diâmetro do fio de 1,65 mm.

Os três diferentes tipos de materiais foram colocados na junta de argamassa horizontal com dois diferentes comprimentos de ancoragem: 30 e 40 cm, podendo-se assim avaliar qual o comprimento mínimo necessário para cada tipo de material de ancoragem, analisando-se o deslizamento e deformação verificando sua aderência, conforme mostram as figuras 3.1. e 3.2.

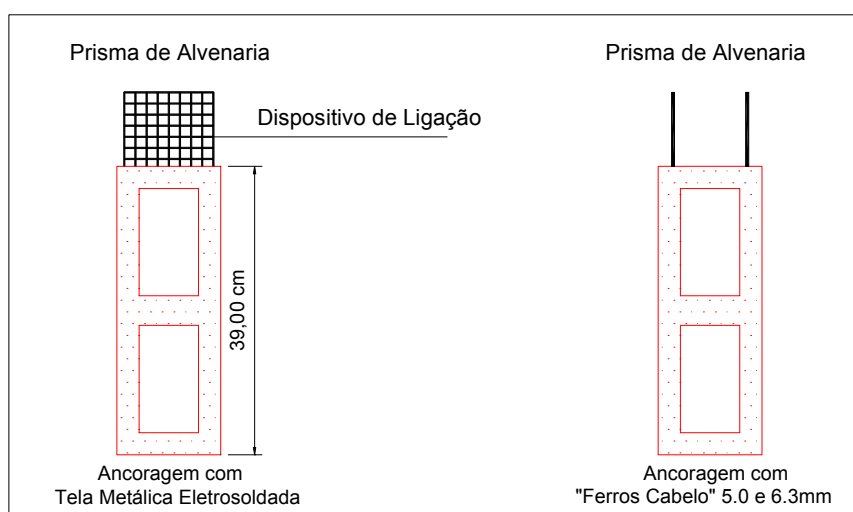


Figura 3.1 – Materiais de Ancoragem.

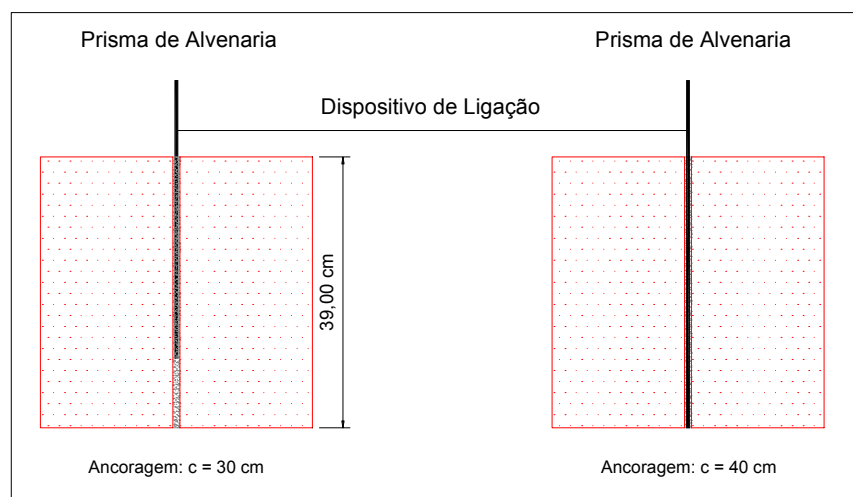


Figura 3.2 – Comprimentos de Ancoragem.

Para a realização deste ensaio foram executados vinte e quatro corpos-de-prova com as seguintes variáveis:

- 04 corpos-de-prova com barra de aço CA-50 com diâmetro 5,0 mm tipo “ferro cabelo” e comprimento de ancoragem igual a 30 cm;
- 04 corpos-de-prova com barra de aço CA-50 com diâmetro 5,0 mm tipo “ferro cabelo” e comprimento de ancoragem igual a 40 cm;
- 04 corpos-de-prova com barra de aço CA-50 com diâmetro 6,3 mm tipo “ferro cabelo” e comprimento de ancoragem igual a 30 cm;
- 04 corpos-de-prova com barra de aço CA-50 com diâmetro 6,3 mm tipo “ferro cabelo” e comprimento de ancoragem igual a 40 cm;
- 04 corpos-de-prova com tela metálica eletrosoldada galvanizada de malha 15x15 mm e diâmetro do fio de 1,65 mm e comprimento de ancoragem igual a 30 cm;
- 04 corpos-de-prova com tela metálica eletrosoldada galvanizada de malha 15x15 mm e diâmetro do fio de 1,65 mm e comprimento de ancoragem igual a 40 cm;

O equipamento de suporte dos corpos-de-prova (prismas de alvenaria) para a execução dos ensaios principais foi constituído por um bloco de concreto armado com dimensões 0,80 x 1,00 x 1,50 m, totalizando aproximadamente $1,0 \text{ m}^3$ ($\pm 250 \text{ kN}$), onde foi fixado um conjunto metálico formado por placas, parafusos, porcas e arruelas. Este conjunto metálico teve como finalidade imobilizar os prismas de alvenaria por compressão lateral controlada por dois extensômetros elétricos, colocados cada um em uma barra horizontal, conectados a um aquisitor automático de dados. Simulando-se

uma parede com pé-direito de 3,0 m, as tensões de compressão lateral controladas, foram equivalentes às cargas impostas (15 KN), a uma altura de 1,50 m. Também foram instalados extensômetros mecânicos fixados um de cada lado do prisma de alvenaria e no dispositivo de ancoragem, ligados ao aquisitor automático de dados, para medir os deslocamentos ocorridos em cada material. Para prender o prisma de alvenaria à máquina de tração (pórtico) foram utilizadas chapas metálicas, envolvendo o dispositivo de ligação (“ferros cabelo” e telas metálicas) fixada com parafusos, porcas, arruelas e cabo de aço. Com o equipamento devidamente montado, o prisma de alvenaria foi tracionado, com um controle de velocidade de carregamento até ocorrer a sua ruptura, ou do conjunto bloco-argamassa ou do próprio dispositivo de ligação, conforme mostram as figuras 3.3 e 3.4.

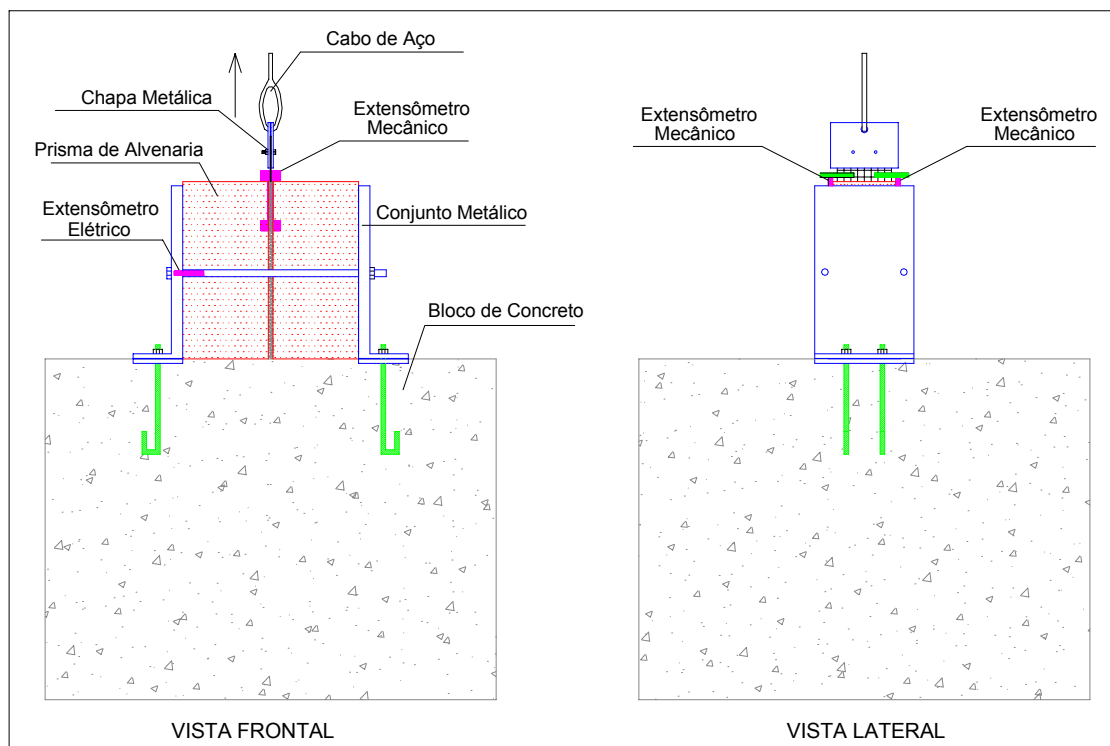


Figura 3.3 – Esquema do Ensaio de Arrancamento do Dispositivo da Junta de Argamassa de Primas de Alvenaria.

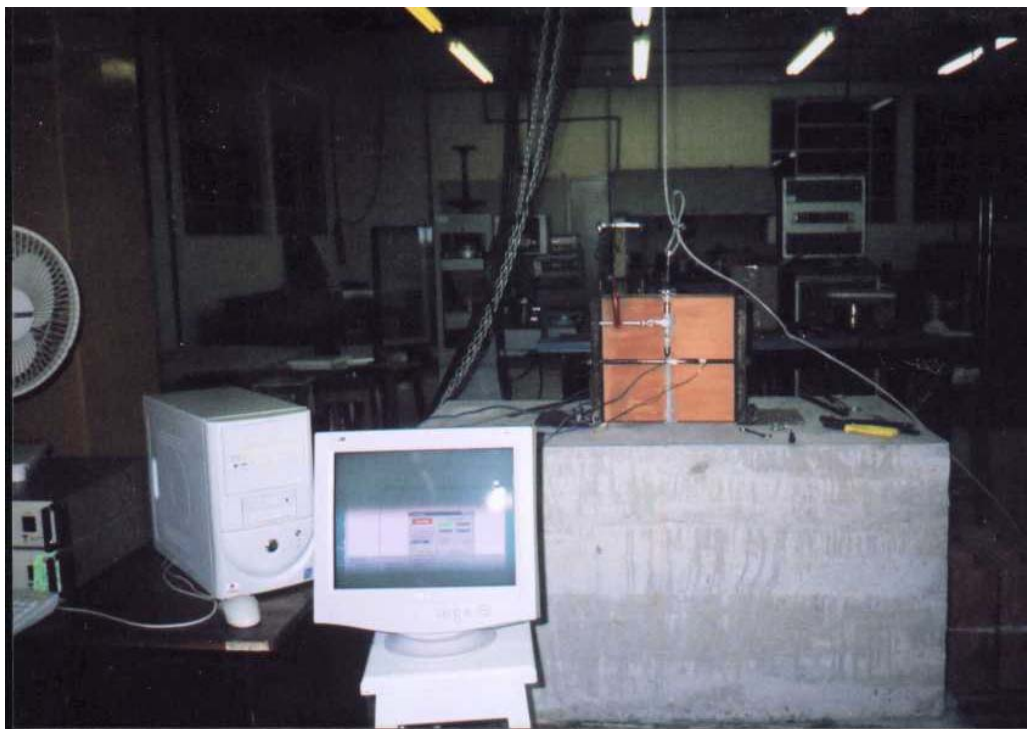


Figura 3.4 – Equipamento do Ensaio de Arrancamento do Dispositivo da Junta de Argamassa de Prismas de Alvenaria.

O objetivo principal deste ensaio foi definir o melhor comprimento de ancoragem para os diferentes materiais, analisando seus deslizamentos e deformações. Foram elaborados gráficos de carga x deslocamento para cada corpo-de-prova ensaiado, anotando-se sua carga máxima e deformação máxima de ruptura, bem como os valores intermediários.

Concluídos os ensaios e analisados os seus resultados, foram executados os ensaios de arrancamento à tração direta do dispositivo fixado ao elemento de concreto armado e à junta de argamassa de prismas de alvenaria, seguindo também a norma americana E 754 (ASTM, 2000), como serão descritos a seguir.

3.2.2. Arrancamento do Dispositivo Fixado ao Elemento de Concreto Armado e à Junta de Argamassa de Prismas de Alvenaria

Para a realização deste ensaio, foram executados corpos-de-prova em prismas de alvenaria, com os mesmos materiais de ancoragem descritos no item 3.2.1. O dispositivo de ligação foi ancorado a um pilarete de concreto armado com dimensões 20x20x50 cm. Nesta etapa, foi avaliado somente o melhor resultado para o comprimento de ancoragem do ensaio anterior (item 3.2.1.), porém, houveram outras variáveis em relação ao tipo de fixação do material de ligação e tratamento do pilarete de concreto. São elas:

- a) 04 corpos-de-prova com 02 barras de aço CA-50 com diâmetro 5,0 mm tipo “ferro cabelo”, fixada com adesivo epóxi, e sem tratamento no pilarete;
- b) 04 corpos-de-prova com 02 barras de aço CA-50 com diâmetro 5,0 mm tipo “ferro cabelo”, fixada com adesivo epóxi, e com tratamento no pilarete (argamassa de chapisco com adesivo acrílico);
- c) 04 corpos-de-prova com 02 barras de aço CA-50 com diâmetro 6,3 mm tipo “ferro cabelo”, fixada com adesivo epóxi, e sem tratamento no pilarete;
- d) 04 corpos-de-prova com 02 barras de aço CA-50 com diâmetro 6,3 mm tipo “ferro cabelo”, fixada com adesivo epóxi, e com tratamento no pilarete (argamassa de chapisco com adesivo acrílico);
- e) 04 corpos-de-prova com tela metálica eletrosoldada galvanizada, malha 15x15 mm e diâmetro do fio 1,65 mm, fixada com pinos e arruelas, e sem tratamento no pilarete;
- f) 04 corpos-de-prova com tela metálica eletrosoldada galvanizada, malha 15x15 mm e diâmetro do fio 1,65 mm, fixada com pinos e arruelas, e com tratamento no pilarete (argamassa de chapisco com adesivo acrílico);

- g) 04 corpos-de-prova com tela metálica eletrosoldada galvanizada, malha 15x15 mm e diâmetro do fio 1,65 mm, fixada com pinos, arruelas e cantoneira, e sem tratamento no pilarete;
- h) 04 corpos-de-prova com tela metálica eletrosoldada galvanizada, malha 15x15 mm e diâmetro do fio 1,65 mm, fixada com pinos, arruelas e cantoneira, e com tratamento no pilarete (argamassa de chapisco com adesivo acrílico);

Os equipamentos de suporte para execução deste ensaio foram os mesmos descritos no item 3.2.1. Porém, para prender o conjunto prisma de alvenaria-pilarete de concreto à máquina de tração, foi utilizado cabo de aço preso em ganchos fixados no pilarete de concreto. Neste ensaio, também foram utilizados extensômetros mecânicos fixados um de cada lado do pilarete de concreto e no prisma de alvenaria, cuja finalidade foi medir as aberturas das fissuras, conforme mostram as figuras 3.5 e 3.6.

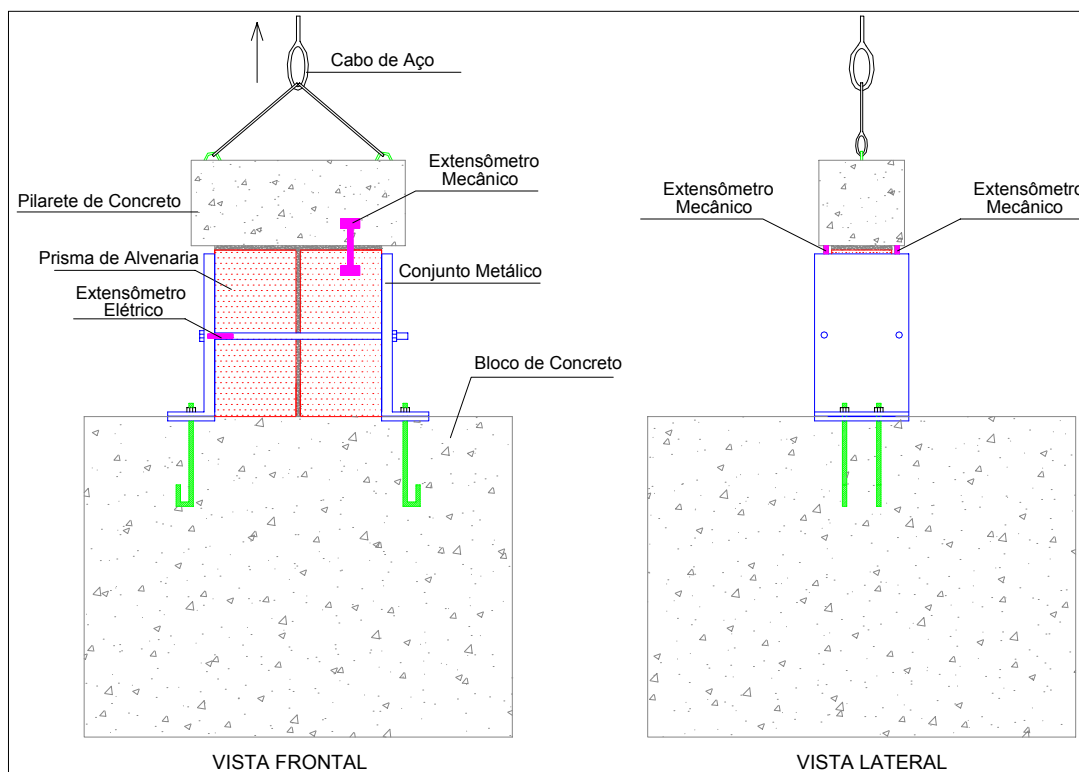


Figura 3.5 – Esquema do Ensaio de Arrancamento do Dispositivo Fixado ao Pilarete de Concreto Armado e à Junta de Argamassa de Primas de Alvenaria.



Figura 3.6 – Equipamento do Ensaio de Arrancamento do Dispositivo Fixado ao Pilarete de Concreto Armado e à Junta de Argamassa de Prismas de Alvenaria.

O objetivo desse experimento foi tracionar o corpo-de-prova até o aparecimento da primeira fissura, visível a olho nu, na interface alvenaria-pilarete de concreto a partir de uma distância de 0,50 m do corpo-de-prova. Foram elaborados gráficos de carga x deslocamento para cada corpo de prova ensaiado, anotando-se, além de sua carga máxima de ruptura, o deslocamento máximo de ruptura e valores intermediários, também a carga e deslocamento quando do aparecimento da primeira fissura visível a olho nu na interface alvenaria-pilarete.

Finalmente, foram analisados todos os resultados obtidos nos ensaios, verificando-se a menor abertura de fissura e concluindo-se assim a melhor técnica de ancoragem na interface alvenaria-pilar de concreto.

Neste capítulo, foi descrito o programa experimental para caracterização dos materiais utilizados e os ensaios principais de arrancamento à tração direta. No capítulo seguinte serão apresentados os resultados dos ensaios realizados.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Neste capítulo, serão apresentados todos os resultados dos experimentos executados conforme descritos no capítulo anterior.

Primeiramente serão mostrados os resultados dos ensaios de caracterização de todos os materiais utilizados para a elaboração do presente estudo (bloco cerâmico de vedação, argamassa ensacada industrializada, aço, cimento portland, agregado miúdo e agregado graúdo), depois os resultados dos ensaios de arrancamento do dispositivo de ancoragem da junta de argamassa de prismas de alvenaria, e finalmente os resultados dos ensaios de arrancamento do dispositivo fixado ao elemento de concreto armado e à junta de argamassa de prismas de alvenaria, como são descritos a seguir.

4.1. Ensaios de Caracterização dos Materiais

4.1.1. Bloco Cerâmico de Vedação

Para o bloco cerâmico de vedação, objeto do trabalho, inicialmente havia sido escolhido um tijolo cerâmico de vedação, denominado a partir de agora de tipo “A” com dimensões 14x19x29 cm, devido ao baixo custo e alta frequência de utilização na

construção civil, independente do nível da obra a ser realizada. Porém, após a realização dos ensaios preliminares, constatou-se que este tipo de material, fabricado empiricamente, não tem nenhuma qualidade, obtendo-se resultados muito aquém dos estabelecidos pelas normas vigentes.

Após a constatação de irregularidades, comprovadas com os resultados obtidos nos ensaios descritos nos itens 4.1.1.1 e 4.1.1.2, estes materiais foram devolvidos aos seus fornecedores e posteriormente foi adquirido um outro tipo de bloco cerâmico de vedação, denominado a partir de agora de tipo “B” com dimensões 14x19x39 cm, de primeira linha no mercado nacional, fabricado por uma empresa de renome e com selo de qualidade.

Supõe-se que, com a utilização do tijolo cerâmico de vedação tipo “A”, poderiam ocorrer outros problemas patológicos futuros, bem como uma estimativa de custo bem maior nas etapas de revestimentos devido a não uniformidade e padronização na fabricação destes materiais, mesmo custando quase a metade do preço de mercado em comparação com o bloco cerâmico de vedação tipo “B” de melhor qualidade.

A seguir, serão apresentados os resultados dos ensaios realizados para caracterização destes materiais, bem como as comparações entre os dois tipos de blocos cerâmicos utilizados neste experimento.

