

**FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**NÚCLEO DE ESTUDO E PESQUISA DA ALVENARIA ESTRUTURAL - NEPAE**

**ESTUDO DAS LIGAÇÕES ENTRE PILARES DE CONCRETO E  
ALVENARIA CERÂMICA DE VEDAÇÃO**

**Marcela Jodas**

**Orientador: Prof. Dr. Jefferson Sidney Camacho**

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, da Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração Estruturas.

Ilha Solteira/SP

2006

**Dedico à meus pais, Júlia e Francisco**

## **Agradecimentos**

Ao Professor Dr. Jefferson Sidney Camacho, meu orientador, pela amizade e dedicação ao longo dessa jornada.

À Coordenadoria de Pós Graduação, os professores e funcionários, em especial ao coordenador Prof. Dr. Jorge Luís Akasaki pela receptividade, orientação e atenção.

À Tecno Logys, em especial ao engenheiro civil Valério Dornelles, pela bolsa de estudos concedida, pelo apoio e dedicação. Além do fornecimento de material e mão-de-obra para a elaboração desse trabalho.

Ao Laboratório de Engenharia Civil da CESP (Companhia Energética de São Paulo), em especial ao seu coordenador Eng. Flávio Moreira Salles pela liberação do laboratório de engenharia civil e à todos os técnicos que lá trabalham pelo auxílio na execução dos ensaios.

Aos funcionários do Laboratório de Engenharia Civil da UNESP (Ronaldo, Gilson, Mário, Cavazzana e Silvio) pelo auxílio prestado na execução dos ensaios e pela amizade.

Ao pessoal do NEPAE, Flávio, Rodrigo, Wilson, Bárbara, Ana Flávia, Victor, Odilon, Dennis, Anderson e Gugu pelo apoio, auxílio e amizade durante todo o período que estivemos juntos.

Aos amigos Mauro, Aline, Ana Paula, Sueila, Domício, Maíra entre tantos outros que estiveram sempre do meu lado me apoiando e me ajudando no que fosse necessário.

À Maria Eugênia pela paciência e dedicação prestada a esse trabalho na fase final, cujas correções foram de suma importância para o aprimoramento do mesmo.

À minha família, em especial meus irmãos Júlio, Natália e Juliana e a meus pais pelo apoio constante e incondicional. Obrigada por sempre terem me dado base para que eu conseguisse realizar todos os meus projetos.

## Sumário

Lista de Figuras.....	6
Lista de Tabelas.....	9
Resumo.....	10
Capítulo 1.....	9
1.1 Introdução.....	9
1.2 Justificativa.....	9
1.3 Objetivos.....	11
1.4 Estrutura do Trabalho.....	12
Capítulo 2: Revisão Bibliográfica.....	13
2.1 A Alvenaria de Vedação.....	13
2.2 Componentes da Alvenaria de Vedação.....	16
2.3 O Serviço de Alvenaria.....	17
2.4 Resistência dos componentes da alvenaria.....	19
2.5 Patologia nas Construções.....	21
2.6 Patologias na Alvenaria de Vedação.....	22
2.7 Interação Alvenaria-Estrutura.....	31
2.8 Tela metálica eletrosoldada como elemento de ligação.....	32
Capítulo 3: Estudo em Campo.....	37
Capítulo 4: Parte Experimental.....	41
4.1 Carga de Pré-Tensão.....	41
4.2 Ensaios de caracterização dos componentes.....	43
4.3 Ensaio da Ligação Tela/Pilar.....	47
4.4 Ensaio de arrancamento do bloco.....	48
4.5 Ensaio em Prismas de Alvenaria.....	50
4.6 Ensaio de arrancamento da tela metálica.....	52
4.7 Resumo dos ensaios dos prismas com a tela metálica.....	56
4.8 Ensaios com o Ferro-Cabelo.....	57
4.9 Análise Estatística.....	60

4.10 Ensaio em Paredes de Alvenaria de Vedação.....	60
Capítulo 5: Resultados.....	72
5.1 Ensaio de caracterização dos componentes.....	72
5.2 Ensaio da Ligação.....	78
5.3 Ensaio de “arrancamento” do bloco.....	80
5.4 Ensaio em Prismas de Alvenaria – Tela Metálica.....	81
5.5 Ensaio em Prismas de Alvenaria – Ferro-cabelo.....	103
5.6 Ensaio em Paredes de Alvenaria.....	107
Capítulo 6: Discussão.....	122
6.1 Comparativo Ensaio em prismas.....	122
6.2 Comparativos Ensaio Paredes.....	128
Capítulo 7: Conclusão.....	133
7.1 Desenvolvimento do trabalho.....	133
7.2 Visitas às obras.....	133
7.3 Ensaio.....	134
Capítulo 8: Referência Bibliográfica.....	137

## Lista de Figuras

Figura 1 : Exemplos da alvenaria como material usado em edificações .....	13
Figura 2: Apresentação da divisão do serviço de alvenaria.....	18
Figura 3: Seqüência de execução do serviço de alvenaria.....	18
Figura 4: Ocorrência das causas das principais manifestações patológicas .....	21
Figura 5:Fissuras e destacamentos entre a alvenaria e a estrutura provocadas pela flexão da viga em balanço .....	24
Figura 6: Comportamento das fissuras em painéis de vedação sem aberturas.....	27
Figura 7 : Esquema do ensaio.....	27
Figura 8: Parede interna de um edifício .....	29
Figura 9: (a) Trinca e descolamentos do revestimento; (b) Colapso em alvenaria de blocos cerâmicos.....	30
Figura 10: Detalhe típico da ligação da estrutura de concreto armado com a alvenaria através da colocação de uma tela metálica .....	33
Figura 11: Não padronização na fixação da tela nos pilares .....	37
Figura 12: Mesmo pilar com telas fixadas de modos distintos .....	38
Figura 13: Execução da Tela .....	38
Figura 14: Tela executada fora do centro da junta de argamassa.....	39
Figura 15: Fixação da tela de maneiras distintas.....	39
Figura 16: Aparato para a aplicação da carga de pré-tensão .....	42
Figura 17: calibração para aplicação da carga de pré-tensão .....	43
Figura 18: Bloco Cerâmico de Vedação.....	43
Figura 19: Capeamento dos blocos.....	44
Figura 20: Telas metálicas eletrosoldadas .....	46
Figura 21: Ensaio de arrancamento à tração – tela (12x50)cm .....	46
Figura 22: Ensaio arrancamento à tração - tela (6x50)cm.....	47
Figura 23: Fixadores metálicos .....	47
Figura 24: Ensaio da ligação (pino metálico).....	48
Figura 25: Esquema de ensaio de arrancamento .....	49
Figura 26: Ensaio de arrancamento do bloco .....	49
Figura 27: Primeiro Dispositivo desenvolvido.....	50
Figura 28: Segundo dispositivo desenvolvido.....	51
Figura 29: Execução dos prismas de blocos cerâmicos.....	52
Figura 30: esquema do ensaio de arrancamento da tela no centro da junta de argamassa. ....	53
Figura 31: corpo-de-prova sendo ensaiado na prensa .....	54
Figura 32: Esquema de posicionamento da tela nos prismas .....	55
Figura 33: Assentamento do prisma com a tela metálica chumbada no primeiro furo do bloc	56
Figura 34: Execução dos prismas de alvenaria.....	58
Figura 35: Ensaio de arrancamento à tração.....	58
Figura 36: Prismas com o ferro-cabelo inserido no 1ºsepto do bloco.....	59
Figura 37: Execução dos corpos-de-prova .....	59
Figura 38: Esquema parede de alvenaria.....	61
Figura 40: Posicionamento Parede de Alvenaria.....	62
Figura 41: Esquema de posicionamento dos LVDT`s.....	63
Figura 42: Execução pilaretes de concreto armado .....	64
Figura 43: Esquema Parede 1 .....	65
Figura 44: Execução Parede 1 – tela 12x50 .....	66
Figura 45: Detalhe: tela metálica fixada de maneira incorreta.....	67

Figura 46: Execução Parede 2 .....	68
Figura 47: Esquema da Parede com tela “chumbada” no furo do bloco .....	68
Figura 48: Execução paredes com a tela (6x50)cm “chumbada” no septo do bloco.....	69
Figura 49: Ferro-cabelo cortado, dobrado e fixado .....	70
Figura 50: Execução paredes com ferro-cabelo .....	70
Figura 51: Esquema da Parede 5: tela (12x30)cm.....	71
Figura 52: Ensaio à compressão simples .....	72
Figura 53: Execução da argamassa de assentamento .....	73
Figura 54: Ensaio tração - telas (6x50)cm.....	75
Figura 55: Forma de ruptura – ensaio tela (6x50)cm .....	76
Figura 56: Ensaio tração – telas (12x50)cm .....	77
Figura 57: Ensaio de tração – tela (12x50)cm.....	78
Figura 58: Ensaio da ligação – pino metálico .....	79
Figura 59: Forma de ruptura – Ensaio da ligação.....	79
Figura 60: Ensaio de arrancamento do bloco.....	81
Figura 61: Ensaio arrancamento à tração – tela (6x50)cm .....	82
Figura 62: Ensaio de arrancamento à tração – tela (6x50)cm – pré-tensão 0,40KN.....	83
Figura 63: Ensaio de arrancamento à tração – tela (6x50)cm – pré-tensão 0,60KN.....	84
Figura 64: Forma de ruptura – Ensaio de arrancamento à tração.....	85
Figura 65: Ensaio de arrancamento à tração – Tela (12x30)cm.....	86
Figura 66: Ensaio de arrancamento à tração – tela (12x30)cm – pré-tensão 0,40KN.....	87
Figura 67: Ensaio de arrancamento à tração – tela (12x30)cm – pré-tensão 0,60KN.....	88
Figura 68: Ensaio de arrancamento à tração – Tela (12x30)cm – Forma de ruptura .....	90
Figura 69: Ensaio arrancamento à tração – tela (12x50)cm .....	90
Figura 70: Ensaio de arrancamento à tração – tela (12x50)cm – pré-tensão 0,40KN.....	91
Figura 71: Ensaio de arrancamento à tração – tela (12x50)cm – pré-tensão 0,60KN.....	92
Figura 72: Ensaio de arrancamento à tração – tela (12x50)cm – Forma de ruptura .....	94
Figura 73: Ensaio de arrancamento à tração – tela (6x50)cm 1° furo – pré-tensão 0,40KN....	95
Figura 74: Ensaio de arrancamento à tração – tela (6x50)cm 1° furo – pré-tensão 0,60KN...	96
Figura 75: Corpos-de-prova com a tela chumbada no 1° septo do bloco .....	98
Figura 76: Ensaio de arrancamento à tração – tela (6x50)cm 3° furo – pré-tensão 0,40KN....	99
Figura 77: Ensaio de arrancamento à tração – tela (6x50)cm 3° furo – pré-tensão 0,60KN..	100
Figura 78: Ruptura dos prismas com a tela (6x50)cm chumbada no 3° furo .....	102
Figura 79: Septos internos e externos do bloco.....	103
Figura 80: Ensaio de arrancamento do ferro-cabelo chumbado no 1° furo do bloco.....	104
Figura 81: Ensaio arrancamento à tração – Ferro-cabelo chumbado no 3° furo do bloco ....	106
Figura 82: Esquema pilar de concreto e esforços .....	107
Figura 83: Curvas força x deslocamento – Parede 1 e Parede 1.1.....	109
Figura 84: Ruptura tela (12x50)cm .....	110
Figura 85: Curvas força x deslocamento – Parede 2 .....	111
Figura 86: Deslocamento inicial.....	112
Figura 87: Ruptura Parede 2.....	113
Figura 88: Curvas força x deslocamento – Parede 3 e Parede 3.1.....	115
Figura 89: Ruptura Parede 3.....	116
Figura 90: Curvas força x deslocamento - Parede 4 e Parede 4.1 .....	117
Figura 91: Forma de ruptura Parede 4 e 4.1 .....	118
Figura 92: Curvas força x deslocamento - Parede 5 .....	120
Figura 93: Forma de Ruptura - Parede 5 .....	121
Figura 94: Comparativo prismas – arrancamento à tração - pré-tensão 0,60KN e 0,40KN..	124
Figura 95: Comparativo ensaio de arrancamento - ferro-cabelo no 1° e no 3° septo.....	126

Figura 96: Comparação entre a tela de (6x50)cm e o ferro-cabelo .....	127
Figura 97: Comparação entre a tela metálica e o ferro-cabelo de melhor desempenho .....	128
Figura 98: Comparativos Parede e Prisma – Força de Ruptura.....	130
Figura 99: Deslocamentos relativos entre pilar e parede medidos pelo LVDT 1.....	131

## Lista de Tabelas

Tabela 1: Classificação das alvenarias .....	14
Tabela 2: Requisitos de desempenho e características funcionais das vedações verticais .....	15
Tabela 3 : Vantagens e desvantagens do emprego da alvenaria como material de vedação ....	15
Tabela 4: Classificação dos componentes da alvenaria.....	16
Tabela 5: Resistência à compressão .....	17
Tabela 6: Massa e volumetria de edifícios construídos em diferentes épocas .....	19
Tabela 7: Técnicas construtivas em diferentes épocas .....	20
Tabela 8: Capacidade de acomodar deformações das paredes de alvenaria.....	28
Tabela 9: Comparação entre a tela metálica e o “ferro-cabelo” quanto a seu uso e desempenho .....	34
Tabela 10: Procedimento para aplicação de telas metálicas .....	35
Tabela 11: Traço da argamassa de assentamento .....	44
Tabela 12: Tamanhos padrões da tela .....	45
Tabela 13: Resumo dos ensaios de arrancamento das telas metálicas – prismas .....	57
Tabela 14: Descrição dos ensaios .....	65
Tabela 15: Resistência dos blocos cerâmicos.....	73
Tabela 16: Resistência da argamassa utilizada.....	74
Tabela 17: Cargas de ruptura.....	75
Tabela 18: Cargas de ruptura.....	77
Tabela 19: Ensaio de arrancamento do bloco.....	80
Tabela 20: Cargas de Ruptura .....	83
Tabela 21: Cargas de ruptura.....	84
Tabela 22: Cargas de ruptura.....	87
Tabela 23: Carga de ruptura .....	89
Tabela 24:Cargas de ruptura.....	92
Tabela 25: Cargas de ruptura.....	93
Tabela 26: Cargas de ruptura.....	96
Tabela 27: Cargas de ruptura.....	97
Tabela 28: Cargas de ruptura.....	99
Tabela 29: Cargas de ruptura.....	101
Tabela 30: Carga Ruptura.....	105
Tabela 31: Cargas de Ruptura .....	106
Tabela 32:Valores esforços – Parede 1.....	108
Tabela 33: Valores esforços – Parede 2 .....	111
Tabela 34: Valores esforços – Parede 3 .....	114
Tabela 35: Valores esforços – Parede 4 .....	116
Tabela 36: Eficiência dos prismas ensaiados .....	123
Tabela 37: Forças de ruptura - Comparativo .....	129

## RESUMO

As estruturas de concreto armado vêm se tornando cada vez mais esbeltas, aliadas ao menor tempo de execução das edificações e aos menores prazos de execução da fixação da alvenaria na estrutura, cada vez com mais frequência observa-se a formação dos estados patológicos nas alvenarias. As estruturas de concreto armado apresentam progressivamente deformações mais acentuadas, fazendo com que as paredes de vedação trabalhem, oferecendo resistência a esses deslocamentos surgindo assim patologias que se apresentam na forma de fissuras na interface pilar/alvenaria.

Desse modo, surge a necessidade de estudos das ligações empregadas na interface pilar/alvenaria, que têm por objetivo “solidarizar” estrutura e alvenaria, distribuindo as deformações excessivas da estrutura que se traduzem na forma de fissuras e com isso diminuir a ocorrência de patologias nas alvenarias de vedação.

Para tal, foram desenvolvidos ensaios de diferentes formas de ligação da interface pilar/alvenaria de modo a avaliar a eficiência dos dispositivos empregados no mercado da construção de edifícios de São Paulo atualmente, como a tela metálica eletrosoldada.

Numa primeira etapa foram realizados ensaios de arrancamento direto à tração, de modo a se estudar o comportamento do dispositivo quando submetido ao esforço de tração. Foram ensaiados também prismas de alvenaria, com diferentes dispositivos de ligação inseridos de modo a se avaliar as resistências à tração das ancoragens inseridas na junta de argamassa, e numa terceira etapa, foram realizados ensaios em pequenas paredes, para se determinar o desempenho das ancoragens na ligação de paredes e pilares de concreto armado, na situação real.

**Palavras-Chave:** *Alvenaria de vedação, Tela eletrosoldada, Ligação parede/pilar, Deformações estruturais, fissuras.*

## ABSTRACT

Structures of reinforced concrete are becoming more slender, associated to the short time of building construction and with the lesser periods of masonry fixation in the structure, each time with more frequency can be observed the formation of pathological state in masonry. The structures of reinforced concrete progressively presents more accentuated deformation, making masonry to work, offering strength to these displacements, creating pathology that appears like cracks in the interface of column/masonry.

Thus, it is necessary to study the bonds used in the interface column/masonry, wich has as objective “join” the structure and the masonry, spreading the excessive deformations of the structure that comes up as cracks, and diminishing the occurrence of damages in the forbid masonry.

In order to do this, different tests in the interface column/masonry were developed in order to evaluate the efficiency of device used in the civil construction in São Paulo, as tela metálica eletrosoldada.

In the first step, pull-out tests were done to sutdy the behavior of the device when submitted to a tensile strength. Prisms were also tested, with different kinds of bond gadgets inserted in order to evaluate the resistance in a traction of devices in the anchorages inserted in the grouts, and in a third step, small walls were tested to analyze the behavior of anchorages in the bond of wall and column, in the real situation.

***Key words:*** *Sealing masonry, electric welded screen, Wall/abutment bond, Structural deformations, Cracks*

---

## Capítulo 1

### 1.1 Introdução

Alvenaria, pelo dicionário da língua portuguesa (Globo, 2001), é a arte ou ofício de pedreiro, ou ainda, obra composta de pedras naturais ou artificiais, ligadas ou não por argamassa.

O mais antigo material existente na construção de edificações e que perdura até os dias atuais. Seu uso veio gradualmente evoluindo da simples justaposição de blocos sem material ligante, passando posteriormente a utilizar o barro nessa função, garantindo assim maior confiabilidade quanto à estabilidade, proteção às ações do vento ou chuva; chegando finalmente a descoberta pelos romanos, da pozolana (utilizada também como ligante), material esse que quando misturado à água se endurecia adquirindo propriedades de resistência que revolucionariam o cenário da construção de edificações.

Atualmente, são vários os tipos de unidades de alvenaria, com diferentes materiais e formas. Pode-se encontrar desde tijolos cerâmicos maciços com técnica de fabricação rudimentar, até blocos industrializados de concreto, concreto celular auto-clavados, sílico-calcáreos, solo-cimento, ou mesmo cerâmicos, cujas técnicas de fabricação proporcionam aos blocos, características como leveza, maior homogeneidade, capacidade termo-acústica, altas resistências físicas e mecânicas, além de tornarem cada vez mais práticos os métodos construtivos.

### 1.2 Justificativa

O Brasil possui uma cultura bastante difundida para o uso da alvenaria tradicional como principal componente de vedação interna e externa das edificações. Nos edifícios construídos no Brasil, as alvenarias são parte integrante, portanto sofrem interferência e também interferem nas demais partes do edifício. Logo, o estudo e a avaliação do seu desempenho são de fundamental importância para uma correta racionalização da obra.

---

A qualidade da alvenaria depende de vários fatores: qualidade do bloco, da argamassa e dos demais elementos constituintes, além da qualidade da mão-de-obra e das corretas técnicas de execução empregadas.

Segundo Massetto (2001, p.1), em face às qualidades e aos benefícios apresentados, até hoje as alvenarias têm estado entre os elementos de vedação mais utilizados no mundo; e mesmo com todos esses anos de utilização, as pesquisas e os trabalhos focados especificamente no desempenho das alvenarias de vedação ainda não são muito numerosos.

No Brasil, onde a técnica construtiva tradicional de edifícios baseia-se em construções com estruturas de concreto armado e alvenaria de vedação, as patologias nas vedações verticais ocorrem, recentemente, de forma sistemática, torna-se assim um problema no setor da construção de edifícios.

Sabbatini (1998, p.1) comenta: “Desde meados da década de setenta até o momento atual, as fissuras e trincas nas vedações em alvenaria de edifícios de multipavimentos com estrutura de concreto armado têm aumentado continuamente, em termos da frequência de manifestações, intensidade de ocorrências e gravidade”.

Surge então a carência de um estudo das formas de ligações empregadas na interface pilar/alvenaria, de modo a melhor distribuir as deformações impostas pela estrutura sobre a alvenaria e com isso, absorver os esforços diminuindo assim a ocorrência de fissuras nas alvenarias de vedação.

---

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1. Objetivo Geral

Estudar e analisar as patologias que ocorrem na alvenaria cerâmica de vedação na interface parede/pilar de concreto.

Conhecer o dispositivo de ligação comumente empregado nas obras civis (telas metálicas eletrosoldadas) e estudar outros tipos de ligação, de maneira a comparar os mesmos quanto à eficiência e forma de execução, sendo assim possível analisar a melhor solução para as patologias na alvenaria cerâmica de vedação.

### 1.3.2. Objetivos Específicos

O principal objetivo desse trabalho é estudar a eficiência de diferentes dispositivos empregados nas ligações entre os pilares e as alvenarias de vedação de blocos cerâmicos, com destaque para os que são mais rotineiramente utilizados nas obras de edifícios em São Paulo e também avaliar o desempenho de novas formas de ligação.

Outro objetivo é através de visitas às obras em construção e acabadas em edifícios de São Paulo, observar e estudar a eficiência da ligação da alvenaria com a estrutura através do emprego das telas metálicas e verificar assim, o uso da tela e a ocorrência de patologias na alvenaria, na interface parede/pilar.

## 1.4 Estrutura do Trabalho

Nesse primeiro capítulo foi exposta uma breve introdução ao assunto, além de se explicitarem os objetivos do trabalho.

No segundo capítulo foi feita uma revisão bibliográfica explorando o assunto de modo a formar-se uma base para comparações e para o desenvolvimento de todo o estudo experimental, que será mais detalhado nos próximos capítulos.

O terceiro capítulo contém o relato de visitas às obras, contendo fotos ilustrativas dos casos encontrados na prática.

O quarto capítulo traz a descrição detalhada da parte experimental principal, com figuras ilustrativas dos ensaios realizados.

O quinto capítulo mostra os resultados dos ensaios realizados, com fotos de execução dos ensaios e gráficos comparativos.

O sexto capítulo trata-se da discussão dos resultados obtidos no quinto capítulo.

O sétimo capítulo contém a conclusão final do trabalho.

No final do trabalho são apresentadas as referências bibliográficas completas (Capítulo oito), de acordo com a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (2002).

## Capítulo 2: Revisão Bibliográfica

### 2.1 A Alvenaria de Vedação

Pode-se definir alvenaria como “um subsistema simples, utilizado na construção e conformado em obra, constituído por tijolos ou blocos unidos entre si por juntas de argamassa, formando um conjunto rígido e coeso” (SABBATINI,1984, p.26).

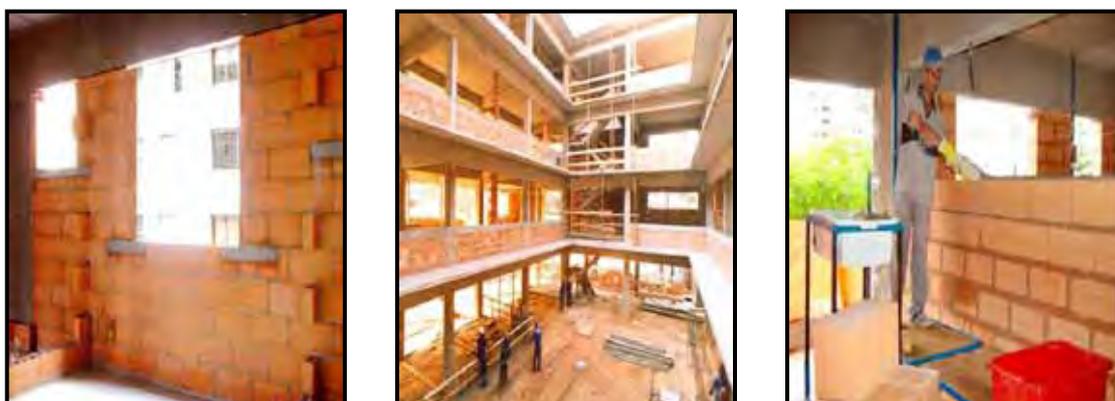


Figura 1 : Exemplos da alvenaria como material usado em edificações

Cerca de 400 bilhões de unidades de tijolos e blocos são produzidos anualmente (aproximadamente 2 bilhões de toneladas), o que o faz o material de construção de maior produção mundial. (SABBATINI, 2005).

A denominação alvenaria de vedação corresponde ao emprego de elementos unidos entre si, destinados a fechar um ambiente, assegurando segurança, conforto e habitabilidade à edificação dentro de um sistema estruturado.

Segundo Nascimento (2001, p.10) são denominadas alvenarias de vedação as montagens de elementos destinados às separações de ambientes; e são consideradas apenas de vedação por trabalhar no fechamento de áreas sob estruturas, sendo necessários cuidados básicos para o seu dimensionamento e estabilidade.

As alvenarias podem ser divididas em estruturais ou de vedação, ou ainda divididas segundo o seu componente, ou seja, o tipo de bloco que as constitui. Sabbatini et al (1988) classifica as alvenarias conforme mostra a Tabela abaixo:

Tabela 1: Classificação das alvenarias (SABBATINI et al, 1988)

<b>CLASSIFICAÇÃO QTO:</b>	<b>TIPO</b>
<b>Capacidade de Suporte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alvenaria resistente: alvenaria estrutural não armada, alvenaria estrutural armada e não protendida e alvenaria estrutural protendida.</li> <li>▪ Alvenaria de Vedação</li> </ul>
<b>Componentes da Alvenaria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alvenaria de Blocos de Concreto</li> <li>▪ Alvenaria de Tijolos Cerâmicos Maciços</li> <li>▪ Alvenaria de Blocos Cerâmicos</li> <li>▪ Alvenaria de Blocos Sílico-Calcários</li> <li>▪ Alvenaria de Blocos de Concreto Celular</li> <li>▪ Alvenaria de Tijolos de Solo Estabilizado</li> </ul>
<b>Componentes da Ligação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Junta seca (sem argamassa de preenchimento entre as unidades de alvenaria)</li> <li>▪ Junta tomada (preenchida com argamassa)</li> </ul>
<b>Proteção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aparente</li> <li>▪ Revestida</li> </ul>

Franco (1998, p.96), comenta que é função das vedações a proteção dos ambientes contra agentes externos e enumera os requisitos para um bom desempenho e as suas características funcionais (Tabela 2).

Tabela 2: Requisitos de desempenho e características funcionais das vedações verticais (Franco, 1998, p. 96)

<b>CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS</b>	<b>REQUISITOS DE DESEMPENHO</b>
Resistência Mecânica	Segurança estrutural
Deformabilidade	Isolação Térmica
Estabilidade dimensional	Estanqueidade
Propriedades Térmicas	Segurança ao fogo
Resistência à transmissão sonora	Estabilidade
Resistência ao fogo	Durabilidade
Resistência à penetração de água	Estética
Resistência a agentes agressivos	Economia
Custos adequados de manutenção e produção	Isolação acústica

As vedações verticais desempenham um papel importante na produção de edifícios e elas devem atender os requisitos propostos, conforme enumerados na Tabela 2 acima, sendo assim necessário um conjunto de características que atenda aos requisitos propostos em cada situação. Sabbatini (2005) enumera as vantagens e as desvantagens do uso da parede de alvenaria como elemento de vedação (Tabela 3).

Tabela 3 : Vantagens e desvantagens do emprego da alvenaria como material de vedação (SABBATINI,2005)

<b>VANTAGENS</b>	<b>DESVANTAGENS</b>
Facilidade e baixo custo de produção dos componentes	Requer mão-de-obra especializada para sua execução
Total disponibilidade de matéria prima	Baixa produtividade
Não polui o meio ambiente quando descartado, é 100% reaproveitável	Necessidade de revestimentos para se ter uma textura lisa
Melhor relação custo-benefício dentre todos os materiais para vedação existentes	Elevada massa por unidade de superfície
Não existe material de construção mais econômico em todo o mundo, considerando-se os investimentos iniciais e de manutenção (por m <sup>3</sup> ou Kg)	Imagem de ser “anti-moderna”

A escolha dos materiais constituintes da alvenaria (blocos e argamassa de assentamento) é de fundamental importância nas suas características, ou seja, o seu desempenho térmico, acústico, a sua resistência mecânica, assim como a vida útil e durabilidade.

## 2.2 Componentes da Alvenaria de Vedação

### ➤ Blocos

Os blocos determinam as principais características no desempenho da alvenaria e representam de 85% a 95% no volume da alvenaria, além de definirem a modulação e a coordenação dimensional.

Os componentes da alvenaria são classificados segundo as suas dimensões, o percentual de vazios, o material constituinte e a resistência à compressão. A Tabela 4 mostra uma classificação proposta por Sabbatini (2005).

Tabela 4: Classificação dos componentes da alvenaria (Adaptado de SABBATINI)

CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Segundo as dimensões dos componentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Tijolo:</b> unidade de alvenaria de dimensões máximas: c=300mm. L=250mm e H=120mm</li> <li>• <b>Bloco:</b> unidade de alvenaria que excede em comprimento, largura ou altura as máximas dimensões que definem o tijolo.</li> </ul>
De acordo com a percentagem de vazios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Maciço:</b> % de vazios &lt; 25% em volume</li> <li>• <b>Perfurado:</b> % de vazios &gt; 25% e &lt; 50% e área de qualquer furo &lt; 50 cm<sup>2</sup></li> <li>• <b>Vazado:</b> % de vazios &gt;25% e &lt; 60% sem outras limitações.</li> </ul>
De acordo com o material	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Cerâmico</b></li> <li>• <b>Concreto</b></li> <li>• <b>Concreto celular</b></li> <li>• <b>Sílico-Calcáreo</b></li> </ul>
Resistência à compressão	Depende do tipo de componente utilizado

As normas brasileiras estabelecem limites para a resistência à compressão dos componentes da alvenaria. A NBR 15270-1 (ABNT, 2005, p.8) especifica que os blocos cerâmicos de

vedação, calculados na área bruta segundo a resistência à compressão ( $f_b$ ), devem atender aos valores mínimos indicados na Tabela 5.

Tabela 5: Resistência à compressão (NBR 15270-1,2005,p.8)

Posição dos furos	$F_b$ (MPa)
Para blocos usados com furos na horizontal	$\geq 1,50$
Para blocos usados com furos na vertical	$\geq 3,00$

### ➤ Argamassa de assentamento

A argamassa é um material composto, plástico, constituído de agregado miúdo e de uma pasta aglomerante. Possui a propriedade de aderência e endurece depois de certo tempo. A argamassa de assentamento é considerada um componente da alvenaria, cuja função e formas são bem definidas. As argamassas devem unir os componentes da alvenaria, distribuir uniformemente as tensões e acomodar as deformações impostas às alvenarias.

Júnior (2002, p.4) comenta que a interface entre as unidades de alvenaria e a argamassa constituem superfícies bastante susceptíveis à separação por saber que a resistência à tração nesses locais é muito pequena e com isso, ele conclui que as fissuras são um estado patológico bastante comum em estruturas de alvenaria.

## 2.3 O Serviço de Alvenaria

O serviço de alvenaria de vedação constitui-se de todas as etapas e todos os procedimentos adotados para a produção de uma alvenaria.

Araújo e Souza (2001, p.12) dividiram o serviço de execução da alvenaria em três fases distintas: marcação, elevação e fixação (Figura 2).

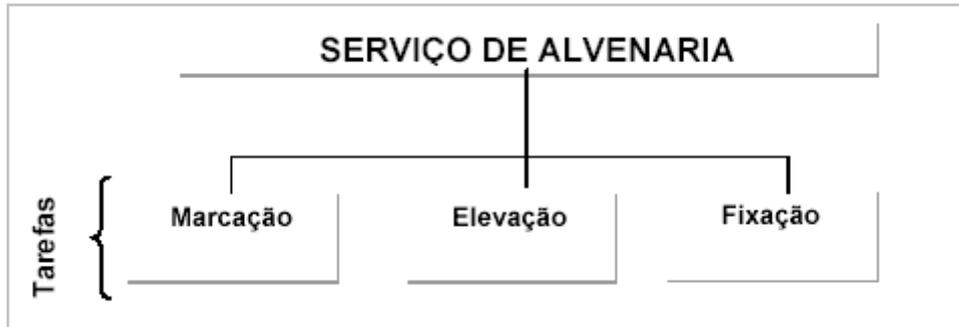


Figura 2: Apresentação da divisão do serviço de alvenaria (ARAÚJO E SOUZA)

A Figura 3 ilustra as fases da execução do serviço de alvenaria na seqüência de execução. Essas fotos foram tiradas em edifícios de alvenaria cerâmica de vedação em execução na cidade de São Paulo.



(a) Marcação



(b) Elevação



(c) Fixação ("encunhamento")

Figura 3: Seqüência de execução do serviço de alvenaria

A correta execução das paredes, respeitando-se uma seqüência e um tempo de execução, é fundamental para se minimizar as patologias na alvenaria.

#### 2.4 Resistência dos componentes da alvenaria

“Nos últimos trinta anos os edifícios de múltiplos pavimentos tiveram várias de suas características modificadas continuamente, por inúmeras razões, a ponto de ser hoje claramente possível identificar diferenças muito significativas entre edifícios do final da década de 60 em relação aos que hoje são construídos” (SABBATINI, 1998, p.1).

Com as mudanças nas características de construção dos edifícios, mostradas na Tabela 6, as construções reticuladas sofreram modificações que alteraram sua estrutura, tornando-se estruturas mais esbeltas, com menor grau de rigidez e com isso, estruturas mais deformáveis. Conseqüentemente a alvenaria sofre maiores deformações induzidas pela estrutura e pelos elementos estruturais e com isso, surgem maiores tensões nas alvenarias de vedação.

A Tabela 6 mostra a diferença dos edifícios construídos na década de 60 e na década de 90.

Tabela 6: Massa e volumetria de edifícios construídos em diferentes épocas (Sabbatini, 1998,p.1)

SUBSISTEMA	DÉCADA DE 60	DÉCADA DE 90
<b>VEDAÇÃO EM ALVENARIA</b>	Tijolo maciço: paredes externas de 28cm; Densidade superficial – 560 Kg/m <sup>2</sup> Carregamento estrutural de 1400 Kg/m	Tijolo furado: paredes externas de 17cm; Densidade superficial – 150Kg/m <sup>2</sup> Carregamento estrutural de 350 Kg/m
<b>ESTRUTURA EM CONCRETO</b>	Vigas sob todas as paredes; Muitos pilares, pilares “rígidos”; Vigas externas altas; Nós rígidos	Vigas sob algumas paredes; Menor quantidade de pilares, pilares mais esbeltos; Vigas externas menores; Nós menos rígidos

Mas as mudanças da década de 60 para a década de 90 não ocorreram somente nas características das estruturas dos edifícios, elas ocorreram também nas técnicas construtivas e na execução das construções de edifícios. Sabbatini (1998, p.3) compara as técnicas construtivas utilizadas na década de 60 e as da década de 90, mostradas na Tabela 7.

Tabela 7: Técnicas construtivas em diferentes épocas (Sabbatini, 1998, p.3)

<b>TÉCNICA</b>	<b>DÉCADA DE 60</b>	<b>DÉCADA DE 90</b>
<b>Cura do Concreto</b> <b>Tempo de colocação</b> <b>da</b> <b>carga</b>	Cura úmida superficial e manutenção das formas por 7 dias; Manutenção do escoramento dos elementos estruturais horizontais por 21 a 28 dias	Nenhuma técnica de cura úmida superficial e manutenção das formas laterais por 3 dias; Manutenção do escoramento dos elementos horizontais por 7 dias
<b>Seqüência Executiva</b>	Construção de toda a estrutura; Fechamento da alvenaria de cima para baixo após a execução da estrutura	Construção da estrutura defasada de 3 a 4 lajes da alvenaria; Fechamento da alvenaria de baixo para cima
<b>Fixação da Alvenaria</b> <b>(“Encunhamento”)</b>	Fixação após execução de toda a alvenaria e de cima para baixo	Fixação de baixo para cima defasada de 3 a 4 pavimentos em relação ao fechamento

Sabbatini (1998,p.3) conclui que a alvenaria cerâmica utilizada nos dias de hoje como vedação de edifícios, tem menor resistência à compressão e é mais rígida (significa que tem menor deformabilidade, ou seja, para ficar em um estado de tensão equivalente ao da alvenaria de tijolo maciço, ela deve estar submetida a uma deformação induzida de amplitude muito menor), com isso as rupturas ocorrem nas alvenarias da década de 90 com solicitações muito menores do que nas da década de 60.