4.1.1.1. Determinação da Resistência à Compressão

Seguindo a norma brasileira NBR 6461 (ABNT, 1983), obteve-se os seguintes resultados tanto para o tijolo cerâmico de vedação tipo “A” 14x19x29 cm, mostrado na tabela 4.1, como para o bloco cerâmico de vedação tipo “B” 14x19x39 cm, mostrado na tabela 4.2.

Tabela 4.1 – Tijolo Cerâmico de Vedação Tipo“A” 14x19x29 cm: Ensaio da Resistência à Compressão

<i>Corpo-de-Prova N°</i>	<i>Resistência à Compressão (MPa)</i>
01	0,601
02	0,703
03	0,602
04	0,591
05	0,845
06	0,812
07	0,701
08	0,725
09	0,699
10	0,811
<i>Resistência Média (MPa)</i>	<i>0,710</i>

Tabela 4.2 – Bloco Cerâmico Vedação Tipo “B” 14x19x39 cm: Ensaio da Resistência à Compressão

<i>Corpo-de-Prova N°</i>	<i>Resistência à Compressão (MPa)</i>
01	3,806
02	4,295
03	4,192
04	5,481
05	3,706
06	3,679
07	3,781
08	3,981
09	4,215
10	4,006
<i>Resistência Média (MPa)</i>	<i>4,114</i>

Analisando as tabelas 4.1 e 4.2, verificou-se que a resistência média encontrada no ensaio com o tijolo cerâmico de vedação tipo “A” 14x19x29 cm (tabela 4.1) foi aproximadamente 28,4 % do valor mínimo exigido pela norma brasileira ($\geq 2,5$ MPa), enquanto que a resistência média conseguida pelo bloco cerâmico de vedação tipo “B” 14x19x39 cm (tabela 4.2) foi de aproximadamente 64,6 % superior ao valor da norma. Vale destacar que, para este segundo bloco, foram obtidos valores individuais de resistência à compressão bem próximos ou até superiores aos valores mínimos de blocos cerâmicos para fins estruturais ($\geq 4,5$ MPa). A figura 4.1 mostra o ensaio da resistência à compressão do tijolo cerâmico de vedação tipo “A” 14x19x29 cm.



Figura 4.1 – Ensaio da Resistência à Compressão do Tijolo Cerâmico Tipo “A”.

4.1.1.2. Determinação da Absorção de Água

De acordo com os procedimentos descritos na norma brasileira NBR 12118 (ABNT, 1991), obteve-se os seguintes resultados para os dois tipos de blocos cerâmicos citados anteriormente, como mostram as tabelas 4.3 e 4.4.

Tabela 4.3 – Tijolo Cerâmico de Vedação Tipo “A” 14x19x29 cm: Ensaio da Absorção de Água

Corpo-de Prova Nº	Peso do Bloco Seco (KN)	Peso do Bloco Úmido (KN)	Absorção (%)
01	0.3954	0,4624	16,85
02	0,3978	0,4668	17,35
03	0,3941	0,4605	16,85
04	0,4054	0,4716	16,33
05	0,4013	0,4706	17,27
06	0,3992	0,4677	17,16
<i>Absorção Média (%)</i>			16,97

Tabela 4.4 – Bloco Cerâmico Vedação Tipo “B” 14x19x39 cm: Ensaio da Absorção de Água

Corpo-de Prova Nº	Peso do Bloco Seco (KN)	Peso do Bloco Úmido (KN)	Absorção (%)
01	0,7530	0,8197	8,86
02	0,7635	0,8322	9,00
03	0,7613	0,8445	10,93
04	0,7589	0,8309	9,49
05	0,7525	0,8188	8,81
06	0,7536	0,8199	8,80
<i>Absorção Média (%)</i>			9,32

Analisando as tabelas 4.3 e 4.4, verificou-se que o tijolo cerâmico de vedação tipo “A” 14x19x29 cm também foi reprovado neste experimento tanto nas porcentagens de absorções individuais máximas exigidas pela norma ($\leq 15\%$), bem como na porcentagem de absorção média ($\leq 10\%$). Para o bloco cerâmico de vedação tipo “B” 14x19x39cm, todos os corpos-de-prova ensaiados obtiveram êxitos nas duas condições de aprovação descrita na norma brasileira NBR 12118 (ABNT, 1991).

Comprovou-se, assim, que existem materiais no mercado totalmente fora dos padrões de fabricação e qualidade. Os mesmos ainda têm sido muito utilizados por empresas e profissionais da construção civil, principalmente devido ao seu baixo custo de comercialização, apesar de sua péssima qualidade.

4.1.2. Argamassa de Assentamento

A argamassa de assentamento industrializada ensacada escolhida foi submetida aos ensaios de determinação da resistência à compressão, índice de consistência normal, resistência de aderência à tração e flexão, cujos resultados serão descritos a seguir.

4.1.2.1. *Determinação da Resistência à Compressão*

Foram moldados corpos-de-prova cilíndricos com dimensões de 5x10 cm segundo os procedimentos descritos na norma brasileira NBR 13279 (ABNT, 1995), obtendo-se os seguintes resultados apresentados na tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Argamassa de Assentamento: Ensaio da Resistência à Compressão

Corpo- de Prova Nº	Resistência à Compressão – 3 dias (MPa)	Resistência à Compressão – 21 dias (MPa)	Resistência à Compressão – 28 dias (MPa)
01	1,070	1,912	2,001
02	0,952	1,833	1,961
03	1,102	1,841	2,139
04	1,076	1,882	1,986
05	1,019	1,900	2,096
06	1,088	1,910	2,112
<i>Resistência à Compressão Média (MPa)</i>			<i>2,049</i>
<i>Desvio Relativo Máximo – 28 dias (%)</i>			<i>4,392 %</i>

Para os resultados da tabela 4.5, concluiu-se que a argamassa de assentamento analisada atende às exigências descritas na Norma. Vale destacar que a resistência à compressão média encontrada na argamassa é menor comparada à resistência encontrada no bloco cerâmico, satisfazendo a exigência de que a resistência à compressão das argamassas de assentamento deve ser inferior à dos blocos utilizados.

A figura 4.2 mostra o ensaio da resistência à compressão da argamassa de assentamento aos 28 dias.



Figura 4.2 – Ensaio da Resistência à Compressão da Argamassa de Assentamento.

4.1.2.2. Determinação do Índice de Consistência Normal (“Flow Table”)

De acordo com os procedimentos de ensaio descritos na norma brasileira NBR 13276 (ABNT, 2002), os resultados são mostrados na tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Argamassa de Assentamento: Ensaio do Índice de Consistência Normal (“Flow Table”)

Corpo-de-Prova Nº	Diâmetro 1 (mm)	Diâmetro 2 (mm)	Diferença entre Diâmetros (mm)	Índice de Consistência – Média Entre Diâmetros (mm)
01	235,00	233,00	2,00	234,00
02	236,00	233,00	3,00	234,50
03	235,50	233,00	1,50	234,25
04	234,00	232,00	2,00	233,00
05	235,00	232,00	3,00	233,50
06	235,50	232,50	2,00	234,00

De acordo com os resultados obtidos na tabela 4.6, observou-se que todos os valores referentes à diferença entre diâmetros são menores que o valor máximo descrito na Norma ($\leq 5,00$ mm).

4.1.2.3. Determinação da Resistência de Aderência à Tração

Após a realização dos ensaios utilizando os procedimentos descritos na norma brasileira NBR 13528 (ABNT, 1995), obteve-se os resultados apresentados na tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Argamassa de Assentamento: Ensaio da Resistência de Aderência à Tração

Corpo-de-Prova Nº	Idade (dias)	Carga (N)	Secção (mm²)	Resistência de Aderência – Ra (MPa)	Modo de Ruptura
01	28	810,00	1.823,00	0,444	argamassa
02	28	770,00	1.862,00	0,413	argamassa
03	28	1.220,00	1.815,10	0,672	argamassa
04	28	1.122,00	1.791,20	0,625	argamassa
05	28	930,00	1.774,20	0,524	argamassa
06	28	790,00	1.824,80	0,433	argamassa

Analisando-se os resultados obtidos na tabela 4.7 e comparando-os com as especificações da norma brasileira NBR 13749 (ABNT, 1996), item 5.7 – Aderência, que relata que a argamassa analisada deve ser aceita se, de cada grupo de seis ensaios realizados com idade igual ou superior a 28 dias, pelo menos quatro valores de resistência de aderência (Ra) forem iguais ou superiores a 0,30 MPa, pode-se concluir que a argamassa de assentamento analisada foi aprovada no que se refere à resistência de aderência à tração.

4.1.2.4. Determinação da Resistência de Aderência à Flexão

Executando os ensaios conforme os procedimentos descritos na norma americana E 518 (ASTM, 2002), obteve-se os resultados mostrados na tabela 4.8.

Tabela 4.8 – Argamassa de Assentamento: Ensaio da Resistência de Aderência na Flexão

Corpo-de-Prova N°	<i>l</i> (mm)	<i>P_s</i> (N)	<i>P</i> (N)	<i>S=W</i> (mm³)	<i>R</i> (MPa)
01	610,00	555,29	12.602,00	2.322.572,65	0,57
02	610,00	557,22	11.621,30	2.322.572,65	0,53
03	610,00	555,89	9.561,83	2.322.572,65	0,44
04	610,00	556,09	6.815,87	2.322.572,65	0,32
05	610,00	554,69	7.894,64	2.322.572,65	0,36
06	610,00	556,63	5.786,13	2.322.572,65	0,27
07	610,00	552,50	8.335,95	2.322.572,65	0,38
08	610,00	554,68	7.894,64	2.322.572,65	0,36
Módulo de Ruptura Médio – <i>R_m</i> (MPa)					0,403
onde: <i>l</i> = comprimento entre os apoios; <i>P_s</i> = peso dos corpos-de-prova; <i>P</i> = carga máxima de ruptura; <i>S = W</i> = módulo da seção real; <i>R</i> = módulo de ruptura					

Comparando-se os resultados apresentados na tabela 4.8 com a norma americana C 1329 (ASTM, 2003), a priori, pode-se classificar a argamassa analisada como do tipo “N”. Porém, após comparações com os resultados obtidos nos ensaios de determinação de resistência à compressão descrito no item 4.1.2.1 e especificações da norma americana C 270 (ASTM, 2003), concluiu-se finalmente que a argamassa utilizada é classificada como tipo “O”, ou seja, argamassa de assentamento para alvenaria de vedação interna ou externa.

A figura 4.3 mostra o ensaio da resistência de aderência à flexão da argamassa de assentamento.



Figura 4.3 – Ensaio da Resistência de Aderência à Flexão da Argamassa de Assentamento.

4.1.3. Aço

Foram escolhidos três diferentes tipos de materiais como parâmetros variáveis para ligação alvenaria-estrutura: barra de aço CA-50 com diâmetro 5,0 mm tipo “ferro cabelo”; barra de aço CA-50 com diâmetro 6,3 mm tipo “ferro cabelo”; e tela metálica

eletrosoldada galvanizada de malha 15x15 mm e diâmetro do fio de 1,65 mm, para determinação da resistência à tração, cujos resultados serão descritos a seguir.

4.1.3.1. Determinação da Resistência à Tração

Utilizando os procedimentos descritos na norma brasileira NBR 7480 (ABNT, 1996), obteve-se os seguintes resultados para as barras de aço CA-50, diâmetro 5.0 mm tipo “ferro cabelo”, conforme são mostrados na tabela 4.9.

Tabela 4.9 – Barra de Aço CA-50, Diâmetro 5.0 mm tipo “ferro cabelo”: Ensaio da Resistência à Tração

CP Nº	<i>l</i> (mm)	<i>M</i> (g)	<i>P_y</i> (daN)	<i>P_{máx.}</i> (daN)	<i>m</i> (kg/m)	<i>D</i> (%)	<i>A</i> (mm ²)	<i>Φ</i> (mm)	<i>δ</i> (%)	<i>ε</i> (%)	<i>f_y</i> (MPa)	<i>f_{st}</i> (MPa)
01	501,00	78,04	1.658,25	1.850,00	0,156	1,30	19,80	5,02	10,00	42,73	837,50	934,34
02	502,00	78,24	1.660,50	1.860,00	0,156	1,30	19,80	5,02	9,20	42,73	838,64	939,39
03	500,00	78,16	1.655,00	1.855,00	0,156	1,30	19,80	5,02	9,80	42,73	835,86	936,87
04	501,00	78,08	1.650,50	1.865,00	0,156	1,30	19,80	5,02	10,40	44,22	833,59	941,92
05	500,00	78,01	1.660,00	1.850,00	0,156	1,30	19,80	5,02	12,00	39,67	838,38	934,34
06	502,00	77,97	1.657,50	1.870,00	0,155	0,65	19,74	5,01	8,60	44,22	839,67	947,32

onde:

l = comprimento do corpo-de-prova;

M = massa do corpo-de-prova;

P_y = carga de escoamento;

P_{máx.} = carga máxima de ruptura;

m = massa linear;

D = desbitolamento;

A = área;

Φ = diâmetro;

δ = alongamento após ruptura;

ε = estricção;

f_y = resistência de escoamento;

f_{st} = resistência convencional à ruptura.

Analizando a tabela 4.9, pode-se afirmar que as amostras analisadas deste tipo de material estão em conformidade com a norma vigente, podendo assim ser uma alternativa para os ensaios posteriores de arrancamento.

A figura 4.4 mostra um gráfico do ensaio da resistência à tração para a barra de aço CA-50, diâmetro 5.0 mm, onde f_y é a tensão de escoamento, ε_y é a deformação específica e E_s é o módulo de deformação.

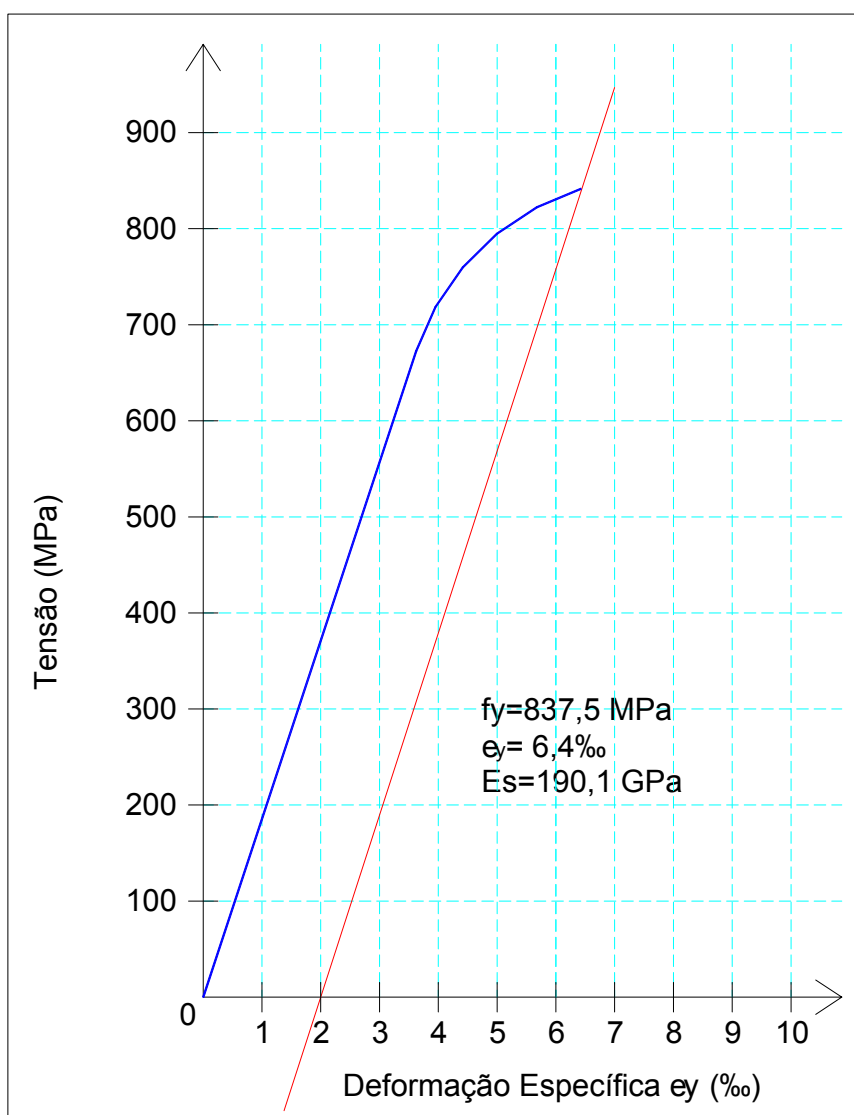


Figura 4.4 – Gráfico do Ensaio de Resistência à Tração do Aço CA-50 5.0 mm.

A seguir, tem-se os resultados obtidos nos ensaios com as barras de aço CA-50, diâmetro 6.3 mm tipo “ferro cabelo”, como são mostrados na tabela 4.10.

Tabela 4.10 – Barra de Aço CA-50, Diâmetro 6.3mm: Ensaio da Resistência à Tração

CP Nº	<i>l</i> (mm)	<i>M</i> (g)	<i>P_y</i> (daN)	<i>P_{máx.}</i> (daN)	<i>m</i> (kg/m)	<i>D</i> (%)	<i>A</i> (mm²)	<i>Φ</i> (mm)	<i>δ</i> (%)	<i>ε</i> (%)	<i>f_y</i> (MPa)	<i>f_{st}</i> (MPa)
01	500,00	122,35	1.945,32	2.330,00	0,245	0,00	31,21	6,303	14,33	46,73	623,30	746,56
02	501,00	122,84	1.950,00	2.410,00	0,245	0,00	31,21	6,303	15,00	41,99	624,80	772,19
03	499,00	122,75	1.980,15	2.365,00	0,246	0,41	31,34	6,317	14,17	43,46	631,83	754,64
04	500,00	122,88	1.990,00	2.415,00	0,246	0,41	31,34	6,317	13,50	45,81	634,97	770,58
05	502,00	122,92	1.960,50	2.390,00	0,245	0,00	31,21	6,303	13,83	41,99	628,16	765,78
06	500,00	122,61	1.970,00	2.395,00	0,245	0,00	31,21	6,303	15,17	39,58	631,21	767,38

onde:

l = comprimento do corpo-de-prova;

M = massa do corpo-de-prova;

P_y = carga de escoamento;

P_{máx.} = carga máxima de ruptura;

m = massa linear;

D = desbitolamento;

A = área;

Φ = diâmetro;

δ = alongamento após ruptura;

ε = estrição;

f_y = resistência de escoamento;

f_{st} = resistência convencional à ruptura.

De acordo com a tabela 4.10, pode-se afirmar que as amostras deste tipo de material analisadas também estão em conformidade com a Norma vigente, podendo assim ser mais uma alternativa para os ensaios posteriores de arrancamento.

A figura 4.5 mostra um gráfico do ensaio da resistência à tração para a barra de aço CA-50, diâmetro 6.3 mm, onde f_y é a tensão de escoamento, ε_y é a deformação específica e E_s é o módulo de deformação.

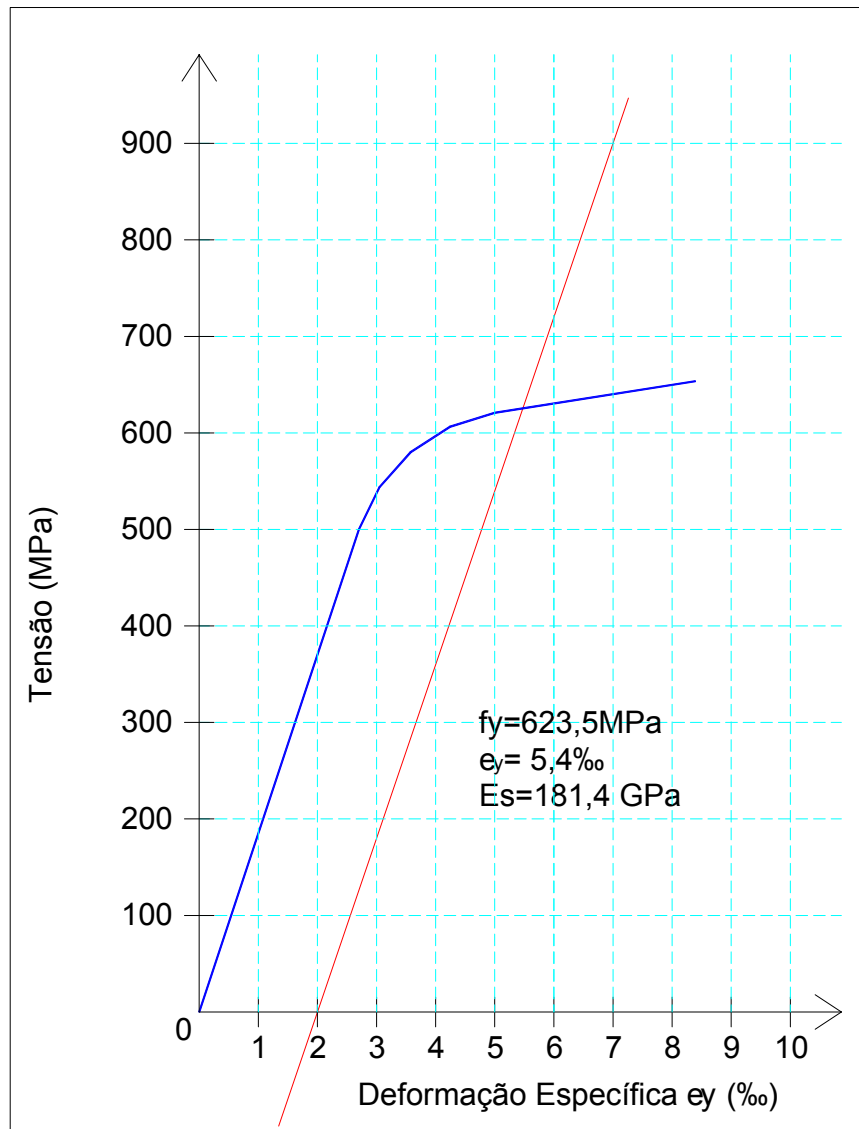


Figura 4.5 – Gráfico do Ensaio de Resistência à Tração do Aço CA-50 6.3 mm.

A figura 4.6 mostra o ensaio da resistência à tração da barra de aço.



Figura 4.6 – Ensaio da Resistência à Tração das Barras de Aço.

Concluídos os ensaios de caracterização do aço, a tabela 4.11, a seguir, mostra os resultados dos ensaios das telas metálicas eletrosoldadas galvanizadas, malha 15x15 mm e diâmetro do fio de 1,65 mm, segundo os procedimentos descritos nas normas brasileira NBR 7480 (ABNT, 1996) e NBR 7481 (ABNT, 1990).

Tabela 4.11 – Tela Metálica Eletrosoldada Galvanizada, malha 15x15mm, diâmetro do fio 1.65 mm: Ensaio da Resistência à Tração

CP Nº	<i>l</i> (mm)	<i>M</i> (g)	<i>P_y</i> (daN)	<i>P_{máx.}</i> (daN)	<i>m</i> (kg/m)	<i>D</i> (%)	<i>A</i> (mm²)	<i>Φ</i> (mm)	<i>δ</i> (%)	<i>ε</i> (%)	<i>f_y</i> (MPa)	<i>f_{st}</i> (MPa)
01	498,00	17,58	74,00	97,00	0,035	9,38	4,46	2,38	24,67	84,07	165,92	217,49
02	498,00	16,44	75,00	98,00	0,033	3,13	4,20	2,31	22,00	88,78	178,57	233,33
03	499,00	17,12	76,00	101,00	0,034	6,25	4,33	2,35	23,33	83,51	175,52	233,26
04	501,00	16,96	74,00	99,00	0,034	6,25	4,33	2,35	24,00	82,96	170,90	228,64
05	500,00	17,08	76,00	100,00	0,034	6,25	4,33	2,35	25,33	85,10	175,52	230,95
06	499,00	17,26	77,00	98,00	0,035	9,38	4,46	2,38	20,00	86,18	172,65	219,73

onde:

l = comprimento do corpo-de-prova;

M = massa do corpo-de-prova;

P_y = carga de escoamento;

P_{máx.} = carga máxima de ruptura;

m = massa linear;

D = desbitolamento;

A = área;

Φ = diâmetro;

δ = alongamento após ruptura;

ε = estrição;

f_y = resistência de escoamento;

f_{st} = resistência convencional à ruptura.

Após análise dos resultados apresentados na tabela 4.11, concluiu-se que as amostras das telas metálicas analisadas também estão em conformidade com a norma

vigente, podendo assim ser outra alternativa para os ensaios posteriores de arrancamento, juntamente com as barras de aço apresentadas anteriormente.

A figura 4.7 mostra um gráfico do ensaio da resistência à tração para o fio da tela metálica eletrosoldada galvanizada, malha 15 x 15mm e diâmetro do fio 1,65 mm, onde f_y é a tensão de escoamento, ε_y é a deformação específica e E_s é o módulo de deformação.

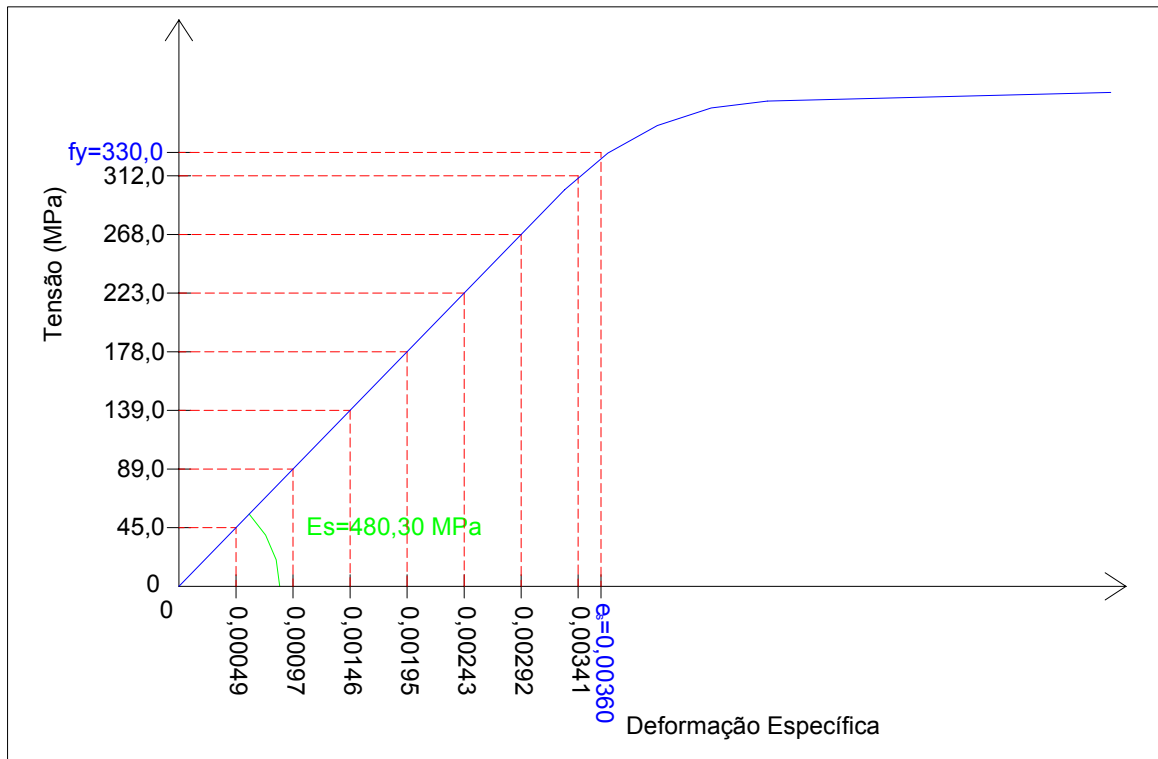


Figura 4.7 – Gráfico do Ensaio de Resistência à Tração do Fio da Tela Metálica

A figura 4.8 mostra o ensaio da resistência à tração da tela metálica eletrosoldada galvanizada.



Figura 4.8 – Ensaio da Resistência à Tração da Tela Metálica Eletrosoldada.

4.1.4. Cimento Portland

O cimento Portland CPIII-32 escolhido foi submetido aos ensaios de determinação da resistência à compressão, da finura e do tempo de pega, cujos resultados serão descritos a seguir.

4.1.4.1. Determinação da Resistência à Compressão

Foram moldados corpos-de-prova cilíndricos com dimensões de 5x10 cm segundo os procedimentos descritos na norma brasileira NBR 7215 (ABNT, 1996), obtendo-se os resultados apresentados na tabela 4.12.

Tabela 4.12 – Cimento Portland CPIII-32: Ensaio da Resistência à Compressão

<i>Corpo-de-Prova Nº</i>	<i>Resistência à Compressão – 3 dias (MPa)</i>	<i>Resistência à Compressão – 7 dias (MPa)</i>	<i>Resistência à Compressão – 28 dias (MPa)</i>
01	12,863	24,876	35,032
02	13,981	20,905	38,175
03	13,388	24,339	36,791
04	12,352	23,682	36,025
05	13,117	22,991	39,002
06	13,066	21,112	37,147
<i>Resistência à Compressão Média (MPa)</i>			<i>37,029</i>
<i>Desvio Relativo Máximo – 28 dias (%)</i>			<i>5,393%</i>

Analisando os resultados apresentados na tabela 4.12, pode-se afirmar que o cimento Portland escolhido está dentro dos padrões da norma utilizada, pois a resistência à compressão média encontrada (37,039 MPa) é superior ao especificado pelo fabricante (32 MPa) e o desvio relativo máximo (5,393 %) é inferior ao exigido pela norma vigente ($\leq 6,00$ %).

A figura 4.9 mostra o ensaio da resistência à compressão do cimento Portland aos 28 dias.



Figura 4.9 – Ensaio da Resistência à Compressão do Cimento Portland.

4.1.4.2. Determinação da Finura

Seguindo os procedimentos de ensaio e utilizando equipamentos especificados na norma brasileira NBRNM 76 (ABNT, 1998), obteve-se um resultado de índice de finura por meio da peneira 75 micrômetros (nº 200) igual a 0,12 %, bem abaixo do estabelecido pela Norma que é $\leq 8,00$ %. Portanto, pode-se afirmar que o cimento Portland CPIII-32 está de acordo com a Norma.

4.1.4.3. Determinação dos Tempos de Pega

De acordo com os procedimentos descritos na norma brasileira NBRNM 65 (ABNT, 2003), chegou-se a um tempo de início de pega (TIP) de 2 horas e 55 minutos e um tempo de final de pega (TFP) de 5 horas. Como estas durações encontradas estão dentro dos limites estabelecidos pela Norma, pode-se afirmar que o cimento Portland CPIII-32 analisado foi aprovado.

4.1.5. Agregado Miúdo

O agregado miúdo escolhido foi submetido aos ensaios de determinação da composição granulométrica e massa específica, cujos resultados serão descritos a seguir.

4.1.5.1. Determinação da Composição Granulométrica

Atendendo os procedimentos de ensaio descritos na norma brasileira NBRNM 248 (ABNT, 2003), o agregado miúdo utilizado gerou os seguintes resultados apresentados na tabela 4.13.

Tabela 4.13 – Agregado Miúdo: Ensaio da Composição Granulométrica

<i>Peneira # (mm)</i>	<i>Massa Retida (g)</i>	<i>Massa Retida (%)</i>	<i>Massa Retida Acumulada (%)</i>
9,50	0,00	0,00	0,00
6,30 *	2,00	0,35 – 0,00	0,00
4,80	1,00	0,17 – 0,00	0,00
2,40	10,00	1,75 – 2,00	2,00
1,20	35,00	6,14 – 6,00	8,00
0,60	119,00	20,88 – 21,00	29,00
0,30	223,00	39,12 – 39,00	68,00
0,15	166,00	29,12 – 29,00	97,00
Fundo	14,00	2,47 – 3,00	100,00
<i>Total</i>	<i>570,00</i>	<i>100,00</i>	

De acordo com os dados apresentados na tabela 4.13, foram encontrados os resultados de dimensão máxima característica do agregado miúdo correspondente à peneira de malha 2,4 mm e de módulo de finura igual a 2,04. Concluindo, pode-se afirmar que o agregado miúdo ensaiado, de acordo com sua curva granulométrica, está localizado na zona 2 (tipo fina).

A figura 4.10 mostra o ensaio da determinação da composição granulométrica do agregado miúdo.



Figura 4.10 – Ensaio da Determinação da Composição Granulométrica do Agregado Miúdo.

4.1.5.2. Determinação da Massa Específica

Após concluído o ensaio para determinação da massa específica do agregado miúdo em estudo e seguindo o procedimento descrito na norma brasileira NBRNM 52 (ABNT, 2003), o resultado encontrado foi igual a $2,62 \text{ kg/dm}^3$.

4.1.6. Agregado Graúdo

O agregado graúdo escolhido foi submetido aos ensaios de determinação da composição granulométrica e massa específica, cujos resultados serão descritos a seguir.

4.1.6.1. Determinação da Composição Granulométrica

Atendendo os procedimentos de ensaio descritos na norma brasileira NBRNM 248 (ABNT, 2003), o agregado miúdo utilizado gerou os resultados apresentados na tabela 4.13.

Tabela 4.14 – Agregado Graúdo: Ensaio da Composição Granulométrica

<i>Peneira # (mm)</i>	<i>Massa Retida (g)</i>	<i>Massa Retida (%)</i>	<i>Massa Retida Acumulada (%)</i>
19,00	98,00	1,93 – 2,00	2,00
12,50 *	4.198,00	82,75 – 82,00	84,00
9,50	460,00	9,07 – 9,00	93,00
6,30 *	286,00	5,64 – 6,00	99,00
4,80	31,00	0,61 – 1,00	100,00
2,40	0,00	0,00	100,00
1,20	0,00	0,00	100,00
0,60	0,00	0,00	100,00
0,30	0,00	0,00	100,00
0,15	0,00	0,00	100,00
Fundo	0,00	0,00	100,00
<i>Total</i>	<i>5.073,00</i>	<i>100,00</i>	

De acordo com os dados apresentados na tabela 4.14, foram encontrados os resultados da dimensão máxima característica do agregado graúdo correspondente à

peneira de malha 19,00 mm, dimensão mínima característica correspondente à peneira malha 6,30 mm e módulo de finura igual a 6,95. Concluindo, pode-se afirmar que o agregado graúdo ensaiado, de acordo com sua curva granulométrica, está caracterizado como brita 1. A figura 4.11 mostra o ensaio da determinação da composição granulométrica do agregado graúdo.



Figura 4.11 – Ensaio da Determinação da Composição Granulométrica do Agregado Graúdo.

Concluídos os ensaios de caracterização dos materiais, serão apresentados os resultados obtidos nos ensaios principais das técnicas de ancoragem na interface alvenaria de vedação e pilar de concreto.

4.2. Ensaio de Arrancamento à Tração Direta (“Pullout Test”)

Os resultados obtidos nos Ensaio de Arrancamento à Tração Direta (“Pullout Test”), utilizando as metodologias descritas nos itens 3.2.1 e 3.2.2 e seguindo os procedimentos da norma americana E 754 (ASTM, 2000), serão apresentados a seguir.

4.2.1. Arrancamento do Dispositivo de Ancoragem da Junta de Argamassa de Prismas de Alvenaria

As tabelas 4.15 e 4.16 mostram os resultados individuais de carga de arrancamento x deslocamento obtidos para os corpos-de-prova com barras de aço CA-50 com diâmetro 5,0 mm tipo “ferro cabelo”, com os comprimentos dos materiais de ancoragem 30 cm e 40 cm.

Tabela 4.15 – Aço CA-50 diâmetro 5,0 mm e c=30 cm: Ensaio de Arrancamento

Deslocamento	Aço CA-50 5.0 mm c=30cm							
	CP1		CP2		CP3		CP4	
Carga (daN)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)
0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
25,00	0,0291	0,1667	0,0036	0,0362	0,0073	0,0072	0,0036	0,0109
125,00	0,0872	0,2355	0,1781	0,2145	0,0363	0,0254	0,0618	0,1123
225,00	0,2108	0,2899	0,3307	0,3189	0,1890	0,1952	0,1741	0,2174
350,00	0,3052	0,2971	0,3815	0,4891	0,2798	0,2688	0,3005	0,2246
450,00	0,3343	0,3442	0,4542	0,5123	0,2871	0,3949	0,3854	0,3080
525,00	0,3416	0,4130	0,4781	0,5569	0,3954	0,4493	0,4362	0,4114
625,00	0,3852	0,4420	0,4942	0,7029	0,4256	0,5181	0,4585	0,4959
675,00	0,4033	0,4601	0,5085	0,7428	0,4687	0,5521	0,4985	0,5214
750,00	0,4125	0,4879	0,5233	0,8007	0,5814	1,8804	0,6012	0,6115
800,00	0,4542	0,5201	0,5713	0,8623	-	-	-	-
900,00	0,4615	0,5580	0,6105	0,8877	-	-	-	-
1000,00	0,4797	0,5689	0,6504	0,9058	-	-	-	-
1100,00	0,5124	0,7489	0,6722	0,9130	-	-	-	-
1175,00	0,5378	0,7985	0,8866	0,9465	-	-	-	-

Tabela 4.16 – Aço CA-50 diâmetro 5,0 mm e c=40 cm: Ensaio de Arrancamento

Deslocamento	Aço CA-50 5.0 mm c=40cm							
	CP1		CP2		CP3		CP4	
Carga (daN)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)
0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
25,00	0,0036	0,0217	0,0000	0,0000	0,0073	0,0072	0,0109	0,0072
125,00	0,1017	0,0290	0,0036	0,0036	0,0182	0,0181	0,0145	0,0145
225,00	0,1102	0,0399	0,1835	0,0360	0,0214	0,0678	0,0145	0,0435
350,00	0,1272	0,0507	0,1999	0,0978	0,0399	0,1632	0,0218	0,0507
450,00	0,1526	0,0507	0,2356	0,1413	0,0436	0,3043	0,0254	0,0688
525,00	0,2144	0,0978	0,2845	0,2594	0,0509	0,5399	0,0654	0,0978
625,00	0,2198	0,1268	0,3706	0,3189	0,0799	0,6014	0,1817	0,1738
675,00	0,2354	0,1812	0,4102	0,4601	0,1258	0,6542	0,2180	0,1856
750,00	0,2689	0,2101	0,4369	0,4876	0,1569	0,7014	0,3052	0,2935
800,00	0,2984	0,2138	0,4712	0,4973	0,1926	0,7935	0,3307	0,3116
900,00	0,3198	0,2174	0,5124	0,5036	0,2145	1,1920	0,4203	0,3442
1000,00	0,3488	0,2246	0,5984	0,6123	0,2326	1,3841	0,4507	0,4203
1100,00	0,3561	0,2341	0,7122	0,6703	0,2910	1,4522	0,5508	0,4457
1175,00	0,3743	0,2479	0,8176	0,7935	0,3025	1,5098	0,7449	0,5652
1350,00	0,4256	0,2560	0,8648	0,8841	0,4142	1,5226	0,9121	0,7572
1450,00	-	-	0,9484	0,9235	0,5160	1,5488	1,0102	0,8261
1550,00	-	-	0,9687	0,9836	0,6287	1,6387	1,4717	0,9457
1625,00	-	-	1,1882	1,4094	0,7086	1,7854	-	-
1700,00	-	-	-	-	0,7256	1,9822	-	-

A figura 4.12 mostra a comparação dos deslocamentos médios referentes aos dois comprimentos de ancoragem: 30 cm e 40 cm.

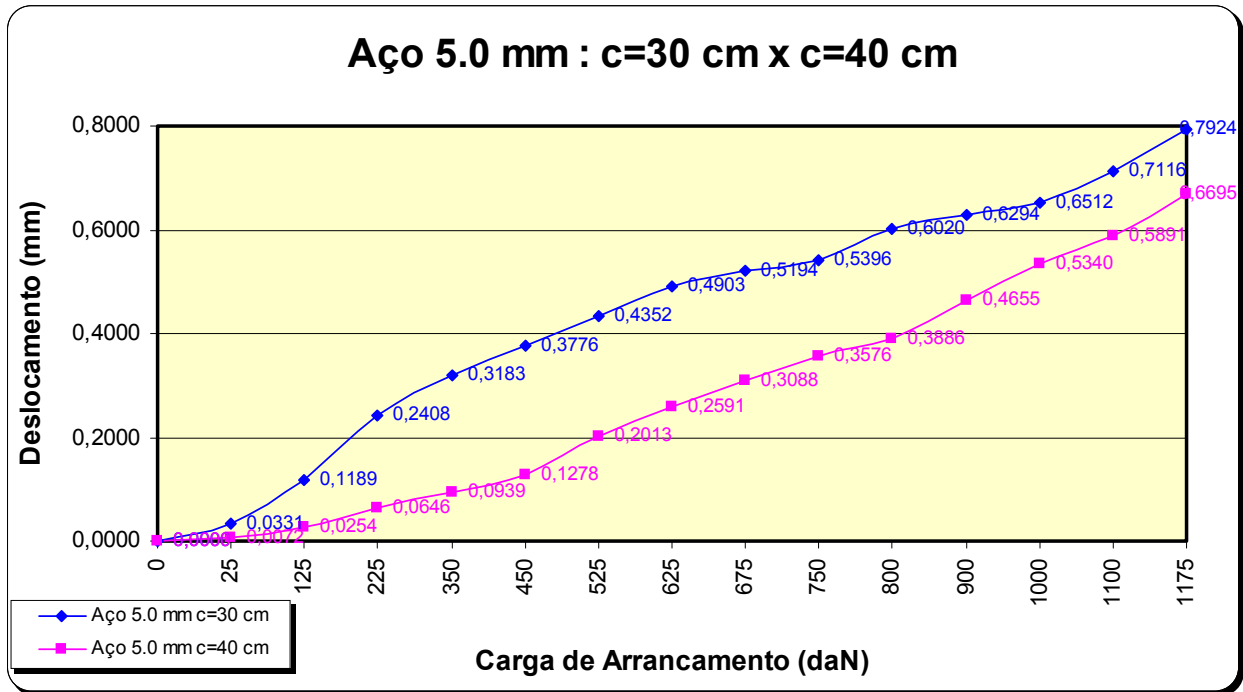


Figura 4.12 – Comparação Entre os Deslocamentos Médios para o Aço CA-50, Diâmetro 5,0 mm e Comprimento de Ancoragem 30 cm e 40 cm.