Sabbatini (1998, p.5), afirma ainda que, mesmo antes da fixação superior, a alvenaria passa a interagir com a estrutura, devido ao peso desta, a estrutura de apoio tende a se deformar, o que passa a ser inibido pela alvenaria que, com o endurecimento da argamassa, já é um corpo rígido que reage contra a deformação do suporte.

A parede de alvenaria acaba por trabalhar como um elemento de contraventamento, ou seja, ela “trava” as deformações do pórtico no qual ela é inserida, dependendo da rigidez da alvenaria.

## 2.5 Patologia nas Construções

Patologia é conceituada como: falha, disfunção, defeito que prejudica a estética ou o desempenho da edificação ou de qualquer uma de suas partes. (THOMAZ, 1990, p.97).

A patologia está inserida na Ciência Engenharia como a disciplina que estuda as origens, causas, mecanismos de ocorrência, manifestações e consequência das situações em que as construções, ou suas partes, não apresentem um desempenho mínimo preestabelecido.

Fiess, Oliveira, Bianchi e Thomaz (2004, p.5), realizaram um estudo de observação dos problemas de construção, ou seja, falhas que prejudicam o desempenho das edificações quanto à habitabilidade, segurança e estética. Das quarenta e duas manifestações patológicas encontradas, foi listado o percentual de ocorrência das respectivas causas no total de obras vistoriadas, isto é, quantas vezes as manifestações patológicas provenientes de falhas de projeto, de execução, de uso ou de materiais ocorreram nas 10 obras vistoriadas.

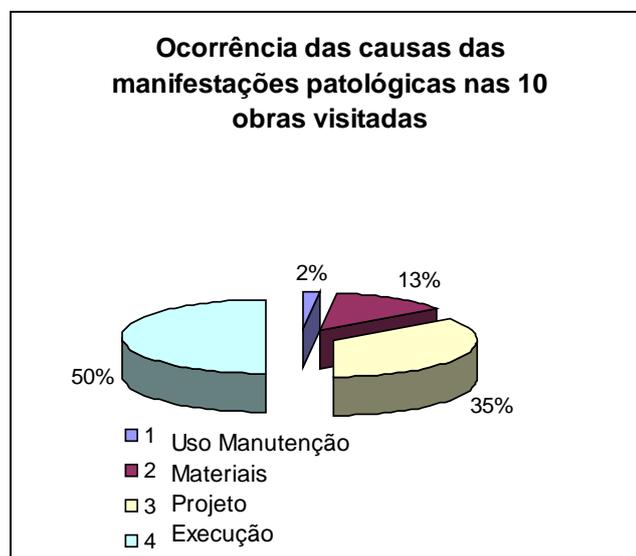


Figura 4: Ocorrência das causas das principais manifestações patológicas  
(Adaptado de Fiess, Oliveira, Bianchi e Thomaz, 2004, p.5)

O projeto tem papel fundamental na racionalização construtiva, pois é através dele que se faz a escolha dos materiais e componentes que serão empregados na alvenaria, assim como define

a modulação das paredes de modo a se evitar o desperdício de material, como quebras para ajustes dimensionais.

## 2.6 Patologias na Alvenaria de Vedação

Medeiros e Franco (1999, p.5) classificam a origem das fissuras e rachaduras de paredes como sendo interna ou externa. As fissuras com origem externa ocorrem devido à ação de choques e cargas suspensas, cargas transmitidas pelos elementos estruturais ou deslocamentos transferidos à parede pelo seu suporte. As manifestações de origem interna são provocadas principalmente pela ação da temperatura e umidade.

### ➤ *Fissuras com origem externa:*

- *Fissuras causadas pela atuação de sobrecargas:* é considerada sobrecarga uma solicitação externa, capaz ou não de provocar a fissuração de um componente.

Nos painéis de alvenaria solicitados por sobrecargas uniformemente distribuídas, Thomaz (1990, p.63) classifica as fissuras em dois tipos:

1. Fissuras verticais: originadas de deformações transversais da argamassa sob tensões de compressão dos componentes da alvenaria.
2. Fissuras horizontais: surgem quando há a ruptura dos componentes de alvenaria ou da argamassa, ou ainda sob ações de flexo-compressão da parede.

### ➤ *Fissuras com origem interna:*

- *Fissuras causadas por movimentações térmicas:* os componentes de uma edificação estão sujeitos a movimentações térmicas, ou seja, variações de temperatura que alteram suas dimensões originais (dilatação ou contração). Thomaz (1990, p.22)

afirma que as coberturas planas estão mais expostas às variações térmicas que os demais componentes verticais da edificação, ocorrendo assim movimentações diferenciais entre os componentes horizontais e verticais. Com isso, as paredes de alvenaria acabam sofrendo tensões de tração e cisalhamento, causando assim fissuras nas mesmas.

- *Fissuras causadas por variações de umidade (movimentações higroscópicas):* O aumento do teor de umidade provoca uma expansão do material, enquanto que a diminuição desse teor provoca uma contração. Esses tipos de movimentações podem provocar destacamentos entre a alvenaria e a argamassa de assentamento, dependendo da intensidade da variação da umidade. Como exemplo, cita-se os alicerces das paredes que ficam em contato com o solo e absorvem a umidade do mesmo, provocando assim, o aparecimento de fissuras horizontais na base da parede.

Em painéis de alvenaria, as fissuras podem se apresentar na direção horizontal, vertical, inclinada ou uma combinação destas. A forma de uma fissura pode ser influenciada por diversos fatores.

Segundo Thomaz (1990, p.104), nas alvenarias de vedação as fissuras poderão ocorrer de diversas formas, dependendo da presença ou não de aberturas e de sua localização.

Quando se desenvolvem flechas nas estruturas de concreto (vigas ou lajes) em balanço, essas podem provocar o aparecimento de fissuras inclinadas (Figura 5) e essa fissuração normalmente é acompanhada por destacamentos entre a alvenaria e a estrutura.

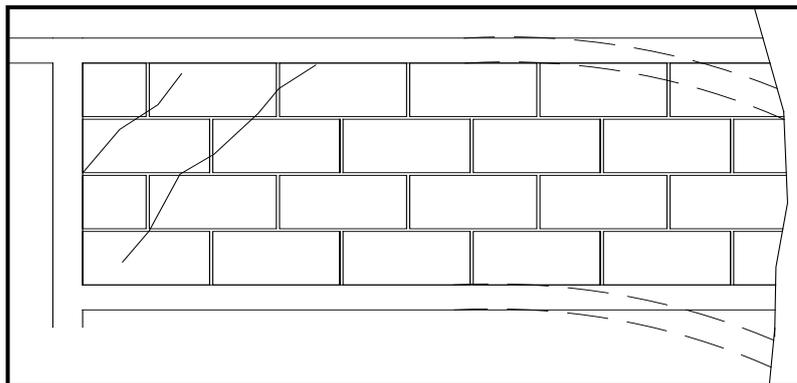


Figura 5: Fissuras e destacamentos entre a alvenaria e a estrutura provocadas pela flexão da viga em balanço Thomaz (1990, p.104)

➤ *Fissuras causadas por deformações excessivas das estruturas de concreto*

As alvenarias de vedação estão em contato ou apoiadas sobre os componentes da estrutura (vigas e lajes), logo o comportamento da alvenaria está relacionado com o comportamento da estrutura e vice-versa.

Segundo Franco (1998, p.97), entre os problemas patológicos, uma parcela cada vez mais significativa, é causada pela incompatibilidade das deformações da estrutura em comparação com a capacidade de acomodar deformações e a resistência das vedações verticais.

Junginger e Sabbatini (2004, p.7), concluem que “O crescente aumento da esbeltez das estruturas, com incremento dos vãos entre vigas e uso de concreto de alta resistência e conseqüente diminuição da seção dos pilares, podem permitir maiores deformações do reticulado de concreto. A alvenaria, imersa nesse conjunto espacial, exerce um papel de contraventamento e termina por receber cargas para as quais não foi dimensionada.”

Os autores notam ainda que, com isso, o que vem ocorrendo é a ruptura horizontal explosiva por esmagamento da parede, mais comum em blocos cerâmicos assentados com furos na horizontal, até o esmagamento da argamassa de fixação e perda de aderência nos encontros alvenaria/ pilar.

Medeiros (2005, p.46) observa que “os edifícios de hoje são mais altos e mais esbeltos, a concepção privilegia grandes vãos, há menos pilares e as lajes apresentam espessuras reduzidas, tornando-se assim, estruturas mais deformáveis”.

As alvenarias de vedação de estruturas reticuladas não são projetadas para resistirem à atuação de cargas verticais, sua função é especificamente divisão de ambientes, isolamento acústico, estanqueidade da água das fachadas, etc.

O que ocorre é que os componentes estruturais (vigas e lajes) acabam sobrecarregando os painéis de alvenaria de vedação devido ao rígido “encunhamento” da parede no encontro com a viga ou com a laje, originando assim, as fissuras nas alvenarias.

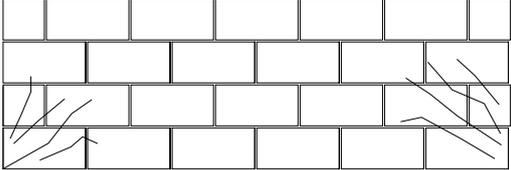
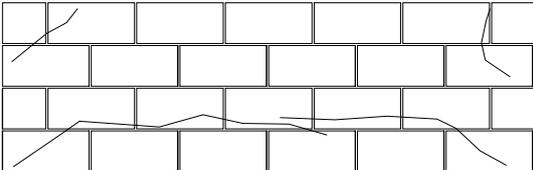
A qualidade final de uma alvenaria de vedação estará intimamente associada à qualidade da estrutura, seja em termos de regularidade geométrica (vãos, ângulos, prumo e nível), seja em termos de comportamento mecânico. Apoiadas sobre vigas, lajes ou outros componentes estruturais, interligadas com pilares ou paredes estruturais, as alvenarias de vedação não se destinam a suportar carregamentos, embora lhes seja cada vez mais comum a transmissão de tensões oriundas de deformações impostas, ou seja, flechas, recalques de fundação, movimentações térmicas. (THOMAZ e HELENE, 2000, p.23).

As vedações verticais, para suportarem os deslocamentos impostos pela estrutura ou ainda as variações volumétricas causadas por variações de umidade e temperatura, devem apresentar características que permitam que elas tenham um desempenho adequado ao longo da vida útil da edificação. Dessas propriedades, destacam-se a capacidade de acomodar deformações e a resistência mecânica.

Segundo Franco (1998, p.106), para as alvenarias, a deformabilidade ou a capacidade de acomodar deformações é definida como: “A capacidade que a parede de alvenaria possui de manter-se íntegra ao longo do tempo, distribuindo as deformações internas ou externas impostas em microfissuras não prejudiciais ao seu desempenho”. O autor define ainda, os fatores que interferem na capacidade de acomodar as deformações das paredes:

- Módulo de deformação da alvenaria: quanto maior é o módulo de deformação da alvenaria, menor será a capacidade de acomodar movimentações sem fissurar. O módulo de deformação da alvenaria está associado ao módulo de deformação dos blocos e da argamassa de assentamento.
  
- Resistência de aderência entre as juntas de argamassa e os componentes de alvenaria: essa resistência é responsável pela transmissão dos esforços, distribuindo as tensões por todo o painel, sem o surgimento de fissuras nessa interface.
  
- Espessura das juntas de argamassa de assentamento: uma argamassa com baixo módulo de deformação não conseguirá distribuir corretamente as tensões se não tiver espessura suficiente para que as deformações específicas ao longo da espessura das juntas não sejam elevadas.
  
- Cuidados com a execução das paredes de alvenaria: situações como a utilização de argamassas inadequadas, assentamento dos componentes com material pulverulento prejudicando assim a aderência, a falta de cuidados na cura das paredes, além da qualidade dos serviços, devem ser evitadas.

Thomaz (1990, p.75), classifica as configurações das fissuras em painéis de alvenaria sem abertura, em três tipos, mostrados na Figura 6.

	<p><b><i>O componente de apoio e o componente superior apresentam deformações aproximadamente iguais:</i></b>                  A parede é solicitada predominantemente ao cisalhamento, desenvolvendo-se fissuras inclinadas nas proximidades dos cantos inferiores.</p>
	<p><b><i>O componente de apoio deforma-se mais que o componente superior:</i></b>                  Ocorrem fissuras inclinadas nas proximidades dos cantos superiores da parede e fissura horizontal nas proximidades de sua base.</p>

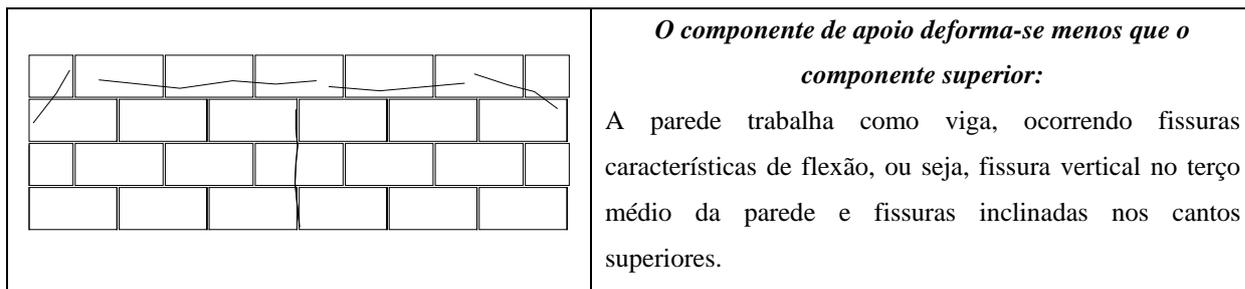


Figura 6: Comportamento das fissuras em painéis de vedação sem aberturas (Thomaz, 1990, p.75)

Franco (1998, p.107) mostra um estudo desenvolvido no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Construção Civil da EPUSP, onde se procurou avaliar a capacidade de acomodar deformações das paredes de alvenaria em escala real, de blocos cerâmicos, concreto e concreto celular autoclavado. As paredes de alvenaria foram construídas sobre um pórtico de concreto armado, esquematizado na Figura 7.

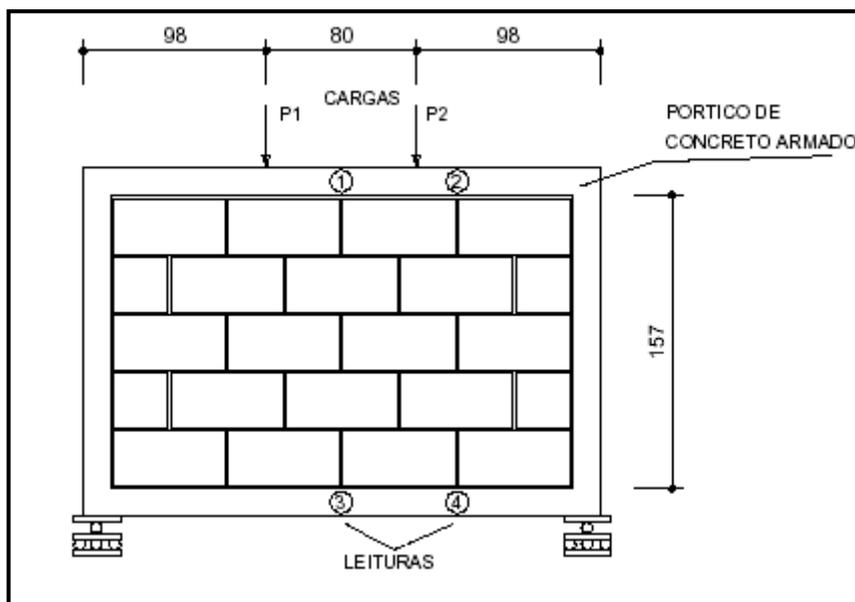


Figura 7 : Esquema do ensaio (FRANCO, 1998, p.107)

O pórtico esquematizado acima, foi submetido a carregamentos, controlando-se o nível de deformações impostas e, simultaneamente, analisava-se o comportamento das alvenarias através do surgimento de fissuras. Os resultados obtidos nessa fase do ensaio estão na Tabela 8. Foi observado que as paredes de alvenaria possuem uma capacidade de acomodar

deformações que variam de  $L/2300$  a  $L/760$ , que são valores semelhantes aos encontrados em ensaios realizados em campo sobre as lajes dos edifícios.

Tabela 8: Capacidade de acomodar deformações das paredes de alvenaria (FRANCO, 1998, p.107)

<b>COMPONENTE/ SITUAÇÃO</b>	<b>DEFORMAÇÃO MÁXIMA (até o surgimento da primeira fissura (mm))</b>
Bloco cerâmico assentado e revestido com argamassa mista	1,59
Bloco de concreto assentado e revestido com argamassa mista	1,11
Bloco de concreto celular autoclavado assentado com argamassa industrializada, sem revestimento	3,51
Bloco de concreto celular autoclavado assentado com argamassa mista, sem revestimento	3,51

Vigas e lajes de concreto armado deformam-se naturalmente sob ação do peso próprio, das cargas acidentais e permanentes e mesmo por ações de retração e deformação lenta do concreto. Essas estruturas podem se deformar e admitir flechas que não comprometam em nada sua estética e seu uso.

Os limites de flechas dos elementos estruturais estabelecidos pela norma brasileira e utilizados pelos calculistas são  $L/300$  ou  $L/500$ . No entanto, esses níveis de deslocamento são incompatíveis com os níveis observados nas vedações verticais. Franco (1998, p.99) em seu trabalho observa isso devido a uma série de ensaios realizados tanto nas estruturas de edifícios, como em laboratório em 1994. Os ensaios em edifícios de múltiplos pavimentos constituíam-se basicamente de provas de cargas em lajes (de aproximadamente  $50 \text{ m}^3$ ), sendo que as alvenarias foram construídas no vão da laje e, na medida em que adicionavam os carregamentos, foram medidas as deformações das lajes. Com os resultados, o autor concluiu que uma parcela muito grande de carga, que a princípio deveria ser resistidas pelas lajes, eram transmitidas para os elementos de vedação, notando-se em todos os casos fissuras nas mesmas.

Esses tipos de deslocamentos dão origem a vários tipos de patologias ligadas à fissuração das alvenarias de vedação, surgindo assim, fissuras nos primeiros anos após a ocupação dos edifícios, ocasionando diversas perdas tanto para a construtora como para os moradores dessas edificações.

Os deslocamentos ocorridos nas estruturas têm sido superiores aos deslocamentos esperados e as paredes funcionam como contraventamento dos pórticos, o que impede parte considerável de seu deslocamento. Com isso, as fissuras aparecem na alvenaria e muitas vezes ocorre o descolamento de revestimentos, conforme ilustrado na Figura 8.

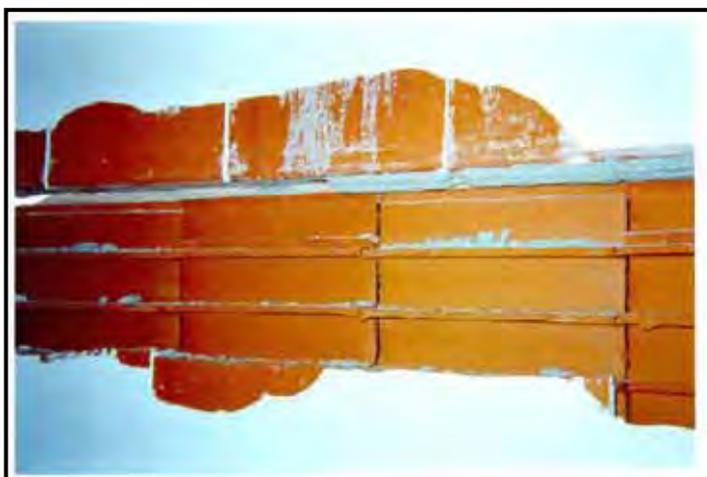


Figura 8: Parede interna de um edifício (Medeiros e Franco, 1999, p.8)

Quando a estrutura solicita a alvenaria de tal modo que essa solicitação seja maior que a resistência da parede de alvenaria, ocorrem colapsos na alvenaria como ilustra a Figura 9. São fotografias de patologias encontradas em alvenarias de vedação, causadas por deformações excessivas das estruturas de concreto (Masseto, 2001, p.49).

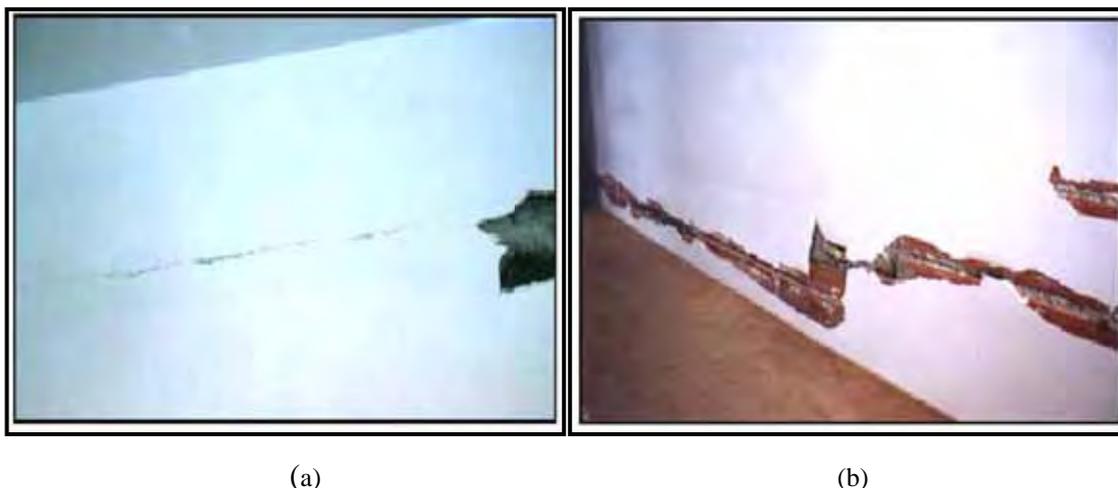


Figura 9: (a) Fissura e descolamentos do revestimento; (b) Colapso em alvenaria de blocos cerâmicos.  
(Masseto, 2001, p.49)

Segundo Franco (1998, p.104), um correto planejamento de execução da alvenaria de vedação e da estrutura podem diminuir os efeitos das deformações das estruturas sobre as alvenarias. No trabalho ele cita algumas:

- Retardar-se o máximo o início da execução da vedação, permitindo assim que uma maior parcela possível de deformação da estrutura já tenha ocorrido;
- Modificar a seqüência executiva, ou seja, carregar a estrutura com a maior parcela possível de cargas permanentes, antes da execução da vedação vertical ou da ligação dessa com a estrutura (como por exemplo, a execução dos contrapisos);
- Executar e ligar à estrutura a alvenaria, de preferência partindo-se dos pavimentos superiores do edifício para os inferiores, de forma a não acumular tensões excessivas nas paredes dos primeiros pavimentos;
- Utilizar técnicas de ligação entre a estrutura e as vedações verticais, ou seja, no “encunhamento” evitar técnicas que tornem essa ligação rígida, como por exemplo, com o uso de tijolos inclinados ou argamassas expansivas, pois em caso de estruturas deformáveis, o uso dessas técnicas já produz na parede uma tensão inicial.

## 2.7 Interação Alvenaria-Estrutura

Em edificações reticuladas de concreto armado e alvenaria como vedação, ocorre uma interação desses componentes. Segundo Sabbatini (2005) a interação entre a alvenaria e a estrutura resulta em:

- Deslocamentos e deformações dos elementos estruturais, como por exemplo, a flexão de vigas e lajes, passam a ser restringidos pela alvenaria;
- A alvenaria absorve parte das movimentações impostas pela estrutura e fica sob tensão;
- Como as alvenarias de vedação possuem elevada rigidez, elas passam a trabalhar como painéis de contraventamento dos pórticos estruturais.
- A estrutura contraventada pelas paredes de alvenaria, apresenta menores deslocamentos globais quando nela atuam esforços horizontais, porém, com isso, as vedações estarão submetidas a maiores solicitações;
- Após a fixação da alvenaria (“encunhamento”), todas as deformações diferidas no tempo, como fluência e deformação lenta, geram um aumento das tensões nas alvenarias;
- Em longo prazo, serão possíveis as seguintes situações:
  - A parede de alvenaria não resiste às tensões e com isso há ocorrência de fissuras, trincas, esmagamentos na alvenaria ou até mesmo o colapso da parede;
  - A parede de vedação absorve as deformações e resiste às tensões atuantes e com isso, não ocorrem rupturas visíveis;

- A parede de alvenaria resiste às tensões, mas a ligação entre a alvenaria e a estrutura não resiste, nesse caso surgem fissuras nessa interface.

## 2.8 Tela metálica eletrosoldada como elemento de ligação

As telas de arame soldado têm sido utilizadas de diversas formas na construção civil. Os primeiros usos remetem a construção de cercas e alambrados e já em 1910 essas telas eram empregadas para a construção de peças de concreto armado, mais especificamente em lajes de concreto armado, onde as telas substituíam as armaduras convencionais. No Brasil, o seu uso é recente, abrindo espaço para pesquisas sobre a sua utilização.

Existem códigos de obras, manuais técnicos e especificações sobre o uso de telas para reforço em juntas de paredes, mas pouco foi desenvolvido sobre o uso das telas eletrosoldadas para a ligação de paredes de alvenaria com a estrutura. No Brasil, as normas técnicas tratam apenas de telas metálicas destinadas a armaduras de concreto armado. Masseto (2001, p.40) faz a distinção de dois subsistemas nas edificações onde se empregam alvenarias de vedação:

- Subsistema vedações verticais: formado por paredes de alvenaria na grande maioria das obras.
- Subsistema estrutural: para os edifícios de múltiplos pavimentos, são geralmente confeccionados em concreto armado.

Masseto (2001,p.40), completa ainda que, são dois subsistemas com elementos de características diferentes e que trabalham em conjunto para garantir o desempenho da edificação.

Para que ocorra a melhoria do comportamento global de uma edificação, é comum a utilização de detalhes como elementos na ligação entre os dois subsistemas definidos acima.

Na Figura 10 é mostrada o esquema de ligação da alvenaria de vedação na estrutura de concreto armado, onde são utilizadas as telas metálicas eletrosoldadas.

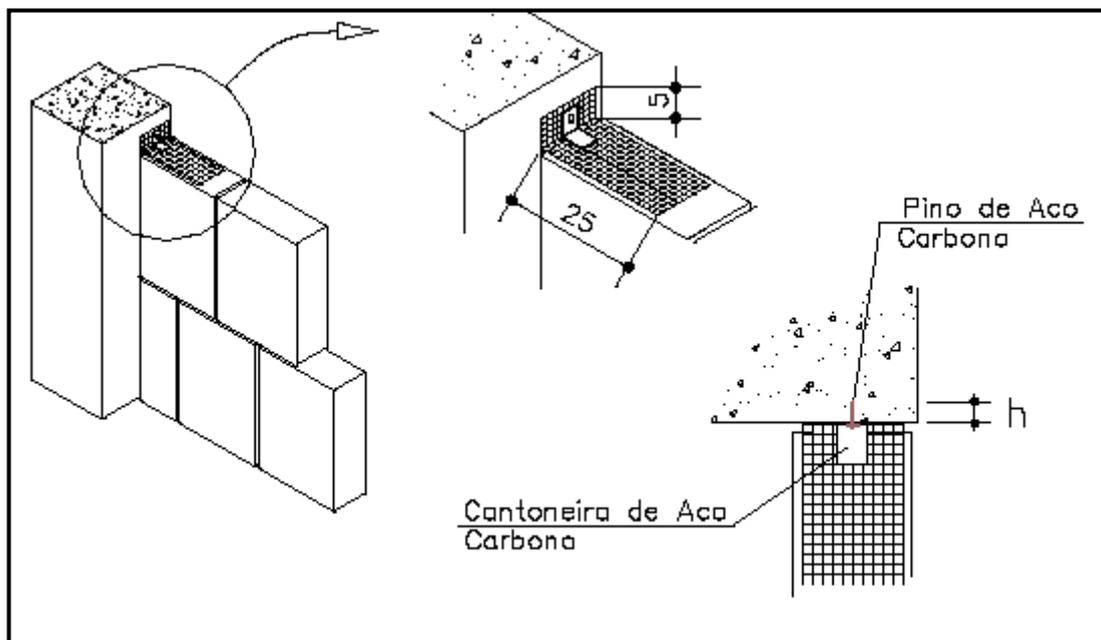


Figura 10: Detalhe típico da ligação da estrutura de concreto armado com a alvenaria através da colocação de uma tela metálica (FRANCO, 1998, p.230).

A tela metálica eletrosoldada vem sendo utilizada como elemento na ligação da alvenaria com a estrutura em substituição ao tradicional “ferro-cabelo”, que nada mais é do que fios de aço com espessura de 4 a 6 mm, inseridos no pilar e ancorados na alvenaria.

Medeiros e Franco (1999, p.18) compararam o uso da tela metálica como elemento de ligação com “ferro-cabelo” (Tabela 9), mostrando as vantagens quanto ao desempenho e quanto ao uso como reforço e como ligação entre a alvenaria de vedação e os pilares de concreto armado.

Tabela 9: Comparação entre a tela metálica e o “ferro-cabelo” quanto a seu uso e desempenho  
(Adaptado de Medeiros e Franco, 1999, p.18)

<b>TELA METÁLICA ELETROSOLDADA</b>	<b>“FERRO-CABELO”</b>
Se já estiver cortada nos tamanhos certos, a tela será rapidamente fixada	Requer corte, dobra e chumbamento no concreto, de colocação difícil
Possibilidade de ajustes em diferentes situações	Dificuldade de ajustes em diferentes situações
Evita o surgimento das primeiras fissuras na interface pilar-alvenaria	Ineficiência do ferro cabelo reto, e bom desempenho do ferro cabelo dobrado, porém dificuldade de execução
Menor influência da mão-de-obra	Grande influência da mão-de-obra no chumbamento e posicionamento do fio na junta de argamassa
Capacidade de redistribuição das tensões	Potencial de concentração de tensões e conseqüente ruptura brusca
Arame protegido contra a corrosão (aumenta a vida útil)	Sujeito à corrosão rápida se exposta à umidade ou a algum revestimento de gesso
Uso imediato após a colocação	Necessidade de espera da cura completa do adesivo usado
A dobra ocorre somente no momento da colocação da tela na junta	A posição final ocorre desde o chumbamento ou fixação, perturbando o andamento da execução da parede e de outros serviços
Facilidade de aplicação da argamassa e assentamento dos blocos (pois mesmo fixada no pilar, a tela permite manobras)	O “ferro-cabelo” chumbado é pouco maleável dificultando a execução da alvenaria.

A Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e Morlan S.A. (1999, p.2), implementaram um projeto de pesquisa destinado a estudar o emprego de telas de arame soldado e galvanizado na construção de edifícios. Com essa pesquisa foi possível avaliar e caracterizar as telas metálicas eletrosoldadas como elemento de ligação entre a alvenaria e o pilar.

Nesse projeto foi especificado o procedimento para aplicação de telas metálicas eletrosoldadas como dispositivo de ancoragem entre parede e pilar. A seguir, são descritos os procedimentos passo-a-passo do uso da tela como ligação da parede com o pilar com fotos tiradas em alguns edifícios que fazem uso da tela metálica como elemento de ligação (Tabela 10).

Tabela 10: Procedimento para aplicação de telas metálicas (Adaptado de Projeto EDUSP/MORLAN, 1999, p.19)

<p><b>1. Preparação do pilar:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Limpar a superfície do pilar</li><li>➤ Umedecer e chapiscar a superfície do pilar com chapisco tradicional (mistura de cimento e areia misturado manualmente) com ou sem o uso de adesivos sintéticos de modo a se obter uma superfície de boa aderência</li><li>➤ Esperar 72 horas pelo menos para o assentamento dos blocos da parede</li></ul>	
<p><b>2. Fixação da tela no pilar:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Marcar a posição das telas nos pilares, essa marcação correta é muito importante pois com isso a tela fica posicionada no centro da junta de argamassa</li><li>➤ Executar o “tiro” com a pistola apropriada, com a “aruela” devidamente posicionada na pistola, pressionando a tela (centralizada) na posição marcada do pilar, fixando assim a tela no pilar de concreto.</li><li>➤ Deixar a tela sem dobrar, encostada na face do pilar até o assentamento da fiada.</li></ul>	
<p><b>3. Colocação da tela na parede:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ A tela deve ser colocada no interior da junta horizontal de argamassa;</li><li>➤ A junta horizontal de argamassa deve ser totalmente preenchida na posição em que a tela será colocada;</li><li>➤ Após a aplicação da argamassa de assentamento sobre os blocos da fiada anterior, abaixar a tela, usando se possível cantoneira, possibilitando assim, que a tela fique perpendicular ao pilar.</li></ul>	

---

Medeiros e Franco (1999, p.44) ensaiam alguns dispositivos para se avaliar o elemento de ligação mais eficiente e a melhor forma de ligação entre a parede e o pilar. Com esse trabalho experimental eles concluíram que as telas metálicas apresentaram resistência ao arrancamento menos dispersas que os outros dispositivos avaliados, além de observarem que a tela metálica é o dispositivo mais fácil de ser posicionado no centro da junta de argamassa. Logo, a tela metálica foi o dispositivo que apresentou melhor alternativa para a ligação de paredes de vedação e pilares de concreto armado para prevenir fissuras nessa interface.

“Os autores afirmam ainda que: “A execução da fixação da tela no pilar, ou seja, o”tiro”, é um ponto chave para o sucesso do sistema de ancoragem; quando fixada de modo incorreto, a tela pode ter seu desempenho comprometido, permitindo que a fissura ocorra para deslocamentos menores que os esperados”.

## Capitulo 3: Estudo em Campo

Foram realizadas visitas a edifícios em construção e já executados na cidade de São Paulo. O principal objetivo dessa pesquisa em campo foi avaliar e estudar a tela metálica como elemento de ligação da alvenaria com a estrutura e verificar o seu uso no canteiro de obras. Além disso, as visitas tiveram como objetivo observar as patologias e as fissuras na interface alvenaria/estrutura.

Em uma primeira visita, foram percorridas nove obras de edifícios de médio a grande porte na cidade de São Paulo. A seguir, será detalhado o estudo feito nessas visitas a canteiros de obras e os casos observados.

A primeira obra visitada é um edifício residencial de 23 pavimentos. Nessa obra, a tela metálica é usada como elemento de ligação em todos os encontros alvenaria/estrutura. Na data da visita, a obra estava na fase de fixação da tela e com isso, foi possível observar usos incorretos da tela.

A Figura 11 abaixo mostra um caso de uso falho da tela, com a tela fixada de maneira incorreta, ou seja, em um mesmo pilar as telas foram fixadas em alturas diferentes, prejudicando assim o desempenho da ligação.



Figura 11: Não padronização na fixação da tela nos pilares

Em uma outra obra visitada, um edifício residencial de 16 pavimentos, observou-se a não padronização da tela no pilar e na sua execução, conforme indicado na Figura abaixo.

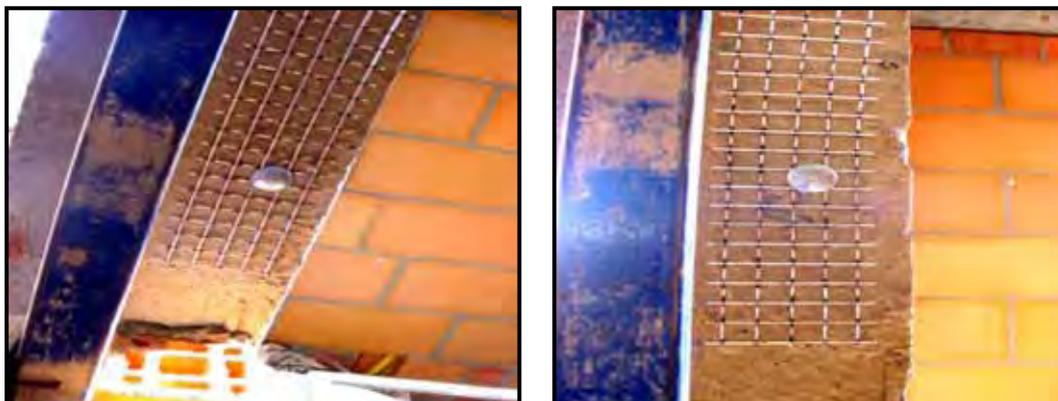


Figura 12: Mesmo pilar com telas fixadas de modos distintos

A Figura 13 apresenta a execução incorreta da tela, neste caso, ocorreu o problema referente à “dobra” da tela, que na maioria dos casos não é dobrada corretamente, ou seja, a tela não é pressionada contra a argamassa de modo a se posicionar ortogonalmente ao pilar, formando assim um abaulamento da mesma entre o pilar e a alvenaria. Nesse processo, a tela é assentada apenas pelo peso do bloco, não ficando, portanto, assentada de maneira correta.