As figuras 4.13 e 4.14 mostram os ensaios de arrancamento do dispositivo de ancoragem da junta de argamassa de prismas de alvenaria para as barras de aço CA-50, diâmetro 5,0 mm tipo “ferro cabelo” com comprimento do material de ancoragem 30 cm e 40 cm.

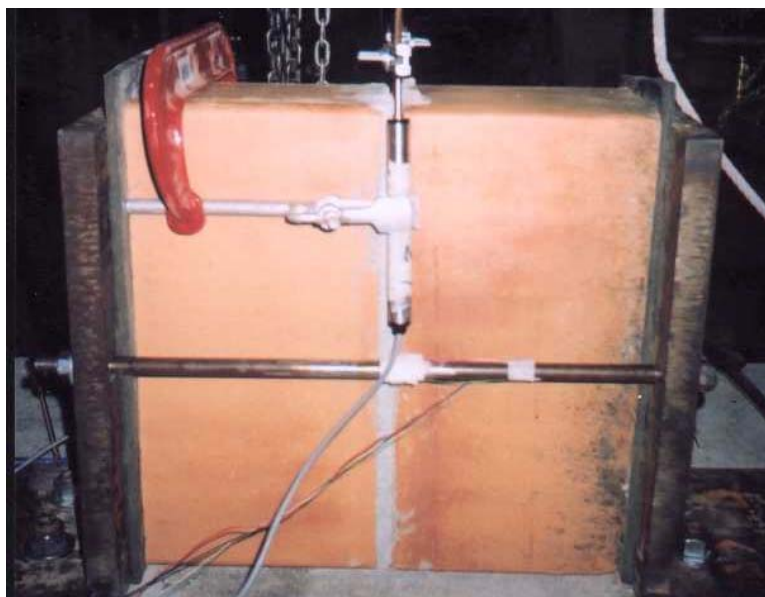


Figura 4.13 – Ensaio de Arrancamento para o Aço CA-50, diâmetro 5,0 mm e comprimento de ancoragem 30 cm.

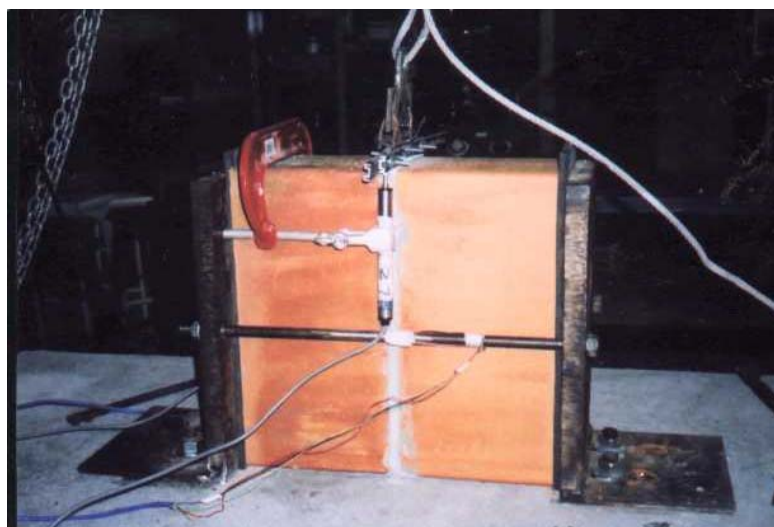


Figura 4.14 – Ensaio de Arrancamento para o Aço CA-50, diâmetro 5,0 mm e comprimento de ancoragem 40 cm.

As tabelas 4.17 e 4.18 mostram os resultados individuais de carga de arrancamento x deslocamento obtidos para os corpos-de-prova com barras de aço CA-50 com diâmetro 6,3 mm tipo “ferro cabelo” (2 vezes), com os comprimentos dos materiais de ancoragem 30 cm e 40 cm.

Tabela 4.17 – Aço CA-50 diâmetro 6,3 mm e c=30 cm: Ensaio de Arrancamento

Deslocamento	Aço CA-50 6.3 mm c=30cm							
	CP1		CP2		CP3		CP4	
Carga (daN)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)
0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
25,00	0,0036	0,0109	0,0254	0,0399	0,0073	0,0145	0,0036	0,0036
125,00	0,0400	0,0217	0,1268	0,1199	0,0145	0,0299	0,0181	0,0181
225,00	0,0581	0,0217	0,2464	0,2365	0,0352	0,0457	0,0654	0,0290
350,00	0,1163	0,0507	0,2971	0,2943	0,0452	0,0616	0,1532	0,0471
450,00	0,1453	0,1741	0,4638	0,3597	0,0549	0,0978	0,1826	0,0942
525,00	0,2036	0,2797	0,5181	0,4760	0,0654	0,1449	0,2580	0,1920
625,00	0,2871	0,3245	0,5365	0,5087	0,0877	0,1884	0,2689	0,2488
675,00	0,3122	0,3469	0,5942	0,5451	0,0981	0,2145	0,2834	0,3014
750,00	0,3452	0,3698	0,6377	0,5523	0,1254	0,2698	0,3169	0,3804
800,00	0,3698	0,3870	0,6541	0,5651	0,1490	0,3007	0,3547	0,4493
900,00	0,3961	0,4356	0,6942	0,5712	0,2471	0,3225	0,3706	0,4601
1000,00	0,4251	0,4761	0,7245	0,6089	0,3379	0,3297	0,4142	0,4891
1100,00	0,4369	0,4906	0,7812	0,6524	0,4189	0,3698	0,4978	0,5036
1175,00	0,4498	0,5148	0,8125	0,7548	0,5451	0,4348	0,5124	0,5600
1350,00	0,4615	0,5290	0,8516	0,7945	0,6068	0,5181	0,5996	0,6018
1450,00	0,4987	0,5346	0,9062	0,8145	0,6354	0,5698	0,6014	0,6358
1550,00	0,5269	0,5540	0,9247	0,8778	0,6589	0,6087	0,6325	0,6587
1600,00	0,5874	0,5819	0,9487	0,9258	0,6822	0,6232	0,6432	0,6698
1700,00	0,6245	0,5969	0,9854	0,9985	-	-	0,6898	0,6801
1775,00	0,6613	0,6196	1,2120	1,1748	-	-	0,6984	0,6874
1825,00	0,6879	0,6594	-	-	-	-	0,7125	0,7569
2050,00	0,7016	0,6978	-	-	-	-	-	-
2200,00	0,7245	0,7097	-	-	-	-	-	-

Tabela 4.18 – Aço CA-50 diâmetro 6,3 mm e c=40 cm: Ensaio de Arrancamento

Deslocamento	Aço CA-50 6.3 mm c=40cm							
	CP1		CP2		CP3		CP4	
Carga (daN)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)
0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
25,00	0,0109	0,0073	0,0036	0,0073	0,0036	0,0072	0,0073	0,0036
125,00	0,0256	0,0299	0,0145	0,0181	0,0109	0,0145	0,0204	0,0181
225,00	0,0400	0,0593	0,0507	0,0488	0,0399	0,0580	0,0566	0,0415
350,00	0,0518	0,0797	0,0727	0,0874	0,0690	0,0874	0,0875	0,0744
450,00	0,0690	0,0987	0,1025	0,1232	0,0981	0,1014	0,1023	0,1036
525,00	0,0874	0,1023	0,1490	0,1556	0,1085	0,1449	0,1189	0,1478
625,00	0,1036	0,1345	0,1985	0,1739	0,1284	0,1687	0,1445	0,1874
675,00	0,1145	0,1489	0,2326	0,1848	0,1546	0,1848	0,2154	0,2115
750,00	0,1298	0,1812	0,2544	0,2369	0,1879	0,2101	0,2544	0,2350
800,00	0,1381	0,1923	0,3198	0,2790	0,1988	0,2246	0,2834	0,2687
900,00	0,1685	0,2536	0,3416	0,3551	0,2146	0,2464	0,3214	0,2984
1000,00	0,1982	0,2985	0,3779	0,3874	0,2364	0,2717	0,3478	0,3216
1100,00	0,2144	0,3442	0,3985	0,3913	0,2487	0,2971	0,3706	0,3684
1175,00	0,2356	0,3685	0,4125	0,4254	0,2874	0,3247	0,4142	0,3845
1350,00	0,2507	0,4000	0,4324	0,4783	0,3175	0,3478	0,4456	0,4111
1450,00	0,2874	0,4239	0,4469	0,5036	0,3287	0,3689	0,4687	0,4655
1550,00	0,3012	0,4587	0,4542	0,5870	0,3541	0,3986	0,4978	0,4987
1600,00	0,3270	0,4964	0,4724	0,6522	0,3741	0,4255	0,5124	0,5248
1700,00	0,3498	0,5399	0,4760	0,6957	0,3986	0,4638	0,5996	0,5685
1775,00	0,3634	0,5588	0,4987	0,7754	0,4215	0,4964	0,6432	0,6149
1825,00	0,3985	0,5896	0,5239	0,8478	0,4289	0,5181	0,6645	0,6555
2050,00	0,4106	0,6051	0,5541	0,8788	0,4347	0,5254	0,6879	0,6985
2175,00	0,4251	0,6233	0,5985	0,9420	0,4474	0,5399	0,7114	0,7244
2250,00	0,4325	0,6588	0,6214	0,9819	0,4875	0,5587	-	-
2300,00	0,4414	0,6667	-	-	0,5102	0,5982	-	-
2325,00	0,4578	0,8152	-	-	-	-	-	-

A figura 4.15 mostra a comparação dos deslocamentos médios referentes aos dois comprimentos de ancoragem: 30 cm e 40 cm.

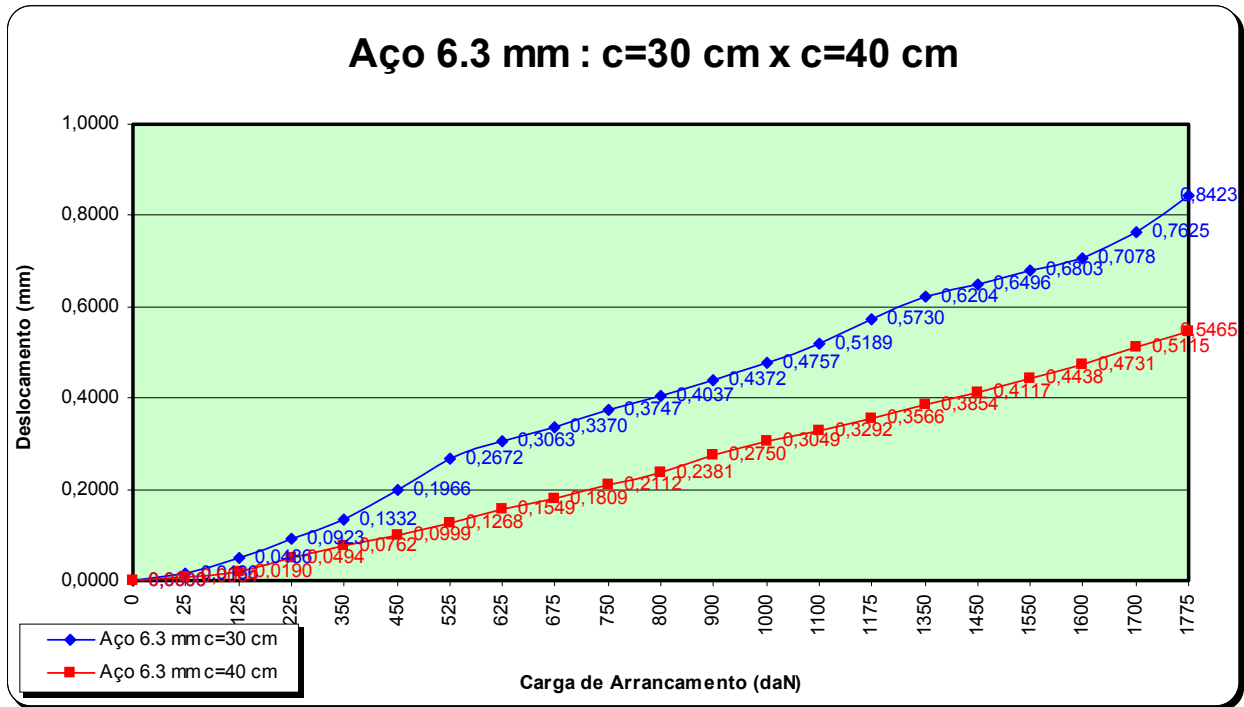


Figura 4.15 – Comparação Entre os Deslocamentos Médios para o Aço CA-50, Diâmetro 6,3 mm e Comprimento de Ancoragem 30 cm e 40 cm.

As figuras 4.16 e 4.17 mostram os ensaios de arrancamento do dispositivo de ancoragem da junta de argamassa de prismas de alvenaria para as barras de aço CA-50, diâmetro 6,3 mm tipo “ferro cabelo” com comprimento do material de ancoragem 30 cm e 40 cm.

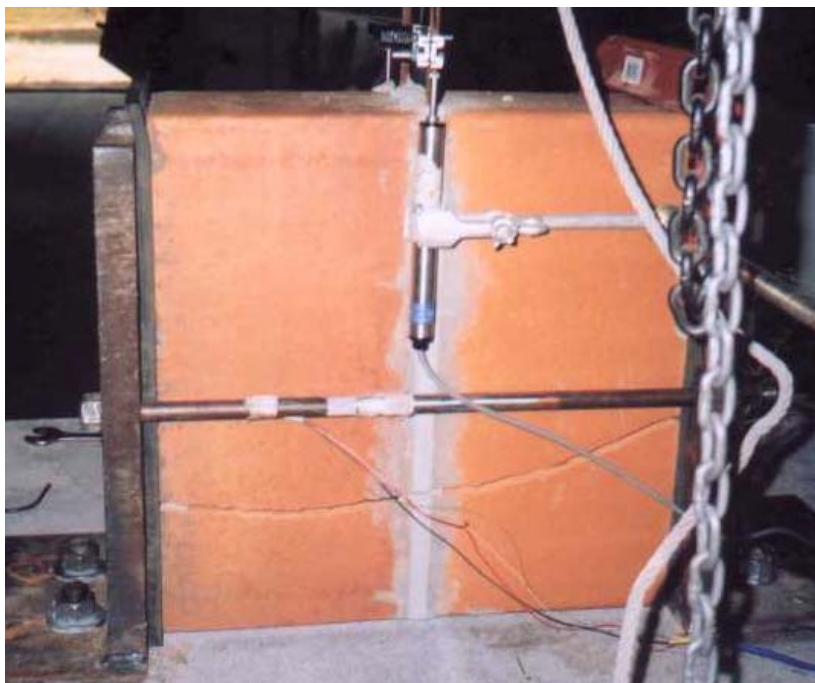


Figura 4.16 – Ensaio de Arrancamento para o Aço CA-50, diâmetro 6,3 mm e comprimento de ancoragem 30 cm.



Figura 4.17 – Ensaio de Arrancamento para o Aço CA-50, diâmetro 6,3 mm e comprimento de ancoragem 40 cm.

As tabelas 4.19 e 4.20 mostram os resultados individuais de carga de arrancamento x deslocamento obtidos para os corpos-de-prova com tela metálica eletrosoldada galvanizada de malha 15 x 15 mm e diâmetro do fio 1,65 mm, com os comprimentos dos materiais de ancoragem 30 cm e 40 cm.

Tabela 4.19 – Tela Metálica c=30 cm: Ensaio de Arrancamento

Deslocamento	Tela Metálica c=30 cm							
	CP1		CP2		CP3		CP4	
Carga (daN)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)
0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
25,00	0,0145	0,0145	0,0291	0,0362	0,0073	0,1920	0,0109	0,0290
125,00	0,0210	0,0181	0,0472	0,1884	0,0182	0,2464	0,0291	0,0435
225,00	0,0472	0,0761	0,0763	0,3514	0,0654	0,8949	0,0727	0,1051
350,00	0,0799	0,1775	0,1453	0,5399	0,0845	1,8333	0,1090	0,1739
450,00	0,1245	0,3587	0,2212	0,8696	0,1126	2,0145	0,1269	0,2194
525,00	0,2253	0,6848	0,3198	2,1558	0,1562	2,5580	0,1417	0,2428
625,00	0,2653	1,8841	0,6068	2,6957	0,8321	4,7645	0,3016	0,5421
675,00	0,2855	2,4115	0,7524	2,9654	1,0102	6,6775	0,4157	0,7123
725,00	0,3014	3,1268	1,1773	3,3949	-	-	0,5378	1,4529
800,00	0,3561	3,4783	1,3654	4,6667	-	-	0,6813	2,8478
900,00	-	-	1,4568	5,1114	-	-	0,7413	3,3152

Tabela 4.20 – Tela Metálica c=40 cm: Ensaio de Arrancamento

Deslocamento	Tela Metálica c=40 cm							
	CP1		CP2		CP3		CP4	
Carga (daN)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)
0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
25,00	0,0182	0,0036	0,0254	0,0181	0,0145	0,0072	0,0036	0,0109
125,00	0,0987	0,0073	0,0618	0,0978	0,0487	0,0507	0,0327	0,0688
225,00	0,1168	0,1090	0,1463	0,1245	0,1272	0,1001	0,1344	0,1341
350,00	0,1884	0,1196	0,4687	0,3666	0,1890	0,1775	0,2014	0,1787
450,00	0,2681	0,2136	0,5214	0,4887	0,2798	0,2374	0,2573	0,2174
525,00	0,3333	0,3109	0,6298	0,5193	0,3270	0,3874	0,3587	0,3152
625,00	0,3551	0,3987	0,7122	0,5963	0,4288	0,4384	0,3985	0,4001
675,00	0,3659	0,4002	0,7666	0,6742	0,4506	0,6486	0,4269	0,4674
775,00	0,3874	0,4267	0,8125	0,7413	0,4874	0,7464	0,6068	0,6667
825,00	0,4256	0,4852	0,8629	0,7956	0,6162	0,9493	-	-
850,00	0,4928	0,5269	0,8921	0,8125	-	-	-	-
925,00	-	-	0,9339	0,8639	-	-	-	-

A comparação dos deslocamentos médios referentes aos dois comprimentos de ancoragem é mostrada na figura 4.18.

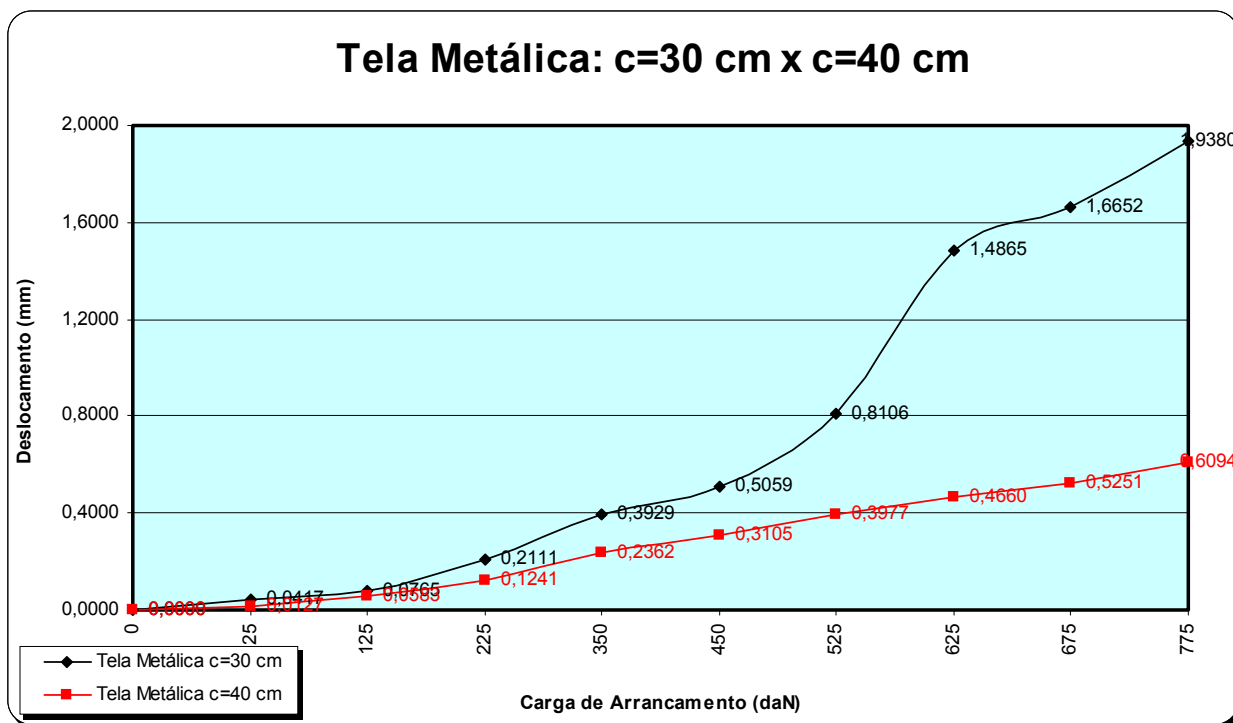


Figura 4.18 – Comparação Entre os Deslocamentos Médios para a Tela Metálica, malha 15 x 15 mm, e Comprimento de Ancoragem 30 cm e 40 cm.

As figuras 4.19 e 4.20 mostram os ensaios de arrancamento do dispositivo de ancoragem da junta de argamassa de prismas de alvenaria para a tela metálica eletrosoldada galvanizada, malha 15 x 15 mm e diâmetro do fio 1,65 mm, com comprimento do material de ancoragem 30 cm e 40 cm.

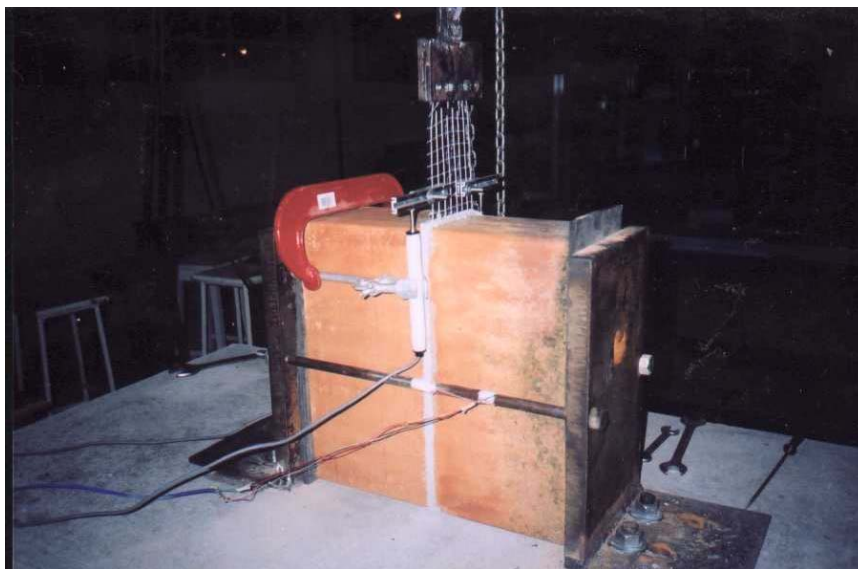


Figura 4.19 – Ensaio de Arrancamento para a Tela Metálica, comprimento de ancoragem 30 cm.

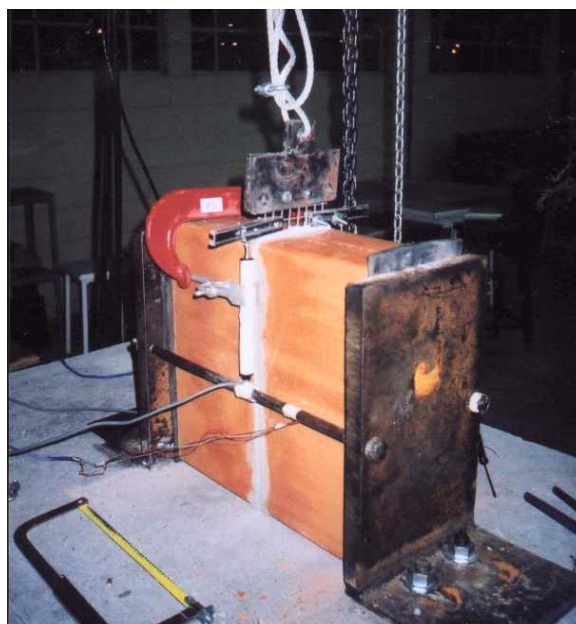


Figura 4.20 – Ensaio de Arrancamento para a Tela Metálica, comprimento de ancoragem 40 cm.

4.2.2. Arrancamento do Dispositivo Fixado ao Elemento de Concreto Armado e à Junta de Argamassa de Prismas de Alvenaria

A tabela 4.21 mostra os resultados individuais de carga de arrancamento x deslocamento obtidos para os corpos-de-prova com barras de aço CA-50 com diâmetro 5,0 mm tipo “ferro cabelo” (2 vezes), fixada com adesivo epóxi e sem tratamento no pilarete.

Tabela 4.21 – Aço CA-50 5,0 mm sem Tratamento: Ensaio de Arrancamento

Deslocamento	Aço CA-50 5.0 mm sem Tratamento							
	CP1		CP2		CP3		CP4	
Carga (daN)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)
0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
25,00	0,0109	0,0036	0,0036	0,0036	0,0073	0,0109	0,0073	0,0036
125,00	0,0145	0,0109	0,0073	0,0073	0,0109	0,0290	0,0181	0,0181
225,00	0,0254	0,0254	0,0109	0,0145	0,0218	0,0326	0,0218	0,0245
350,00	0,0400	0,0290	0,0299	0,0181	0,0245	0,0471	0,0254	0,0325
450,00	0,0509	0,0326	0,0436	0,0455	0,0291	0,0580	0,0399	0,0599
525,00	0,0687	0,0471	0,0589	0,0669	0,0400	0,0616	0,0472	0,0743
625,00	0,0769	0,0616	0,0763	0,0887	0,0974	0,0912	0,0872	0,0985
675,00	0,0874	0,0652	0,0872	0,0954	0,1014	0,1145	0,1272	0,1114
750,00	0,0908	0,0688	0,0945	0,1001	0,1241	0,1345	0,1453	0,1359
800,00	0,1599	0,1051	0,1017	0,1089	0,1352	0,1547	0,1890	0,1547
900,00	0,1781	0,1196	0,1308	0,1248	0,1596	0,2065	0,2834	0,1745
950,00	0,2014	0,1398	0,1658	0,1425	0,1874	0,2114	0,3379	0,2215
975,00	0,2356	0,1563	0,1895	0,1985	0,2507	0,2236	0,3852	0,2415
1100,00	0,2653	0,1896	0,2653	0,2405	0,3052	0,2391	0,4033	0,2985
1175,00	0,3634	0,3807	0,3016	0,3204	0,3488	0,2536	0,4106	0,3464
1225,00	-	-	0,4125	0,5148	0,3997	0,3007	-	-
1250,00	-	-	0,5923	0,6239	-	-	-	-

A tabela 4.22 mostra os resultados individuais de carga de arrancamento x deslocamento obtidos para os corpos-de-prova com barras de aço CA-50 com diâmetro 5,0 mm tipo “ferro cabelo” (2 vezes), fixada com adesivo epóxi e com tratamento no pilarete (argamassa de chapisco co adesivo acrílico).

Tabela 4.22 – Aço CA-50 5,0 mm com Tratamento: Ensaio de Arrancamento

Deslocamento	Aço CA-50 5.0 mm com Tratamento							
	CP1		CP2		CP3		CP4	
Carga (daN)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)
0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
25,00	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0073	0,0109
125,00	0,0036	0,0072	0,0073	0,0036	0,0073	0,0082	0,0191	0,0217
225,00	0,0073	0,0072	0,0109	0,0073	0,0109	0,0114	0,0327	0,0399
350,00	0,0109	0,0145	0,0145	0,0148	0,0145	0,0187	0,0400	0,0435
450,00	0,0182	0,0145	0,0218	0,0227	0,0254	0,0221	0,0581	0,0543
525,00	0,0182	0,0184	0,0254	0,0269	0,0363	0,0398	0,0658	0,0906
625,00	0,0218	0,0217	0,0327	0,0399	0,0509	0,0487	0,0945	0,1014
675,00	0,0254	0,0288	0,0363	0,0401	0,0618	0,0608	0,1163	0,1594
750,00	0,0327	0,0399	0,0654	0,0688	0,0625	0,0678	0,2217	0,2245
800,00	0,0456	0,0588	0,0872	0,0845	0,0714	0,0874	0,3089	0,4012
900,00	0,0599	0,0610	0,1011	0,1147	0,0877	0,0901	0,5087	0,4879
950,00	0,0674	0,0699	0,1198	0,1249	0,1781	0,1558	-	-
975,00	0,0895	0,0796	0,1381	0,1449	-	-	-	-
1100,00	0,1126	0,1450	-	-	-	-	-	-

A comparação dos deslocamentos médios referentes às duas variáveis, sem tratamento e com tratamento de argamassa de chapisco com adesivo acrílico no pilarete é mostrada na figura 4.21.

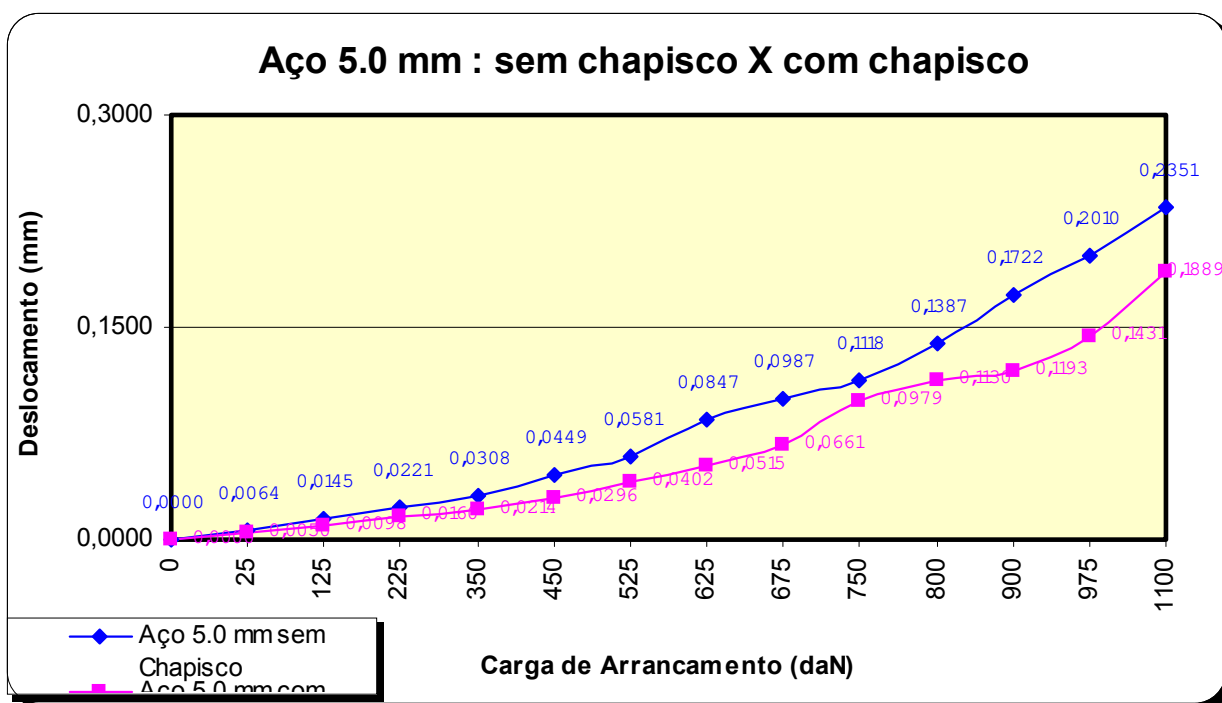


Figura 4.21 – Comparação Entre os Deslocamentos Médios para o Aço CA-50, Diâmetro 5,0 mm, sem Chapisco e com Chapisco no Pilarete.

A tabela 4.23 mostra os resultados individuais de carga de arrancamento x deslocamento obtidos para os corpos-de-prova com barras de aço CA-50 com diâmetro 6,3 mm tipo “ferro cabelo” (2 vezes), fixada com adesivo epóxi e sem tratamento no pilarete.

A tabela 4.24 mostra os resultados individuais de carga de arrancamento x deslocamento obtidos para os corpos-de-prova com barras de aço CA-50 com diâmetro 6,3 mm tipo “ferro cabelo” (2 vezes), fixada com adesivo epóxi e com tratamento no pilarete (argamassa de chapisco com adesivo acrílico).

Tabela 4.23 – Aço CA-50 6,3 mm sem Tratamento: Ensaio de Arrancamento

Deslocamento	Aço CA-50 6.3 mm sem Tratamento							
	CP1		CP2		CP3		CP4	
Carga (daN)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)
0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
25,00	0,0181	0,0073	0,0073	0,0073	0,0036	0,0036	0,0036	0,0073
125,00	0,0475	0,0181	0,0109	0,0145	0,0072	0,0073	0,0072	0,0109
225,00	0,1054	0,0217	0,0218	0,0399	0,0072	0,0145	0,0109	0,0218
350,00	0,1235	0,0399	0,0363	0,0892	0,0181	0,0218	0,0291	0,0384
450,00	0,1781	0,0435	0,0509	0,1354	0,0399	0,0298	0,0291	0,0698
525,00	0,2326	0,0745	0,1254	0,2659	0,0507	0,0387	0,0399	0,1041
625,00	0,2623	0,1014	0,2054	0,3145	0,0725	0,0475	0,1059	0,1469
675,00	0,5087	0,1087	0,2684	0,4589	0,0856	0,0548	0,1845	0,2145
750,00	1,3663	0,1884	0,3525	0,5181	0,0912	0,0678	0,2326	0,3043
775,00	-	-	0,4070	0,6739	0,0989	0,0896	0,2985	0,3895
800,00	-	-	-	-	0,1001	0,1052	0,3634	0,4746
900,00	-	-	-	-	0,1043	0,1198	0,4685	0,5543
1025,00	-	-	-	-	0,1087	0,1246	0,5122	0,6589
1050,00	-	-	-	-	-	-	0,6235	0,8297

Tabela 4.24 – Aço CA-50 6,3 mm com Tratamento: Ensaio de Arrancamento

Deslocamento	Aço CA-50 6.3 mm com Tratamento							
	CP1		CP2		CP3		CP4	
Carga (daN)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)
0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
25,00	0,0073	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036
125,00	0,0109	0,0181	0,0073	0,0036	0,0072	0,0072	0,0073	0,0036
225,00	0,0291	0,0216	0,0145	0,0109	0,0109	0,0073	0,0145	0,0072
350,00	0,0363	0,0254	0,0254	0,0145	0,0145	0,0109	0,0182	0,0109
450,00	0,0436	0,0362	0,0435	0,0187	0,0254	0,0248	0,0254	0,0217
525,00	0,0472	0,0471	0,0688	0,0326	0,0399	0,0362	0,0399	0,0326
625,00	0,0545	0,0507	0,0874	0,0507	0,0471	0,0435	0,0436	0,0507
675,00	0,0618	0,0507	0,0985	0,0778	0,0581	0,0543	0,0618	0,0741
750,00	0,1199	0,1039	0,1023	0,1081	0,0654	0,0690	0,0874	0,0985
800,00	0,1645	0,1548	0,1413	0,1344	0,1244	0,1542	0,1635	0,1236
900,00	0,1845	0,1774	0,1781	0,1698	0,1742	0,1874	0,1985	0,1654
950,00	0,2156	0,2048	0,2398	0,2071	0,2455	0,2144	0,2144	0,1874
975,00	0,2698	0,2355	0,2587	0,2899	0,3122	0,3445	0,2236	0,2036
1025,00	0,3125	0,2540	0,3254	0,3016	0,4103	0,4433	0,2298	0,2255
1175,00	0,3566	0,3144	0,4125	0,3985	-	-	0,2436	0,2477
1225,00	0,4122	0,4688	0,5487	0,5778	-	-	0,2545	0,2658
1275,00	0,4615	0,5430	-	-	-	-	0,2636	0,3089

A figura 4.22 mostra a comparação dos deslocamentos médios referentes às duas variáveis, sem tratamento e com tratamento de argamassa de chapisco com adesivo acrílico no pilarete.

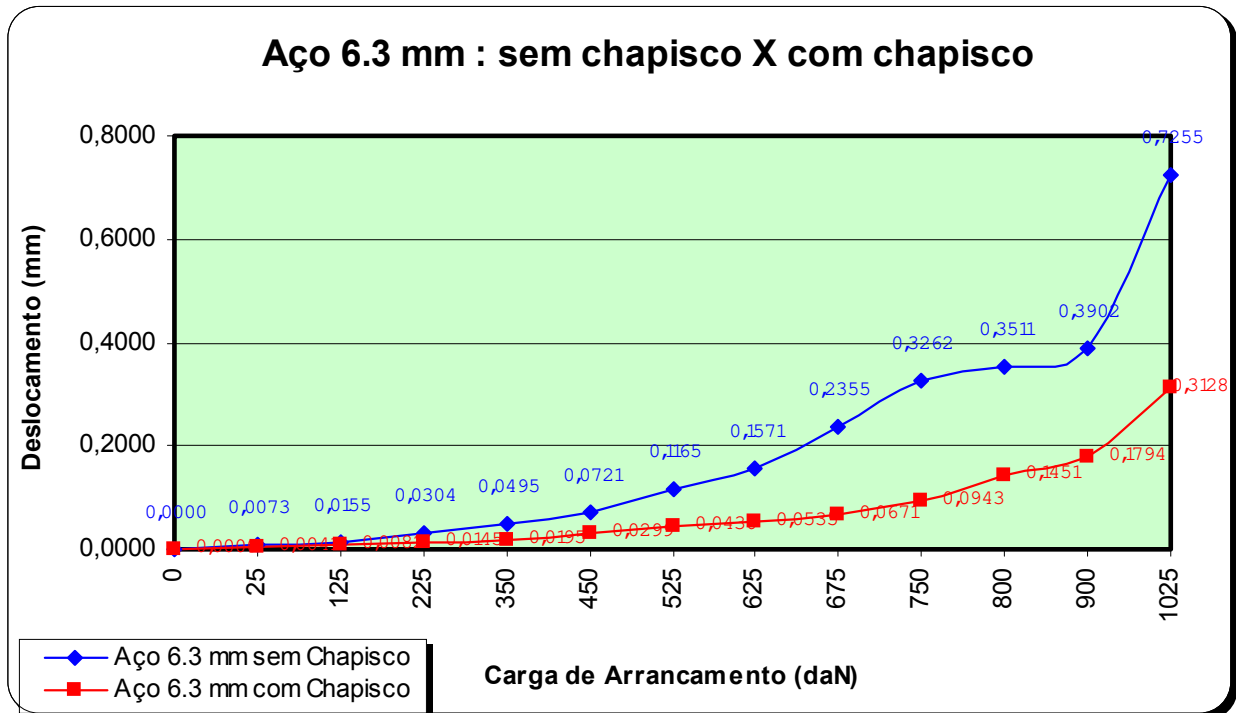


Figura 4.22 – Comparação Entre os Deslocamentos Médios para o Aço CA-50, Diâmetro 6,3 mm, sem Chapisco e com Chapisco no Pilarete.

A tabela 4.25 mostra os resultados individuais de carga de arrancamento x deslocamento obtidos para os corpos-de-prova com tela metálica eletrosoldada galvanizada, malha 15 x 15 mm e diâmetro do fio 1,65 mm, fixada com pinos, arruelas e cantoneira, e sem tratamento no pilarete.

Tabela 4.25 – Tela Metálica, com Cantoneira e sem Tratamento: Ensaio de Arrancamento

Deslocamento	Tela Metálica, com Cantoneira e sem Tratamento							
	CP1		CP2		CP3		CP4	
Carga (daN)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)
0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
25,00	0,0036	0,0072	0,0073	0,0036	0,0073	0,0109	0,0036	0,0036
125,00	0,0109	0,0145	0,0218	0,0145	0,0182	0,0217	0,0073	0,0072
225,00	0,0327	0,0362	0,0291	0,0181	0,0182	0,0254	0,0182	0,0072
325,00	0,0545	0,0616	0,0472	0,0254	0,0254	0,0362	0,0218	0,0109
375,00	0,0617	0,0797	-	-	0,0299	0,0507	0,0356	0,1450
450,00	-	-	-	-	-	-	0,0872	0,0216
525,00	-	-	-	-	-	-	0,1635	0,0257
625,00	-	-	-	-	-	-	0,3488	0,0399
675,00	-	-	-	-	-	-	0,4615	0,0507
775,00	-	-	-	-	-	-	0,7304	0,0685

A tabela 4.26 mostra os resultados individuais de carga de arrancamento x deslocamento obtidos para os corpos-de-prova com tela metálica eletrosoldada galvanizada, malha 15 x 15 mm e diâmetro do fio 1,65 mm, fixada com pinos e arruelas, e sem tratamento no pilarete.

Tabela 4.26 – Tela Metálica, sem Cantoneira e sem Tratamento: Ensaio de Arrancamento

Deslocamento	Tela Metálica, sem Cantoneira e sem Tratamento							
	CP1		CP2		CP3		CP4	
Carga (daN)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)
0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
25,00	0,0036	0,0072	0,0036	0,0036	0,0073	0,0073	0,0072	0,0089
125,00	0,0073	0,0399	0,0036	0,0072	0,0145	0,0205	0,0109	0,0109
225,00	0,0218	0,0435	0,0109	0,0145	0,0285	0,0299	0,0145	0,0181
325,00	0,0581	0,0761	0,0218	0,0245	0,0636	0,0798	0,0219	0,0299
375,00	0,1417	0,1739	0,0399	0,0478	0,1578	0,1641	0,0418	0,0547
425,00	0,1853	0,2438	0,0768	0,0985	-	-	0,0665	0,0785
475,00	-	-	0,1414	0,1718	-	-	0,0895	0,1016
525,00	-	-	-	-	-	-	0,1874	0,1948

A tabela 4.27 mostra os resultados individuais de carga de arrancamento x deslocamento obtidos para os corpos-de-prova com tela metálica eletrosoldada galvanizada, malha 15 x 15 mm e diâmetro do fio 1,65 mm, fixada com pinos, arruelas e cantoneira, e com tratamento no pilarete (argamassa de chapisco com adesivo acrílico).