Figura 13: Execução da Tela

Na Figura 14 a seguir, nota-se uma situação mais crítica: a tela não está no centro da junta de argamassa e nem dobrada de maneira correta, sendo assentada pelo peso do bloco.



Figura 14: Tela executada fora do centro da junta de argamassa

A terceira obra visitada é uma obra formada por duas torres (A e B) sendo que cada torre possui 21 pavimentos. Na data da visita da torre A, a alvenaria estava sendo executada no 4º Pavimento. Na torre B, a alvenaria estava sendo executada no 9º pavimento e ainda não havia sido feito o encunhamento (fixação da alvenaria na estrutura) em nenhum pavimento. O objetivo da visita a essa obra foi de observar a fixação e execução das telas.

Nessa obra, mais uma vez, observaram-se erros na fixação, nivelamento e altura dos furos (Figura 15). Erros de execução das telas também foram detectados, a saber: as telas não são dobradas (são fixadas apenas pelo peso do bloco, formando assim um abaulamento entre o bloco e o pilar) e não são assentadas no centro da junta de argamassa.



Figura 15: Fixação da tela de maneiras distintas

Foram visitadas outras obras, e foi observado, na maioria dos casos, que as telas possuem uma seqüência de execução complexa e muito susceptível a falhas, podendo ocorrer falha no desempenho do conjunto, propiciando assim, o surgimento de patologias na interface alvenaria/estrutura.

---

## Capítulo 4: Parte Experimental

No sistema alvenaria de vedação e estrutura de concreto armado, com dispositivos de ligação entre esses dois subsistemas, são basicamente quatro locais possíveis de ocorrer o desligamento (surgimento de fissuras) nessa interface:

- Arrancamento do dispositivo de ligação de dentro da alvenaria;
- Ruptura do dispositivo de ligação por tração;
- Arrancamento do bloco ancorado de dentro da alvenaria e
- Ruptura do ponto “chumbado” no pilar.

Foram realizados ensaios para se verificar cada um desses “pontos” de possíveis rupturas ou falhas do conjunto e, com isso, caracterizar os dispositivos de ligação e se realizar um estudo da sua real eficiência.

Em uma primeira etapa foram realizados ensaios de caracterização dos componentes, seguindo com ensaios de arrancamento à tração em prismas de dois elementos e em uma etapa final foram realizados ensaios em pequenas paredes de alvenaria.

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Estudo e Pesquisa da Alvenaria Estrutural (NEPAE) da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira e no Laboratório de Engenharia Civil do Núcleo Companhia Energética de São Paulo (CESP).

### 4.1 Carga de Pré-Tensão

A carga de pré-tensão é importante por ser uma tentativa de simular o que ocorre em uma determinada região em uma parede de alvenaria, ou seja, os blocos dentro da parede de alvenaria estão confinados de tal maneira que recebem um carregamento proveniente tanto de

outros blocos (superiores) como da deformação dos elementos estruturais que acabam por comprimir a alvenaria.

Para se simular esse carregamento no qual os blocos estão sujeitos quando confinados em uma parede, foi criado um aparato, conforme ilustra a Figura 16. As peças de madeira são posicionadas contra o bloco, sendo pressionadas por uma barra de aço transpassada. Uma das extremidades da barra é fixa e a outra possui um parafuso, cuja função é comprimir o corpo-de-prova, no qual possui uma célula de carga colocada entre a porca e a peça de madeira. A finalidade da célula de carga é mensurar a força aplicada contra o prisma.

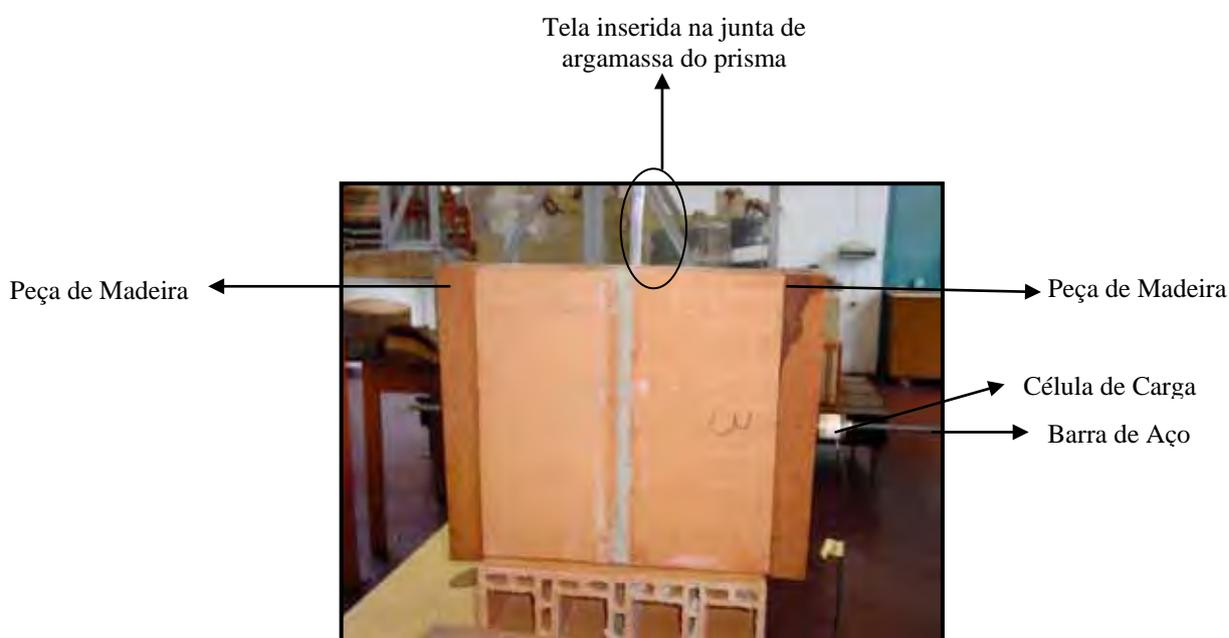


Figura 16: Aparato para a aplicação da carga de pré-tensão

Primeiramente fez-se a calibração da barra em conjunto com a célula de carga “vazada”, de capacidade de 20 kN, com auxílio do sistema de leitura da célula. Desse modo, garantiu-se que a força aplicada nos prismas para a execução dos ensaios foi a mesma em todos os casos. A Figura 17 mostra o aparelho medidor de deformações e a calibração da barra.

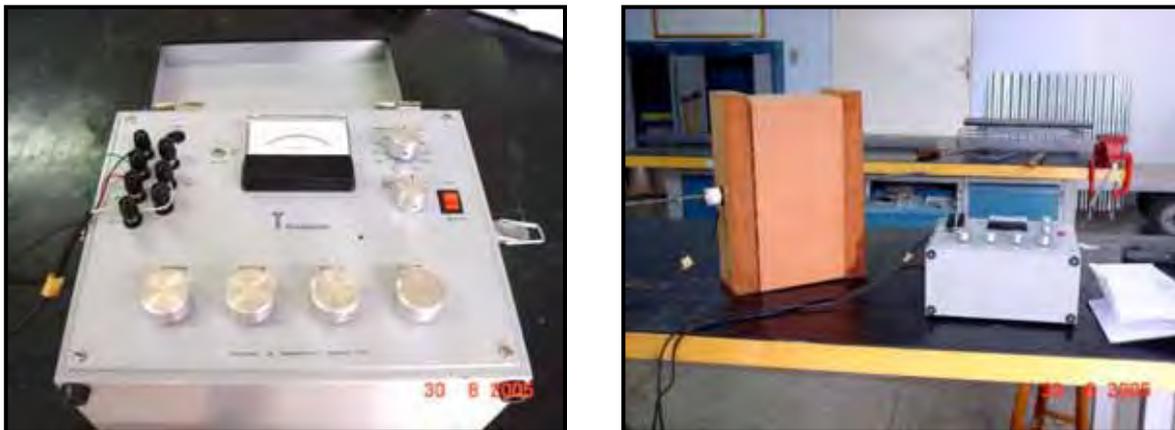


Figura 17: calibração para aplicação da carga de pré-tensão

#### 4.2 Ensaio de caracterização dos componentes

O objetivo dessa etapa foi estudar e caracterizar os materiais utilizados na pesquisa, ou seja, bloco, argamassa e dispositivo de ligação.

##### ➤ **Bloco Cerâmico**

Os blocos utilizados são blocos cerâmicos, com dimensões de (14x19x39) cm, respectivamente largura, altura e comprimento (Figura 18). São blocos de vedação da Cerâmica Gresca, que atende todos os requisitos da norma brasileira NBR 15270-1 (2005, p.6).



Figura 18: Bloco Cerâmico de Vedação

Com o objetivo de se verificar a resistência à compressão dos blocos cerâmicos utilizados na pesquisa, foram realizados ensaios de compressão simples. Esse ensaio foi realizado segundo a NBR 15270-3 (2005, p.18), que prescreve os métodos de ensaio para a verificação da resistência à compressão de blocos cerâmicos para alvenaria.

O capeamento da superfície dos blocos foi feito com pasta de gesso. Os blocos foram regularizados com uma fina camada dessa pasta para assim se garantir a uniformidade no momento do ensaio. A Figura 19 abaixo ilustra o capeamento.

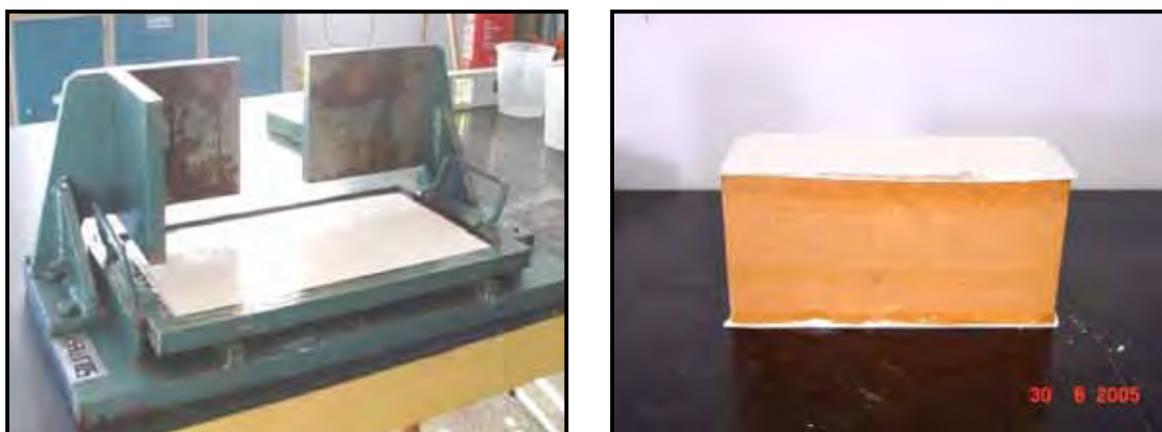


Figura 19: Capeamento dos blocos

### ➤ Argamassa de Assentamento

A argamassa de assentamento utilizada na pesquisa é uma argamassa cujo traço segue a dosagem utilizada comumente nas construções em São Paulo, especificado na Tabela 11. Trata-se de uma argamassa de excelente qualidade e trabalhabilidade.

Tabela 11: Traço da argamassa de assentamento

Traço	Cimento	Cal	Areia
Em massa	1	0,7	10,6
Em volume	1	1,5	7,5

Foram realizados ensaios em seis corpos-de-prova de argamassa cilíndricos de 5 x 10cm, e ensaiados aos 28 dias segundo a NBR 7215 (1991, p.2).

### ➤ Telas Metálicas

Foram realizados ensaios de caracterização da tela metálica eletrosoldada, que é o dispositivo de ligação comumente utilizado nas construções em São Paulo. A tela metálica possui fios de aço zincado de 1,62 mm e uma malha de 15 mm x 15 mm (Figura 20).

A escolha da dimensão da tela a ser utilizada em obra depende da espessura da parede (largura dos blocos), descritos na Tabela 12.

Tabela 12: Tamanhos padrões da tela (Adaptado de Projeto EDUSP/MORLAN, 1999, p.11)

Largura do Bloco ou espessura da parede	Dimensões da Tela
	Largura x Comprimento (cm)
14 cm	12 x 50
12 cm	10,5 x 50
9 cm	7,5 x 50
7 cm	6 x 50

Na pesquisa foram utilizadas telas de (6x50)cm , (12x50)cm e (12x30)cm. A escolha das dimensões da tela foi devido à largura do bloco (14cm) e também devido aos ensaios realizados variando-se a largura e o comprimento das telas com a finalidade de se obter uma nova solução na execução da ligação parede/pilar.

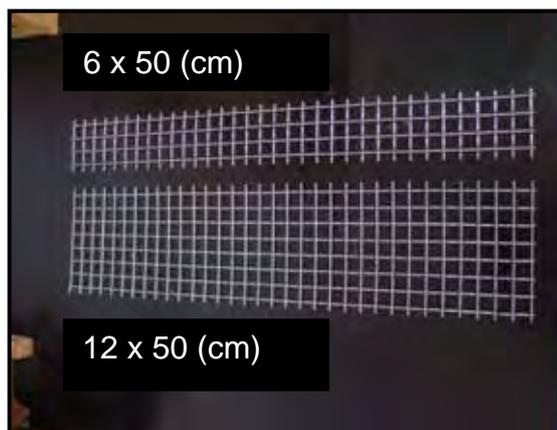


Figura 20: Telas metálicas eletrosoldadas

Para a análise das telas metálicas foi adotado o ensaio de tração direta, seguindo recomendações das normas NBR 7480 (1996) e NBR 7481 (1990). É um ensaio simples, que consiste basicamente em fixar as extremidades do corpo-de-prova e aplicar nele uma força de tração com velocidade de carregamento constante.

Foram realizados ensaios em seis telas de 12x50cm (Figura 21) e em seis telas de 6x50cm (Figura 22). Através das figuras nota-se que as prensas utilizadas para os dois tipos de tela são diferentes. Isso porque cada prensa possuía um dispositivo de fixação (“garra”) mais adequado para cada tipo de tela em estudo.



Figura 21: Ensaio de arrancamento à tração – tela (12x50)cm

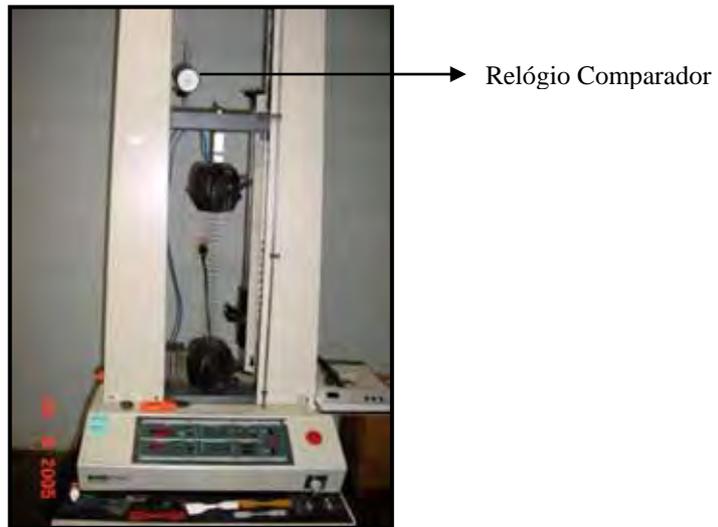


Figura 22: Ensaio arrancamento à tração - tela (6x50)cm

Foi colocado o relógio comparador na prensa de modo a se verificar o alongamento da tela submetida ao esforço imposto. A partir desses dados foi possível traçar curvas carga x deslocamento.

#### 4.3 Ensaio da Ligação Tela/Pilar

A fixação da tela no pilar é feita através da fixação de pinos metálicos “chumbados” no pilar de modo que a tela fique na posição correta para a sua inserção na alvenaria. A Figura 23 abaixo mostra os pinos metálicos.



Figura 23: Fixadores metálicos

No estudo da ligação, que tem por objetivo verificar a resistência e a real influência no desempenho do conjunto, foram realizados ensaios de arrancamento à tração da tela fixada em uma peça de concreto (simulando o pilar de concreto real).

Para isso, foi criado um aparato para a realização do ensaio de tração na tela fixada com o pino metálico em uma peça de concreto armado (Figura 24).



Figura 24: Ensaio da ligação (pino metálico)

#### 4.4 Ensaio de arrancamento do bloco

Esse ensaio teve como objetivo principal quantificar a resistência ao arrancamento de um bloco de dentro da alvenaria. Foram ensaiados seis corpos-de-prova. A montagem do ensaio ocorreu da seguinte forma: em um bloco nivelado foi colocada argamassa sobre toda sua

superfície superior. Posteriormente, outro bloco foi colocado cuidadosamente sobre a argamassa, evitando movimentos horizontais, resultando em uma junta de aproximadamente um centímetro. O mesmo procedimento foi executado para o assentamento do terceiro bloco. Não foi realizado nenhum processo de cura nos corpos-de-prova, mantendo-os no local de assentamento até a data de ensaio, simulando a condição de obra.

Aos 28 dias de idade da argamassa os corpos-de-prova foram levados à prensa. A Figura 25 apresenta o esquema do ensaio. O corpo-de-prova, girado 90° do plano de assentamento, devidamente centralizado na prensa, apoiado sobre duas peças de madeira que coincidiam com os blocos de extremidade. Na parte superior do corpo-de-prova foi posicionada uma outra peça de madeira sobre o bloco central, onde se aplicou o carregamento (Figura 26).

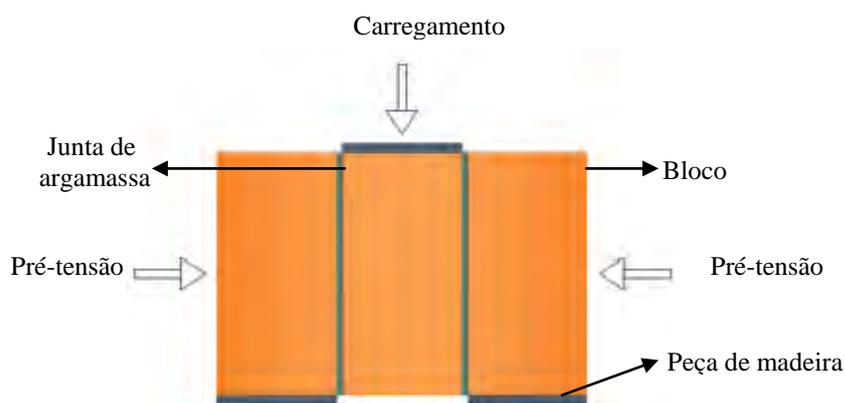


Figura 25: Esquema de ensaio de arrancamento



Figura 26: Ensaio de arrancamento do bloco

#### 4.5 Ensaio em Prismas de Alvenaria

O ensaio em prismas de dois blocos cerâmicos teve como principal objetivo analisar o desempenho de dispositivos de ancoragem quando submetidos ao esforço de tração, de modo a se determinar o dispositivo de ligação e a maneira de execução que apresenta o melhor comportamento quando se encontra ancorado à alvenaria.

##### 4.5.1 Desenvolvimento de dispositivos para a realização dos ensaios

Para que os ensaios de arrancamento se tornassem possíveis, dois dispositivos foram desenvolvidos. Ambos podem ser vistos nas Figuras 27 e 28. O primeiro deles atendeu a necessidade de fixar o prisma à prensa.

Para tanto, fez-se um sistema onde o prisma era colocado sobre uma chapa de aço que continha quatro barras rosqueáveis, uma em cada canto. Essas barras recebiam, na outra extremidade, uma outra chapa. Essa chapa era parafusada contra o corpo-de-prova de modo que sua movimentação fosse a mínima durante o transporte e o ensaio. As barras tinham a função de fixar todo o conjunto (corpo-de-prova e dispositivo) à prensa. O segundo dispositivo desenvolvido foi feito para que as telas de 12cm de largura pudessem ser fixadas à garra da prensa.



Figura 27: Primeiro Dispositivo desenvolvido

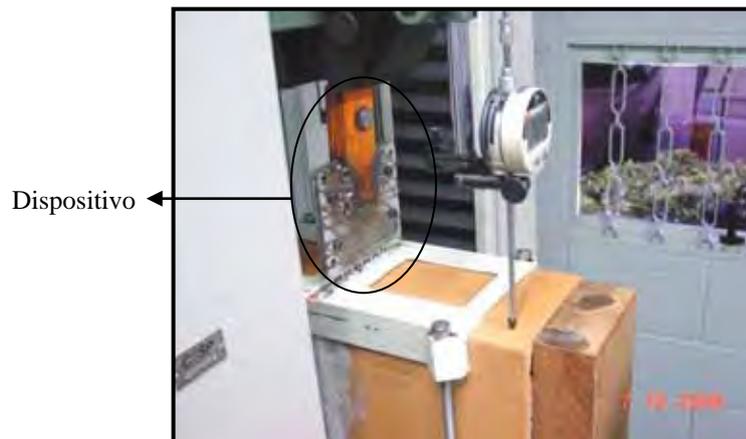


Figura 28: Segundo dispositivo desenvolvido

#### 4.5.2 Montagem dos prismas

Os prismas de blocos cerâmicos foram executados no Laboratório de Engenharia Civil da CESP, seguindo gabaritos de modo a certificar o prumo e o nível dos mesmos. Após a execução, os corpos-de-prova permaneceram no laboratório até a data do ensaio.

A seguir são mostradas algumas fotos tiradas na execução dos corpos-de-prova, blocos cerâmicos com a tela metálica inserida no centro da junta de argamassa.



Figura 29: Execução dos prismas de blocos cerâmicos

#### 4.6 Ensaio de arrancamento da tela metálica

##### 4.6.1 Arrancamento da tela metálica no centro da junta de argamassa

Esse ensaio foi realizado em prismas compostos por dois blocos cerâmicos unidos por uma junta de argamassa com a tela metálica posicionada no centro da junta, entre os blocos. Foram utilizados três tipos de telas. Primeiramente ensaiou-se as de (12x50)cm por ser essa a tela empregada comumente para os blocos de 14cm x 19cm x 39cm. Porém, seis corpos-de-prova foram ensaiados com a tela inteira e outros seis com a tela cortada, resultando um comprimento total aproximado de 30 cm, ou seja, tela de (12x30)cm. Essa redução de seu comprimento é uma tentativa de estudar a mudança de comportamento da mesma quando submetida ao esforço de arrancamento à tração. Observa-se aqui que, para que fosse possível

a fixação da tela com 12 cm de largura na garra da prensa de maior precisão, foi desenvolvido um dispositivo que uniu a tela na garra.

Também foram ensaiados seis prismas de dois blocos com a tela de (6 x 50)cm, como busca para uma nova solução de ligação alvenaria/pilar.

Além de variar as características das telas, variou-se também a carga de pré-tensão aplicada nos corpos-de-prova (ver Figura 30). Foram aplicadas duas diferentes cargas para cada tipo de corpo-de-prova, sendo uma de 0,40kN e outra de 0,60kN. Logo, foi ensaiado um total de 36 corpos-de-prova.

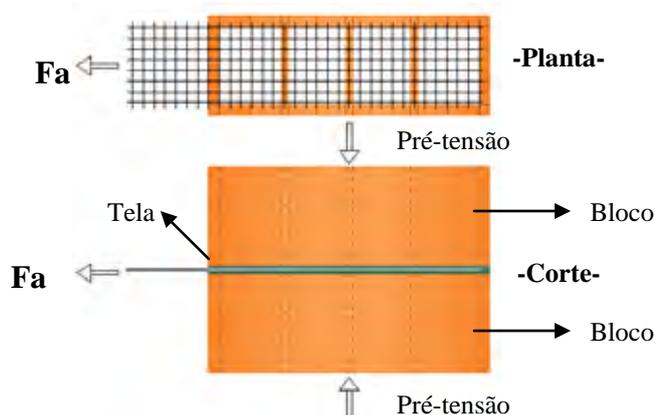


Figura 30: esquema do ensaio de arrancamento da tela no centro da junta de argamassa.

Montados os corpos-de-prova, o ensaio foi realizado aos 28 dias de idade da argamassa (Figura 31), aplicando-se na tela uma força de tração ( $F_a$ ), além da força de pré-tensão que esteve atuando durante todo o ensaio. Os corpos-de-prova não passaram por nenhum processo de cura, permanecendo no local de assentamento até a data de ensaio, simulando a condição de obra.



Figura 31: corpo-de-prova sendo ensaiado na prensa

#### 4.6.1 Arrancamento da tela metálica “chumbada” no furo dos blocos

Foram estudadas duas diferentes formas de executar o dispositivo de ancoragem, para isso foram realizados ensaios da tela metálica de (6x50)cm inserida:

- no primeiro furo do bloco preenchido por argamassa de assentamento (figura 32a) e;
- no terceiro furo do bloco preenchido por argamassa de assentamento (figura 32b).

Para cada forma de execução foram ensaiados 12 corpos-de-prova. A própria argamassa de assentamento foi escolhida para preencher os furos dos blocos, por ser esta uma situação prática e economicamente viável. Dos 12 corpos-de-prova ensaiados para cada posicionamento da tela, seis deles receberam uma carga de pré-tensão de 0,40kN e os outros seis receberam outra carga de 0,60kN.

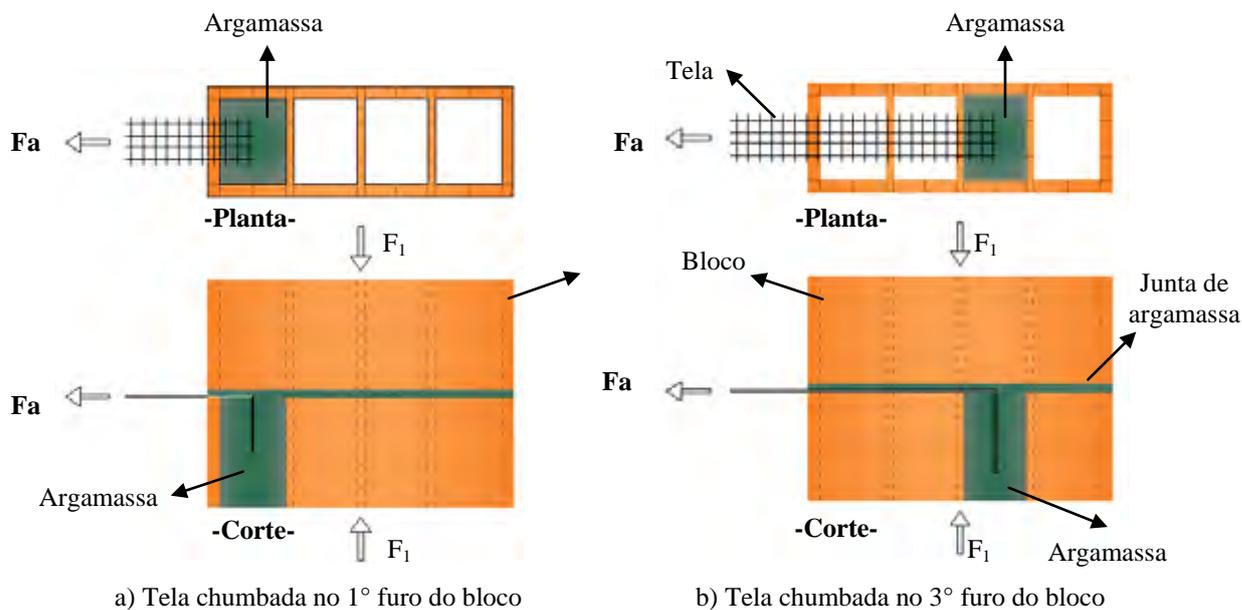


Figura 32: Esquema de posicionamento da tela nos prismas

Para a primeira forma de execução (tela chumbada no 1º furo) cortou-se a tela na metade de seu comprimento. Em seguida, a tela foi dobrada com um ângulo de 90° de tal forma que sua extremidade chegava até a metade da altura do furo (9,5cm). Na segunda forma foi utilizada a tela inteira, que também foi dobrada com um ângulo de 90°, de modo que sua extremidade alcançava aproximadamente 15 centímetros da altura do furo, medindo de cima para baixo. Em ambos os casos a tela foi posicionada na região central do furo.

A montagem dos corpos-de-prova foi realizada da seguinte maneira: a argamassa foi colocada sobre toda sua superfície do bloco, previamente nivelado. Em seguida, a tela já cortada e dobrada foi posicionada e pressionada contra a argamassa. Então, o furo que continha a tela era preenchido com a mesma argamassa. Prosseguindo, ocorria o assentamento do outro bloco sobre a junta de argamassa, resultando em um prisma de duas unidades. A Figura 33 apresenta um exemplo de assentamento dos prismas.



Figura 33: Assentamento do prisma com a tela metálica chumbada no primeiro furo do bloco

Como pode ser visto na Figura 33 a argamassa só preencheu o furo do bloco que continha a tela, ou seja, o bloco colocado posteriormente não tinha nenhum furo preenchido com argamassa. Completos 28 dias de idade da argamassa, os corpos-de-prova foram levados à prensa para a realização do ensaio, lembrando que o processo de cura ocorreu sem nenhuma intervenção, como uma tentativa de simular a condição real de uma obra.

#### 4.7 Resumo dos ensaios dos prismas com a tela metálica

A tabela abaixo organiza o resumo dos corpos-de-prova com a tela metálica realizados nessa pesquisa.

Tabela 13: Resumo dos ensaios de arrancamento das telas metálicas – prismas

<b>Tela</b>	<b>Posição da tela</b>	<b>Carga de pré-tensão (kN)</b>	<b>Numero de CP's</b>
12x50	Centro da junta	0,40	6
12x50	Centro da junta	0,60	6
12x30	Centro da junta	0,40	6
12x30	Centro da junta	0,60	6
6x50	Centro da junta	0,40	6
6x50	Centro da junta	0,60	6
6x50	Chumbada no 3º furo	0,40	6
6x50	Chumbada no 3º furo	0,60	6
6x30	Chumbada no 1º furo	0,40	6
6x30	Chumbada no 1º furo	0,60	6
<b>Total</b>			<b>60</b>

#### 4.8 Ensaios com o Ferro-Cabelo

Foram executados prismas de alvenaria de dois blocos cerâmicos unidos por junta de argamassa na qual foi inserido o ferro-cabelo no centro da junta de argamassa, no 1º e no 3º furo do bloco preenchidos por argamassa de assentamento.

Após 28 dias da execução dos prismas foi realizado o ensaio de arrancamento à tração, no qual, durante todo o ensaio, foi aplicada uma pré-tensão no prisma de 0,60kN.

##### 4.8.1 Ferro-cabelo no centro da junta de argamassa

Foram executados seis corpos-de-prova de prismas de alvenaria com o ferro-cabelo inserido no centro da junta de argamassa. A Figura 34 mostra as fotos da execução desses prismas.

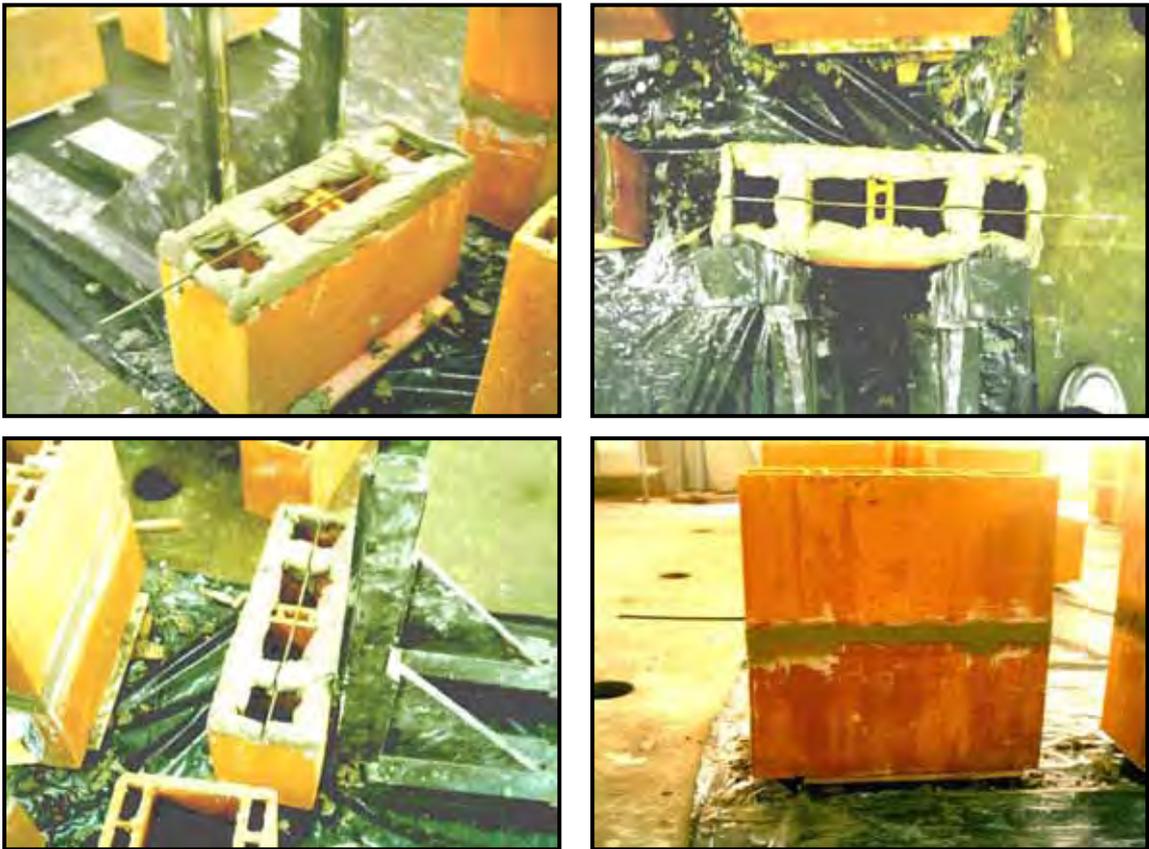


Figura 34: Execução dos prismas de alvenaria

Após 28 dias da execução dos corpos-de-prova, os mesmos foram levados à prensa de ensaio para a realização do ensaio de arrancamento à tração do ferro-cabelo inserido no prisma.



Figura 35: Ensaio de arrancamento à tração

#### 4.8.2 Ferro-cabelo chumbado no furo dos blocos

##### ➤ Ferro-cabelo chumbado no 1º furo do bloco

Foram executados seis corpos-de-prova do ferro-cabelo inserido no 1º furo do bloco cerâmico preenchido por argamassa de assentamento.

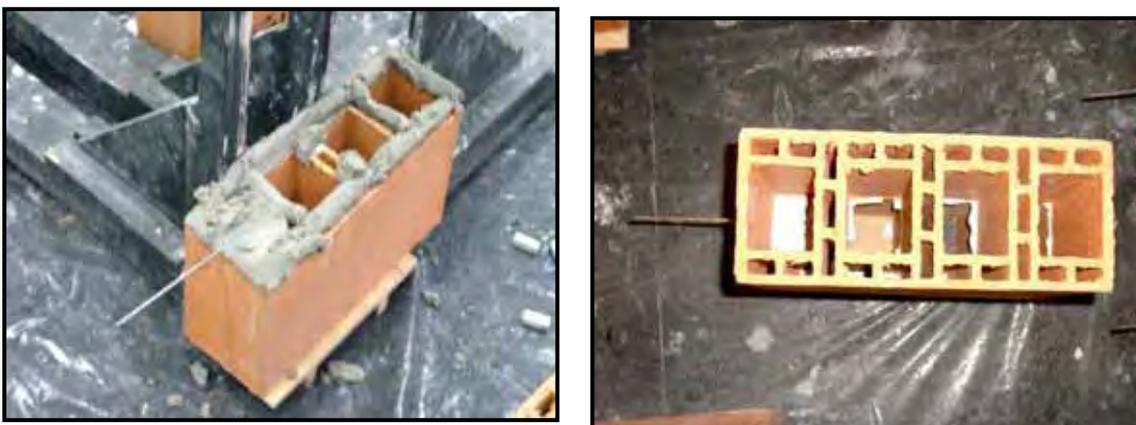


Figura 36: Prismas com o ferro-cabelo inserido no 1ºsepto do bloco

##### ➤ Ferro-cabelo chumbado no 3º furo do bloco

Foram executados seis corpos-de-prova de prismas de alvenaria com o ferro-cabelo inserido no 3º furo do bloco preenchido com argamassa de assentamento (Figura 37). Após a execução do prisma, os corpos-de-prova permaneceram no local da execução até a data do ensaio.



Figura 37: Execução dos corpos-de-prova

#### 4.9 Análise Estatística

Todos os ensaios onde se variou somente a carga de pré-tensão aplicou-se o Teste de Hipóteses, de maneira a verificar se a pré-tensão exerceu influência significativa ou não nos resultados obtidos. Baseado nas recomendações de Papponi (2000), optou-se por utilizar o Teste t, empregando o software “EXCEL”. Os resultados dos ensaios que foram comparados entre si nos itens “Comparação” contidos em Resultados são:

- Prismas com a tela chumbada no primeiro furo e as pré-tensões F1 e F2;
- Prismas com a tela chumbada no primeiro furo e as pré-tensões F1 e F2;
- Prismas com a tela de 6x50 na junta de argamassa e as pré-tensões F1 e F2;
- Prismas com a tela de 12x30 na junta de argamassa e as pré-tensões F1 e F2;
- Prismas com a tela de 12x50 na junta de argamassa e as pré-tensões F1 e F2;

O nível de confiabilidade utilizado foi de 95%. O programa gerou um valor chamado “P crítico bi-caudal” e este valor deve ser comparado a 0,05 (este valor é referente 1-0,95, ou seja, valor baseado no nível de confiabilidade adotado):

- Se  $P \geq 0,05$  → As médias comparadas não são consideradas diferentes com uma confiabilidade de 95% e;
- Se  $P < 0,05$  → As médias comparadas são consideradas diferentes com uma confiabilidade de 95%.

#### 4.10 Ensaio em Paredes de Alvenaria de Vedação

Foram realizados ensaios em paredes de alvenaria de vedação ancoradas a pilaretes de concreto através de dispositivos de ligação. Numa primeira etapa foram executados os pilaretes de concreto e posteriormente as paredes de alvenaria foram construídas ancoradas aos mesmos.

As pequenas paredes têm dimensões de 1,0m de altura por 0,80m de comprimento, ou seja, 5 fiadas de blocos de altura e 2 blocos de comprimento, conforme ilustra a Figura 38 abaixo. Essas paredes foram executadas ancoradas em pilaretes de concreto armado de 1,10m de altura e seção de 15 x 15cm.

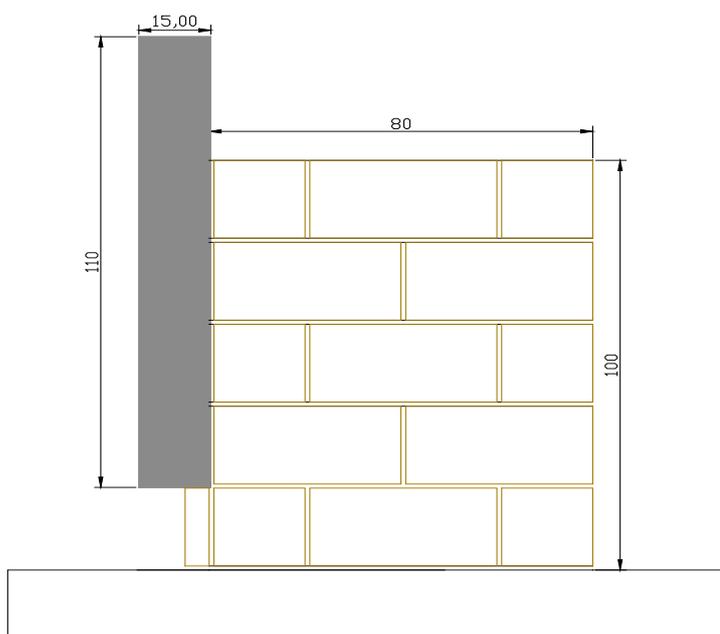


Figura 38: Esquema parede de alvenaria

O ensaio consistiu em estudar o dispositivo inserido na junta de argamassa da parede de alvenaria. Para isso, foi aplicado um carregamento no sentido perpendicular ao pilar de concreto de modo a efetuar o efeito de “arrancamento” do dispositivo inserido na parede.

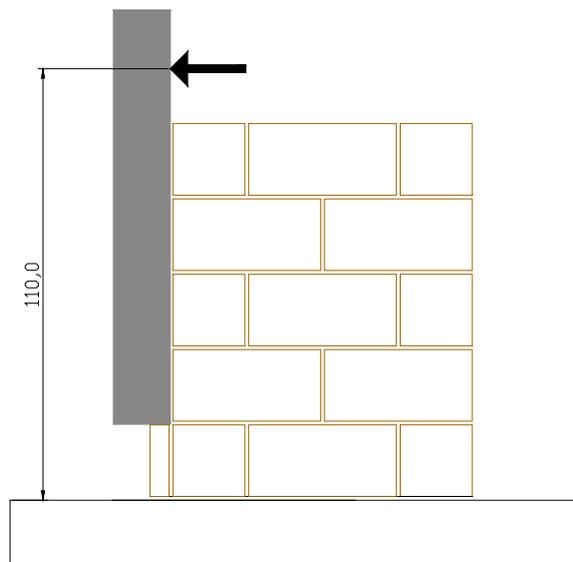


Figura 39: Esquema ensaio

A parede foi posicionada no pórtico de reação que continha o cilindro de carga responsável pela aplicação de carga. A Figura 40 mostra a parede posicionada durante o ensaio.



Figura 40: Posicionamento Parede de Alvenaria

Durante o ensaio, a parede ficou “confinada” entre o pórtico e sua base, de maneira a não se deslocar. Foi observada a abertura das fissuras assim como o desenvolvimento das mesmas no decorrer do ensaio; os deslocamentos relativos em diversos pontos da parede e do pilarete foram medidos através de medidores de deslocamento, os LVDT’s.

Foram posicionados cinco LVDT's em cada parede nos locais indicados na Figura 41. Os LVDT 1 e LVDT 2 foram colocados no pilar na altura exata do dispositivo de ligação ancorado à parede. Os LVDT 3 e LVDT 4 foram colocados respectivamente centralizados no primeiro e no último bloco, com o objetivo de se medir o possível giro relativo que fosse ocorrer na parede. O LVDT 5 foi colocado no último bloco, justamente no encontro do bloco com o pilar de maneira a medir o quanto realmente o pilar se deslocou da parede.

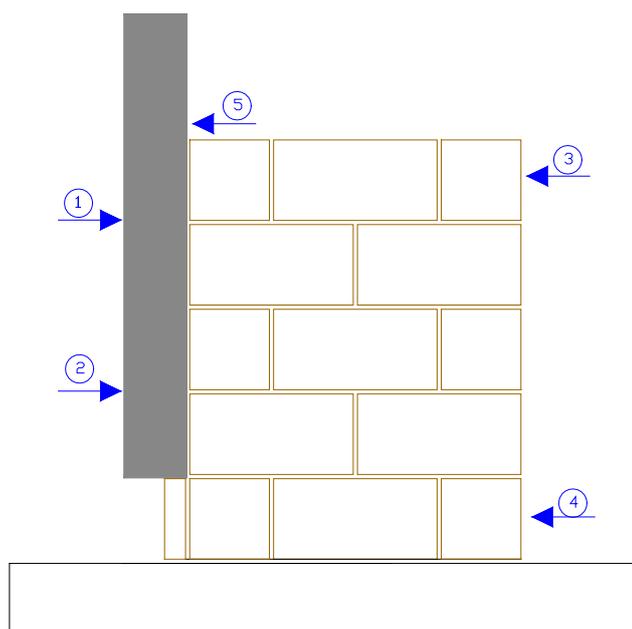


Figura 41: Esquema de posicionamento dos LVDT's

#### 4.10.1 Execução dos Pilaretes de concreto armado

Foram executados 9 pilaretes de concreto armado de 30 MPa de resistência. Os pilaretes foram armados e executados no laboratório do NEPAE. A Figura 42 mostra a execução dos mesmos.



Figura 42: Execução pilaretes de concreto armado

#### 4.10.2 Dispositivos ensaiados

Foram executadas, no total, nove pequenas paredes com diferentes dispositivos de ancoragem inseridos na parede de alvenaria. A descrição das paredes ensaiadas está na tabela abaixo.

Tabela 14: Descrição dos ensaios

Dispositivo de Ligação	Execução	Numero de CP
Tela (12 x 50)cm	Centro da junta de argamassa	2
Tela (12 x 50)cm	Fora do centro da junta (maneira incorreta)	2
Tela (12x30)cm	Centro da junta de argamassa	1
Tela (6 x 50)cm	Inserido no 3° furo do bloco	2
Ferro-cabelo (4,2mm)	Inserido no 3° furo do bloco	2

#### 4.10.2.1 Parede 1: tela (12x50)cm inserida no centro da junta de argamassa

Foram executados dois corpos-de-prova de alvenaria de cinco fiadas de altura por dois blocos de comprimento com a tela de (12x50)cm ancorada ao pilarete no centro da junta de argamassa. A tela foi inserida em fiadas alternadas, como mostra o esquema da Figura 43.

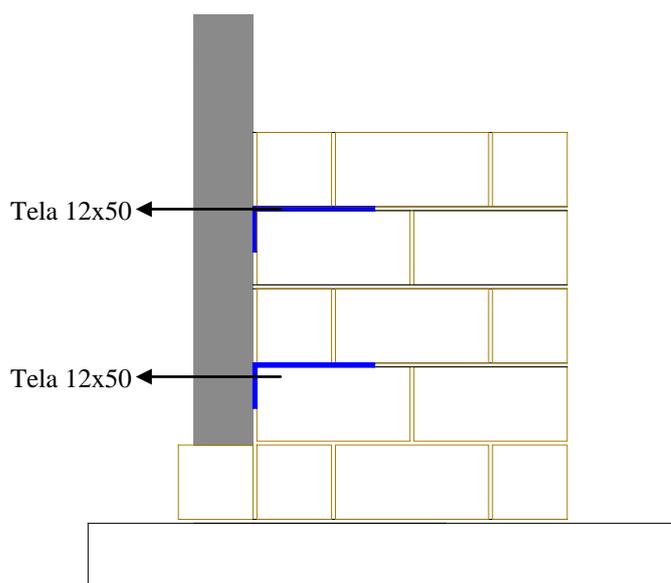


Figura 43: Esquema Parede 1

A execução das paredes de alvenaria seguiu o procedimento comumente utilizado nas obras. Primeiramente foram fixadas as telas no pilarete, ou seja, no local exato, devidamente marcado, foi executado o “tiro” com a pistola de pressão e o pino metálico, de modo a executar a fixação da tela metálica no pilar de concreto.

A base de madeira na qual a parede foi assentada já estava previamente nivelada, e com isso seguiu a execução da primeira fiada. Em seguida foram assentadas as fiadas restantes, seguindo o correto nivelamento e prumo. A Figura 44 mostra a execução da parede de alvenaria.

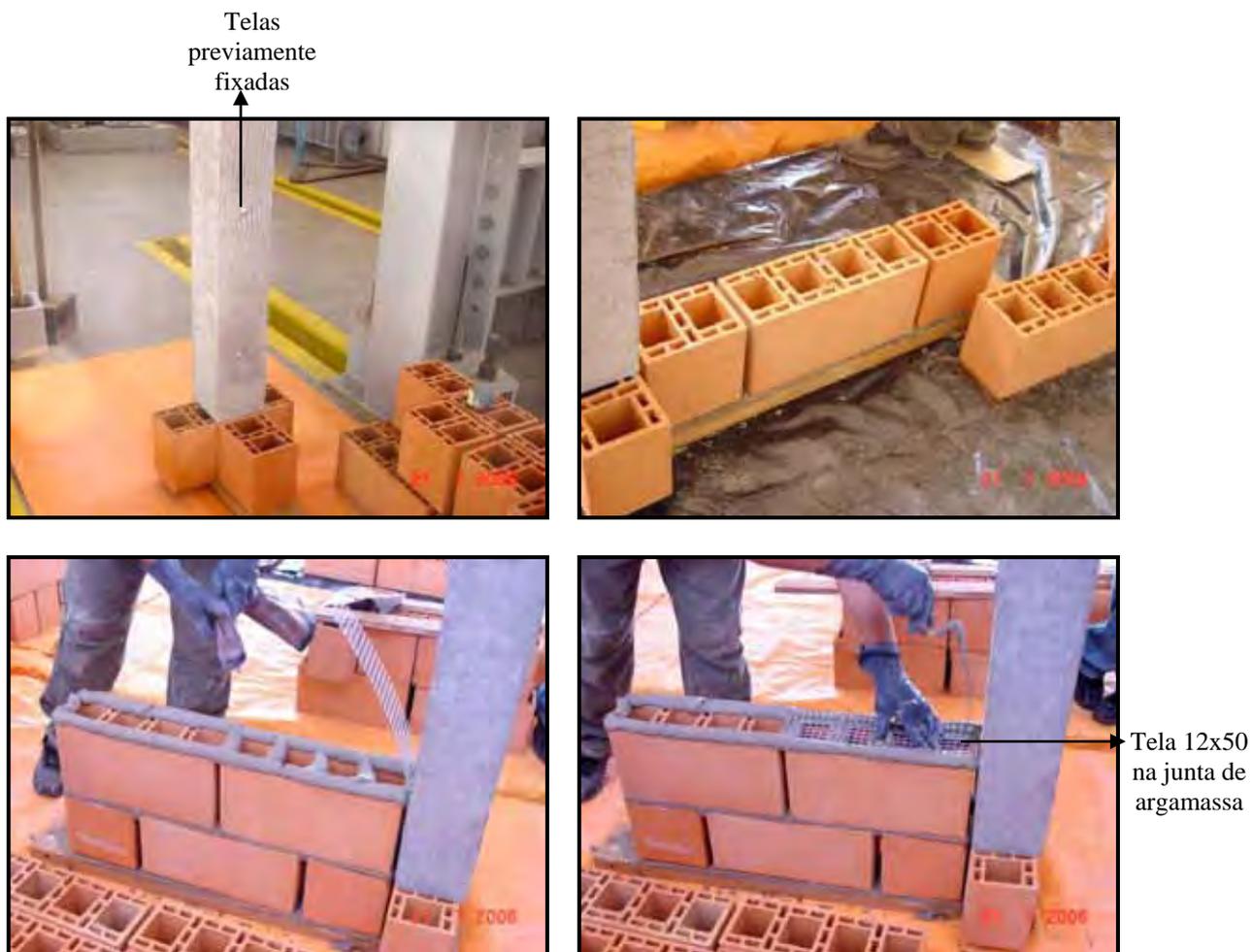


Figura 44: Execução Parede 1 – tela 12x50

Após execução de dois corpos-de-prova com a tela de (12x50)cm inserida no centro da junta de argamassa, as paredes permaneceram no local de execução 28 dias até a data de realização do ensaio, sem nenhum processo de cura, simulando as condições de obra.

#### 4.10.2.2 Parede 2: tela (12x50)cm executada de maneira incorreta

Foram executadas duas pequenas paredes com a tela (12x50)cm inserida fora do centro da junta de argamassa e fixadas de maneira incorreta, ou seja, a fixação da tela metálica no pilar de concreto foi executado fora do centro da tela e em alturas diferentes, como mostra a Figura 45.

O objetivo desse tipo de corpo-de-prova foi verificar a importância da correta fixação da tela no pilar, pois nas visitas às obras, foi constatado a dificuldade de se executar a fixação da tela de maneira correta.



Figura 45: Detalhe: tela metálica fixada de maneira incorreta

As paredes foram executadas seguindo o procedimento adotado em obra, com a argamassa confeccionada na hora da execução das paredes. A tela foi inserida fora do centro da junta de argamassa, sem a preocupação da correta dobra, ou seja, a tela foi assentada apenas com o peso do bloco cerâmico, permitindo assim o abaulamento da mesma entre a alvenaria e o pilar de concreto. A Figura 46 ilustra a execução da Parede 2.



Figura 46: Execução Parede 2

#### 4.10.2.3 Parede 3: tela (6x50)cm “chumbada” no furo do bloco

Foram executadas paredes com a tela (6x50)cm inserida no 3º furo do bloco preenchido por argamassa de assentamento. O objetivo desse ensaio foi avaliar uma nova maneira de execução do dispositivo de ancoragem, avaliar sua eficiência e uma posterior comparação com o método usualmente utilizado, ou seja, a tela (12x50)cm. A Figura 47 mostra o esquema de execução da Parede 3.

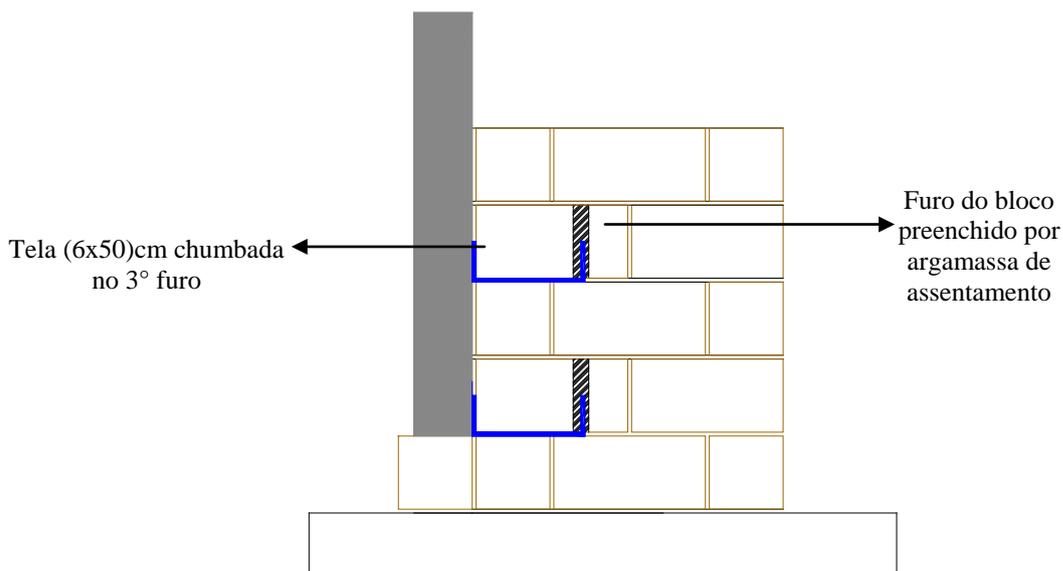


Figura 47: Esquema da Parede com tela “chumbada” no furo do bloco

As paredes com a tela (6x50)cm chumbadas no 3º furo do bloco preenchido por argamassa de assentamento foram executadas de maneira semelhante à comumente utilizada nas obras de engenharia, porém nesse caso o primeiro furo do bloco da fiada acima da qual ocorreu a fixação da tela, é preenchido pela argamassa de assentamento. A Figura 48 ilustra o procedimento descrito acima.



Figura 48: Execução paredes com a tela (6x50)cm “chumbada” no septo do bloco

#### 4.10.2.4 Parede 4: ferro-cabelo inserido no 3º furo do bloco

Foram executados dois corpos-de-prova com o ferro-cabelo de 4,2mm inserido no 3º furo do bloco preenchido por argamassa de assentamento, de maneira análoga à Parede 3. O ferro-cabelo foi cortado e dobrado de modo a encaixar-se exatamente no centro do terceiro septo do bloco. Foi feita uma dobra circular em uma extremidade do ferro-cabelo para permitir a fixação do mesmo no pilar. A fixação foi feita da mesma maneira que a tela metálica, através de pinos metálicos. A Figura 49 mostra o dispositivo cortado e dobrado.



Figura 49: Ferro-cabelo cortado, dobrado e fixado

Sob a base de madeira, devidamente nivelada, foi assentada a primeira fiada de blocos cerâmicos perpendicular ao pilar de concreto. O ferro-cabelo já estava fixado no pilar de concreto armado através dos pinos metálicos. O procedimento de execução dessas paredes é semelhante às paredes com a tela (6x50)cm chumbada no terceiro furo do bloco (Parede 3), apenas se diferenciando o dispositivo de ligação. Nota-se que na execução desse tipo de ligação, o mesmo permanece fixado no pilar para posterior execução da parede, proporcionando uma situação de risco aos trabalhadores por ser um ferro pontiagudo voltado para cima.



Figura 50: Execução paredes com ferro-cabelo

Da mesma maneira que os demais, os corpos-de-prova permaneceram no local de execução por 28 dias, sem nenhum processo de cura, simulando as condições reais de obra.

#### 4.10.2.5 Parede 5: tela (12x30)cm no centro da junta de argamassa

Foi executado apenas um corpo-de-prova da tela (12x30) cm inserida no centro da junta de argamassa. Esse tipo de dispositivo de ligação trata-se da tela (12x50)cm com menor comprimento, ou seja, 30 cm. Esse tipo de corpo-de-prova foi executado com a finalidade de comparar o mesmo com a tela inteira, de 50 cm e com isso averiguar a necessidade do maior comprimento da tela quando comparada a sua eficiência e resistência à tração. A Figura 51 mostra o esquema da tela (12x30)cm inserida no centro da junta de argamassa.

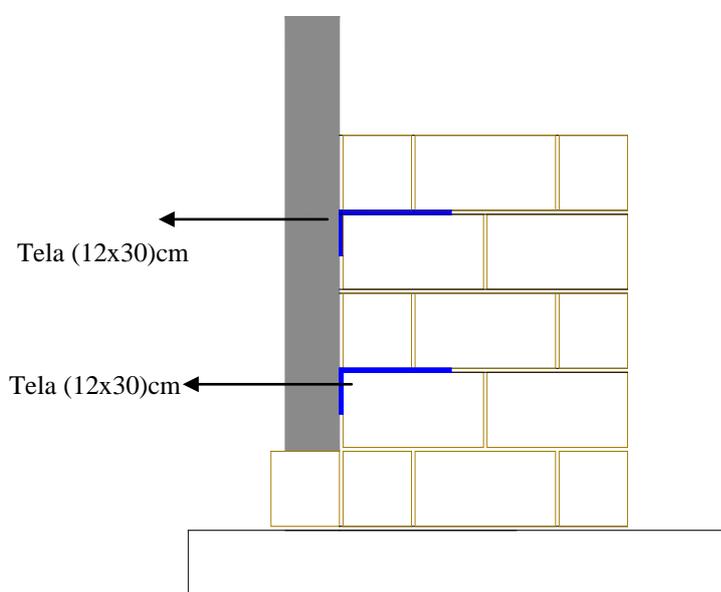


Figura 51: Esquema da Parede 5: tela (12x30)cm

## Capitulo 5: Resultados

### 5.1 Ensaios de caracterização dos componentes

#### 5.1.1 Blocos

O ensaio de compressão foi realizado em seis corpos-de-prova escolhidos aleatoriamente. Esses corpos-de-prova foram capeados com gesso e levados à ruptura na prensa universal, com uma velocidade de carregamento de 500 N/s (Figura 52). A carga de ruptura e a resistência à compressão obtida estão na Tabela 15.



Figura 52: Ensaio à compressão simples de blocos cerâmicos

Através dos resultados apresentados na Tabela 15, percebe-se que os corpos-de-prova apresentaram a resistência média à compressão de  $f_b=3,20\text{MPa}$ .

Tabela 15: Resistência dos blocos cerâmicos

CP	Carga Ruptura (kN)	Resistência (MPa)
1	18,5	3,39
2	15,8	2,89
3	17,0	3,11
4	17,0	3,11
5	20,0	3,66
6	17,0	3,11
Media (MPa)		<b>3,21</b>
Desvio Padrão		0,27
Coeficiente Variação (%)		8,44

### 5.1.2 Argamassa de Assentamento

Foram realizados ensaios em seis corpos-de-prova de argamassa cilíndricos de 5 x 10cm, extraídos da montagem dos prismas e ensaiados aos 28 dias segundo a NBR 7215 (1991, p.2). A resistência da argamassa utilizada é mostrada na Tabela 16.

A argamassa foi confeccionada no laboratório do NEPAE (Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural) na “argamassadeira” (Figura 53) seguindo o traço descrito na Tabela 11.



Figura 53: Execução da argamassa de assentamento

Tabela 16: Resistência da argamassa utilizada

CP	Carga Ruptura (kN)	Tensão (MPa)
01	5,00	2,80
02	5,00	2,55
03	5,50	2,80
04	6,00	3,06
05	5,50	2,80
06	5,00	2,55
Média		<b>2,76</b>
Desvio Padrão		0,19
Coef. Variação (%)		6,93

Nota-se que os resultados mantiveram basicamente um mesmo padrão. O coeficiente de variação é razoavelmente baixo, provando ser a argamassa de boa confiabilidade quanto ao desempenho.

### 5.1.3 Telas Metálicas Eletrosoldadas

#### ➤ Ensaio Tela (6 x 50) cm

Foram realizados ensaios de tração em seis corpos-de-prova da tela (6x50)cm. Coletaram-se medidas de deslocamento e carga, onde foi possível montar as curvas para verificar o comportamento das telas. Além disso, calculou-se a média das cargas de ruptura, o desvio padrão e o coeficiente de variação.

O gráfico abaixo (Figura 54) ilustra as curvas de força versus deslocamento das telas ensaiadas. As curvas apresentaram um comportamento semelhante, ou seja, seguiram a mesma tendência, indicando assim, boa confiabilidade dos resultados.

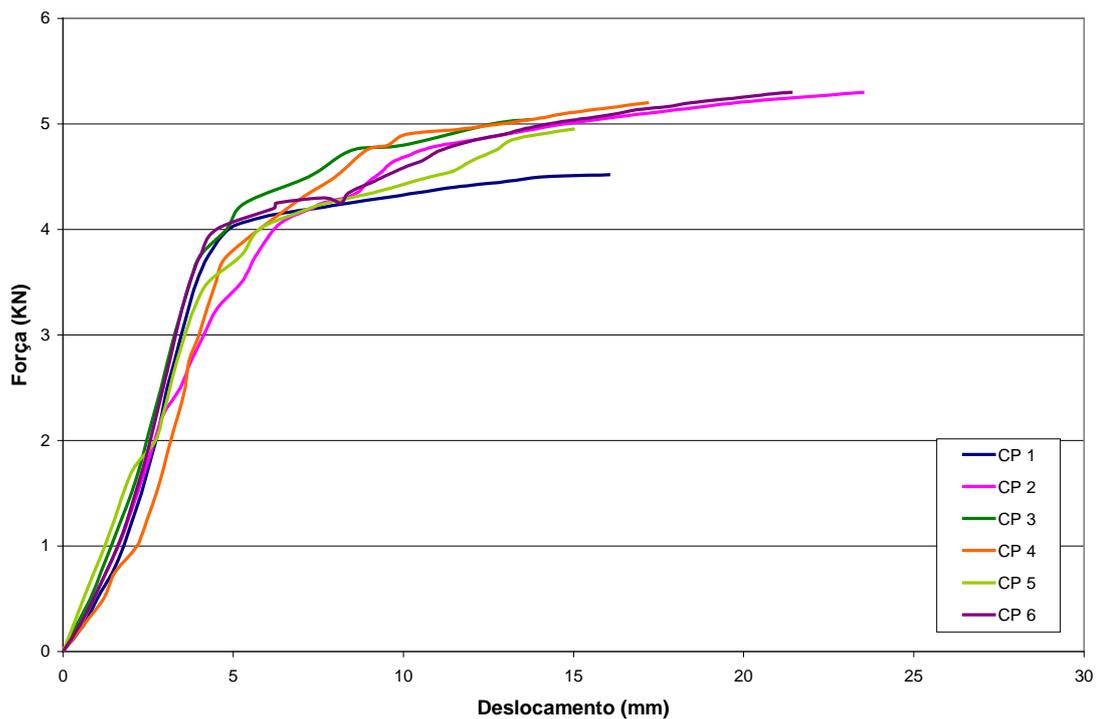


Figura 54: Ensaio tração - telas (6x50)cm

Observando os valores da Tabela 17 nota-se uma boa proximidade entre as cargas de ruptura. O coeficiente de variação calculado é baixo e representa que os ensaios seguiram uma tendência regular quanto aos valores de ruptura apresentados.

Tabela 17: Cargas de ruptura

CP	Carga (kN)
1	4,52
2	5,31
3	5,04
4	5,20
5	4,95
6	5,30
<b>Média</b>	<b>5,05</b>
<b>Dev. Padrão</b>	<b>0,30</b>
<b>CV (%)</b>	<b>5,89%</b>

A Figura 55 mostra a forma de ruptura das telas (6x50)cm quando submetidas ao ensaio de tração.

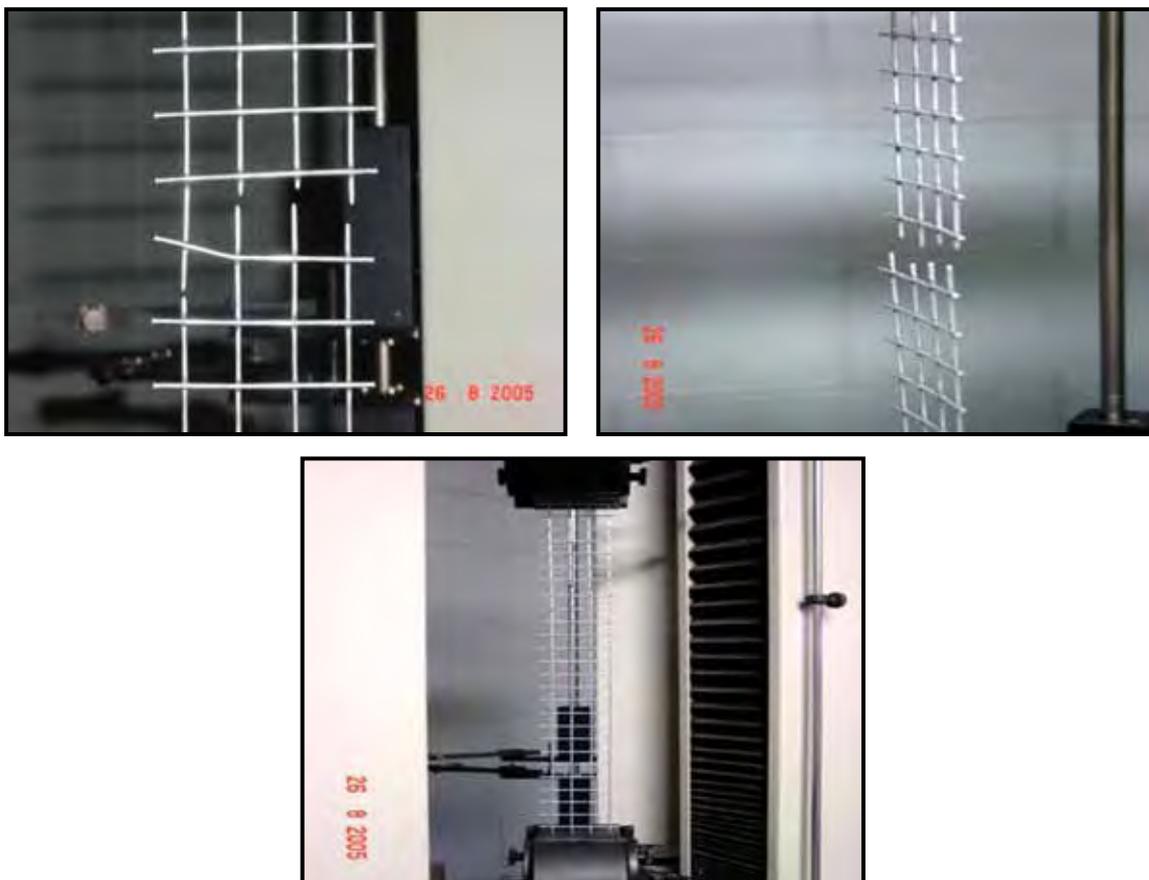


Figura 55: Forma de ruptura – ensaio tela (6x50)cm

#### ➤ Ensaio Tela (12 x 50) cm

Realizaram-se ensaios de tração em seis corpos-de-prova. Foram coletados dados de deslocamento e força, onde foi possível montar as curvas para observar o comportamento das mesmas quando submetidas ao esforço de tração. Além disso, calculou-se a média das cargas de ruptura, o desvio padrão e o coeficiente de variação.

Analisando o gráfico da Figura 56, notou-se que as curvas apresentaram um bom comportamento e seguiram a mesma tendência, assim como as telas (6x50)cm.

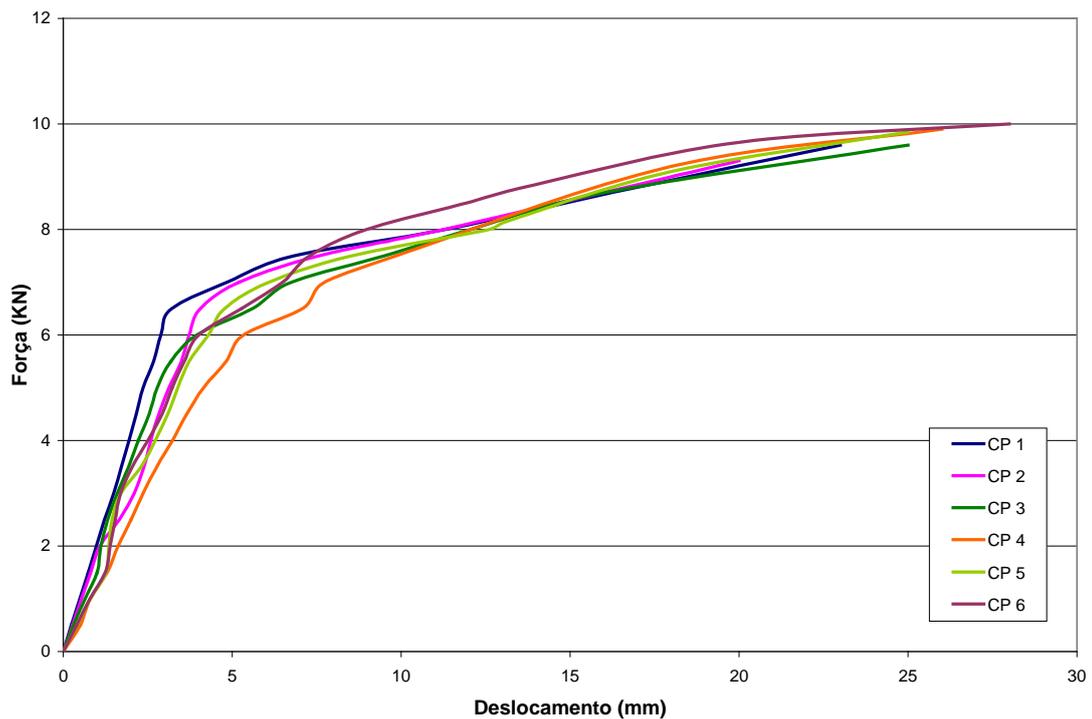


Figura 56: Ensaio tração – telas (12x50)cm

A partir dos valores da tabela 18 nota-se uma ótima proximidade entre as cargas de ruptura. Isto é confirmado pelo baixo coeficiente de variação calculado. Este valor traduz a boa confiabilidade quanto à execução dos ensaios e a qualidade do material.

Tabela 18: Cargas de ruptura

CP	Carga (kN)
1	9,60
2	9,30
3	9,60
4	9,90
5	9,85
6	10,00
<b>Média</b>	<b>9,70</b>
<b>Dev. Padrão</b>	<b>0,26</b>
<b>CV (%)</b>	<b>2,66%</b>

A Figura 57 mostra o ensaio das telas (12x50)cm. As formas de ruptura apresentadas por essas foram as mesmas observadas para as telas (6x50)cm, ocorrendo ruptura, na maioria dos casos na parte central dos corpos-de-prova.



Figura 57: Ensaio de tração – tela (12x50)cm

## 5.2 Ensaio da Ligação

Foi realizado ensaio de arrancamento do dispositivo de ligação, ou seja, o arrancamento da tela metálica de uma peça de concreto armado. Os corpos-de-prova foram levados à prensa de ensaio e submetidos ao ensaio de arrancamento à tração. Foram realizadas medidas de força (kN) e deslocamento (mm) da tela metálica de modo a se obter as curvas força versus deslocamento relativo. As curvas são observadas no gráfico da Figura 58.

Em todos os corpos-de-prova, a tela rompeu-se antes da ligação se soltar do concreto, ou seja, o pino metálico resiste a um esforço de tração maior que a tela metálica suportou antes de romper (Figura 59).