Tabela 4.27 – Tela Metálica, com Cantoneira e com Tratamento: Ensaio de Arrancamento

Deslocamento	Tela Metálica, com Cantoneira e com Tratamento							
	CP1		CP2		CP3		CP4	
Carga (daN)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)
0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
25,00	0,0036	0,0036	0,0073	0,0109	0,0073	0,0109	0,0073	0,0072
125,00	0,0036	0,0073	0,0109	0,0218	0,0145	0,0181	0,0109	0,0145
225,00	0,0073	0,0109	0,0239	0,0274	0,0218	0,0218	0,0218	0,0288
350,00	0,0109	0,0145	0,0436	0,0399	0,0368	0,0314	0,0245	0,0348
450,00	0,0145	0,0168	0,0545	0,0412	0,0444	0,0394	0,0327	0,0421
525,00	0,0181	0,0181	0,0581	0,0448	0,0518	0,0411	0,0400	0,0543
625,00	0,0218	0,0245	0,0654	0,0580	0,0654	0,0543	0,0419	0,0688
675,00	0,0254	0,0399	0,0690	0,0653	0,0690	0,0616	0,0498	0,0797
750,00	0,0254	0,0418	0,0727	0,0688	0,0763	0,0688	0,0556	0,0906
800,00	0,0399	0,0580	0,0763	0,0797	0,0799	0,0761	0,0569	0,0942
900,00	0,0418	0,0616	0,1054	0,0833	0,0836	0,0797	0,0654	0,0978
950,00	0,0517	0,0685	0,1163	0,0906	0,0869	0,0868	-	-
1025,00	0,0528	0,0797	-	-	0,0955	0,0906	-	-
1175,00	0,0629	0,0833	-	-	0,1017	0,0942	-	-
1250,00	-	-	-	-	0,1344	0,0978	-	-

A tabela 4.28 mostra os resultados individuais de carga de arrancamento x deslocamento obtidos para os corpos-de-prova com tela metálica eletrosoldada galvanizada, malha 15 x 15 mm e diâmetro do fio 1,65 mm, fixada com pinos e arruelas, e com tratamento no pilarete (argamassa de chapisco com adesivo acrílico).

Tabela 4.28 – Tela Metálica, sem Cantoneira e com Tratamento: Ensaio de Arrancamento

Deslocamento	Tela Metálica, sem Cantoneira e com Tratamento							
	CP1		CP2		CP3		CP4	
Carga (daN)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)	Desloc. 1 (mm)	Desloc. 2 (mm)
0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
25,00	0,0073	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036
125,00	0,0073	0,0072	0,0072	0,0073	0,0073	0,0073	0,0036	0,0072
225,00	0,0145	0,0109	0,0072	0,0109	0,0109	0,0109	0,0072	0,0073
350,00	0,0312	0,0180	0,0109	0,0145	0,0145	0,0109	0,0109	0,0109
450,00	0,0328	0,0181	0,0181	0,0181	0,0181	0,0145	0,0145	0,0145
525,00	0,0514	0,0254	0,0217	0,0221	0,0181	0,0181	0,0181	0,0181
625,00	0,0788	0,0362	0,0290	0,0288	0,0217	0,0254	0,0216	0,0181
675,00	0,0796	0,0362	0,0345	0,0316	0,0254	0,0326	0,0254	0,0245
750,00	0,0945	0,0435	0,0543	0,0507	0,0291	0,0362	0,0281	0,0300
800,00	0,1449	0,0471	0,0543	0,0652	0,3000	0,0362	0,0312	0,0312
900,00	0,1647	0,0543	0,0652	0,0688	0,0436	0,0401	0,0328	0,0387
950,00	0,1789	0,0598	0,0725	0,0735	0,0545	0,0487	0,0399	0,0488
1025,00	0,2053	0,0617	0,0874	0,0799	0,0598	0,0511	0,0436	0,0543
1175,00	0,2180	0,0652	0,0978	0,0978	0,0611	0,0587	0,0515	0,0652
1275,00	-	-	0,1010	0,1017	0,0636	0,0599	0,0617	0,0712
1350,00	-	-	0,1159	0,1098	0,0699	0,0616	0,0691	0,0877
1375,00	-	-	0,1258	0,1218	-	-	0,0784	0,0978
1400,00	-	-	0,1341	0,1304	-	-	-	-

A figura 4.23 mostra a comparação dos deslocamentos médios referentes às quatro variáveis: com cantoneira e sem tratamento, sem cantoneira e sem tratamento, com cantoneira e com tratamento e, sem cantoneira e com tratamento de argamassa de chapisco com adesivo acrílico no pilarete.

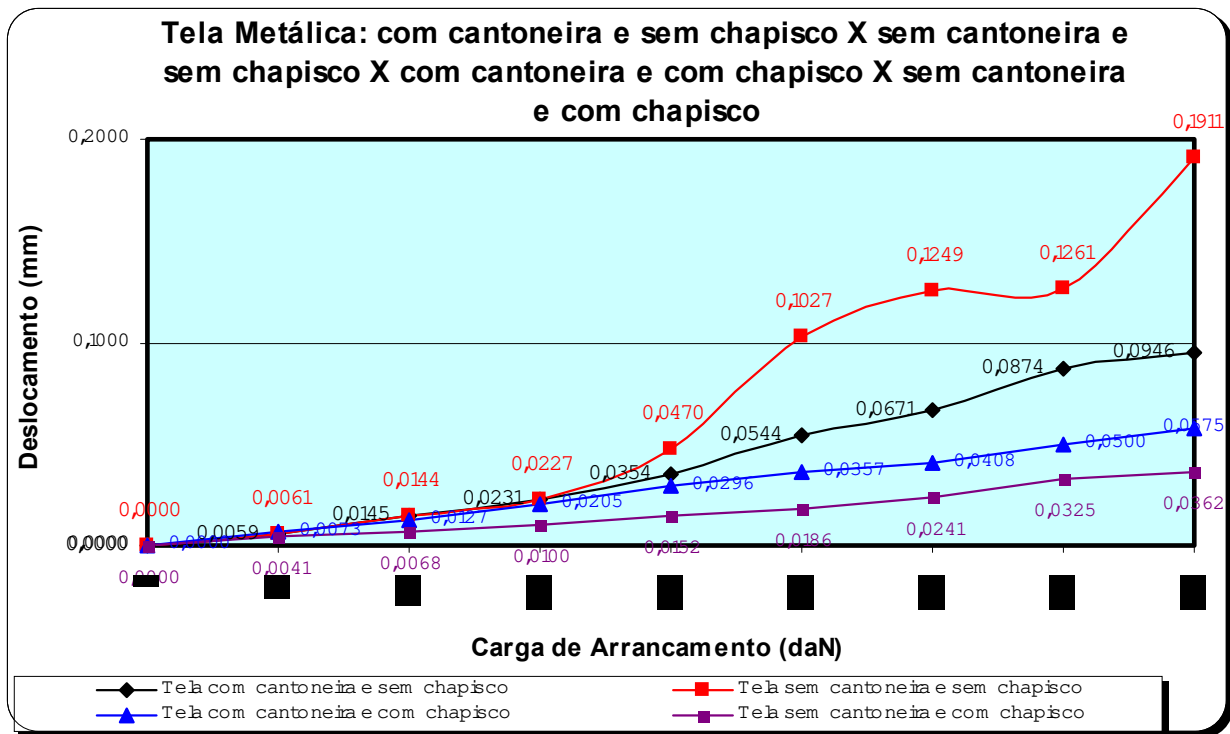


Figura 4.23 – Comparação Entre os Deslocamentos Médios para a Tela Metálica, sem Cantoneira e com Cantoneira e, sem Chapisco e com Chapisco no Pilarete.

A figura 4.24 mostra o ensaio de arrancamento do dispositivo fixado ao elemento de concreto armado e à junta de argamassa de prismas de alvenaria para as diferentes variáveis.

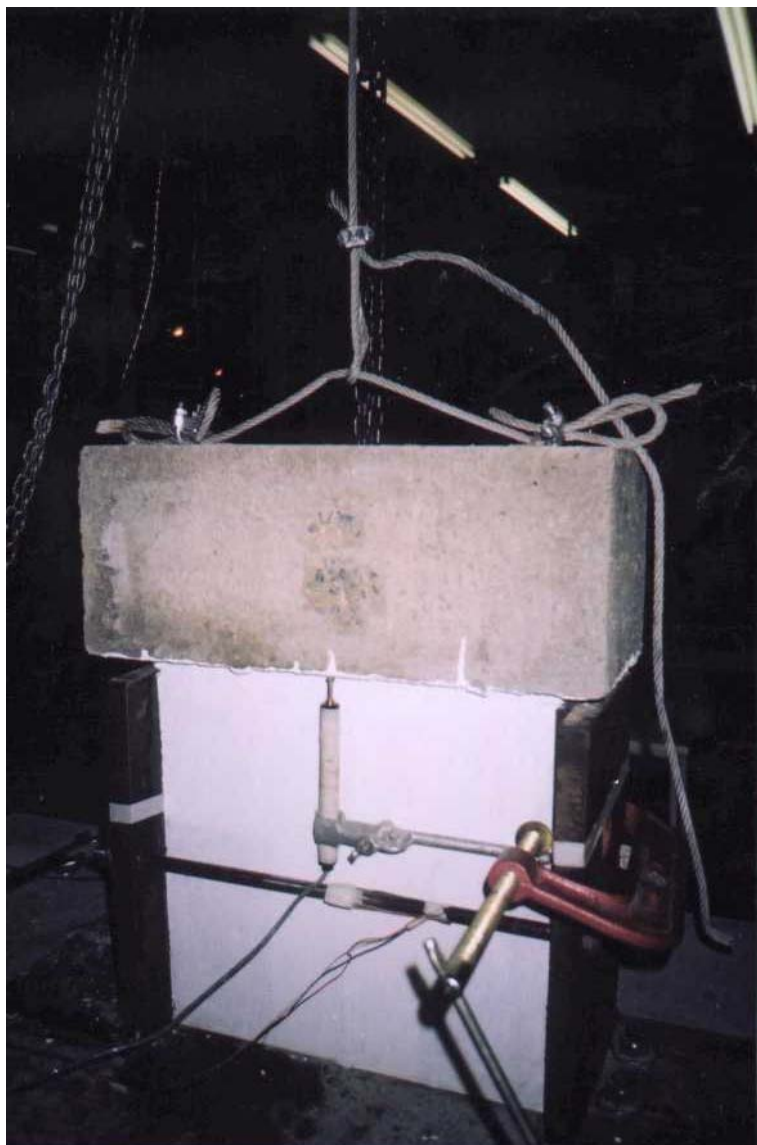


Figura 4.24 – Ensaio de Arrancamento do Dispositivo Fixado ao Elemento de Concreto Armado e à Junta de Argamassa de Prismas de Alvenaria.

Neste capítulo, foram apresentados os resultados obtidos nos ensaios de caracterização dos materiais utilizados e nos ensaios de arrancamento a tração direta (“Pullout Test”). No capítulo seguinte, serão analisados os resultados dos ensaios de arrancamento do dispositivo de ancoragem da junta de argamassa de prismas de alvenaria e arrancamento do dispositivo fixado ao elemento de concreto armado e à junta de argamassa de prismas de alvenaria.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, serão analisados os resultados dos ensaios de arrancamento à tração direta (“Pulout Test”).

Primeiramente serão analisados os resultados dos ensaios de arrancamento do dispositivo de ancoragem da junta de argamassa de prismas de alvenaria e, em seguida, os resultados dos ensaios de arrancamento do dispositivo fixado ao elemento de concreto armado e à junta de argamassa de prismas de alvenaria; e finalmente uma análise de custo X benefício dos materiais, como descritos a seguir.

5.1. Arrancamento do Dispositivo de Ancoragem da Junta de Argamassa de Prismas de Alvenaria

A figura 5.2 mostra uma comparação das deformações específicas médias para o aço CA-50 diâmetro 5,0 mm, o aço CA-50 diâmetro 6,3 mm e tela metálica eletrosoldada galvanizada malha 15 x 15 mm e diâmetro do fio 1,65 mm, com diferentes comprimentos de ancoragem: 30 cm e 40 cm. Para a determinação da deformação específica foi considerado uma base de medida de 30 mm, na parte externa do prisma fixado ao dispositivo de ancoragem, conforme mostra a figura 5.1.

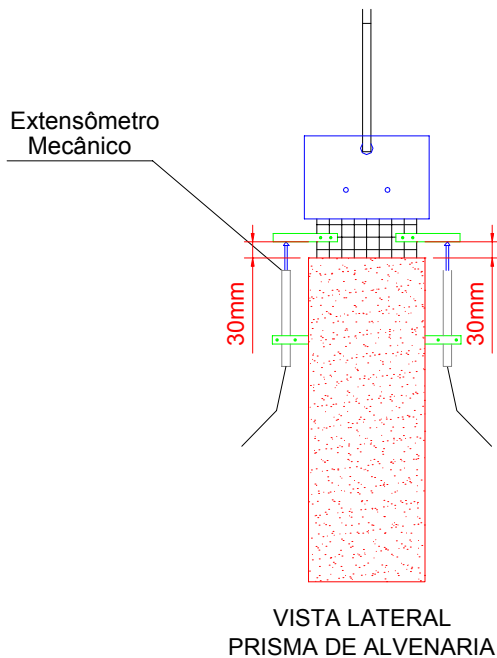


Figura 5.1 – Detalhe do Dispositivo de Medição das Deformações.

A figura 5.2 refere-se aos resultados obtidos da divisão dos valores das figuras 4.9, 4.12 e 4.15 por 30 (30 mm).

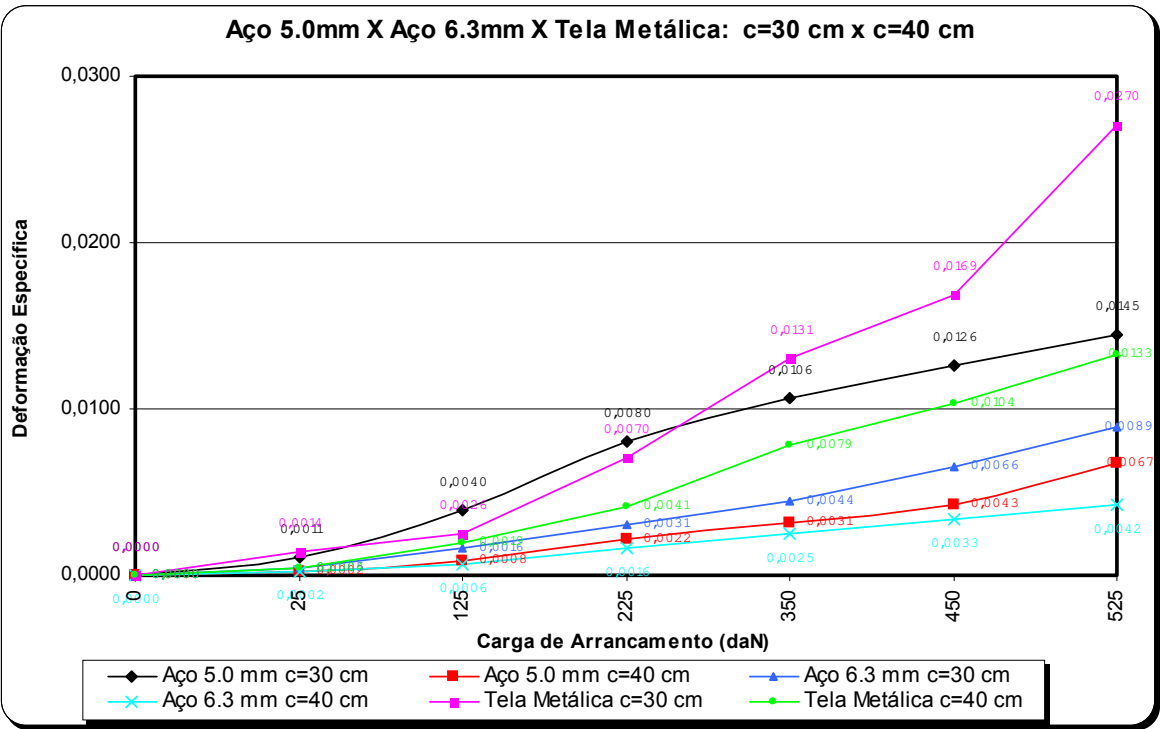


Figura 5.2 – Comparação das Deformações Específicas Médias.

Analizando a figura 5.2 para a barra de aço CA-50 5,0 mm, com uma carga de arrancamento igual a 450 daN, o valor da deformação específica é igual a 0,0126 para o comprimento de ancoragem de 30 cm e 0,0043 para o comprimento de ancoragem de 40 cm. Verifica-se que a barra de aço de comprimento igual a 30 cm tem uma deformação específica de aproximadamente 3 (três) vezes o valor da deformação específica da barra de aço de comprimento igual a 40 cm.

A figura 5.3 mostra o rompimento do corpo-de-prova para a barra de aço CA-50 diâmetro 5,0 mm tipo “ferro cabelo”.



Figura 5.3 – Instante do Arrancamento da Barra de Aço CA-50 5,0 mm do Prisma de Alvenaria.

Para a barra de aço CA-50 diâmetro 6,3 mm, com uma carga de arrancamento igual a 450 daN, o valor da deformação específica é igual a 0,0066 para o comprimento de ancoragem de 30 cm e 0,0033 para o comprimento de ancoragem de 40 cm. Verifica-se que a barra de aço de comprimento igual a 30 cm tem uma deformação específica de 2 (duas) vezes o valor da deformação específica da barra de aço de comprimento igual a 40 cm.

A figura 5.4 mostra o rompimento do corpo-de-prova para a barra de aço CA-50 diâmetro 6,3 mm tipo “ferro cabelo”.

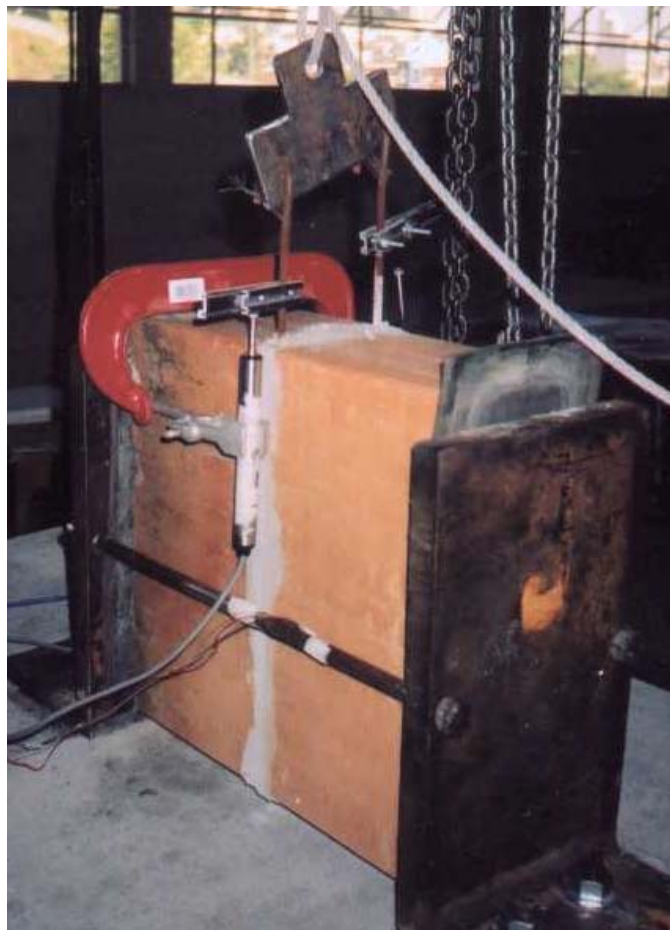


Figura 5.4 – Instante do Arrancamento da Barra de Aço CA-50 6,3 mm do Prisma de Alvenaria.

Para a tela metálica eletrosoldada galvanizada de malha 15 x 15mm e diâmetro do fio 1,65 mm, com uma carga de arrancamento igual a 450 daN, o valor da deformação específica é igual a 0,0169 para o comprimento de ancoragem de 30 cm e 0,0104 para o comprimento de ancoragem de 40 cm. Verifica-se que a tela metálica de comprimento igual a 30 cm tem uma deformação específica de aproximadamente 1,62 vezes o valor da deformação específica da tela metálica de comprimento igual a 40 cm.

A figura 5.5 mostra o rompimento do corpo-de-prova para a tela metálica eletrosoldada galvanizada, malha 15 x 15mm e diâmetro do fio 1,65 mm.



Figura 5.5 – Instante do Escoamento da Tela Metálica.

Os resultados de deformação específica apresentados na figura 5.2 englobam além da deformação, também o deslizamento do material ancorado no prisma de alvenaria.

A figura 5.6 mostra uma comparação dos resultados de deformação específica (figura 5.2) para as barras de aço tipo “ferros cabelo” de diâmetro 5.0 mm com os resultados obtidos no ensaio de resistência à tração da barra de aço CA-50 diâmetro 5.0 mm (figura 4.4), para tanto, os valores das cargas de arrancamento foram divididos por dois (duas barras). O objetivo desta comparação é separar os valores de deformação e deslizamento para o aço tipo “ferro cabelo” com comprimentos de ancoragem de 30 cm e 40 cm, subtraindo-se os valores de deformação específica do ensaio de resistência à tração.

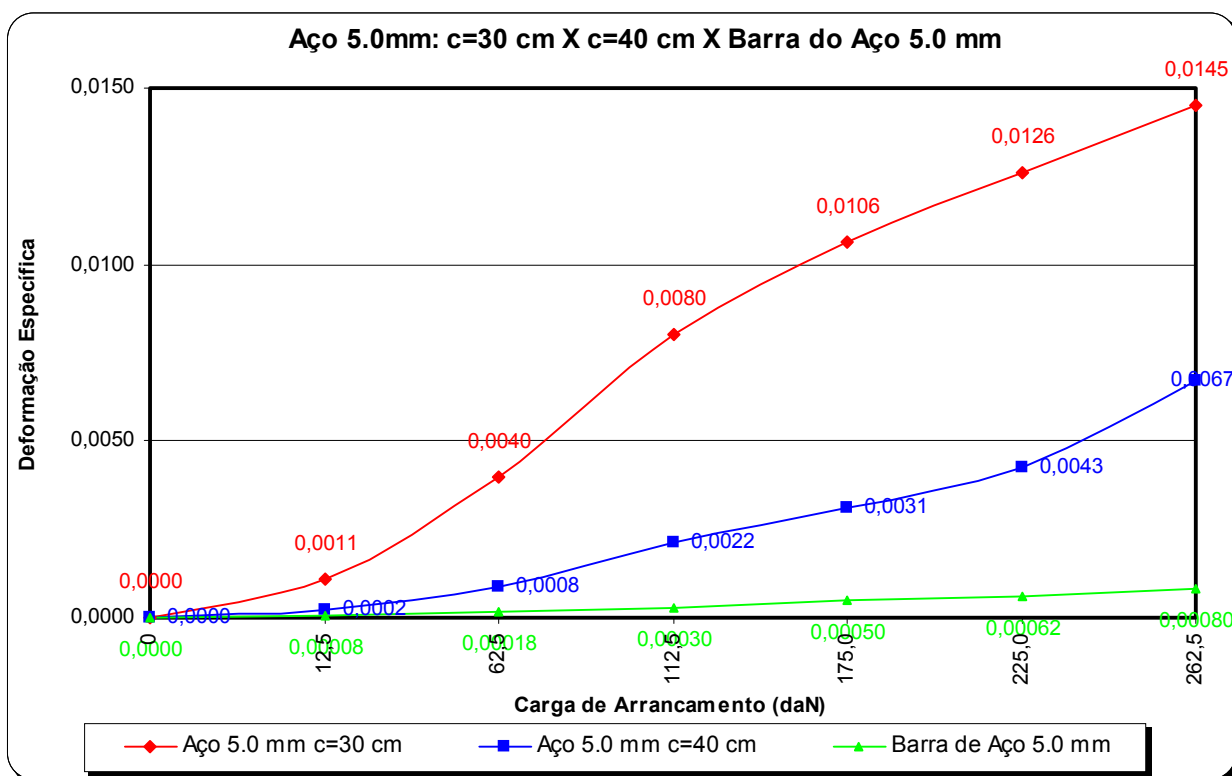


Figura 5.6 – Comparação do Ensaio de Arrancamento do Aço CA-50 5.0 mm tipo “ferro cabelo” com o Ensaio de Resistência à Tração para a Barra de Aço CA-50 5.0 mm.

Analizando a figura 5.6, com uma carga de arrancamento igual a 262,50 daN, para a barra de aço CA-50 5.0 mm tipo “ferro cabelo” de comprimento de ancoragem 30 cm obteve-se um deslizamento específico igual a 0,0137 (0,0145 – 0,0008) e para o comprimento de ancoragem 40 cm obteve-se um deslizamento específico igual a 0,0059 (0,0067 – 0,0008). Verifica-se que a barra de aço com comprimento de ancoragem igual a 30 cm tem um deslizamento específico de aproximadamente 2,3 vezes o valor do deslizamento específico da barra de aço de comprimento de ancoragem igual a 40 cm.

A figura 5.7 mostra uma comparação dos resultados de deformação específica (figura 5.2) para as barras de aço tipo “ferros cabelo” de diâmetro 6.3 mm com os resultados obtidos no ensaio de resistência à tração da barra de aço CA-50 diâmetro 6.3 mm (figura 4.5), para tanto, os valores das cargas de arrancamento foram divididos por dois (duas barras).

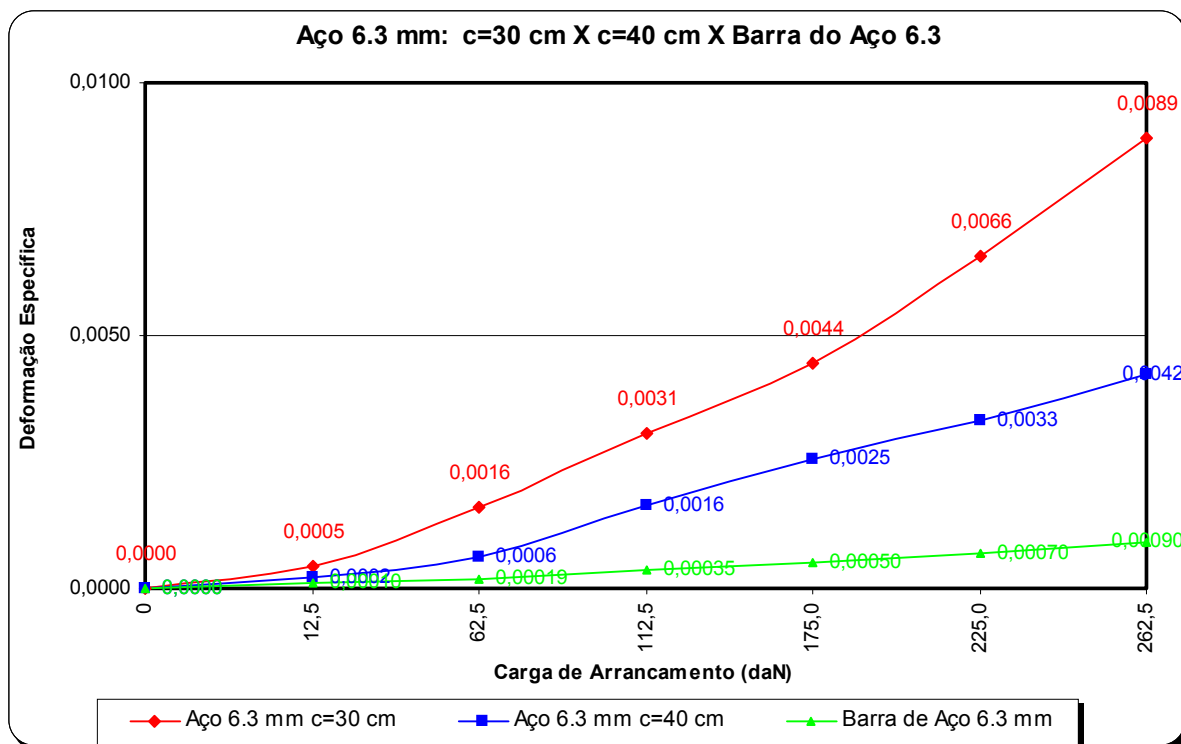


Figura 5.7 – Comparação do Ensaio de Arrancamento do Aço CA-50 6.3 mm tipo “ferro cabelo” com o Ensaio de Resistência à Tração para a Barra de Aço CA-50 6.3 mm.

Analisando a figura 5.7, com uma carga de arrancamento igual a 262,50 daN, para a barra de aço CA-50 6.3 mm tipo “ferro cabelo” de comprimento de ancoragem 30 cm obteve-se um deslizamento específico igual a 0,008 (0,0089 – 0,0009) e para o comprimento de ancoragem 40 cm obteve-se um deslizamento específico igual a 0,0033 (0,0042 – 0,0009). Verifica-se que a barra de aço com comprimento de ancoragem igual a 30 cm tem um deslizamento específico de aproximadamente 2,4 vezes o valor do deslizamento específico da barra de aço de comprimento de ancoragem igual a 40 cm.

A figura 5.8 mostra uma comparação dos resultados de deformação específica (figura 5.2) para a tela metálica com os resultados obtidos no ensaio de resistência à tração do fio da tela metálica (figura 4.7), para tanto, os valores das cargas de arrancamento foram divididos por oito (oito fios).

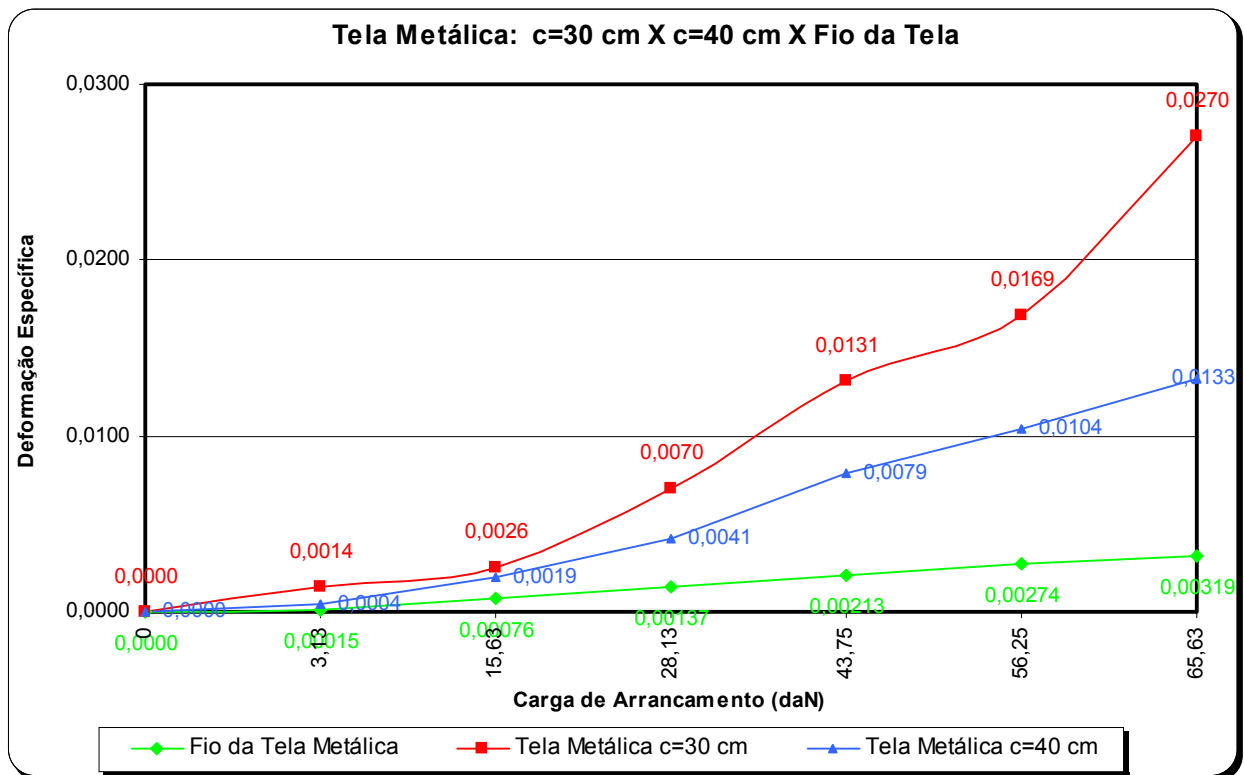


Figura 5.8 – Comparação do Ensaio de Arrancamento da Tela Metálica com o Ensaio de Resistência à Tração para o Fio da Tela Metálica.

Analisando a figura 5.8, com uma carga de arrancamento igual a 65,63 daN, para a tela metálica de comprimento de ancoragem 30 cm obteve-se um deslizamento específico igual a 0,02381 (0,0270 – 0,00319) e para o comprimento de ancoragem 40 cm obteve-se um deslizamento específico igual a 0,01011 (0,0133 – 0,00319). Verifica-se que a tela metálica com comprimento de ancoragem igual a 30 cm tem um deslizamento específico de aproximadamente 2,35 vezes o valor do deslizamento específico da tela metálica de comprimento de ancoragem igual a 40 cm.

Finalizando, foi escolhido o comprimento de ancoragem igual a 40 cm dos materiais analisados para a elaboração dos ensaios de arrancamento do dispositivo fixado ao elemento de concreto armado e à junta de argamassa de prismas de alvenaria, por apresentarem deslizamentos e deformações específicas significativamente menores. Sugere-se um comprimento de ancoragem maior que 40 cm para os materiais analisados porque todos apresentaram deslizamento dentro do prisma de alvenaria, apesar das telas metálicas serem dimensionadas de fábrica.

A seguir, serão analisados os resultados dos ensaios de arrancamento do dispositivo fixado ao elemento de concreto armado e à junta de argamassa de prismas de alvenaria.

5.2. Arrancamento do Dispositivo Fixado ao Elemento de Concreto Armado e à Junta de Argamassa de Prismas de Alvenaria

A figura 5.9 mostra uma comparação dos deslocamentos médios até o surgimento da primeira fissura visível a olho nu (aproximadamente 0,1 mm) a partir de uma distância de 0,50 m do corpo-de-prova, para a barra de aço CA-50, diâmetro 5,0 mm tipo “ferro cabelo” sem e com tratamento de chapisco com adesivo acrílico no pilarete, barra aço CA-50, diâmetro 6,3 mm tipo “ferro cabelo” sem e com tratamento de chapisco com adesivo acrílico no pilarete, tela metálica eletrosoldada galvanizada,

malha 15 x 15 mm e diâmetro do fio 1,65 mm, sem cantoneira, sem e com tratamento de chapisco com adesivo acrílico no pilarete e tela metálica eletrosoldada galvanizada, malha 15 x 15 mm e diâmetro do fio 1,65 mm, com cantoneira, sem e com tratamento de chapisco com adesivo acrílico no pilarete.

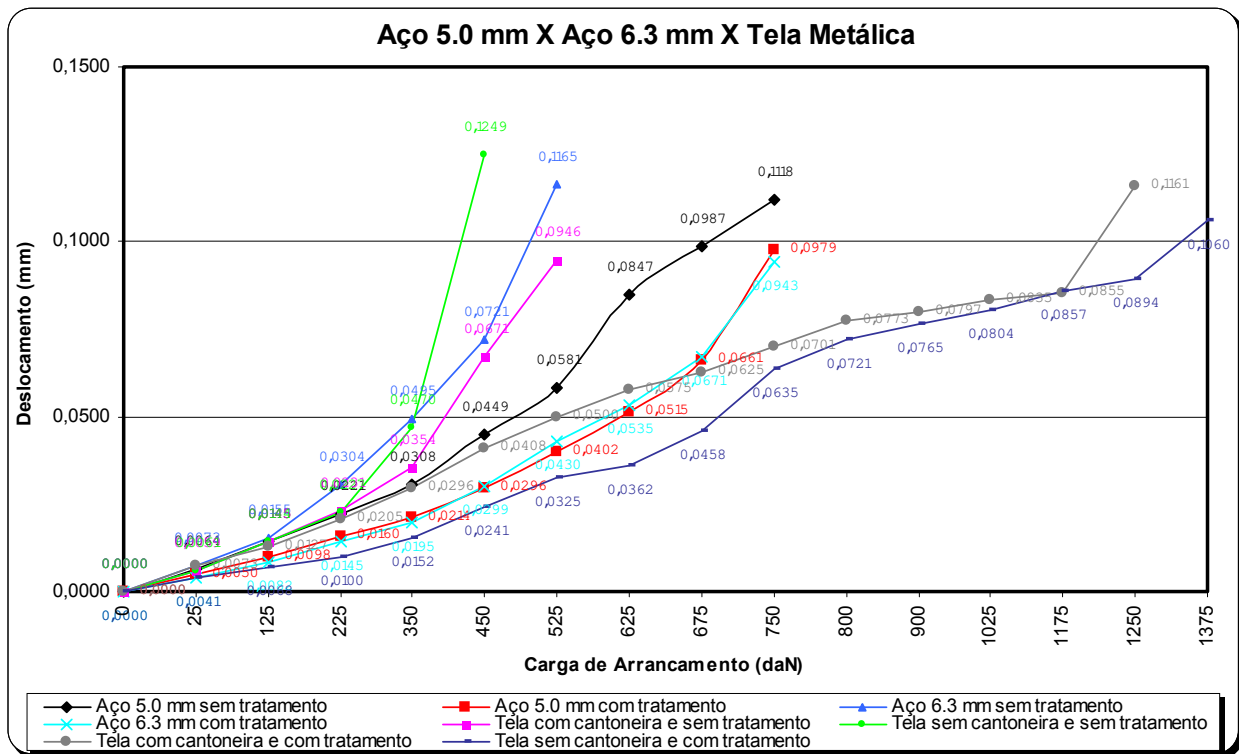


Figura 5.9 – Comparação dos Deslocamentos Médios Até a Ocorrência da Primeira Fissura (Visível a Olho Nu).

Analisando a figura 5.9, observa-se que o corpo-de-prova utilizando a barra de aço CA-50 de diâmetro 5,0 mm com tratamento de chapisco com adesivo acrílico no pilarete e o corpo-de-prova utilizando a barra de aço CA-50 de diâmetro 6,3 mm com tratamento de chapisco com adesivo acrílico no pilarete têm deslocamentos praticamente iguais para as diferentes cargas de arrancamento, aparecendo a primeira fissura visível a olho nu a partir de uma distância de 0,50 m do corpo-de-prova com uma carga de 750 daN para ambos os corpos-de-prova as barras de aço sendo, portanto indiferente o seu uso do ponto de vista técnico.

Analizando a figura 5.9 e comparando-se os corpos-de-prova utilizando as barras de aço CA-50 de diâmetro 5,0 mm sem tratamento e com tratamento de chapisco com adesivo acrílico no pilarete, observa-se que para as diferentes cargas de arrancamento, o corpo-de-prova com barra sem tratamento de chapisco no pilarete desloca entre 30% e 40% a mais do que a barra com tratamento de chapisco no pilarete. Verifica-se que o tratamento de chapisco com adesivo acrílico no pilarete aumentou a aderência na interface alvenaria-pilar, e conseqüentemente, diminuiu a deformação causada pela carga.

As figuras 5.10 e 5.11 mostram a diferença da forma de ruptura entre o corpo-de-prova de prisma de alvenaria e o pilarete de concreto, sem tratamento e com tratamento de chapisco com adesivo acrílico.



Figura 5.10 – Detalhe da Ruptura do Corpo-de-Prova Sem Tratamento.

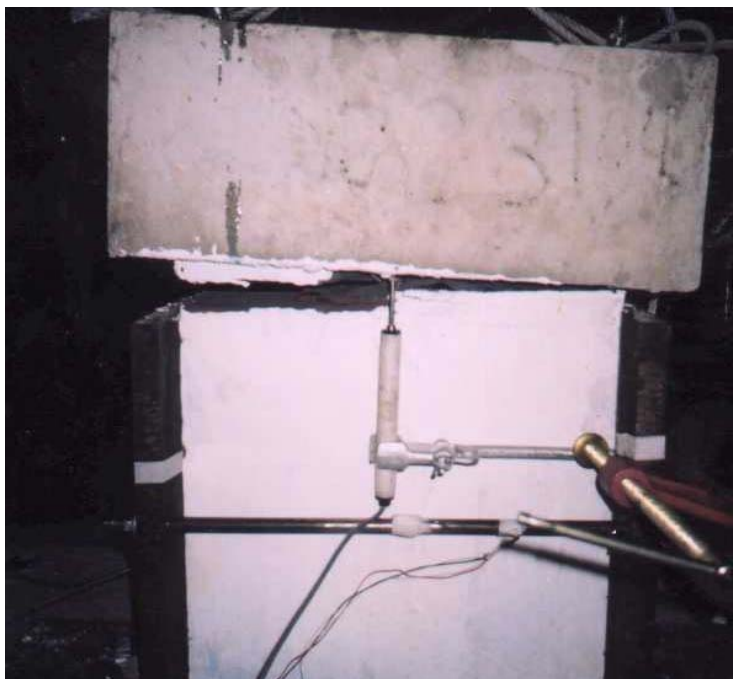


Figura 5.11 – Detalhe da Ruptura do Corpo-de-Prova Com Tratamento de Chapisco Com Adesivo Acrílico.

No caso dos corpos-de-prova utilizando as telas metálicas eletrosoldadas galvanizadas, malha 15 x 15 mm diâmetro do fio 1,65 mm, sem cantoneira e com cantoneira, e sem tratamento de chapisco com adesivo acrílico no pilarete, até a carga de arrancamento de 225 daN, pode-se afirmar que os deslocamentos são praticamente iguais. A partir daí, o corpo-de-prova com tela metálica sem cantoneira apresenta valores maiores de deslocamento, aparecendo a primeira fissura com uma carga de 450 daN, enquanto o corpo-de-prova com tela metálica com cantoneira apresenta valores de deslocamento menores, aparecendo a primeira fissura com uma carga de 525 daN. Nesta comparação o uso da cantoneira apresentou resultados favoráveis.