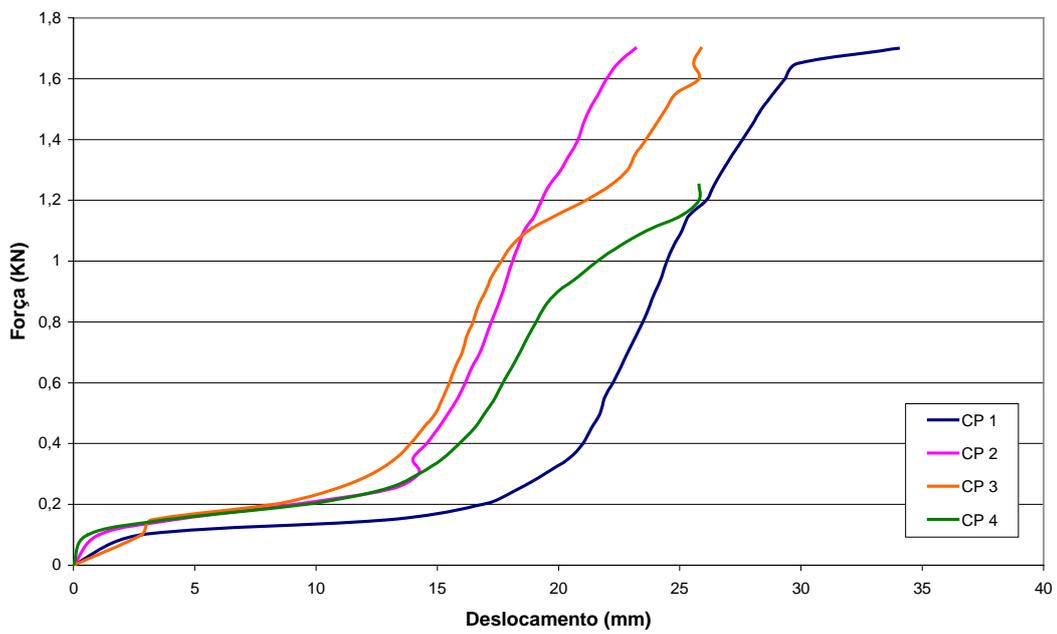


Figura 58: Ensaio da ligação – pino metálico

➤ **Forma de Ruptura**

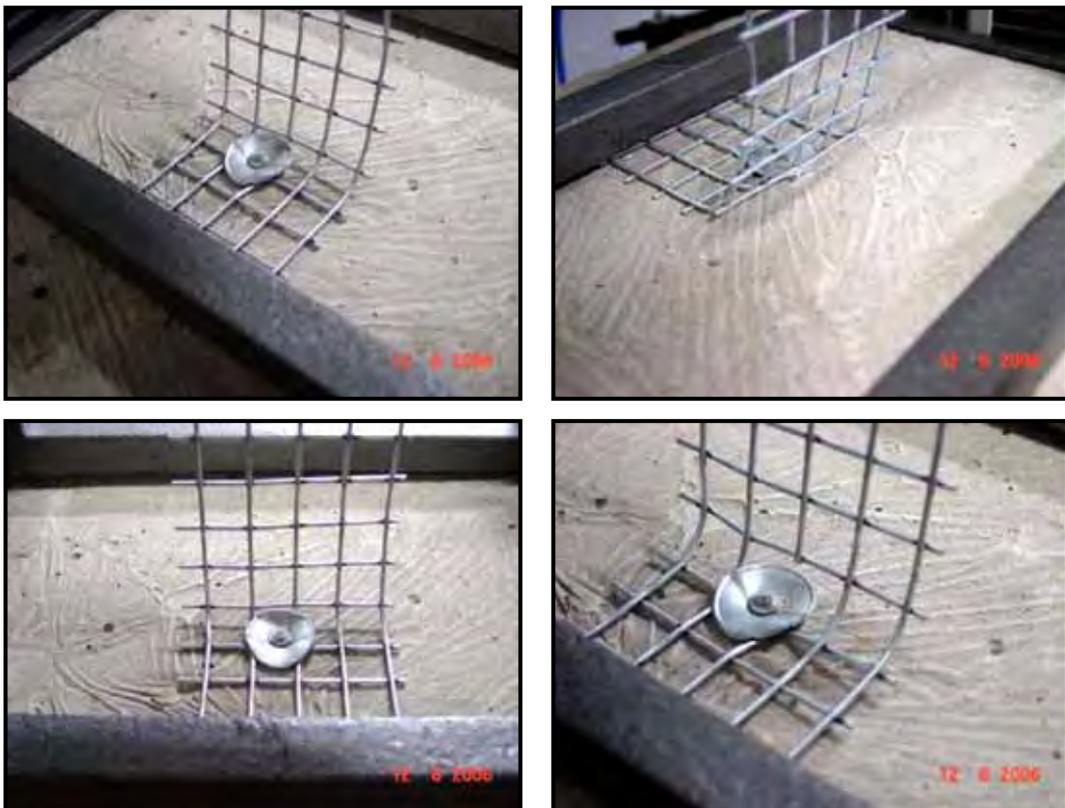


Figura 59: Forma de ruptura – Ensaio da ligação

### 5.3 Ensaio de “arrancamento” do bloco

Foram ensaiados seis prismas com força de pré-tensão de 0,60kN. A Tabela 19 mostra os valores de resistência ao arrancamento obtidos do ensaio e os valores de resistência média, desvio padrão e coeficiente de variação calculada. Os valores obtidos do ensaio são coerentes e possuem um baixo coeficiente de variação.

Tabela 19: Ensaio de arrancamento do bloco

<b>CP</b>	<b>Carga de Ruptura (kN)</b>
1	21,9
2	19,2
3	21,8
4	19,5
5	20,0
6	19,6
<b>Média</b>	<b>20,33</b>
<b>Desv. Padrão</b>	<b>1,20</b>
<b>CV %</b>	<b>5,92</b>

#### ➤ **Forma de Ruptura**

As formas de ruptura dos prismas submetidos aos ensaios de arrancamento, estão ilustradas na Figura 60. Observou-se que, para alguns casos, ocorria esmagamento nas regiões de contato com o aparato de madeira. Em todos os casos as fissuras da interface argamassa/bloco iniciavam-se na parte de cima do prisma, perto do prato da prensa. Mesmo não ocorrendo esmagamento dos blocos em todos os casos, todos os corpos-de-prova romperam por desligamento (arrancamento) do bloco central de dentro do prisma.



Figura 60: Ensaio de arrancamento do bloco

#### 5.4 Ensaio em Prismas de Alvenaria – Tela Metálica

Foi estudada uma maneira de comparar os valores de resistência encontrados para os prismas de modo a tornar possível a escolha do prisma mais eficiente, levando em conta o valor de resistência do prisma e a área do dispositivo de ligação inserida no mesmo. Criou-se um fator chamado Eficiência (E), onde se fez a razão da resistência do prisma pela área da tela inserida no mesmo, correspondente ao prisma ensaiado. Assim, tem-se:

$$E = \frac{F_p}{A_t} \text{ sendo,} \quad (1)$$

$F_p$  - Força do prisma e;

$A_t$ - Área da tela.

Por exemplo, quando se ensaia o prisma com a tela (6x50)cm inserida na junta de argamassa, a razão da resistência à tração desse prisma com a área de tela inserida no prisma é comparada com a razão entre as resistências do prisma com a tela (12x50)cm e a área de contato da mesma isoladamente. Essa foi uma das formas encontradas para se comparar a eficiência dos dispositivos de ligação empregados.

### 5.4.1 Arrancamento da tela na junta de argamassa

#### ▪ Tela (6x50)cm

Foram realizados ensaios em prismas com a tela metálica (6x50)cm inserida no centro da junta de argamassa. Foram ensaiados corpos-de-prova com a pré-tensão de 0,40kN (F1) e 0,60kN (F2). Durante o ensaio, foi medido o deslocamento através do relógio comparador, a fim de se analisar o deslocamento sofrido pelo dispositivo de ligação quando submetido ao esforço de tração. A Figura 61 mostra as fotos do ensaio.

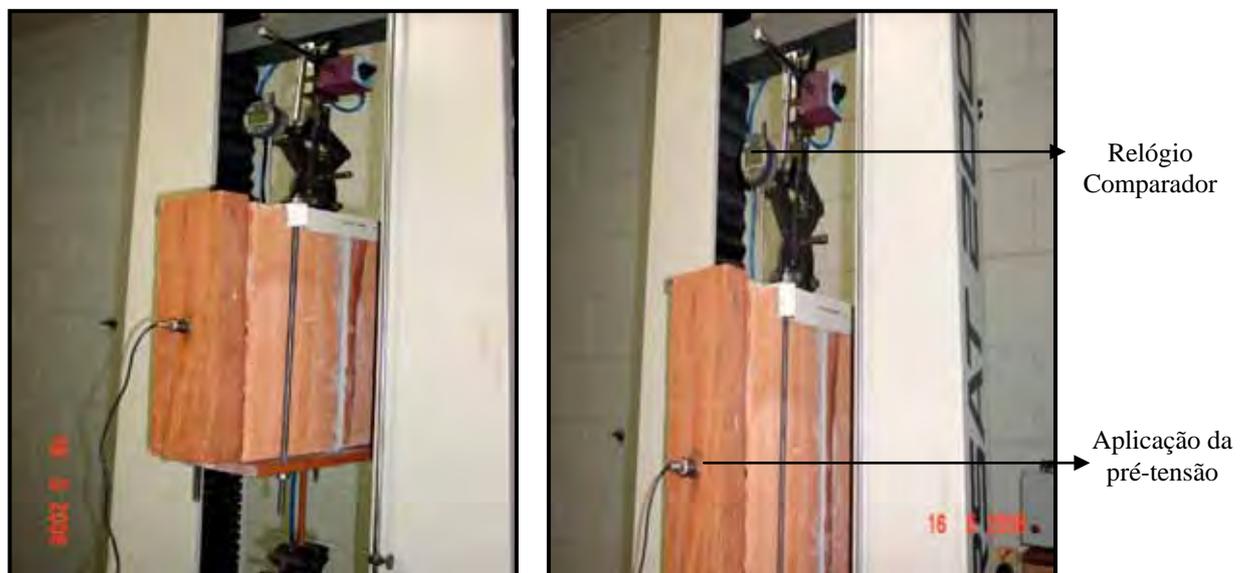


Figura 61: Ensaio arrancamento à tração – tela (6x50)cm

### *Pré-tensão F1*

Analisando o comportamento das curvas carga versus deslocamento (Figura 62), nota-se uma boa uniformidade, especialmente a partir de 2,0mm, com curvaturas razoavelmente definidas e curvas muito semelhantes entre si.

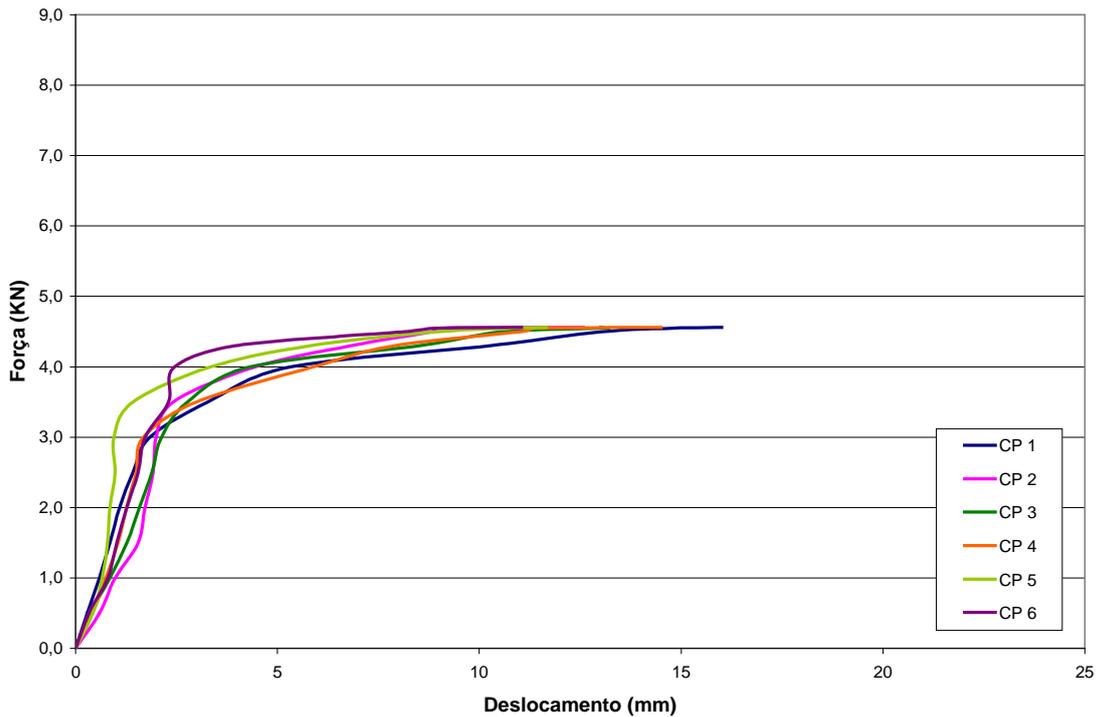


Figura 62: Ensaio de arrancamento à tração – tela (6x50)cm – pré-tensão 0,40kN

As cargas máximas suportadas por cada corpo-de-prova são praticamente iguais. Esta mesma observação pode ser constatada pelo baixo coeficiente de variação apresentado (ver tabela 20).

Tabela 20: Cargas de Ruptura

CP	Carga (kN)
1	4,56
2	4,60
3	4,53
4	4,53
5	4,47
6	4,56
<b>Média</b>	4,54
<b>Desv. Padrão</b>	0,043
<b>CV (%)</b>	0,96%

### *Pré-tensão F2*

A Figura abaixo mostram as curvas de força versus deslocamento para os prismas com a tela (6x50)cm centrada na junta de argamassa e carga de pré-tensão de 0,60kN. Como se pode notar, as curvas tendem a apresentar uma mesma forma.

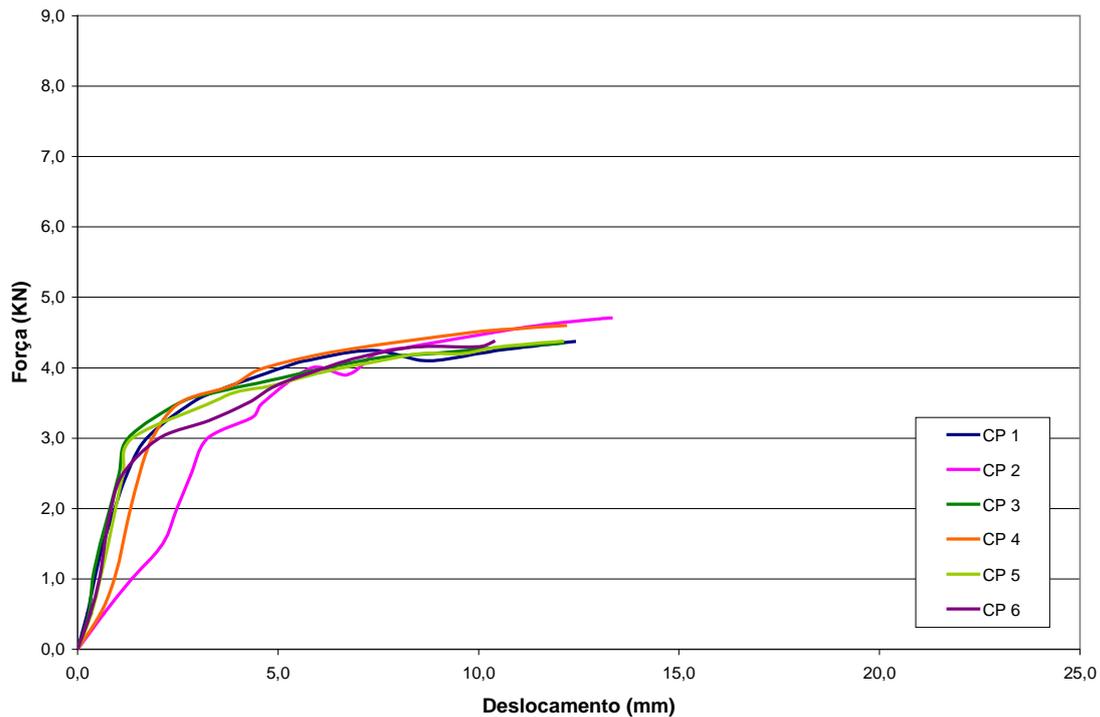


Figura 63: Ensaio de arrancamento à tração – tela (6x50)cm – pré-tensão 0,60kN

Observando os valores da tabela 21, verifica-se boa uniformidade nos resultados e baixo coeficiente de variação.

Tabela 21: Cargas de ruptura

CP	Carga (kN)
1	4,37
2	4,71
3	4,35
4	4,60
5	4,38
6	4,37
<b>Média</b>	4,46
<b>Desv. Padrão</b>	0,15
<b>CV (%)</b>	3,42%

### *Comparativo*

Observando os gráficos (Figuras 62 e 63) dos prismas com a tela de 6x50, nota-se que a pré-tensão tende a restringir o deslocamento da tela, especialmente para os menores carregamentos. Esta constatação pode ser facilmente observada pela inclinação maior nos primeiros trechos das curvas dos corpos-de-prova com 0,60kN de carga de pré-tensão.

Já observando somente as cargas máximas suportadas para ambas as pré-tensões utilizando o Teste t obteve-se o seguinte valor: 0,255. Isto significa que, como o valor de P é maior que 0,05, estatisticamente, com um intervalo de confiança de 95%, pode-se afirmar que os diferentes níveis de pré-tensão não diferiram entre si. Confirma-se então que pré-tensão não exerceu influência significativa entre os resultados.

#### ➤ **Forma de Ruptura**

Basicamente a forma de ruptura foi ocasionada pela tendência da tela de “arrancar” a argamassa de dentro do prisma. Ou seja, a tela tendia a escorregar pela junta trazendo consigo parte da argamassa de assentamento. Esta constatação pode ser confirmada pelas fissuras horizontais que normalmente surgiam na interface argamassa/bloco. Pelo fato da tela estar em contato somente com a argamassa de assentamento das juntas transversais, observou-se que a resistência da tela ao arrancamento pode ter sido alterada. Por fim, não foi constatada diferença alguma na forma de ruptura dos prismas pela influência das cargas de pré-tensões.



Figura 64: Forma de ruptura – Ensaio de arrancamento à tração

### ▪ Tela (12x30)cm

Foram realizados ensaios em prismas com a tela metálica (12x30)cm inserida no centro da junta de argamassa. Foram ensaiados corpos-de-prova com a pré-tensão de 0,40kN (F1) e 0,60kN (F2). Durante o ensaio, foi medido o deslocamento através do relógio comparador, a fim de se analisar o deslocamento sofrido pelo dispositivo de ligação quando submetido ao esforço de tração. A Figura 65 mostra as fotos do ensaio.

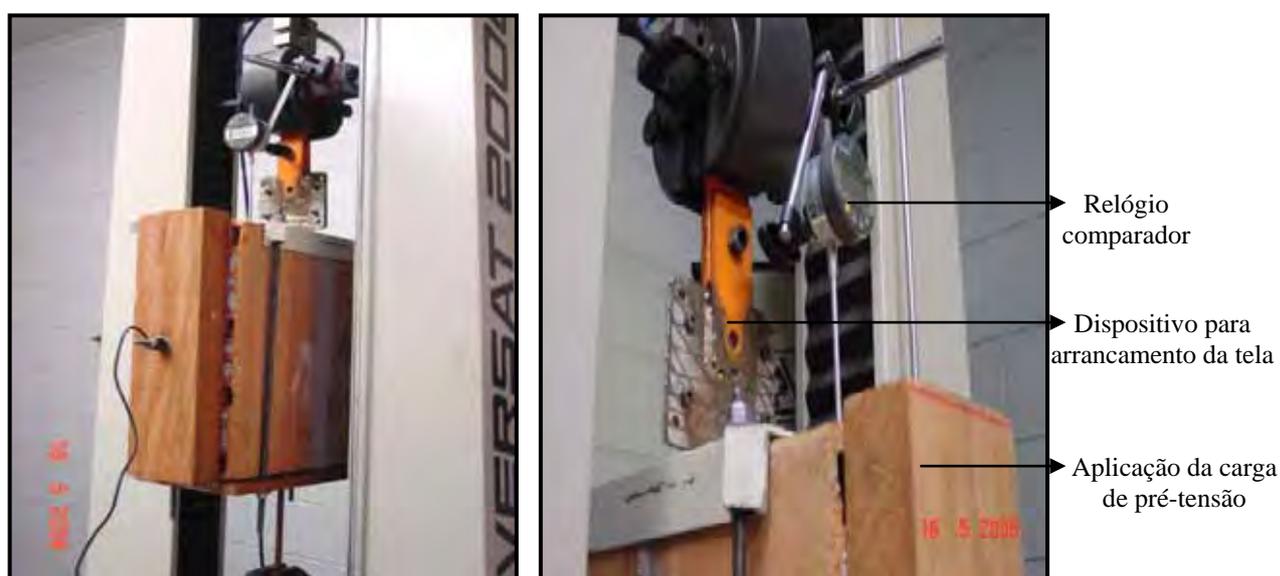


Figura 65: Ensaio de arrancamento à tração – Tela (12x30)cm

### *Pré-tensão F1*

A Figura abaixo mostra as curvas de força versus deslocamento dos prismas com a tela de (12x30)cm e pré-tensão de 0,40kN. De maneira geral, as curvas estão dispersas e com forma um tanto irregular. Mesmo assim, observa-se a tendência das curvas mudarem de inclinação a partir de certo carregamento.

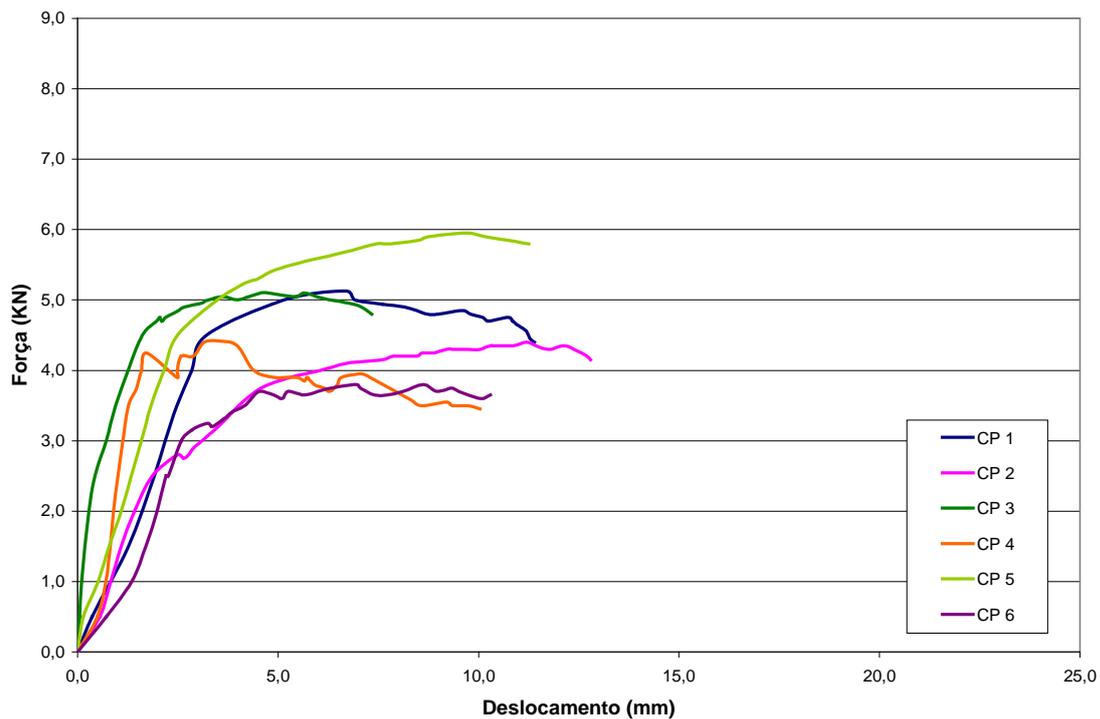


Figura 66: Ensaio de arrancamento à tração – tela (12x30)cm – pré-tensão 0,40kN

Através da Tabela 22 observa-se que as cargas máximas suportadas pelos corpos-de-prova não apresentam boa uniformidade se comparados aos outros corpos-de-prova. Verifica-se que o coeficiente de variação é alto, quando comparado aos outros resultados apresentados.

Tabela 22: Cargas de ruptura

CP	Carga (kN)
1	5,13
2	4,40
3	5,10
4	4,42
5	5,95
6	3,80
<b>Média</b>	4,80
<b>Desv. Padrão</b>	0,75
<b>CV (%)</b>	15,66%

### *Pré-tensão F2*

As curvas da Figura 67 representam o comportamento dos prismas submetidos à pré-tensão de 0,60kN e com a tela de (12x30)cm centrada na junta de argamassa. A existência de apenas quatro corpos-de-prova é decorrente da perda de corpos-de-prova.

As curvas não apresentam comportamento uniforme no primeiro trecho (carregamentos até 5,0 kN). Porém, diferentemente dos corpos-de-prova com pré-tensão F1, estes com pré-tensão F2 apresentaram boa uniformidade tanto nas curvas, a partir de 4mm, quanto nas cargas máximas suportadas (ver tabela 23).

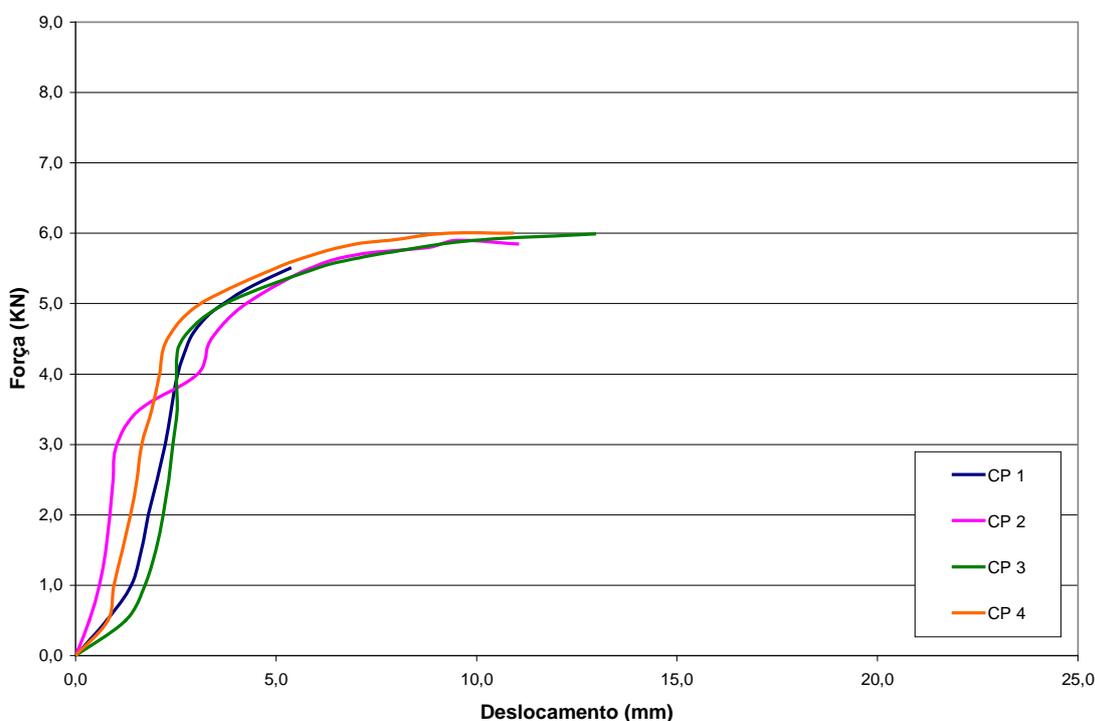


Figura 67: Ensaio de arrancamento à tração – tela (12x30)cm – pré-tensão 0,60kN.

Os valores da tabela 23 são referentes às cargas máximas suportadas pelos corpos-de-prova. Pode-se facilmente notar razoável variação dos valores em torno da média, o que pode ser confirmado pelo baixo coeficiente de variação.

Tabela 23: Carga de ruptura

CP	Carga (kN)
1	5,50
2	5,85
3	5,99
4	6,0
<b>Média</b>	5,84
<b>Desv. Padrão</b>	0,23
<b>CV (%)</b>	4,00%

### *Comparativo*

Seria coerente entender que a maior pré-tensão regularizou o comportamento das curvas para as maiores deformações e carregamentos. Porém, não se dispõe de dados suficientes para assegurar tal constatação. Observa-se que em ambos os gráficos as curvas apresentam certa irregularidade, especialmente nos primeiros instantes do ensaio (primeiros carregamentos), o que pode ter sido provocado em decorrência do pequeno comprimento de ancoragem da tela na junta horizontal de argamassa.

Comparando as cargas máximas suportadas pelos corpos-de-prova com as duas pré-tensões, utilizando o Teste t, obteve-se o seguinte valor para “P crítico bi-caudal”: 0,237. Ou seja, como o valor de P é maior que 0,05, estatisticamente com um intervalo de confiança de 95%, os resultados para ambos os casos não diferiram entre si.

### ➤ **Forma de Ruptura**

Conforme mostra a Figura 68, na maioria dos casos (para as duas pré-tensões) ocorreu um pequeno escorregamento da tela com relação ao bloco, o que provocou o descolamento da junta de argamassa. Nota-se pela figura abaixo que a tela tendia a deformar-se mais na região central do que nos cantos, próximo à junta de argamassa, ou seja, a argamassa da junta lateral conferiu boa aderência à tela. Também se verificou que a pré-tensão não influenciou a forma de ruptura.



Figura 68: Ensaio de arrancamento à tração – Tela (12x30)cm – Forma de ruptura

#### ▪ Tela (12x50)cm

Foram ensaiados seis corpos-de-prova com a tela (12x50)cm inserida no centro da junta de argamassa, para cada variação de carga de pré-tensão. A Figura 69 mostra as fotos do ensaio. Durante todo o ensaio, o relógio comparador mede o deslocamento que a tela sofre quando submetida ao esforço de tração. Nota-se também pelo detalhe da figura o dispositivo utilizado nesse tipo de tela para adaptar a garra da prensa à tela de maior largura (12cm).

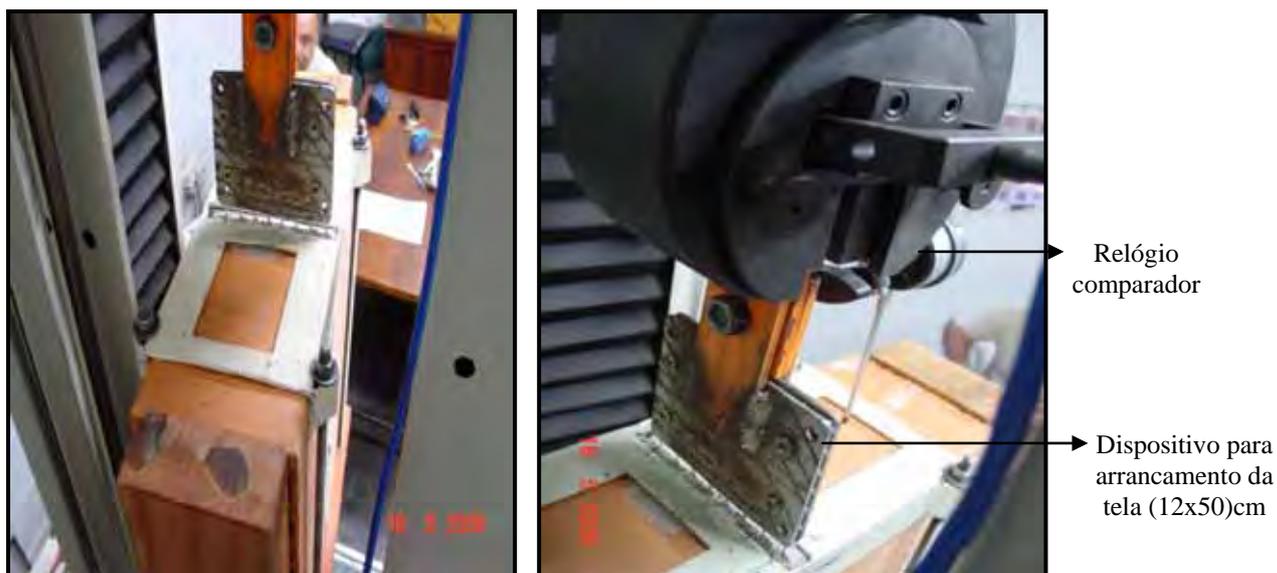


Figura 69: Ensaio arrancamento à tração – tela (12x50)cm

### *Pré-tensão F1*

A Figura 70 contém as curvas de força versus deslocamento dos prismas com as telas de (12x50)cm na junta de argamassa e com carga de pré-tensão de 0,40kN. De maneira geral, as curvas apresentaram mudança brusca de declividade por volta de 6,0kN ou 1,0mm. Deve-se relatar que, por problemas ocorridos durante os ensaios, foram perdidos dois corpos-de-prova.

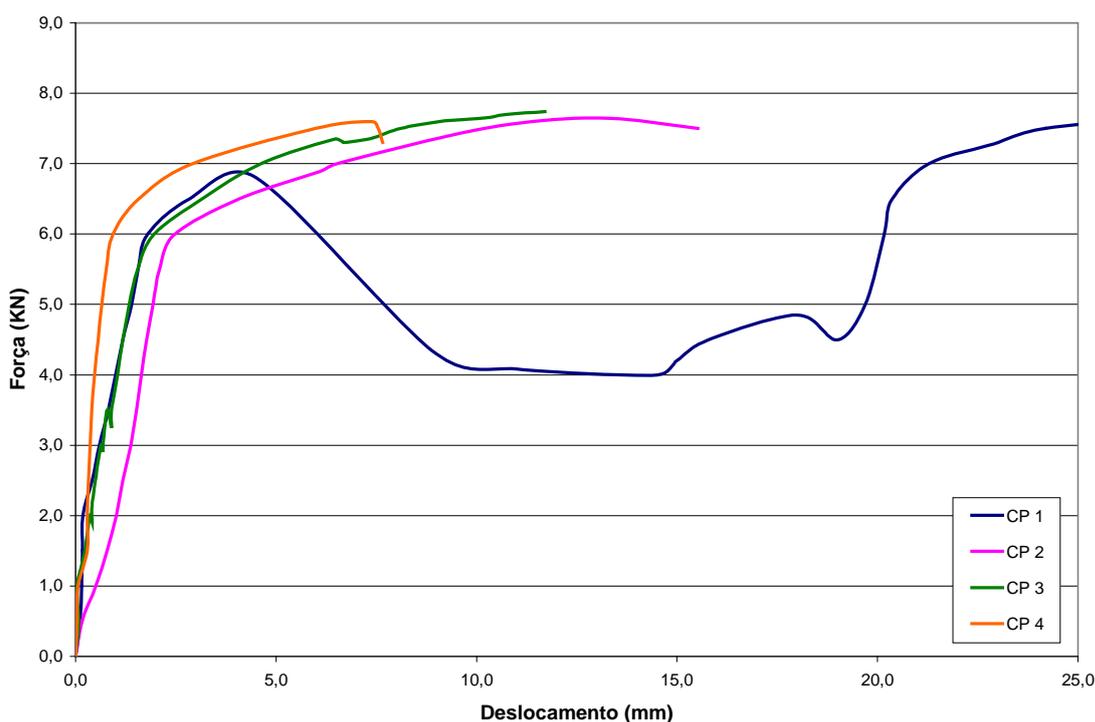


Figura 70: Ensaio de arrancamento à tração – tela (12x50)cm – pré-tensão 0,40kN.

Os dados correspondentes aos carregamentos máximos suportados pelos corpos-de-prova estão contidos na Tabela 24. As cargas não se distanciam muito da média e isto pode representar boa confiabilidade quanto aos resultados, apesar do reduzido número de corpos-de-prova ensaiados. Também, o coeficiente de variação segue a mesma tendência de baixo valor daqueles encontrados para os outros prismas ensaiados neste trabalho.

Tabela 24: Cargas de ruptura

CP	Carga (kN)
1	6,80
2	7,60
3	7,70
4	7,10
<b>Média</b>	7,30
<b>Desv. Padrão</b>	0,42
<b>CV (%)</b>	5,81%

### *Pré-tensão F2*

Pelas curvas da Figura 71 é possível perceber uma razoável dispersão no comportamento das mesmas. Percebeu-se durante o ensaio que os corpos-de-prova atingiam a resistência máxima de arrancamento e, em seguida, a carga tendia a cair constantemente.

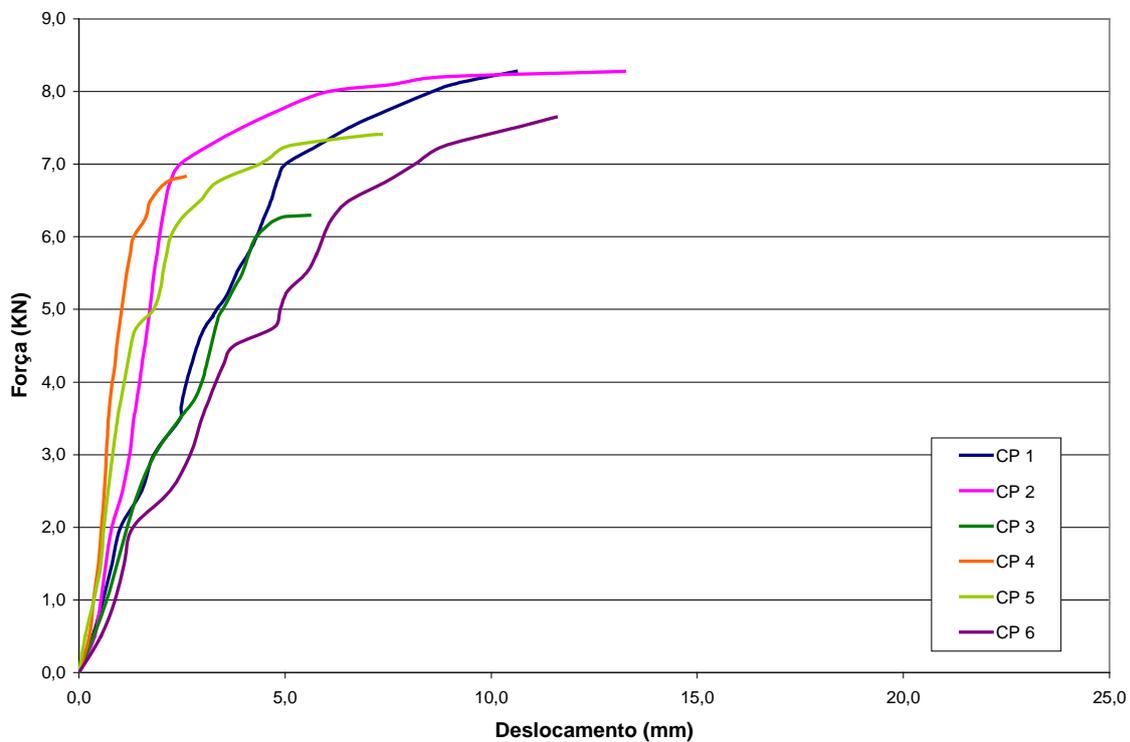


Figura 71: Ensaio de arrancamento à tração – tela (12x50)cm – pré-tensão 0,60kN

A Tabela 25 mostra as cargas máximas suportadas pelos corpos-de-prova. Como primeira observação, o coeficiente de variação, apesar de relativamente baixo, destoa dos demais corpos-de-prova com outras telas. Assim, pode-se admitir que os corpos-de-prova com a maior pré-tensão apresentaram maiores resistências, porém com um comportamento inconstante.

Tabela 25: Cargas de ruptura

CP	Carga (kN)
1	8,28
2	8,20
3	6,30
4	6,83
5	7,41
6	7,65
<b>Média</b>	7,45
<b>Desv. Padrão</b>	0,77
<b>CV (%)</b>	10,40%

### *Comparativo*

O que diferiu estes corpos-de-prova dos demais descritos acima foi o comportamento das curvas quanto à regularidade da tendência. Os prismas com pré-tensão menor resultaram em curvas mais uniformes, apesar do carregamento suportado ser menor.

Utilizando o Teste t comparando os ensaios, obteve-se o seguinte valor para P: 0,726. Isto implica dizer que, como o valor de P é maior que 0,05, estatisticamente, com um intervalo de confiança de 95%, pode-se afirmar que os resultados para ambos os casos não diferiram entre si.

### ➤ **Forma de Ruptura**

Ocorreu pouca variabilidade nas rupturas destes corpos-de-prova, para ambos os casos de pré-tensão, verificando-se normalmente ruptura da tela por tração ou queda constante de carga, depois de atingida a carga máxima. Para todos os casos, antes da ruptura da tela, ocorriam pequenos descolamentos da junta de argamassa próximos à parte externa da tela, conforme

mostra a Figura 72. Não se constatou nenhuma diferença visível entre os corpos-de-prova com as pré-tensões diferentes.

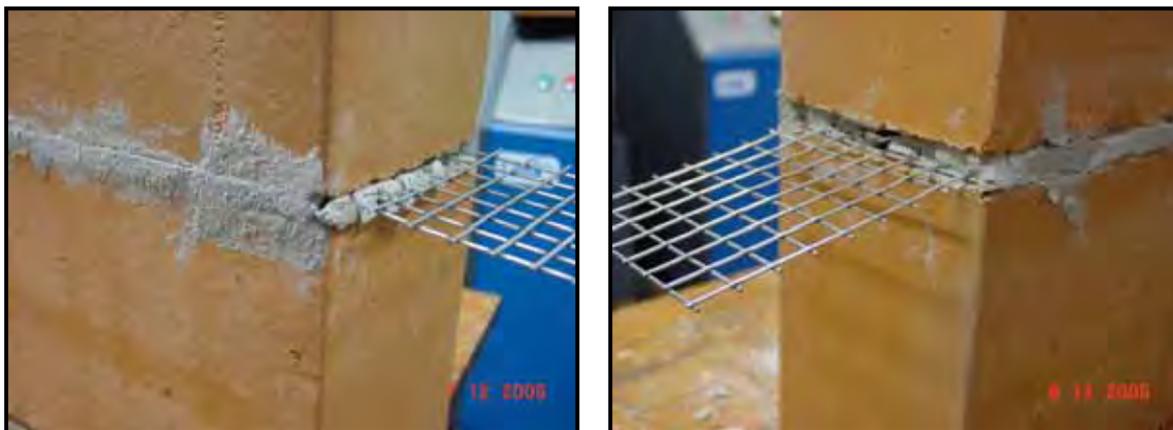


Figura 72: Ensaio de arrancamento à tração – tela (12x50)cm – Forma de ruptura

#### 5.4.2 Arrancamento da tela metálica chumbada no furo do bloco

##### ➤ No 1º Furo

##### *Pré-tensão F1*

Os ensaios realizados nos prismas com a tela (6x50)cm chumbada no primeiro furo e aplicação de pré-tensão de 0,40kN resultaram nas curvas carga versus deslocamento apresentadas na Figura 73. São apresentados os resultados de apenas quatro corpos-de-prova, pois dois deles foram perdidos por problemas ocorridos durante a execução dos ensaios.

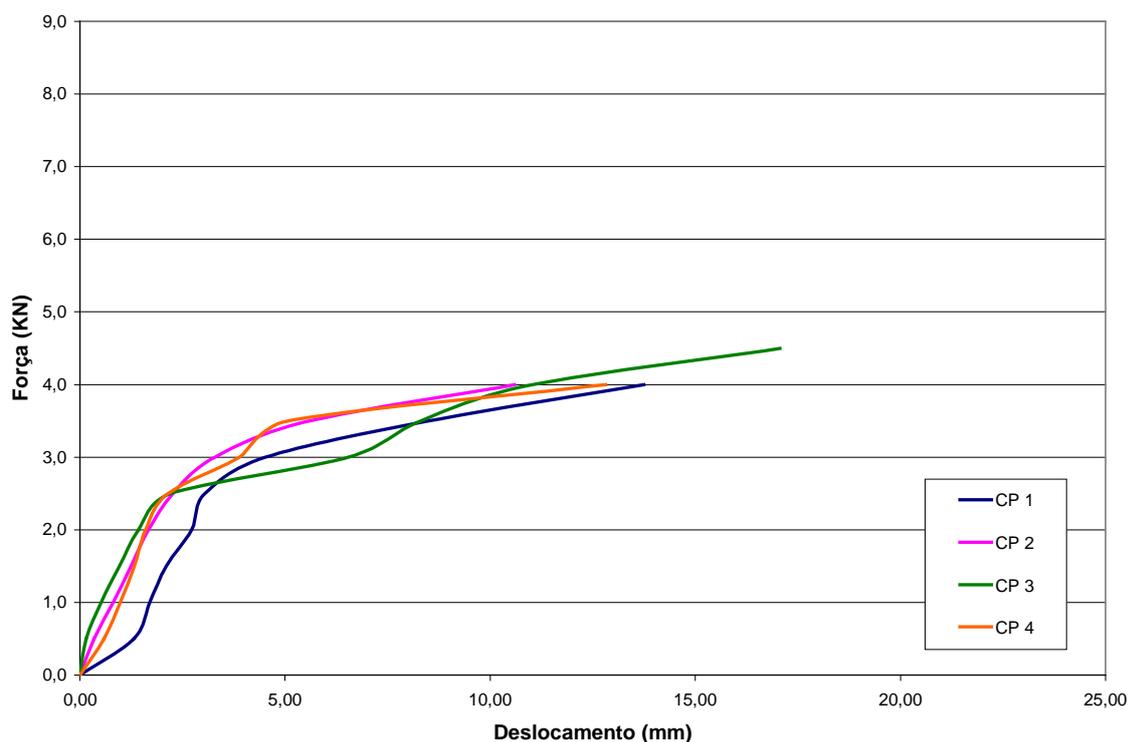


Figura 73: Ensaio de arrancamento à tração – tela (6x50)cm 1º furo – pré-tensão 0,40kN

A partir da figura acima, pode-se observar que as curvas apresentam, razoavelmente, tendência similar entre si. Com exceção do primeiro corpo-de-prova, todos os outros seguiram uma forma análoga no primeiro trecho, apresentando definida mudança de direção a partir da carga de 2,50 kN. Após esta carga, todos os corpos-de-prova tenderam a deformar-se mais com poucos incrementos de carga.

A tabela 26 apresenta as cargas máximas resistidas pelos corpos-de-prova. Nota-se que o coeficiente de variação calculado é baixo e, assim, acredita-se que, mesmo com apenas quatro corpos-de-prova ensaiados, pode-se fazer uma concepção positiva a respeito da confiabilidade dos resultados apresentados.

Tabela 26: Cargas de ruptura

CP	Carga (kN)
1	4,12
2	4,00
3	4,50
4	4,30
<b>Média</b>	4,23
<b>Desv.</b>	0,22
<b>CV (%)</b>	5,16%

### *Pré-tensão F2*

Os gráficos da Figura 74 são referentes aos ensaios de arrancamento realizados nos prismas com a tela chumbada no 1º furo do bloco e com carga de pré-tensão de 0,60kN. As curvas apresentam um bom comportamento, com forma regular e uma tendência a deformar pouco nos primeiros carregamentos e, a partir de aproximadamente 2,50 kN deformarem com pouco aumento de carga. Além disso, as curvas são muito próximas uma das outras, o que traduz boa regularidade dos ensaios e do sistema proposto.

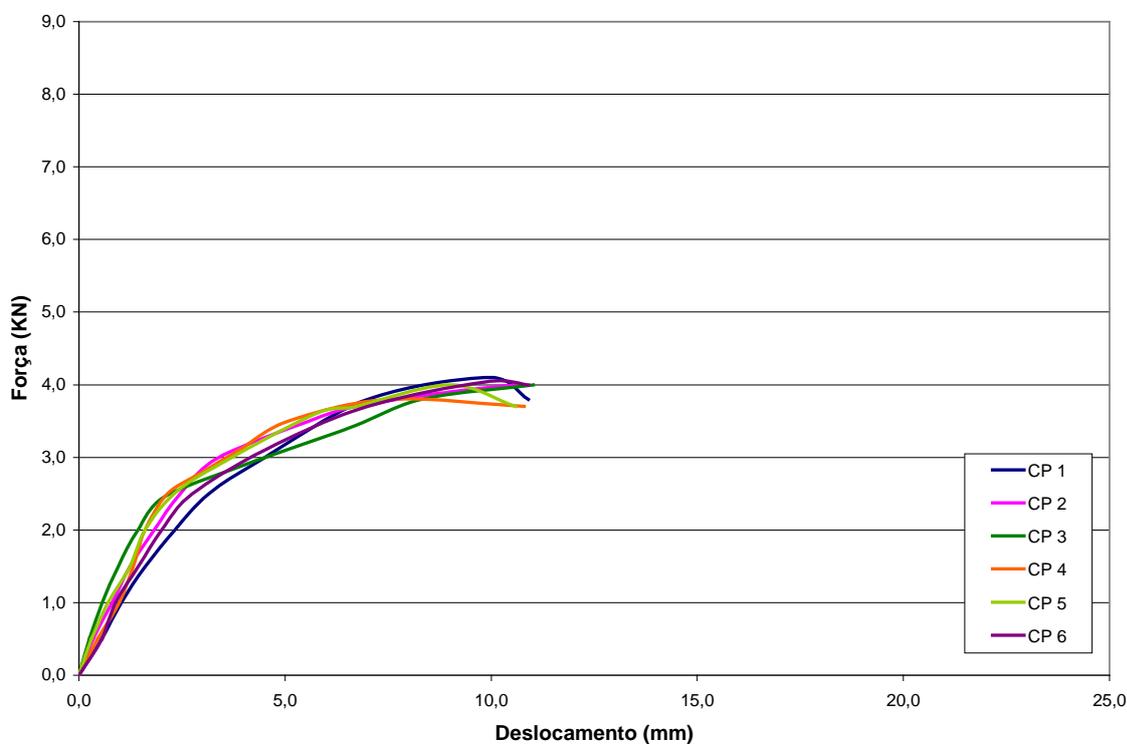


Figura 74: Ensaio de arrancamento à tração – tela (6x50)cm 1º furo – pré-tensão 0,60kN

Os dados relativos à resistência ao arrancamento das telas para a carga de pré-tensão de 0,60kN estão contidos na tabela 27. Observando a tabela abaixo se observa que os valores apresentaram certa tendência a se manterem próximos à média.

Tabela 27: Cargas de ruptura

CP	Carga (kN)
1	4,10
2	4,00
3	4,00
4	3,80
5	4,00
6	4,05
<b>Média</b>	3,99
<b>Desv. Padrão</b>	0,10
<b>CV (%)</b>	2,56%

### *Comparativo*

Com base nos resultados apresentados, pode-se relatar que as resistências médias para os casos das pré-tensões de 0,40 e 0,60kN foram próximas, em torno de 4,0 kN. Baseado nessa constatação acredita-se que a pré-tensão não influenciou no comportamento dos prismas quando submetidos à força de arrancamento das telas. Entende-se que a tela sofreu pouca influência do confinamento provocado pela pré-tensão, pois o único trecho da tela em contato com a argamassa de assentamento e, conseqüentemente com a força de pré-tensão, era a junta transversal mais externa ao bloco. Este fato é confirmado pelo comportamento similar entre as curvas carga versus deslocamento de ambos os casos.

Utilizando o Teste t comparando os ensaios acima, obteve-se o seguinte valor para P: 0,878. Isto significa que, como o valor de P é maior que 0,05, estatisticamente, com uma confiabilidade de 95%, pode-se afirmar que os resultados para ambos os casos não diferiram entre si.

### ➤ **Forma de Ruptura**

Para as duas cargas de pré-tensão constatou-se semelhante forma de ruptura para a maioria dos corpos-de-prova, ocorrendo o surgimento de fissuras na face externa do bloco, conforme pode

ser observado na Figura 75. Ressalta-se que a face fissurada é referente ao furo no qual a tela estava chumbada.

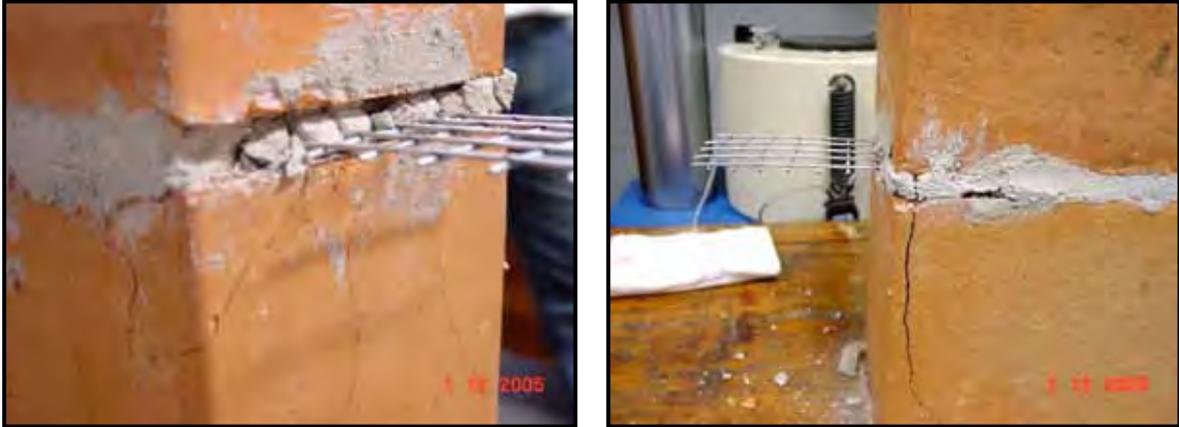


Figura 75: Corpos-de-prova com a tela chumbada no 1º septo do bloco

➤ *No 3º Furo*

*Pré-tensão F1*

A partir da Figura 76 percebe-se que as curvas de força versus deslocamento deste tipo de corpo-de-prova apresentaram bom comportamento. Nota-se que os deslocamentos são pequenos para incrementos de carregamento até aproximadamente a carga de 3,50 kN, como indica o gráfico.

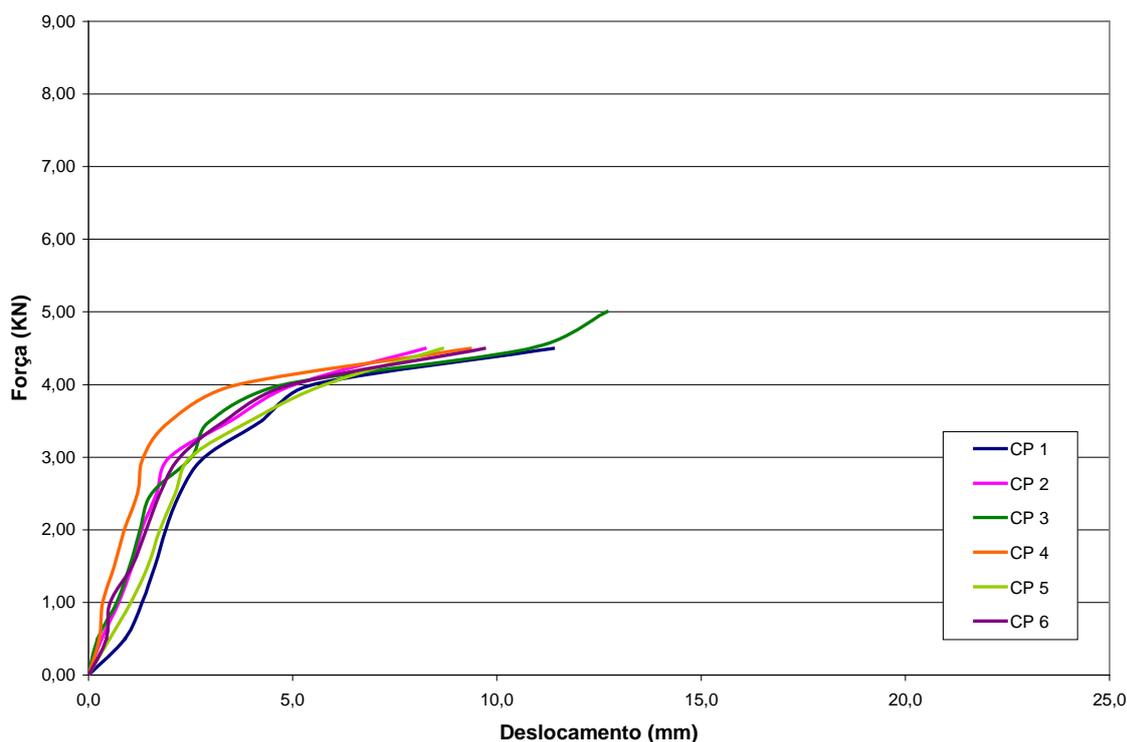


Figura 76: Ensaio de arrancamento à tração – tela (6x50)cm 3° furo – pré-tensão 0,40kN

A tabela abaixo apresenta os valores máximos de carga suportados por cada corpo-de-prova, assim como o coeficiente de variação e o desvio padrão. De acordo com os dados, pode-se concluir que o ensaio apresenta grande confiabilidade, pelo baixo coeficiente de variação. Além disso, nota-se que esse tipo de corpo-de-prova resistiu a maiores carregamentos, quando comparados aos prismas com as telas chumbadas nos primeiros furos. Possivelmente esta resistência à tração maior pode ser explicada pela maior área de contato da tela com a argamassa.

Tabela 28: Cargas de ruptura

CP	Carga (kN)
1	4,5
2	4,6
3	4,5
4	4,52
5	4,5
6	4,52
<b>Média</b>	4,52
<b>Desv. Padrão</b>	0,04
<b>CV (%)</b>	0,86%

### *Pré-tensão F2*

A figura abaixo apresenta os gráficos de carga versus deslocamento dos prismas com a tela chumbada no 3º furo. Nota-se que, comparados aos outros gráficos anteriormente mostrados, estes apresentam uma inclinação mais acentuada no primeiro trecho. Enquanto, por exemplo, para a tela chumbada no 3º furo e com pré-tensão de 0,40kN a inclinação das curvas mudava próximo dos 2,5mm, no presente caso a inclinação muda antes dos 2,0mm. Nota-se que, assim como os outros casos, as curvas apresentam as mesmas tendências entre si, com exceção da curva CP6.

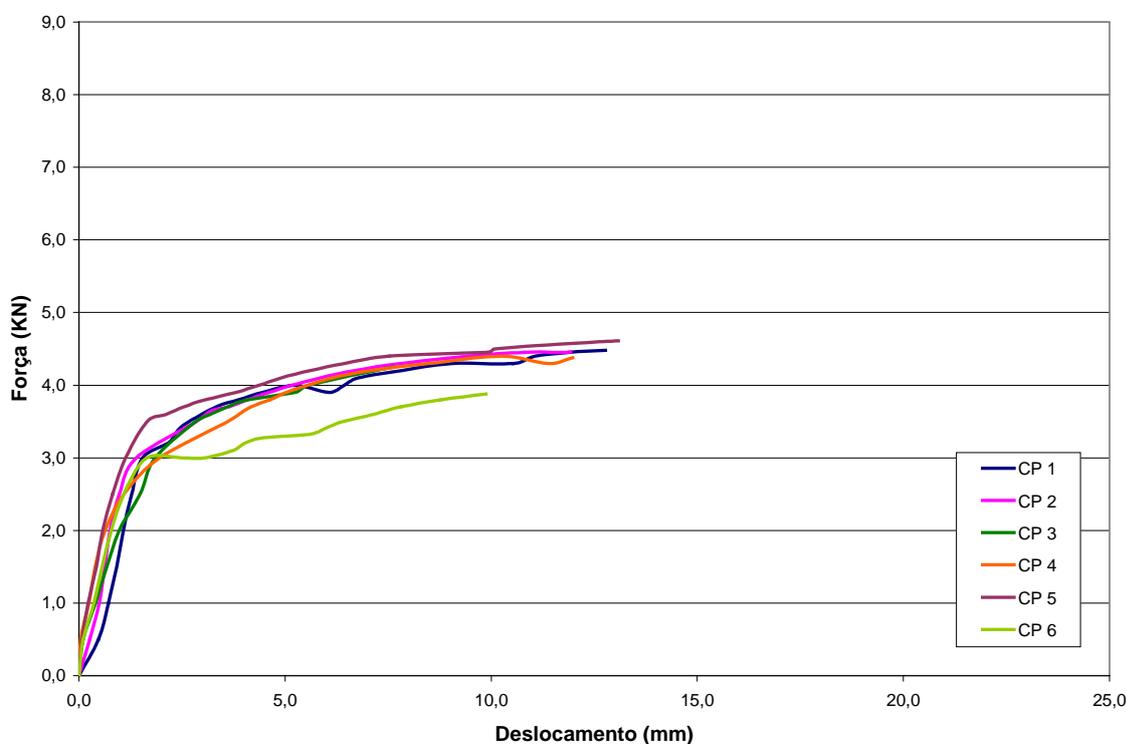


Figura 77: Ensaio de arrancamento à tração – tela (6x50)cm 3º furo – pré-tensão 0,60kN

A tabela 29 mostra os valores das cargas máximas suportadas pelos corpos-de-prova. Todos os valores de carga estão localizados próximos à média, o que pode ser facilmente confirmado ao observar-se o baixo coeficiente de variação.

Tabela 29: Cargas de ruptura

CP	Carga (kN)
1	4,48
2	4,46
3	4,25
4	4,40
5	4,61
6	3,88
<b>Média</b>	4,34
<b>Desv. Padrão</b>	25,69
<b>CV (%)</b>	5,91%

### *Comparativo*

Analisando os gráficos de carga versus deslocamento de ambos os ensaios, a pré-tensão aparentemente influenciou o comportamento dos corpos-de-prova restringindo mais os deslocamentos iniciais daqueles prismas com maior carga de confinamento (pré-tensão 2).

Assim como para o caso da tela chumbada no primeiro furo, neste presente caso a pré-tensão não exerceu influência marcante nas cargas suportadas no instante da ruptura. Esta constatação pode ser confirmada pelo Teste t. Utilizando este Teste para comparar os ensaios acima, obteve-se para P o seguinte valor: 0,127. Ou seja, como o valor de P é maior que 0,05, estatisticamente, com um intervalo de confiança de 95%, pode-se afirmar que os resultados para ambos os casos não diferiram entre si.

### ➤ **Forma de ruptura**

Aparentemente a força de pré-tensão não influenciou na forma de ruptura dos corpos-de-prova. A partir da figura 78 é possível analisar os diferentes modos de ruptura para as telas chumbadas nos terceiros furos.

Observou-se que para a tela no terceiro furo, na maioria dos casos, o ensaio foi interrompido ou por ruptura da tela na parte externa ou por perda de carga sem ruptura visível da tela, ou seja, a

tela pode ter rompido internamente ao prisma. Como a tela estava inserida no terceiro furo, onde os septos dos blocos são mais resistentes. A forma de ruptura dos corpos-de-prova pode ser observada na Figura 78 as rupturas ocorreram predominantemente na tela, diferentemente dos ensaios com a tela chumbada no primeiro furo, onde as rupturas ocorriam em alguns casos por fissuração das paredes do bloco.

De acordo com as figuras, observa-se que ocorreu o desprendimento da junta de argamassa próxima à extremidade do bloco, junto à tela. Porém, no caso em que a pré-tensão foi maior, a ocorrência dessa observação foi sensivelmente menor. Constata-se então que, certamente, a força de pré-tensão exerce certa influência no confinamento da tela, dependendo de sua magnitude.



Figura 78: Ruptura dos prismas com a tela (6x50)cm chumbada no 3º furo

Como se pode observar na figura abaixo, os septos transversais externos têm uma configuração mais frágil quanto à ruptura que os septos transversais internos. Isso explica o fato de alguns prismas com a tela chumbada no primeiro furo, romperem por fissuração do bloco.

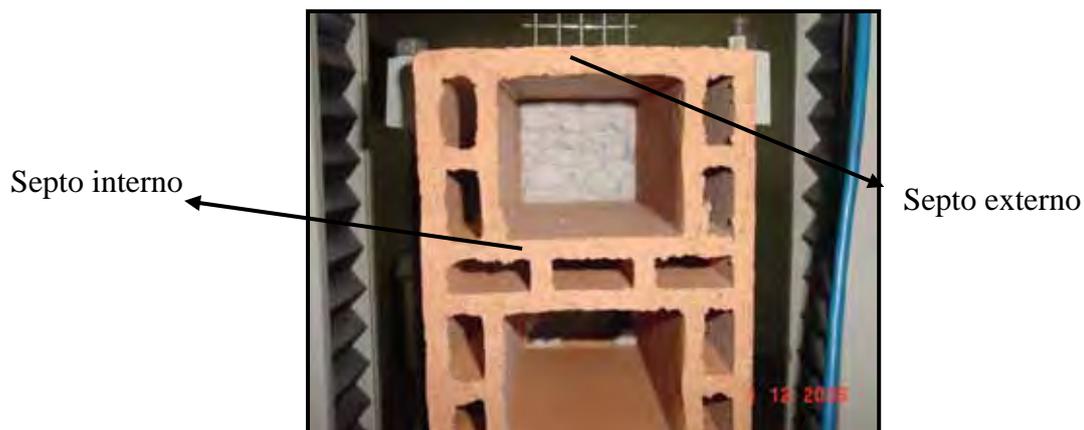


Figura 79: Septos internos e externos do bloco

## 5.5 Ensaios em Prismas de Alvenaria – Ferro-cabelo

Foram realizados ensaios em prismas de alvenaria com o ferro-cabelo inserido no centro da junta de argamassa e o mesmo chumbado no 1° e no 3° furo do bloco, preenchido por argamassa de assentamento. Para esse tipo de ensaio, não foi variada a carga de pré-tensão, optando-se por executar os ensaios com a carga de 0,40kN.

### 5.5.1 No centro da junta de argamassa

Nesse tipo de corpo-de-prova, com o ferro-cabelo inserido no centro da junta de argamassa, o mesmo escorregou da junta de argamassa quando o esforço de tração começou a ser aplicado no mesmo. Ou seja, o ferro-cabelo escorrega do prisma antes mesmo da aplicação da carga, apenas com o peso próprio do corpo-de-prova. A pouca aderência do ferro-cabelo com a argamassa de assentamento mostrou a pouca eficiência desse tipo de dispositivo como elemento de ligação, quando executado dessa maneira.

### 5.5.2. Chumbado no 1º furo do bloco

Durante o ensaio foram observadas as aberturas de fissuras, “estalos” na argamassa internamente ao prisma, assim como o desprendimento da argamassa da superfície do prisma.

Em média, com 1,70 kN de esforço de tração ocorrem pequenos “estalos” na argamassa e com 2,85 kN de carregamento, as fissuras surgem na argamassa na região onde o ferro-cabelo estava inserido, continuando a aumentar seu tamanho conforme o esforço aumentava.

Em todos os casos, o ferro-cabelo escorrega da argamassa antes mesmo de ocorrer a sua ruptura, conforme era esperado.

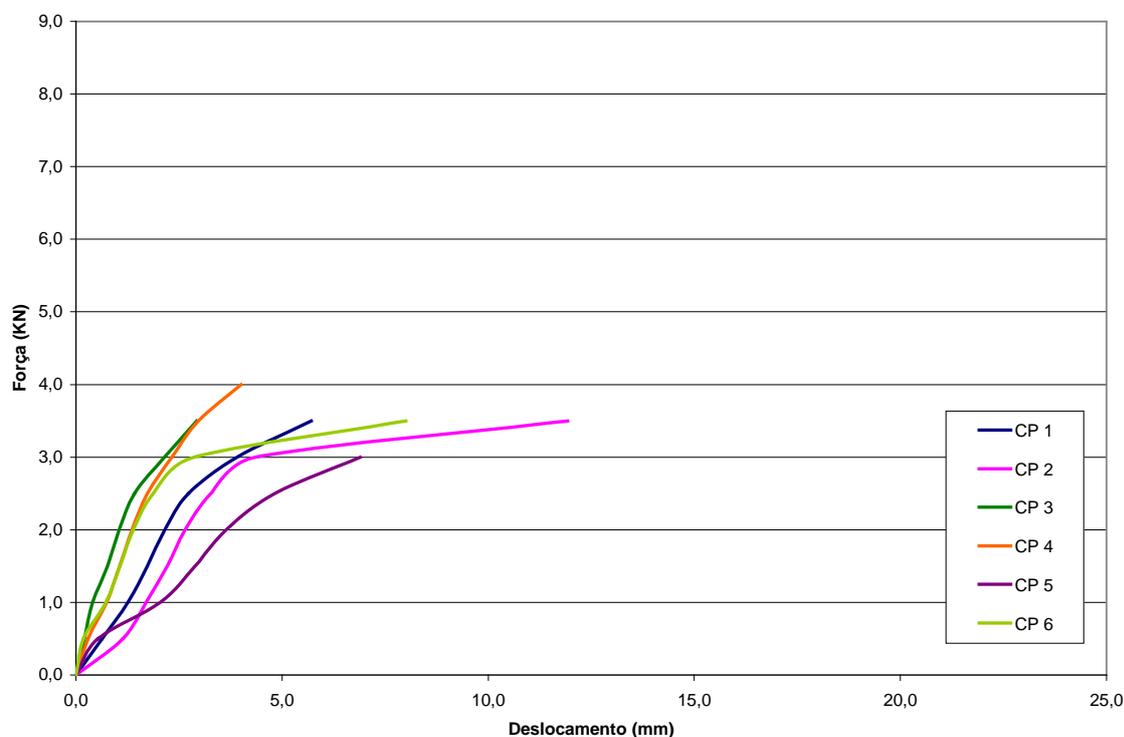


Figura 80: Ensaio de arrancamento do ferro-cabelo chumbado no 1º furo do bloco

A tabela abaixo apresenta os valores máximos de carga suportados por cada corpo-de-prova, assim como o coeficiente de variação e o desvio padrão.

Tabela 30: Carga Ruptura

CP	Carga Ruptura (kN)
1	3,65
2	3,4
3	3,3
4	4,25
5	3,00
6	2,87
<b>Média</b>	3,41
<b>Desv.Padrão</b>	0,49
<b>CV (%)</b>	14,57%

### 5.5.3 Chumbado no 3º furo do bloco

Durante a realização desse ensaio foram observadas ocorrências de fissuras, desprendimento da argamassa e também o deslocamento que o ferro-cabelo sofreu quando submetido ao esforço de tração. Durante o ensaio, notou-se que com aproximadamente 1,50 kN de força aplicada ocorreram os primeiros “estalos” na argamassa no interior do prisma. Foi observado também que em alguns corpos-de-prova não houve nenhuma ocorrência de fissura na argamassa, e essas quando apareciam eram em torno do ferro-cabelo, quando o carregamento estava superior a 4,00 kN.

Na Figura 81 são mostradas as curvas força versus deslocamento obtido no ensaio de arrancamento à tração desse tipo de corpo-de-prova. Percebe-se que no gráfico da Figura 81 só aparecem as curvas de quatro corpos-de-prova, isso se deu pelo fato que no momento do ensaio, houve perda de dois corpos-de-prova.

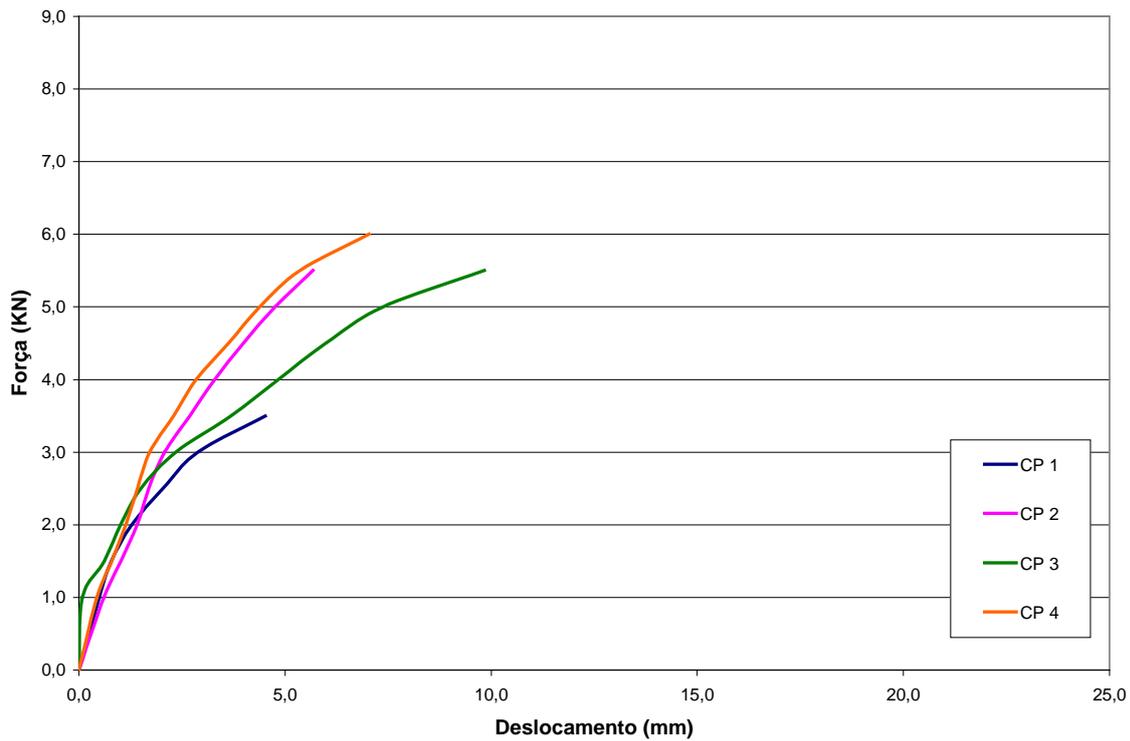


Figura 81: Ensaio arrancamento à tração – Ferro-cabelo chumbado no 3º furo do bloco

A Tabela 31 mostra as cargas de ruptura, o desvio padrão e o coeficiente de variação para os corpos-de-prova do ferro-cabelo inserido no terceiro furo do bloco.