Analisando-se os corpos-de-prova utilizando as telas metálicas eletrosoldadas galvanizadas, malha 15 x 15 mm, diâmetro do fio 1,65 mm sem cantoneira e com cantoneira, e com tratamento de chapisco com adesivo acrílico no pilarete, observa-se que para as diferentes cargas de arrancamento, o corpo-de-prova com tela metálica com cantoneira apresenta valores de deslocamento significativamente maiores até a

carga de 750 daN. A partir deste ponto, esses valores se aproximam até a carga de 1175 daN, aparecendo a primeira fissura com uma carga de 1250 daN para o corpo-de-prova com tela metálica com cantoneira e 1375 daN para o corpo-de-prova com tela metálica sem cantoneira. Esperava-se que a utilização da cantoneira na tela aumentasse a resistência ao deslocamento, devido ao ângulo de 90° que se forma entre a tela e o pilar. Provavelmente isto não ocorreu devido a diminuição do comprimento ancorado do pino no pilar, em função da espessura da cantoneira e da utilização de pinos lisos para concreto (comprimento igual a 22 mm). Existe no mercado uma qualidade de pino roscado para concreto que, talvez melhore a fixação da cantoneira no pilar diminuindo assim seus deslocamentos, mas esse tipo de pino roscado não é freqüentemente usado devido ao seu alto custo (aproximadamente oito vezes o valor do pino liso).

Comparando-se esse trabalho com os estudos realizados por Medeiros e Franco (1999), houve concordância nos resultados gerais, mostrando que o tratamento de chapisco com adesivo acrílico no pilarete de concreto é fundamental quanto à aderência e resistência da argamassa para o bom funcionamento e desempenho do sistema de ancoragem; as barras de aço tipo “ferro cabelo” apresentam desempenho limitado quando comparadas com as telas metálicas com tratamento de chapisco com adesivo acrílico. Os resultados para os corpos-de-prova utilizando as telas metálicas eletrosoldadas galvanizadas, malha 15x15 mm, diâmetro do fio 1,65 mm com cantoneiras foram semelhantes.

Conclui-se, então, que a melhor opção de dispositivo de ancoragem no combate ao aparecimento de fissuras é a tela metálica eletrosoldada galvanizada, malha 15 x 15 mm, diâmetro do fio 1,65 mm sem cantoneira e com tratamento de chapisco com adesivo acrílico no pilarete, pois apresentou os menores resultados de deslocamentos e suportou a maior carga no aparecimento da primeira fissura visível a olho nu a partir de uma distância de 0,50 m do corpo-de-prova.

5.3. Análise Custo X Benefício

Para a realização de uma análise custo X benefício, foi feito um levantamento de custo para a execução dos serviços de fixação dos dispositivos de ancoragem no pilar de concreto. Este levantamento refere-se aos custos dos materiais de ancoragem, dispositivos de fixação, locação de equipamentos e mão-de-obra para execução de cada ponto de fixação.

A tabela 5.1 mostra o custo para a execução de cada serviço, tendo como fator de multiplicação de custo-benefício igual a 1,0, o menor valor (no caso o sistema constituído pela tela metálica sem cantoneira e sem tratamento).

Tabela 5.1 – Levantamento de Custo Para a Execução dos Serviços

Serviço	Custo (R\$) Base: Abril/2005	Custo Ponderado
Tela metálica sem cantoneira e sem tratamento	3,70	1,0000
Tela metálica sem cantoneira e com tratamento	4,02	1,0865
Tela metálica com cantoneira e sem tratamento	4,25	1,1486
Tela metálica com cantoneira e com tratamento	4,57	1,2351
Aço CA-50 5,0 mm sem tratamento	5,77	1,5595
Aço CA-50 6,3 mm sem tratamento	5,91	1,5973
Aço CA-50 5,0 mm com tratamento	6,09	1,6459
Aço CA-50 6,3 mm com tratamento	6,23	1,6838

O objetivo desta análise foi verificar o melhor custo X benefício entre a ocorrência da primeira fissura visível a olho nu a partir de uma distância de 0,50 m do corpo-de-prova, de cada material de ancoragem e seus respectivos fatores de custo X benefício.

A figura 5.12 mostra os resultados dos deslocamentos da figura 5.9 multiplicados pelos seus respectivos custos ponderados apresentados na tabela 5.1.

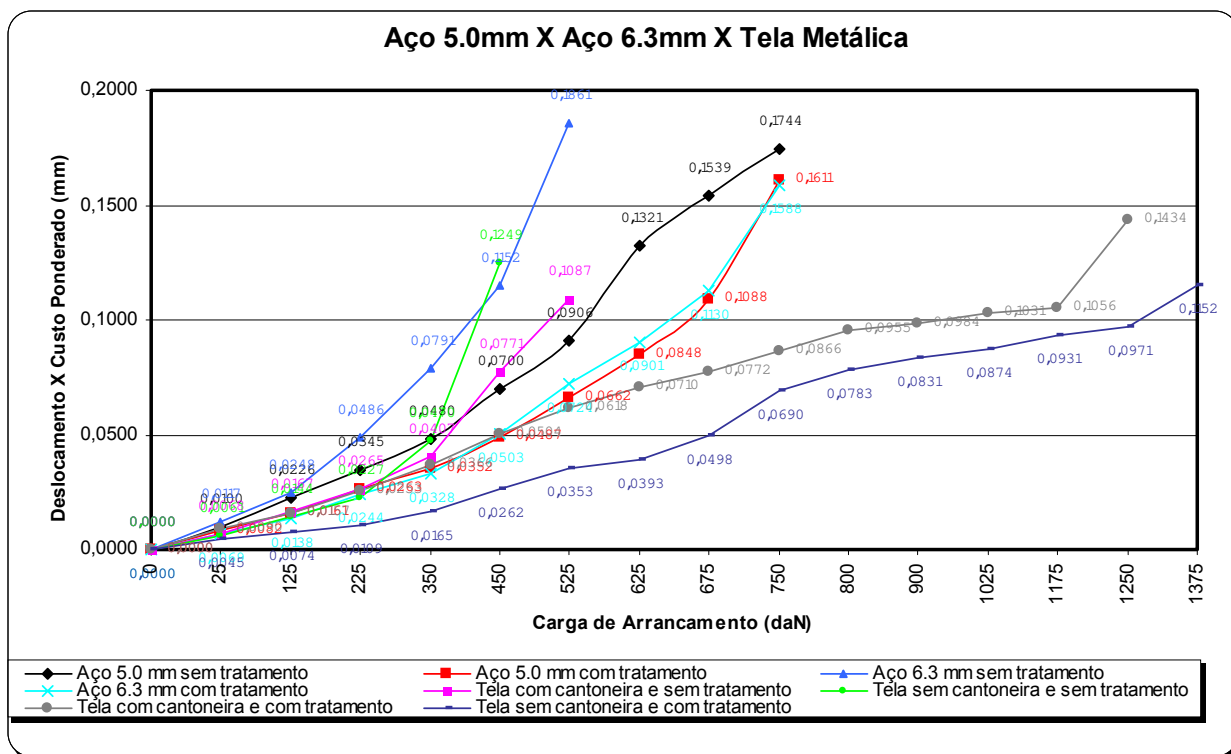


Figura 5.12 – Comparação Custo X Benefício.

Analisando a figura 5.12 comprova-se que o uso da tela metálica eletrosoldada galvanizada malha 15 x 15 mm e diâmetro do fio 1,65 mm, sem cantoneira e com tratamento de chapisco com adesivo acrílico no pilarete, apresenta melhores resultados tanto tecnicamente quanto financeiramente.

No caso da opção para a utilização dos outros dispositivos analisados, acredita-se que, com o aumento do número de dispositivos nas fiadas da alvenaria, os deslocamentos diminuirão e as cargas de arrancamento aumentarão, apesar do aumento do custo relativo ao serviço.

Neste capítulo, foram analisados os resultados dos ensaios de arrancamento do dispositivo de ancoragem da junta de argamassa de prismas de alvenaria, em seguida os resultados dos ensaios de arrancamento do dispositivo fixado ao elemento de concreto armado e à junta de argamassa de prismas de alvenaria, para os diversos materiais, a fim de obter-se a melhor técnica de ancoragem entre alvenaria de vedação e pilar de concreto e, finalmente uma análise custo X benefício no combate ao aparecimento de fissuras. No capítulo seguinte, será feita a conclusão final desse trabalho, bem como propostas de novos estudos.

6. CONCLUSÕES FINAIS

As fissuras em alvenarias são responsáveis por inúmeros problemas tais como a falta de estanqueidade da água, ao isolamento acústico, e em casos mais graves até o comprometimento da estrutura do edifício, além de exercer um efeito visual negativo e causar prejuízos psicológicos e financeiros aos proprietários.

Apesar da melhoria na qualidade dos materiais e evolução das técnicas de projetos e execuções, as fissuras em alvenaria continuam desafiando os estudiosos para saber quais as suas causas, fatores de influência, soluções para amenizar o problema quando já instalado e evitar suas ocorrências.

As falhas em projetos, as tecnologias inadequadas, os materiais de má qualidade, os profissionais não qualificados e a falta de fiscalização são os principais fatores que concorrem para o aparecimento das fissuras.

Estudar formas de melhoria para evitar as fissuras é um problema bem mais complexo do que pode parecer numa primeira análise.

Este trabalho avaliou experimentalmente alguns métodos de prevenção de fissuras na interface alvenaria de vedação e pilar de concreto.

Foram utilizados, além dos materiais básicos para a alvenaria de vedação (blocos cerâmicos, argamassa de assentamento etc.), os materiais de ancoragem (tela metálica eletrosoldada galvanizada, malha 15 x 15 mm, diâmetro do fio 1,65 mm e barras de aço CA-50 com diâmetros de 5,0 mm e 6,3 mm tipo “ferro cabelo”), dispositivos de ligação (adesivo epóxi, pinos, arruelas e cantoneiras) e sem tratamento e com tratamento de chapisco com adesivo acrílico no pilarete, analisando-se assim o melhor conjunto por meio de ensaios padronizados em laboratório.

Foram realizados além dos ensaios de caracterização de todos os materiais envolvidos no presente estudo, dois tipos de ensaios de arrancamento à tração direta (“Pullout Test”): Arrancamento do dispositivo de ancoragem da junta de argamassa de prismas de alvenaria, para avaliação do comportamento do comprimento de ancoragem; e Arrancamento do dispositivo fixado ao elemento de concreto armado e a junta de argamassa de prismas de alvenaria, para a determinação da melhor método de ligação na interface alvenaria de vedação e pilar de concreto, analisando a ocorrência da primeira fissura visível a olho nu a partir de uma distância de 0,50 m do corpo-de-prova.

Como consequência dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- O comprimento de 40 cm dos materiais de ancoragem diminuiu os resultados de deslizamento, deformação e deslocamento, mostrando-se mais eficientes, mesmo não sendo o ideal;
- O tratamento de chapisco com adesivo acrílico no pilar de concreto é fundamental para melhorar a aderência no desempenho do sistema de ancoragem;
- As barras de aço tipo “ferro cabelo” apresentam desempenho limitado quando comparadas com as telas metálicas eletrosoldadas

galvanizadas com tratamento de chapisco com adesivo acrílico no pilarete;

- Os desempenhos obtidos para a barra de aço CA-50 com diâmetros 5,0 mm e 6,3 mm, com tratamento de chapisco com adesivo acrílico foram praticamente equivalentes;
- O uso da cantoneira nos ensaios das telas metálicas eletrosoldadas galvanizadas malha 15 x 15 mm e diâmetro do fio 1,65 mm, com tratamento de chapisco com adesivo acrílico no pilarete não apresentaram os resultados esperados, provavelmente devido a diminuição do comprimento ancorado do pino no pilar, em função da espessura da cantoneira no processo de fixação e da utilização de pinos lisos para concreto (comprimento igual a 22 mm). Existe no mercado uma qualidade de pino roscado para concreto, que talvez melhore a fixação da cantoneira no pilar, diminuindo assim seus deslocamentos, mas esse tipo de pino roscado não é freqüentemente usado devido ao seu alto custo (aproximadamente oito vezes o valor do pino liso).

Conclui-se finalmente que, nas análises experimentais feitas, a tela metálica eletrosoldada galvanizada, malha 15 x 15 mm e diâmetro do fio 1,65 mm, sem cantoneira e com tratamento de chapisco com adesivo acrílico no pilarete foi a melhor técnica de ancoragem para a prevenção do aparecimento de fissuras na interface alvenaria de vedação e pilar de concreto.

Espera-se que este trabalho tenha contribuído para minimizar os efeitos negativos das fissuras nas alvenarias, servindo de suporte para trabalhos futuros, tais como:

- a) Avaliação experimental da prevenção de fissuras na interface alvenaria de vedação e pilar de concreto, com ensaios de paredes em tamanho natural, utilizando as técnicas e materiais de ancoragem apresentados neste trabalho;
- b) Avaliação experimental de outras técnicas, outros materiais e outros comprimentos de ancoragem;
- c) Avaliação experimental de outros tipos de alvenarias;
- d) Avaliação experimental de outras argamassas de assentamento;
- e) Avaliação experimental da influência da qualidade da mão-de-obra de execução, utilizando as técnicas e materiais de ancoragem apresentados neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM A 153/A 153M**: standard specification for zinc coating (hot dip) on iron and steel hardware. Philadelphia, 2003. 4p.

_____. **ASTM A 185**: standard specification for steel welded wire reinforcement, plain, for concrete. Philadelphia, 2001. 5p.

_____. **ASTM C 67**: standard test methods for sampling and testing brick and structural clay tile. Philadelphia, 2002c. 11p.

_____. **ASTM C 270**: specification for mortar for unit masonry. Philadelphia, 2003. 13p.

_____. **ASTM C 1329**: standard specification for mortar cement. Philadelphia, 2003. 7p.

_____. **ASTM E 518**: standard test methods for flexural bond strength of masonry. Philadelphia, 2002. 5p.

_____. **ASTM E 754**: standard test method for pullout resistance of ties and anchors embedded in masonry mortar joints. Philadelphia, 1980 (reapproved 2000). 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6461**: bloco cerâmico para alvenaria – verificação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1983.

_____. **NBR 7171**: bloco cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 7173**: blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural. Rio de Janeiro, 1982.

_____. **NBR 7215**: cimento Portland – determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 7480**: barras e fios de aço destinados à armadura para concreto armado. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 7481**: tela de aço soldada – armadura para concreto. Rio de Janeiro, 1990.

_____. **NBR 8041**: tijolo maciço cerâmico para alvenaria – formas e dimensões. Rio de Janeiro, 1983.

_____. **NBR 8042**: bloco cerâmico para alvenaria – formas e dimensões. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 8545**: execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos. Rio de Janeiro, 1984.

_____. **NBR 11579**: cimento Portland – determinação da finura por meio da peneira 75 micrômetros (número 200). Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR 12118**: blocos vazados de concreto simples para alvenaria – determinação da absorção de água, do teor de umidade e da área líquida. Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR 13276**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2002.

_____. **NBR 13279**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 13281**: argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 13528**: revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 13749**: revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – especificação. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 14956**: bloco de concreto celular autoclavado – execução de alvenaria sem função estrutural – parte 2: procedimento com argamassa convencional. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 14974-1**: bloco sílico-calcáreo para alvenaria – parte 1: requisitos, dimensões e método de ensaio. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 14974-2**: bloco sílico-calcáreo para alvenaria – parte 2: procedimento para execução de alvenaria. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBRNM 52**: agregado miúdo – determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBRNM 65**: cimento Portland – determinação do tempo de pega. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBRNM 248**: agregados – determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

BAUMANN, H.U. **Welded wire confinement grids**. Structural engineering in natural hazards mitigation. ASCE, 1993. p. 295-300.

BEALL, C. Masonry design and detailing for architects, engineers and builders. 2nd edition. McGraw-Hill. 1987. p. 105-116.

BRICK INSTITUTE OF AMERICA – BIA. **Glossary of terms relating to brick masonry**. Technical notes of brick construction n° 2. Virginia, 1975 (reissued 1999). 10p.

_____. **Guide specification for brick masonry, part 2**. Technical notes of brick construction n° 11A. Virginia, 1978 (reissued 1988). 9p.

_____. **Reinforced brick masonry - introduction**. Technical notes of brick construction n° 17. Virginia, 1996. 8p.

_____. **Brick masonry cavity walls**. Technical notes of brick construction n° 21. Virginia, 1998. 14p.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT – BRE. **The performance of cavity wall ties**. IP 4/81. Glasgow, 1981. 3p.

_____. **Corrosion of steel wall ties: recognition, assessment and appropriate action**. IP 28/79. Glasgow, 1979. 4p.

BRITISH STANDARD INSTITUTION – BSI. **DD140: draft for development**: wall ties – part 1: methods of test for mortar joint and timber frame connection. London, 1986. 16p.

CATEP. **Concreto celular**. Disponível em: <<http://www.catep.com.br/dicas.asp>>. Acesso em: 06 de agosto de 2004.

EUROPEAN STANDARD – EN. **Draft EN 846** : method of test for ancillary components for masonry – part 2: determination of bond strength of bed joint reinforcement in mortar joints. Brussels, 2000. 11p.

FRANCO, L.S. **Desempenho estrutural do elemento parede de alvenaria empregado na alvenaria estrutural não armada, quando submetido a esforços de compressão**. 1987. 136 p. Dissertação (Mestrado) – Poli, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FRANCO, L.S.; BARROS, M.M.S.B.; SABBATINI, F.H. **Desenvolvimento de um método construtivo de alvenaria de vedação de blocos de concreto celular autoclavados**. Convênio EPUSP / SICAL – Relatório Final. EPUSP, São Paulo. 1994. 132p.

HENDRY, E.A.W. Masonry walls: materials and construction. **Construction and Building Materials**, Edinburgh, nº15, p.323-330, June 2001.

MEDEIROS, J.S.; FRANCO L.S.. **O uso de telas metálicas eletrosoldadas como armadura e ancoragem de paredes de vedação**. Convênio EPUSP / MORLAN. São Paulo, 1999. 46p.

NATIONAL CONCRETE MASONRY ASSOCIATION – NCMA. **Control of wall movement with concrete masonry**. Technical bulletin nº 3. Virginia, 1972.

_____. **Joint reinforcement and other metal ties for concrete masonry walls**. Technical bulletin nº 99. Virginia, 1975.

PFEFFERMAN, O.; HASELTINE, B.A. **El desarrollo de armaduras para tendeles a lo largo de dos décadas**. Instituto Eduardo Torrojas. Informes de la construction, vol. 44, nº 421, septiembre / octubre 1992. p. 27-34.

ROMAN, H.R. ; MUTTI, C.N. ; ARAÚJO, H.N. **Construindo em alvenaria estrutural**. Florianópolis: Editora da USFC, 1999. 83p.

SABBATINI, F.H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílico-calcárea**. 1984. Dissertação (Mestrado) – Poli, Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____. As fissuras com origem na interação vedação-estrutura. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS. **Anais...** São Paulo: EPUSP, 1998. p. 169-186.

SABBATINI, F.H.; SILVA, M.M.A. **Recomendações para o projeto construtivo das paredes de vedação em alvenaria: procedimentos para elaboração e padrão de apresentação**. Convênio EPUSP / CPqDCC – ENCOL – Projeto EP/EN-7. EPUSP. São Paulo, 1991. p. 57-58.

SABBATINI, F.H.; BARROS, M.M.B. **Recomendações para a produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria**. Convênio EPUSP / CPqDCC – ENCOL – Projeto EP/EN-6. EPUSP. São Paulo, 1990. p. 92-116.

SCANMETAL. **Equipamento: escantilhão para alvenaria de vedação**. Disponível em: <<http://www.scanmetal.com.br>>. Acesso em: 22 de outubro de 2004.

SOUZA, R. et al. **Qualidade na aquisição de materiais e execução de obra**. São Paulo: Editora Pini, 1996. 275p.

TALES. **Alvenarias**. Disponível em: <<http://www.artedeconstruir.hpg.ig.com.br/alvenarias.html>>. Acesso em: 06 de agosto de 2004.

THOMAZ, E. **Patologia**. Manual técnico de alvenaria. Associação Brasileira de Construção Industrializada – ABCI. São Paulo, 1990. p. 97-117.

_____. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. 6ª tiragem. São Paulo: Editora Pini, EPUSP e Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2001. 193p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA – UFBA. **Materiais: bloco cerâmico de vedação**. Disponível em: <<http://www.bdmcr.ufba.br>>. Acesso em: 06 de agosto de 2004.

_____. **Materiais: bloco de concreto celular**. Disponível em: <<http://www.bdmcr.ufba.br>>. Acesso em: 06 de agosto de 2004.

_____. **Materiais: blocos de concreto para vedação**. Disponível em: <<http://www.bdmcr.ufba.br>>. Acesso em: 06 de agosto de 2004.

_____. **Materiais: blocos sílico-calcárea de vedação**. Disponível em: <<http://www.bdmcr.ufba.br>>. Acesso em: 06 de agosto de 2004.

_____. **Materiais: tijolinho**. Disponível em: <<http://www.bdmcr.ufba.br>>. Acesso em: 06 de agosto de 2004.

_____. **Materiais: tijolo cerâmico furado**. Disponível em: <<http://www.bdmcr.ufba.br>>. Acesso em: 06 de agosto de 2004.

_____. **Materiais: tijolo comum**. Disponível em: <<http://www.bdmcr.ufba.br>>. Acesso em: 06 de agosto de 2004.