Tabela 31: Cargas de Ruptura

CP	Carga de Ruptura (kN)
1	3,50
2	5,50
3	5,50
4	6,0
<b>Média</b>	5,12
<b>Desv.Padrão</b>	1,10
<b>CV (%)</b>	21,63%



Tabela 32: Valores esforços – Parede 1

Tipo	Força aplicada ao pilar	Tela 1 (LVDT 1)	Tela 2 (LVDT 2)
Parede 1	0,40 kN	0,60 kN	0,20 kN

Durante os ensaios, foram observadas abertura de fissuras, os “estalos” que ocorriam internamente à parede, bem como os deslocamentos relativos. Após o término do ensaio, foi observado que a ligação que une a tela ao pilar manteve-se intacta, ou seja, o pino metálico não foi arrancado do pilarete de concreto. Outro fato interessante foi que a tela metálica permaneceu dentro da parede após o término do ensaio, ou seja, a aderência da tela com a argamassa de assentamento é eficiente, fazendo com que a tela não se deslocasse de dentro da parede quando solicitada ao esforço de tração.

A Figura 83 mostra as curvas força versus deslocamento dos cinco LVDT's durante o ensaio, levando em consideração a força aplicada à tela 1.

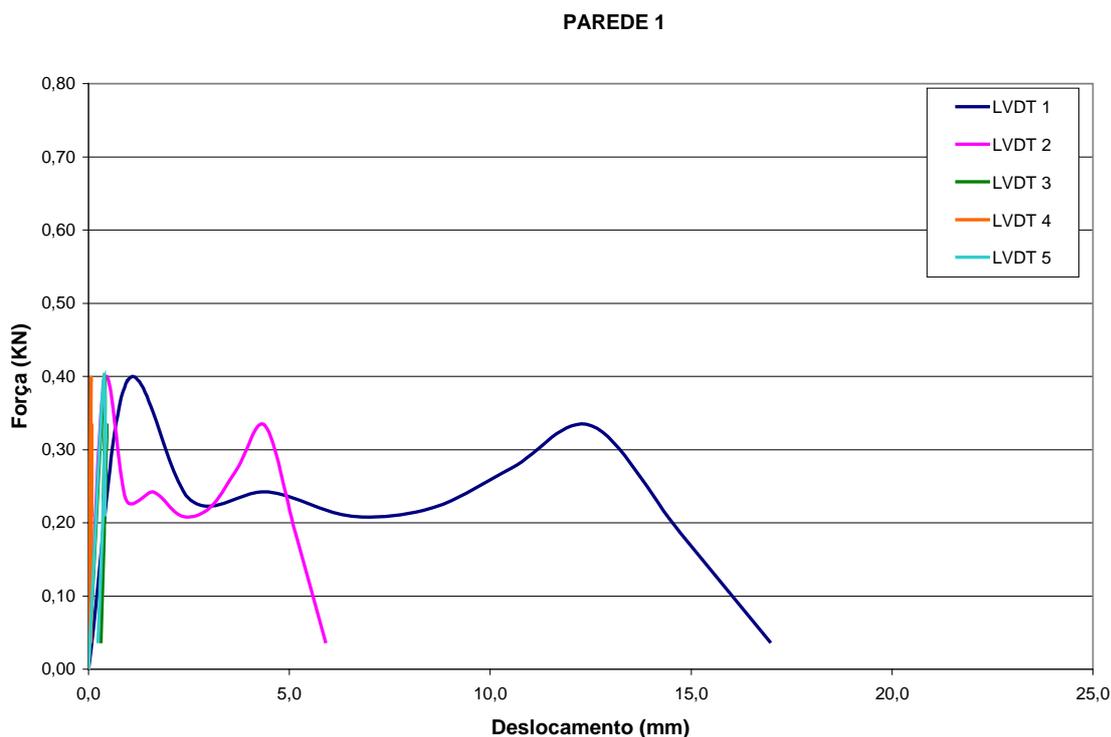


Figura 83: (a) Curvas força x deslocamento – Parede 1

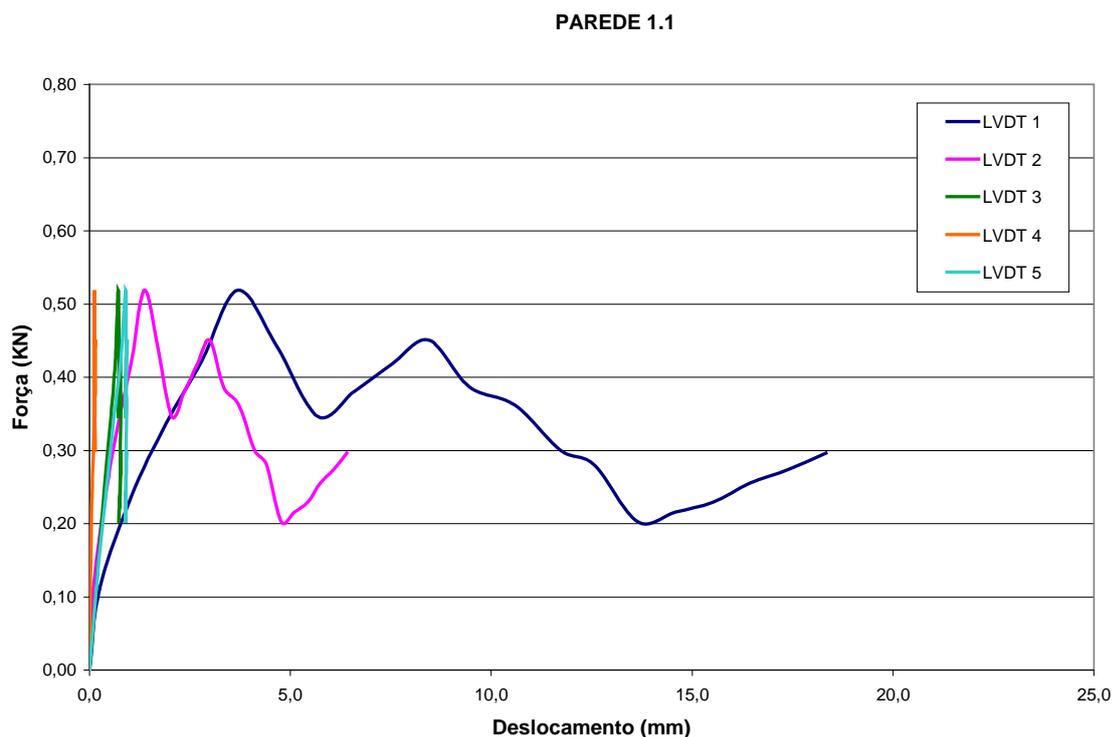


Figura 83: (b) Curvas força x deslocamento – Parede 1.1

Através da Figura 87 e lembrando a posição dos LVDT's na parede (Figura 41), notamos que os LVDT's 3 e 4 apresentaram um deslocamento relativo pequeno, praticamente nulo, o que era esperado, uma vez que os mesmos se encontravam posicionados nos blocos do lado oposto ao pilar, mostrando assim que a parede não se movimentou durante o ensaio.

O LVDT 5 foi fixado no bloco ancorado ao pilar de concreto da última fiada da parede. Pelo gráfico percebe-se que o mesmo sofreu um deslocamento relativamente pequeno, ou seja, a curva apresenta um ângulo de inclinação pequeno, o que representa que o bloco não se destacou do pilar nos primeiros esforços, apresentando assim, boa resistência e ancoragem.

Os LVDT's 1 e 2 são os que estavam posicionados no pilar de concreto, na direção dos dispositivos de ancoragem, ou seja na altura das telas 1 e 2. Pelas curvas apresentadas acima, percebe-se que as curvas da Parede 1 e 1.1 tiveram comportamento semelhante, se diferenciando apenas no fato que a Parede 1 apresentou menor deslocamento inicial, e também resistiu a uma menor força aplicada.

- **Forma de ruptura**

Ocorreu a ruptura da tela, e ela deu-se em apenas um fio metálico, ou seja, depois desse momento a tela continuou trabalhando e resistindo aos esforços impostos, o que pode ser notado pela oscilação do carregamento. A Figura 84 mostra que a tela rompe-se na fixação da mesma ao pilar, ou seja, exatamente no pino metálico.

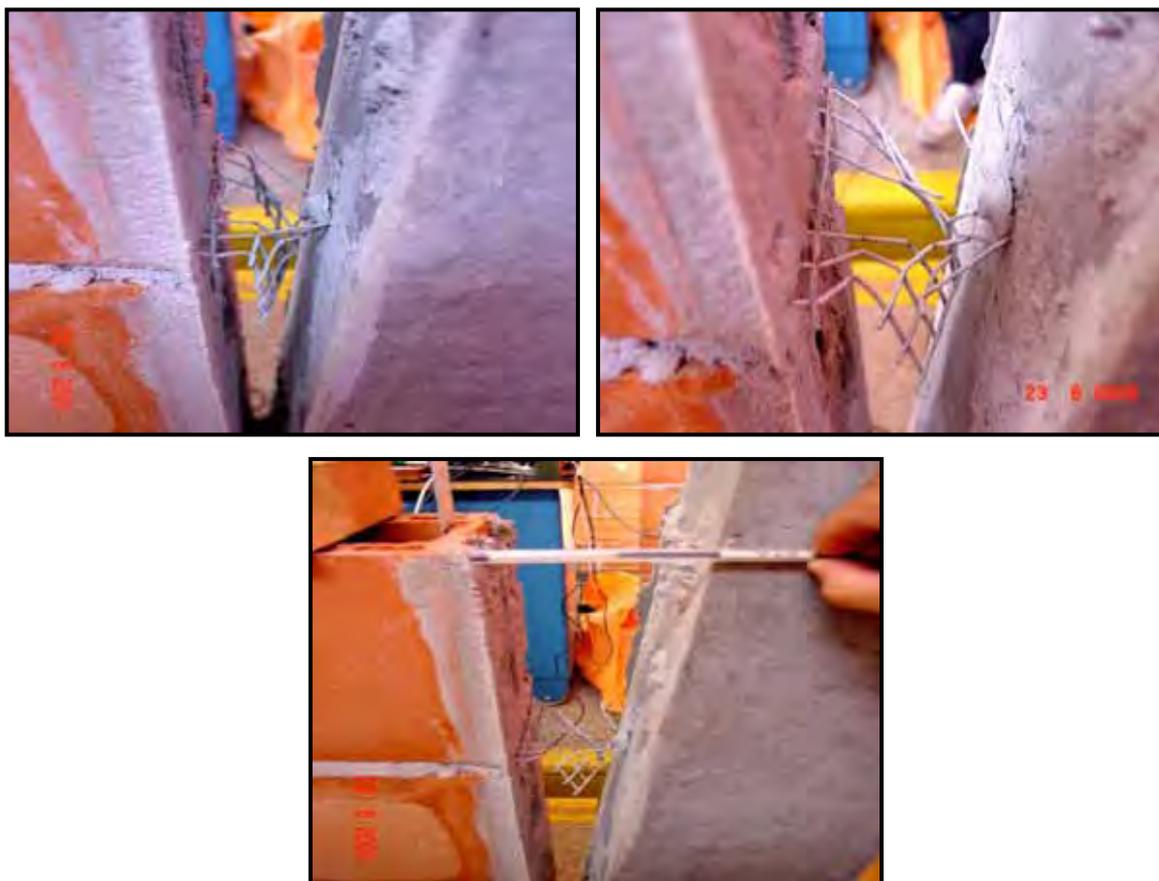


Figura 84: Ruptura tela (12x50)cm

### 5.6.2 Parede 2: tela (12x50) cm executada de maneira incorreta

Esse tipo de corpo-de-prova foi o executado com o dispositivo de ligação fora do centro da junta de argamassa, com a fixação da tela fora do centro da tela metálica e em altura diferente na mesma, conforme observado nas visitas efetuadas nas obras. Foram executados dois corpos-de-

prova desse tipo de parede, porém, no momento do ensaio, no deslocamento da mesma para o pórtico onde seria ensaiada, houve um acidente, e acabou por perder-se um corpo-de-prova.

Através do programa computacional FTOOL foi possível avaliar a carga transmitida para cada uma das telas no momento da ruptura do sistema, conforme mostra a Tabela 33.

Tabela 33: Valores esforços – Parede 2

Tipo	Força aplicada ao pilar	Tela 1 (LVDT 1)	Tela 2 (LVDT 2)
Parede 2	0,20 kN	0,30 kN	0,10 kN

A Figura 85 mostra as curvas força versus deslocamento obtido medido pelos LVDT's durante o ensaio da Parede 2. No ensaio dessa parede, quando a carga aplicada era da ordem de 0,15kN já foi possível notar que o pilar estava deslocado 10mm da parede (Figura 86).

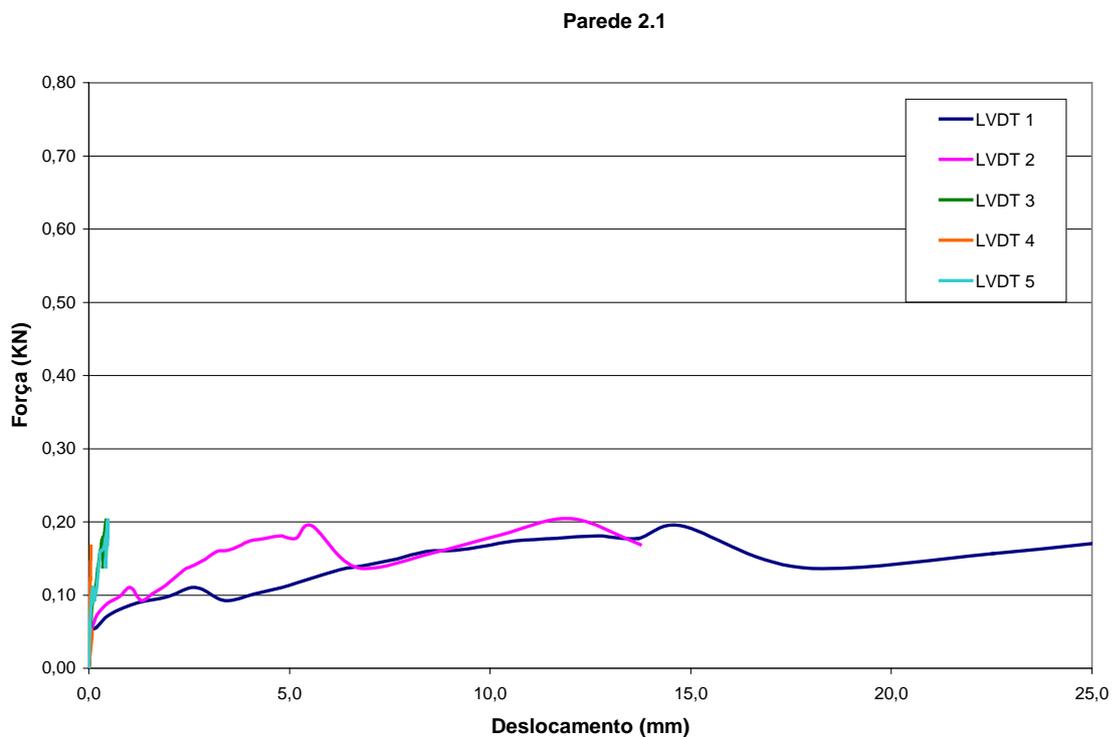


Figura 85: Curvas força x deslocamento – Parede 2



Figura 86: Deslocamento inicial

Observando a Figura 85, percebe-se que as curvas que representam os LVDT's 1 e 2 apresentam pouca inclinação, ou seja, pequenas forças, provocaram grandes deslocamentos. Outro fato observado foi a baixa carga de ruptura desse tipo de corpo-de-prova, haja vista que o mesmo não ultrapassou 0,20kN de carregamento aplicado à tela 1.

- **Forma de ruptura**

Nesse ensaio, quando o carregamento aplicado se aproximou de 0,20kN o pilar já estava deslocado quase 0,50cm, portanto o ensaio foi parado. Nesse momento, a tela resistiu ao esforço imposto, porém não evitou o deslocamento do pilar, permitindo assim, grandes aberturas (Figura 87).



Figura 87: Ruptura Parede 2

### 5.6.3 Parede 3: tela (6x50) cm chumbada no terceiro furo do bloco

Foram ensaiados dois corpos-de-prova com a tela (6x50)cm chumbada no terceiro furo do bloco preenchido por argamassa de assentamento. Durante o ensaio, foram observadas as fissuras, os “estalos” internos na parede assim como deslocamentos visíveis, entre o pilar de concreto e a alvenaria cerâmica de vedação.

Nesse tipo de corpo-de-prova, quando o carregamento se aproximou de 0,75kN foram observadas as primeiras fissuras na interface da argamassa no encontro do pilar com a parede. A partir desse momento, o carregamento sofre uma oscilação e então ocorre o “estalo” na tela, que foi o momento de ruptura da mesma no interior da parede.

Para uma melhor compreensão da real resistência das telas inseridas na parede de alvenaria, foi realizada uma análise da estrutura no programa computacional FTOOL. Para considerar o comportamento dos dispositivos ensaiados, foram estipulados apoios elásticos, exatamente na altura da junta de argamassa a qual a tela esteve inserida. A constante elástica foi definida no ensaio de tração da tela em questão, feito anteriormente.

Através do programa computacional FTOOL foi possível avaliar a carga transmitida para cada uma das telas no momento da ruptura do sistema, conforme mostra a Tabela 34.

Tabela 34: Valores esforços – Parede 3

Tipo	Força aplicada ao pilar	Tela 1 (LVDT 1)	Tela 2 (LVDT 2)
Parede 3	0,70 kN	1,05 kN	0,35 kN

A Figura 88 mostra as curvas das Paredes 3 e 3.1 referentes aos deslocamentos medidos pelos cinco LVDT's durante a execução do ensaio, levando em consideração a carga resistida pela tela 1.

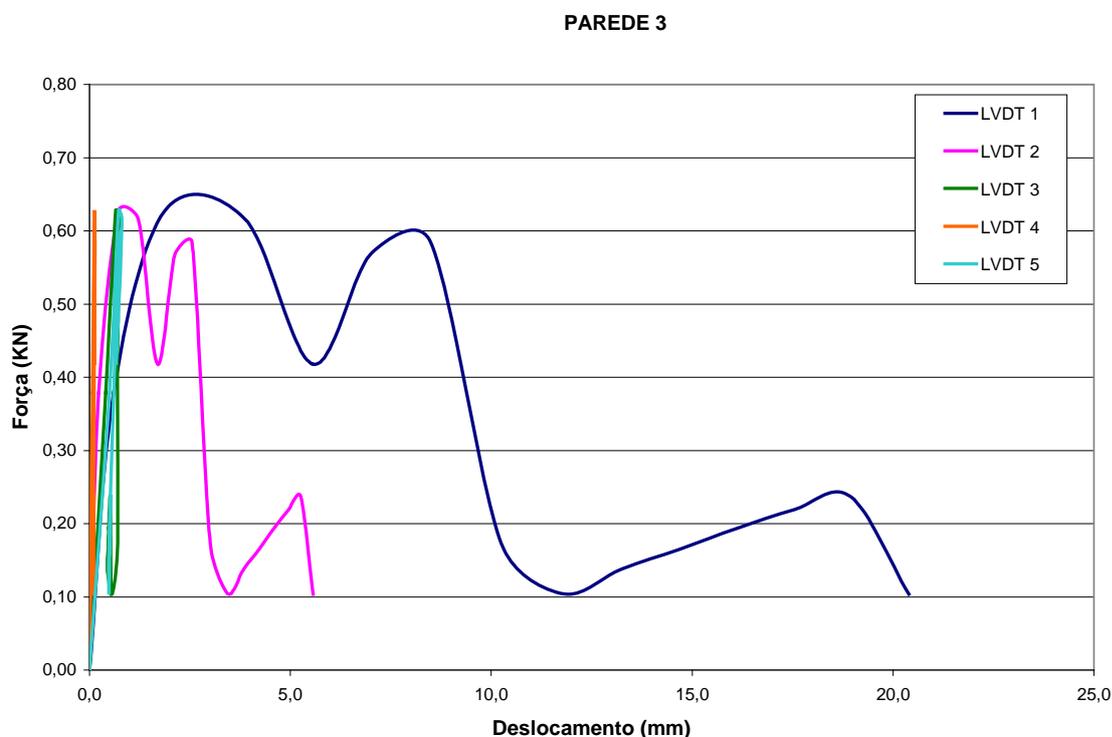


Figura 88: (a) Curvas força x deslocamento – Parede 3

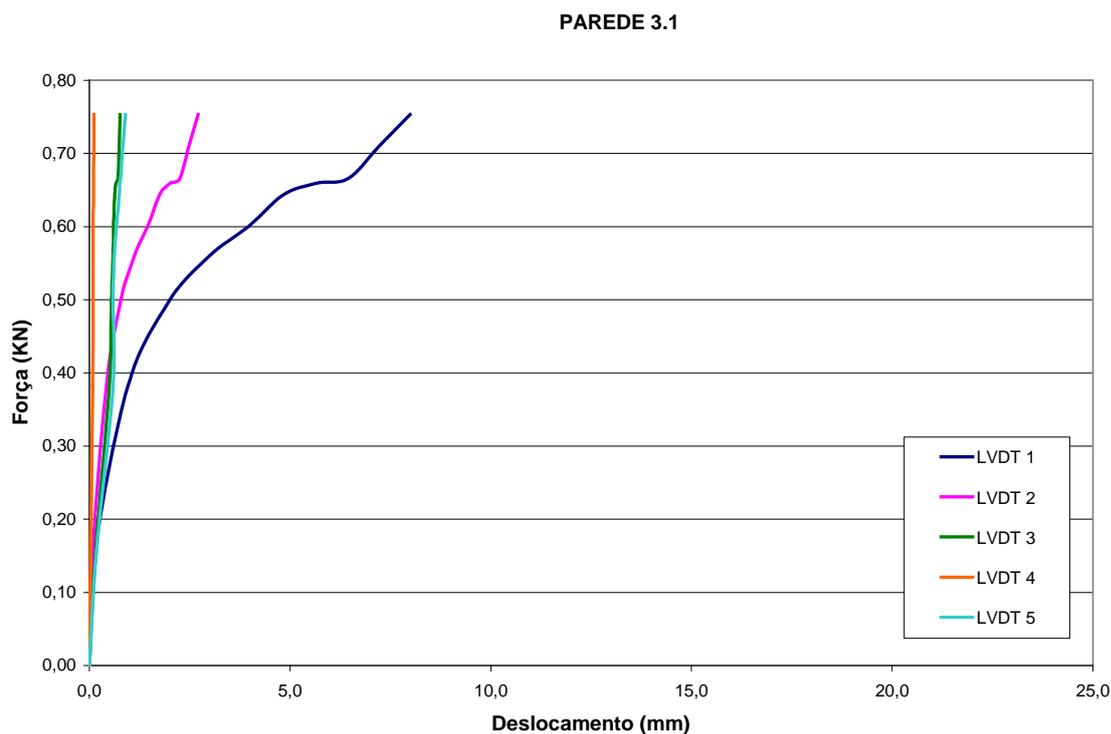


Figura 88: (b) Curvas força x deslocamento – Parede 3.1

Observando as curvas acima, nota-se que os LVDT's 1 e 2 mediram um pequeno deslocamento inicial, mostrado pela inclinação inicial das curvas e mantido até aproximadamente 0,40kN de força aplicada. A partir desse carregamento, observa-se na Parede 3 que começam as oscilações tanto de carga como de deslocamento, fazendo com que as curvas apresentem um comportamento não uniforme.

#### ▪ Forma de ruptura

Durante o ensaio, quando o carregamento aplicado foi aproximadamente 0,65kN a tela metálica rompeu-se, fato observado pelo ruído de ruptura. Nesse momento, a tela rompeu-se em um fio apenas e continuou a resistir ao carregamento imposto, porém não evitou o deslocamento do pilar.



Figura 89: Ruptura Parede 3

#### 5.6.4 Parede 4: Ferro-cabelo chumbado no terceiro furo do bloco

Foram ensaiados dois corpos-de-prova com o ferro-cabelo inserido no terceiro furo do bloco, preenchido por argamassa de assentamento, exatamente igual à Parede 3. Como nos ensaios anteriores, foram observadas aberturas de fissuras, deslocamentos e barulhos internos na parede.

Foi realizada a análise da estrutura no programa computacional, FTOOL a fim de se considerar a carga real que o dispositivo de ligação resiste quando se aplica o carregamento no pilar de concreto (Tabela 35).

Tabela 35: Valores esforços – Parede 4

Tipo	Força aplicada ao pilar	Tela 1 (LVDT 1)	Tela 2 (LVDT 2)
Parede 3	0,36 kN	0,54 kN	0,18 kN

A Figura 90 mostra as curvas força versus deslocamento que os cinco LVDT's sofreram durante o ensaio das Paredes 4 e 4.1.

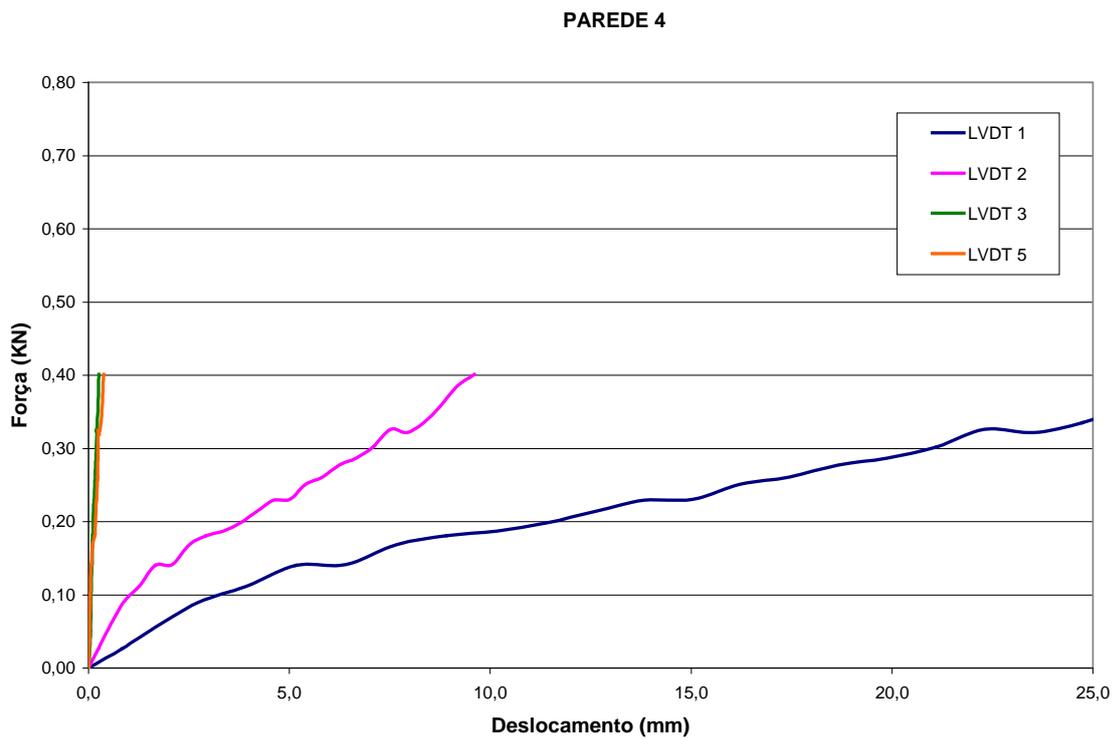


Figura 90: (a) Curvas força x deslocamento – Parede 4

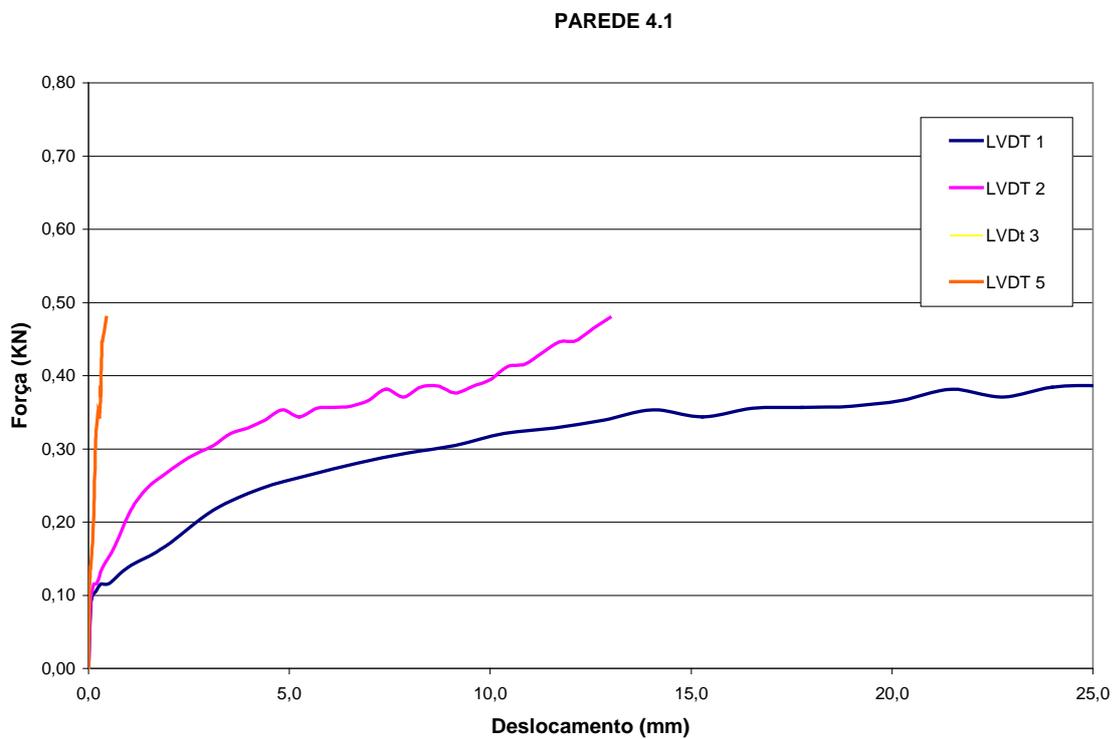


Figura 90: (b) Curvas força x deslocamento - Parede 4.1

Observa-se na Figura 90 que os valores do LVDT 4 não aparecem devido a erro de leitura mesmo durante a execução dos ensaios. As curvas acima mostram que o ferro-cabelo apresentou grandes deslocamentos mesmo quando estava submetido a pequenos esforços de tração, como indica a inclinação das curvas do LVDT 1 e 2.

- **Forma de ruptura**

A forma de ruptura desse tipo de corpo-de-prova deu-se através do destacamento do pino metálico do pilar de concreto (Figura 91)



Figura 91: Forma de ruptura Parede 4 e 4.1

### **5.6.5 Parede 5: Tela (12x30)cm na junta de argamassa**

Foi ensaiado um corpo-de-prova com a tela (12x30)cm inserida no centro da junta de argamassa. Esse tipo de corpo-de-prova é semelhante à parede 1, diferindo apenas o comprimento da tela inserida, que nesse caso é de menor comprimento que a primeira.

Através do programa computacional FTOOL foi possível avaliar a carga transmitida para cada uma das telas no momento da ruptura do sistema, conforme mostra a Tabela 32, por se tratar do mesmo tipo de tela empregada na Parede 1, se diferenciando apenas pelo comprimento da mesma.

Durante o ensaio foram observadas abertura de fissuras, desenvolvimento das mesmas, bem como deslocamentos visíveis. Quando o corpo-de-prova estava submetido a um carregamento de aproximadamente 0,45kN, notou-se o aparecimento das primeiras fissuras, sendo observado também que as mesmas se desenvolveram, atingindo maiores aberturas quando o carregamento estava na ordem de 0,65kN de força de tração. A Figura 92 mostra as curvas força versus deslocamento obtido pelo deslocamento dos cinco LVDT's posicionados na pequena parede.

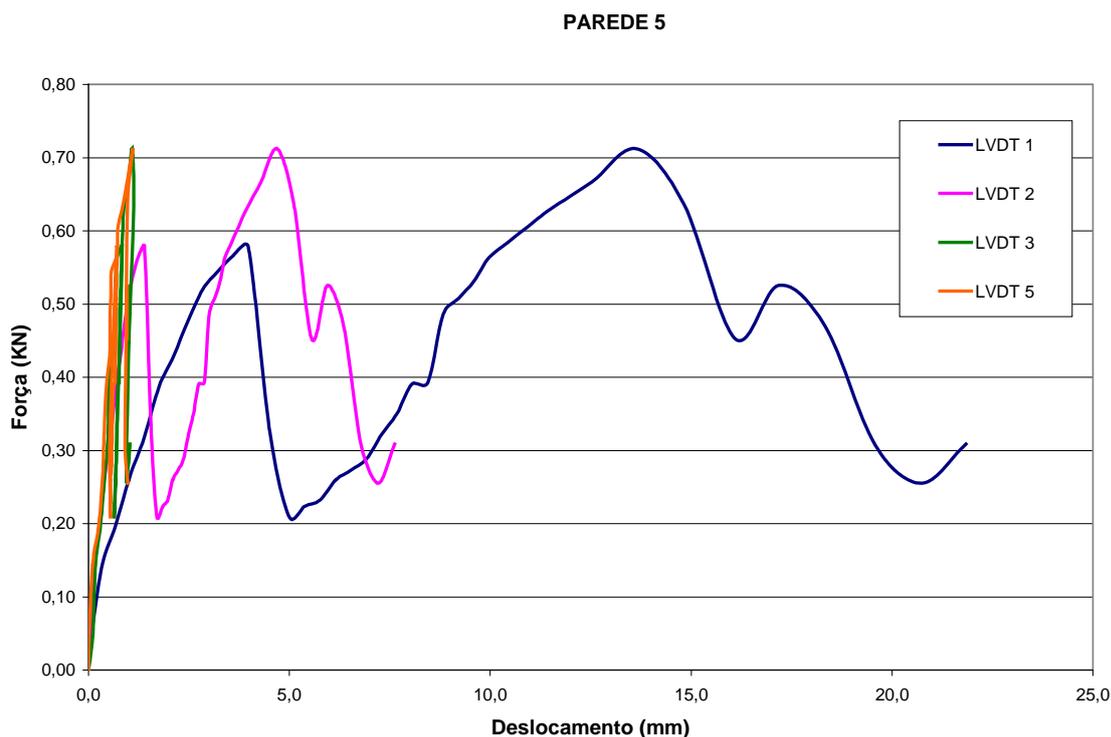


Figura 92: Curvas força x deslocamento - Parede 5

A partir da Figura acima, nota-se que os LVDT's 1 e 2 apresentaram pequenos deslocamentos iniciais. O LVDT 5, que estava fixado no bloco, acompanhando o movimento de deslocamento do pilar de concreto, apresentou pouco deslocamentos, não passando de 2,00mm de deslocamento durante todo o ensaio. O LVDT 3 apresentou deslocamentos mínimos, conforme o esperado, indicando assim que a parede não se sofreu nenhum tipo de deslocamento durante o ensaio. Já o LVDT 4 apresentou falhas na leitura não sendo possível assim, obter os valores de deslocamento nesse ponto.

#### ▪ Forma de ruptura

Nesse tipo de corpo-de-prova a ruptura da tela (12x30)cm ocorreu com uma carga aplicada de aproximadamente 0,70kN. A ruptura da tela e as fissuras foram semelhantes às paredes anteriores. A Figura 93 mostra as fotos da ruptura.

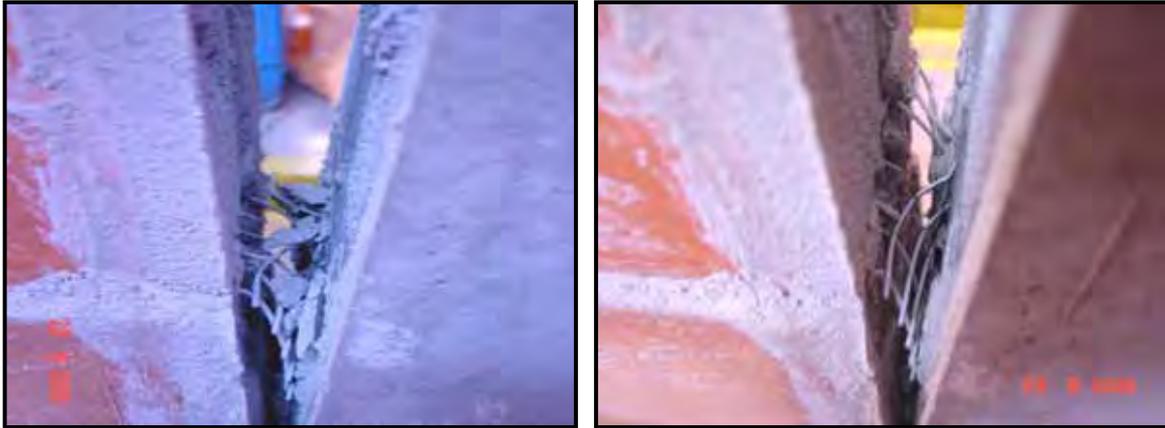


Figura 93: Forma de Ruptura - Parede 5

---

## Capítulo 6: Discussão

Nesse capítulo são realizadas comparações entre os dispositivos ensaiados tanto nos prismas quanto nas paredes de alvenaria. O objetivo dessas comparações é verificar a eficiência dos dispositivos quando inseridos na junta de argamassa ou chumbados no furo do bloco.

### 6.1 Comparativo Ensaio em prismas

#### **6.1.1 Prismas com a tela metálica**

Os resultados do ensaio de arrancamento à tração dos prismas com tela metálica foram comparados neste item com auxílio da fórmula da eficiência, apresentada no capítulo anterior (fórmula (1)). A eficiência nada mais é que a resistência de arrancamento das telas de dentro dos prismas divididos pela área bruta de tela. A Tabela 36 mostra os valores de eficiência calculados para uma carga de serviço, definida pela carga quando o corpo-de-prova estava com 2,00mm de deslocamento relativo; e para a carga última, ou seja, a carga de ruptura do dispositivo ensaiado.

A nomenclatura dos prismas inicia-se com o tipo de tela utilizada (6x50, 12x30 ou 12x50), a segunda parcela é referente ao furo do bloco no qual a tela está inserida para os quatro primeiros prismas da tabela e relaciona-se à carga de pré-tensão aplicada, PF1 e PF2.

Tabela 36: Eficiência dos prismas ensaiados

Prisma	Número de CP's	$R_p^*$ (KN) - Carga Serviço	$A_t^{**}$ (cm <sup>2</sup> )	Eficiência (E) Carga Serviço	$R_p^*$ (KN) - Carga Última	$A_t^{**}$ (cm <sup>2</sup> )	Eficiência (E) Carga Última
6x50-1ºF-PF1	4	0,53	240	0,22	4,23	240	1,76
6x50-1ºF-PF2	6	2,50	240	1,04	3,99	240	1,66
6x50-3ºF-PF1	6	1,00	240	0,42	4,52	240	1,88
6x50-3ºF-PF2	6	3,67	240	1,53	4,34	240	1,81
6x50-PF1	6	3,08	240	1,28	4,54	240	1,89
6x50-PF2	6	2,91	240	1,21	4,46	240	1,86
12x30-PF1	6	3,46	240	1,44	4,8	240	2,00
12x30-PF2	4	3,50	240	1,46	5,84	240	2,43
12x50-PF1	4	6,12	480	1,28	7,30	480	1,52
12x50-PF2	6	4,67	480	0,97	7,45	480	1,55

<sup>1</sup>  $R_p$  - Resistência dos ensaios de arrancamento das telas – Carga de serviço

<sup>2</sup>  $R_p$  - Resistência dos ensaios de arrancamento das telas – Carga última

\*  $A_t$  – Área da tela inserida no prisma

A tela (6x50) chumbada no 3º furo do bloco (PF2) foi a solução que apresentou o maior fator de eficiência de carga de serviço, ou seja, quando o corpo-de-prova apresentou 2,0mm de deslocamento. Já a tela (12x30) (PF1) obteve o maior valor de eficiência quando se observa a carga de ruptura, ou seja, a carga última.

A tela (12x30) (PF1 e PF2) foi a segunda melhor solução, quando se compara o fator de eficiência da carga de serviço. Seguindo da tela (12x50) (PF1) e a tela (6x50) (PF1) na junta de argamassa.

Quando se compara o fator de eficiência da carga última, a segunda melhor solução é a tela (6x50) (PF1) na junta de argamassa, seguindo da tela (6x50) (PF1) chumbada no 3º furo e da tela (12x30) (PF2).

A Figura 94 mostra as curvas médias que correlacionam cargas e deslocamentos dos prismas submetidos ao ensaio de arrancamento à tração. A Figura 94 apresenta os ensaios de arrancamento dos prismas submetidos à pré-tensão de 0,40kN (PF1) e à pré-tensão de 0,60kN (PF2).

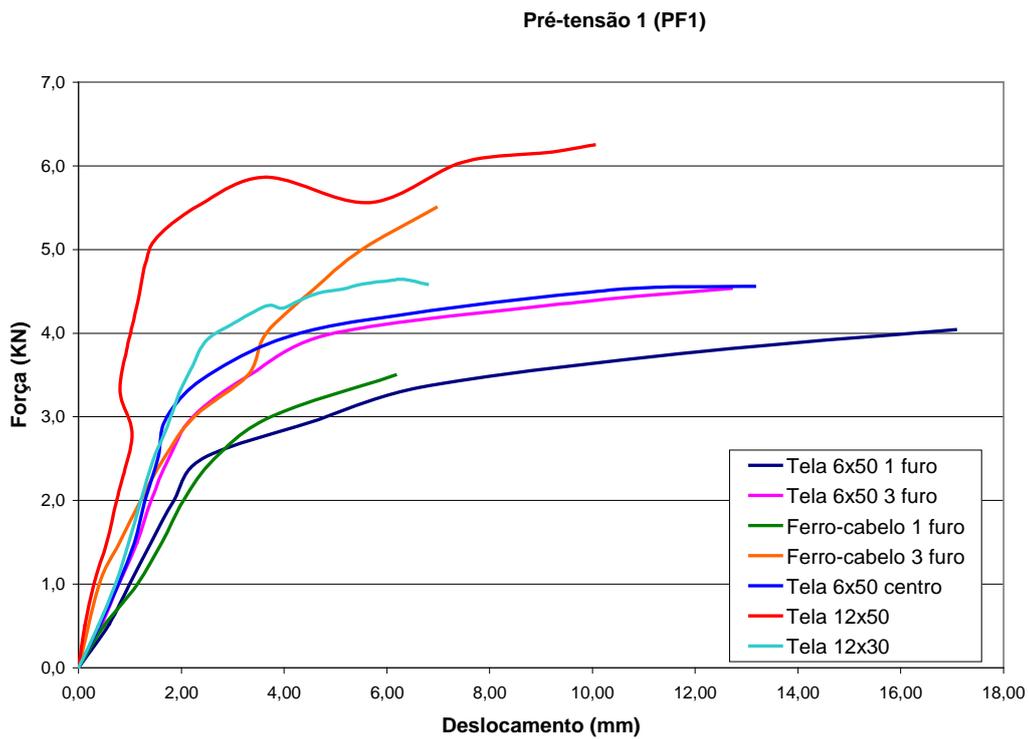


Figura 94: (a) Comparativo Prismas – Arrancamento à tração – pré-tensão: 0,40 kN

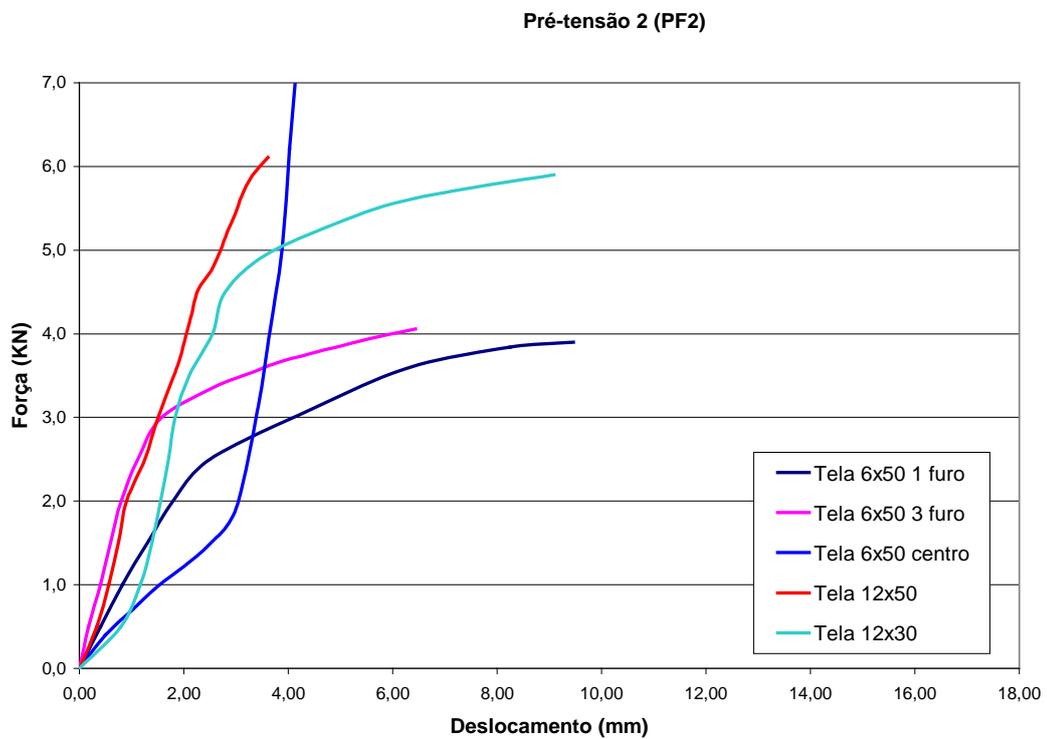


Figura 94: Comparativo prismas – arrancamento à tração - 0,60kN

Observando as curvas da Figura 94 (a) e (b), nota-se que a tela 12x50 é a melhor opção quando o prisma está submetido à pré-tensão 1, por se tratar de uma curva que apresenta grande inclinação. Quando o mesmo está submetido à pré-tensão 2 há uma equivalência entre a tela 12x50 e a tela 6x50 chumbada no 3º furo, quando os mesmos estão submetidos à pequenas cargas. À medida que a carga aumenta, nota-se claramente que a tela 12x50 apresentou melhores resultados, pois a mesma obteve menores deslocamentos quando submetidas a maiores esforços de tração.

Observando as curvas dos prismas submetidos à pré-tensão 1, observa-se que a tela 12x30 e a tela 6x50 inserida na junta de argamassa, foram as soluções que melhor se apresentaram depois da tela 12x50. A diferença notada foi que para maiores esforços aplicados, a tela 12x30 apresentou melhores resultados, ou seja, menores deslocamentos. Dentre os dispositivos ensaiados, os que apresentaram a menor eficiência foram a tela 6x50 e o ferro-cabelo chumbados no 3º furo do bloco.

Quando são observados os prismas submetidos à pré-tensão 2, nota-se que a tela 12x30 quando comparada à tela 6x50 no 3º furo do bloco apresentou maiores deslocamentos iniciais porém resistiu a maiores esforços de tração. Nota-se que para a carga de pré-tensão 2 não se apresentaram as curvas referentes ao ferro-cabelo, isso deve-se ao fato dos mesmos não terem sido submetidos às duas cargas de pré-tensão.

### **6.1.2 Prismas com o ferro-cabelo**

Foi realizada a comparação entre o ferro-cabelo inserido no primeiro e no terceiro furo a fim de avaliar qual dispositivo possui o melhor desempenho.

A Figura 95 apresenta as curvas força versus deslocamento para o ferro-cabelo inserido no primeiro e no terceiro furo. Pelas curvas, nota-se que os dois tiveram um comportamento semelhante, visto que as curvas apresentam pouca discrepância, notando-se apenas que a curva na cor rosa, que representa o ferro-cabelo inserido no terceiro furo, apresentou uma inclinação maior que a curva que representa o ferro-cabelo inserido no primeiro furo, ou seja, o ferro-cabelo

inserido no terceiro furo obteve menores deslocamentos que o mesmo inserido no primeiro furo quando submetidos ao mesmo esforço de tração.

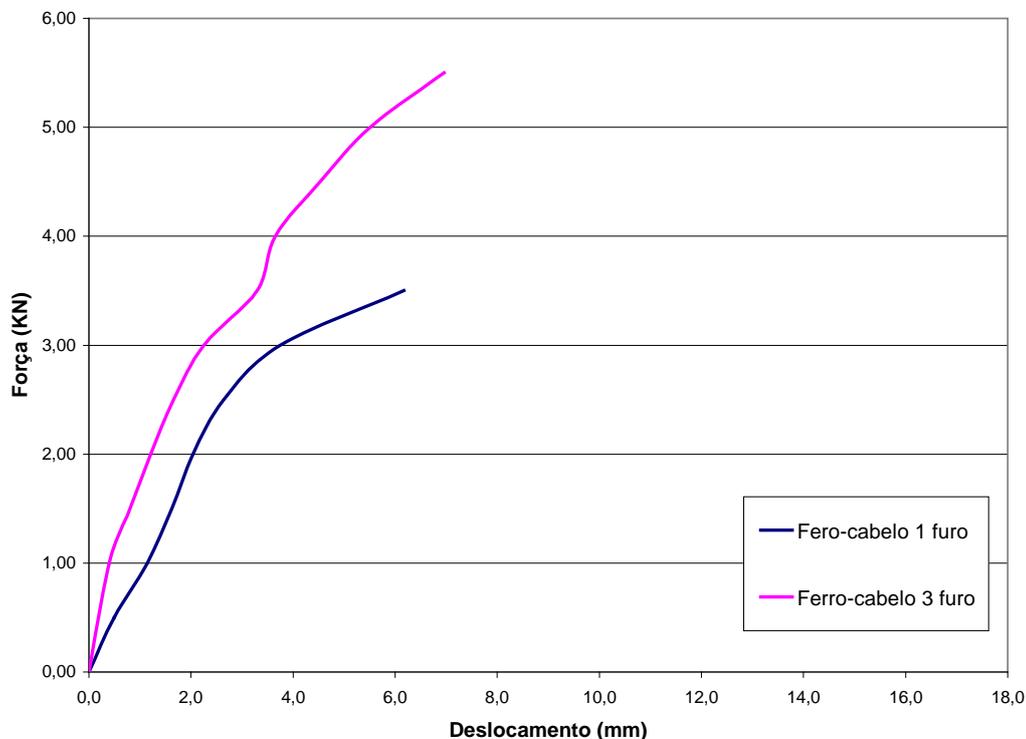


Figura 95: Comparativo ensaio de arrancamento - ferro-cabelo no 1º e no 3º furo

### 6.1.3 Prismas com dispositivos de ligação chumbados no furo dos blocos

Foi realizada uma comparação entre a tela de (6x50) cm inserida no 1º furo do bloco e no 3º furo e o ferro-cabelo executado da mesma maneira (Figura 96).

A tela (6x50) cm inserida no 1º furo do bloco e o ferro-cabelo executado da mesma maneira apresentaram maiores deslocamentos relativos, uma vez que os mesmos possuem uma menor área de contato com a argamassa quando comparados com os mesmos dispositivos inseridos no 3º furo do bloco.

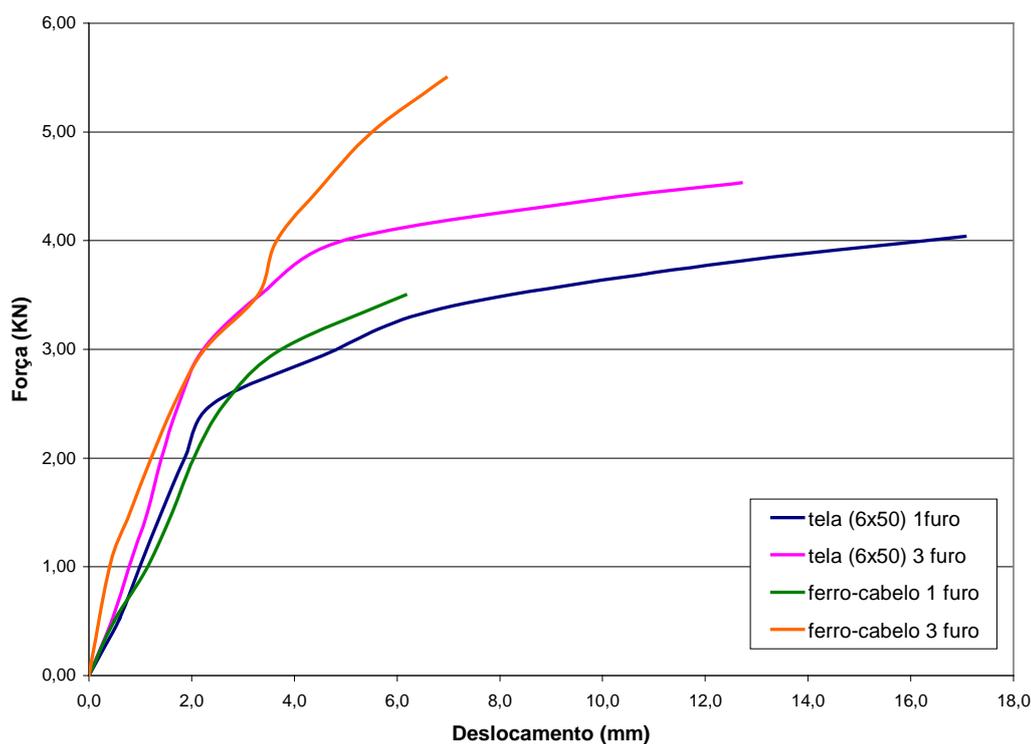


Figura 96: Comparação entre a tela de (6x50)cm e o ferro-cabelo

Quando foram comparados os dispositivos inseridos no 1º furo, nota-se que o ferro-cabelo apresentou maiores deslocamentos do que a tela metálica. Já os dispositivos inseridos no terceiro furo do bloco apresentaram comportamento semelhante quando submetidos a pequenos esforços, observando uma pequena vantagem do ferro-cabelo em relação à tela 6x50.

#### 6.1.4 Comparação entre a tela metálica e o ferro-cabelo de melhor desempenho

Conforme mostrado através de gráficos acima, a tela metálica que obteve o melhor desempenho em termos de resistência à tração e deslocamento relativo foi a tela (12x50) cm. Da mesma maneira foi realizada uma comparação entre os modos de execução com o ferro-cabelo, e o que obteve o melhor desempenho entre os estudados, foi o dispositivo inserido no 3º furo do bloco.

Através da Figura 97 observa-se o melhor desempenho da tela metálica quando comparada com o desempenho do ferro-cabelo, quando ambos são submetidos a um mesmo esforço de tração.

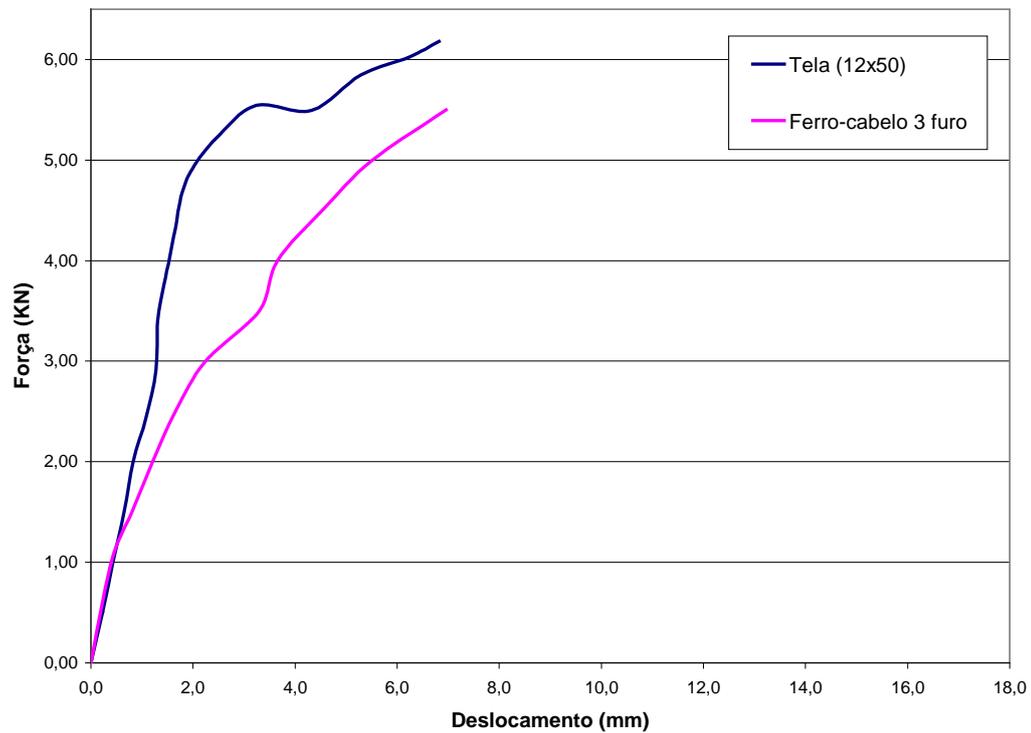


Figura 97: Comparação entre a tela metálica e o ferro-cabelo de melhor desempenho

## 6.2 Comparativos Ensaio Paredes

Foram realizadas comparações entre os cinco tipos de paredes ensaiados, comparando-se os deslocamentos relativos e também as cargas de ruptura dos dispositivos de ancoragem. Além disso, foi realizada a comparação entre a força de ruptura da parede e a força de ruptura do prisma correspondente.

### 6.2.1 Comparação entre as forças de ruptura

Em todos os corpos-de-prova que empregaram a tela metálica como dispositivo de ligação, a ruptura se deu na própria tela, exceto na Parede 2, a qual a tela metálica (12x50)cm foi executada

de maneira não correta, que ocorreu o escorregamento da mesma da junta de argamassa, mostrando que a ancoragem da mesma à parede ficou comprometida. A parede que apresentou a maior força de ruptura foi a Parede 5 (tela (12x30)cm), seguida das Paredes 3 e 1, que são as paredes que continham a tela metálica (6x50)cm inserida no terceiro septo do bloco e a que continha a tela metálica (12x50)cm inserida no centro da junta de argamassa, respectivamente.

As paredes que continham o ferro-cabelo como dispositivo de ligação (Parede 4) a forma de ruptura se deu por destacamento do pino metálico do pilar de concreto, ou seja, a fixação do ferro-cabelo no pilar não foi eficiente.

Foi realizada a comparação das forças de ruptura que o dispositivo de ligação sofreu quando inserido no prisma e quando inserido na parede. O valor de carga de ruptura relativo à parede é o valor encontrado pelo programa FTOOL, quando se analisa os valores correspondentes ao dispositivo inserido na fiada superior, ou seja, na tela 1. A Tabela abaixo mostra os valores de força de ruptura, para o caso dos prismas e da parede. Foi realizada a média entre os valores das duas cargas de pré-tensão, no caso dos prismas.

Tabela 37: Forças de ruptura - Comparativo

<b>Tipo</b>	<b>Prisma</b>	<b>Parede</b>
Tela (12x50)cm	7,37 kN	P1 = 0,56 kN P2 = 0,20 kN
Tela (6x50)cm 3º furo	4,43 kN	0,70 kN
Ferro-cabelo 3º furo	5,12 kN	0,36 kN
Tela (12x30)cm	5,32 kN	0,72 kN

Pela Tabela 38 nota-se que a comparação da tela (12x50)cm na parede possui dois valores, que correspondem a Parede 1 (tela (12x50)cm inserida no centro da junta de argamassa) e a Parede 2 (a tela (12x50)cm executada de maneira incorreta).

Observando a Tabela acima, percebe-se que o dispositivo de ligação quando inserido na parede possui um valor de resistência menor que quando inserido no prisma. Isso se dá pelo fato que no

caso do dispositivo inserido na parede leva-se em conta a ligação da tela com o pilar de concreto, que na verdade faz com que a tela metálica “trabalhe” apenas com os fios que estão presos pelo pino metálico, fato que não acontece no ensaio em prismas, uma vez que tela metálica é solicitada à tração de todos os seus fios pelo sistema de garras da prensa.

A seguir é feita a comparação entre a força de arrancamento do dispositivo de ligação do prisma e da parede, por exemplo, da Parede 1 e do prisma com a tela (12x50) na junta de argamassa (Figura 98). Observando essas curvas nota-se claramente que o dispositivo de ligação quando executado na parede tem sua eficiência diminuída quando se compara o mesmo executado no prisma de alvenaria.

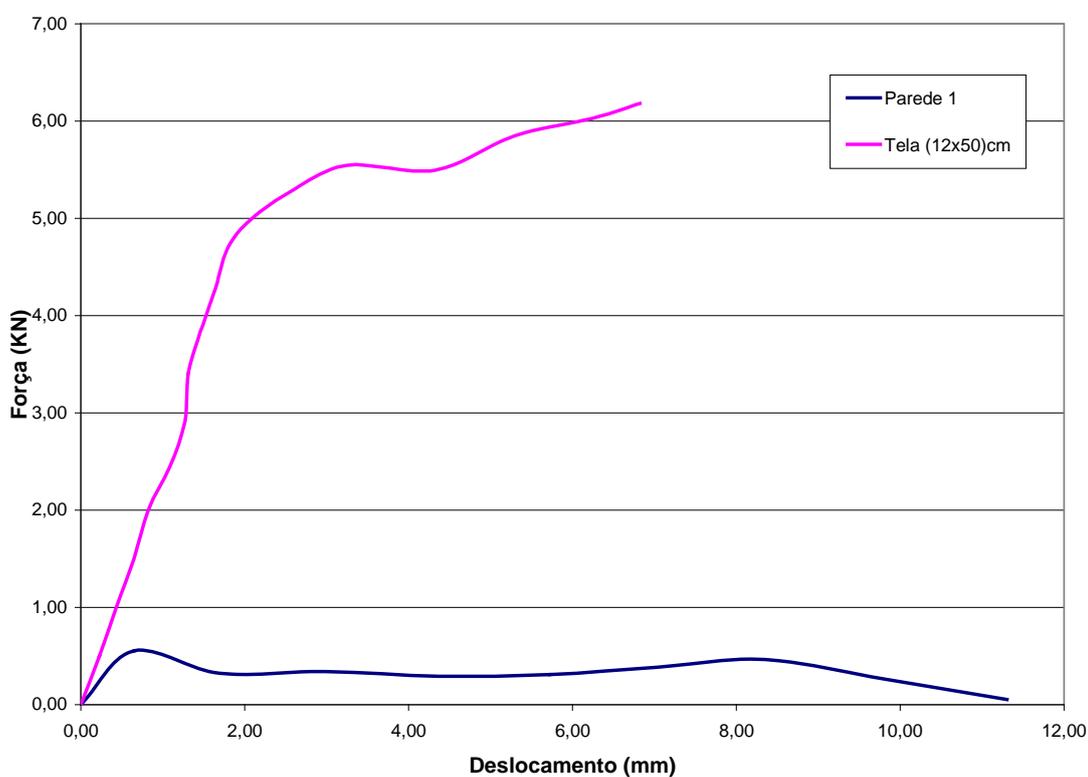


Figura 98: Comparativos Parede e Prisma – Força de Ruptura

## 6.2.2 Comparação dos deslocamentos relativos

Foram realizadas comparações entre os cinco tipos de paredes no que se refere aos deslocamentos relativos que as mesmas sofreram quando submetidas ao esforço de tração. Esses deslocamentos são os que foram medidos pelo LVDT 1 (Tela 1), cujos valores foram gerados pelo programa computacional FTOOL. A Figura 99 mostra as curvas para todos os tipos de paredes ensaiadas, de modo a se comparar o desempenho dos dispositivos inserido nas mesmas.

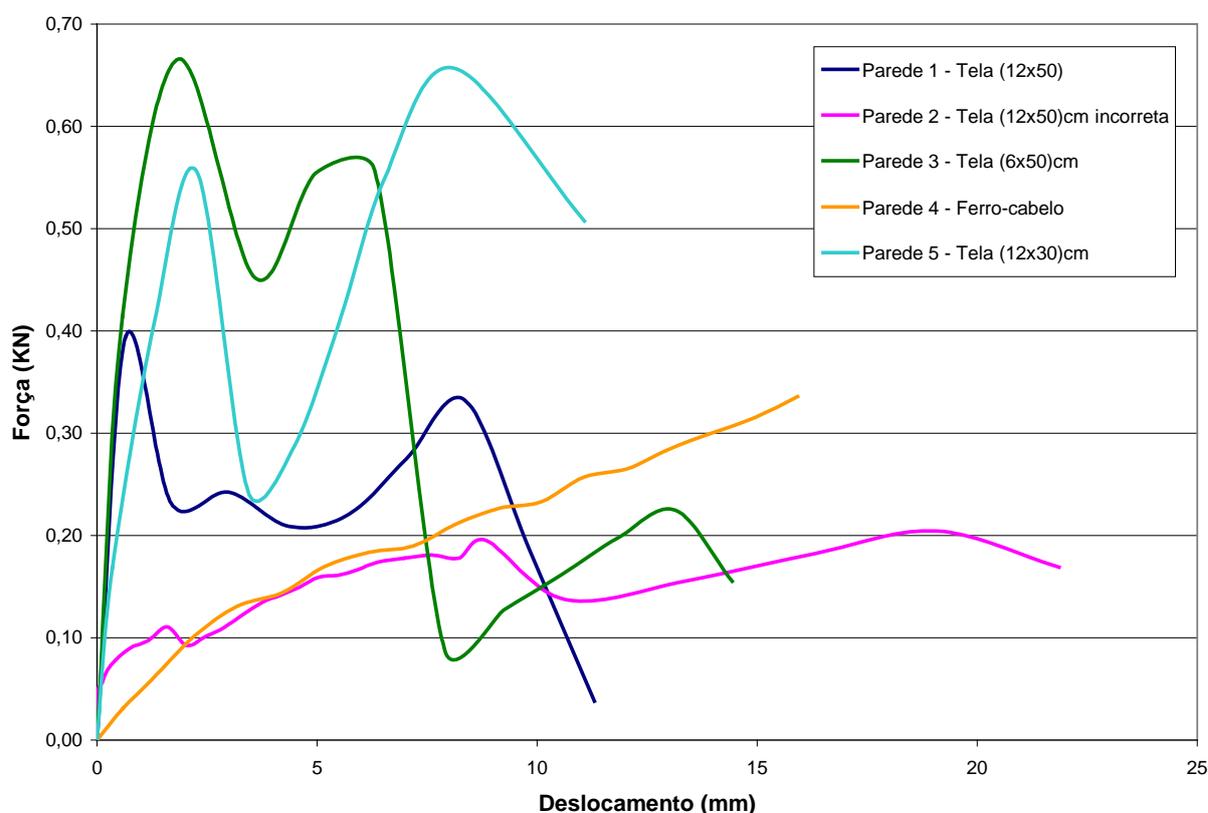


Figura 99: Deslocamentos relativos entre pilar e parede medidos pelo LVDT 1

Através das curvas acima percebemos que a parede que contém a tela metálica (6x50)cm chumbada no 3º furo do bloco, apresentou o melhor comportamento. As Paredes 1 e 5 apresentaram pequenos deslocamentos iniciais, diferenciando-se pelo fato da Parede 5 atingir maior força de ruptura. Isso mostra que a tela 12x30 inserida no centro da junta de argamassa (Parede 5) pode ser uma solução eficiente, quanto ao deslocamento relativo sofrido quando submetida ao esforço de tração. A Parede 4, que apresentou o ferro-cabelo inserido no terceiro

septo do bloco foi a solução que apresentou os maiores deslocamentos quando submetida aos esforços impostos, juntamente com a Parede 2 que continha a tela (12x50) executada de maneira incorreta.

---

## Capitulo 7: Conclusão

### 7.1 Desenvolvimento do trabalho

O presente trabalho teve por objetivo estudar alguns dispositivos de ligação entre paredes de alvenaria e pilares de concreto armado. No desenvolver da pesquisa, efetuaram-se visitas em obras, em execução e já executadas, com a finalidade de verificar a ocorrência de fissuras na interface alvenaria/pilar, assim como observar a forma de emprego da tela metálica, por ser o dispositivo atualmente mais utilizado nas obras civis.

Além das visitas, foram desenvolvidos experimentos em laboratório para avaliar o comportamento dos dispositivos de ligação quando submetidos à esforços de tração. Para tanto, foram ensaiados prismas contendo a tela na junta de argamassa, sendo variado o tipo de tela: 6x50, 12x30 e 12x50cm. Também se ensaiaram prismas com a tela 6x50cm e o ferro-cabelo chumbados em furos do bloco (1º e 3º furo). Foram montados prismas com três unidades para efetuar o ensaio de arrancamento do bloco central e foram realizados ensaios da ligação empregada na união do dispositivo de ligação com o pilar de concreto (pino metálico).

Todos os prismas ensaiados foram submetidos a duas cargas de pré-tensão, sendo uma de 0,4 kN e outra de 0,6 kN. Com os resultados dos ensaios em prismas, foi possível analisar os dispositivos de ligação que tiveram melhor desempenho e então, ensaiá-los em pequenas paredes, simulando assim uma situação próxima da situação real.

### 7.2 Visitas às obras

Nas visitas as obras verificou-se que existe uma tentativa de se conseguir cumprir os prazos de execução da alvenaria. Além disso, foi observado que a quantidade de telas inseridas na alvenaria, sendo uma tela para cada duas juntas de argamassa, é respeitada. Porém, na maioria dos casos, não se observou regularidade na execução dos serviços, ocorrendo casos em que não

houve uma padronização no que se refere à fixação da tela no pilar, no preenchimento das juntas de argamassa para posterior acomodação da tela e no posicionamento da tela no bloco.

### 7.3 Ensaios

Nos ensaios em prismas, constatou-se que a pré-tensão não exerceu influência nas resistências ao arrancamento obtidas. Observando os gráficos de carga versus deslocamento, verifica-se que para a maioria dos casos, a maior pré-tensão inibiu os deslocamentos para os primeiros carregamentos, ou seja, a inclinação das curvas no primeiro trecho foi maior para as maiores pré-tensões.

Os maiores valores de resistências encontrados para os prismas foram os referentes àqueles que utilizavam a tela 12x50. Já os menores valores foram resultantes dos prismas com a tela 6x50 chumbada no 1º furo.

Observou-se que na maioria dos casos os coeficientes de variação calculados foram baixos, comprovando a confiabilidade dos ensaios e dos materiais empregados. Os prismas com a tela 12x30 e pré-tensão 0,40kN foram os que apresentaram o maior valor do coeficiente de variação, em torno de 15%.

Com base nos deslocamentos apresentadas pelos corpos-de-prova utilizando a tela nos ensaios em prismas de alvenaria, pode-se afirmar que o melhor sistema foi aquele com a tela 12x50. Os prismas executados com essas telas e ensaiados ao arrancamento apresentaram baixos deslocamentos quando comparados com os outros corpos-de-prova. Outro dispositivo que apresentou um desempenho satisfatório quando se refere aos deslocamentos, foi o prisma que apresentou a tela metálica 12x30 como elemento de ligação.

Quando se levou em consideração o fator de eficiência, o dispositivo que apresentou melhor desempenho foi a tela metálica 6x50 chumbada no terceiro furo do bloco e a tela metálica 12x30, representando o fator de eficiência na carga de serviço e na carga última respectivamente.

Nos ensaios de arrancamento dos blocos, de tração nas telas metálicas e da ligação tela/pino metálico demonstraram a impossibilidade de uma ruptura do sistema originada pelo arrancamento do bloco de dentro da matriz de alvenaria, da ruptura da tela por tração axial ou de sua ligação com o pilar (pino metálico), uma vez que as cargas observadas nesses ensaios foram muito superiores às forças de arrancamento dos dispositivos de ligação (telas e ferro-cabelo) de dentro da alvenaria.

No ensaio das paredes foram escolhidos os dispositivos de ligação que tiveram melhor desempenho no ensaio dos prismas de alvenaria. Realizados os ensaios, observou-se que os resultados das paredes diferiram dos ensaios em prismas.

Analisando os resultados dos ensaios nas paredes, foi comprovado que o uso do ferro-cabelo não é recomendado uma vez que o mesmo, quando solicitado a esforços de tração, permite grandes deslocamentos na alvenaria de vedação. A solução que apresentou o melhor desempenho nos ensaios em paredes foi a tela metálica 6x50 chumbada no terceiro furo do bloco, pois a mesma apresentou pequenos deslocamentos relativos e obteve maior carga de ruptura. Outra solução que se mostrou eficiente nesses ensaios foi a tela metálica 12x30 como dispositivo de ligação, uma vez que a mesma apresentou baixos deslocamentos iniciais, semelhantes à tela metálica 12x50, porém esse dispositivo apresentou maior carga de ruptura quando comparada com a tela 12x50.

Através dos ensaios nas paredes foi possível perceber que a tela metálica 12x50 executada de maneira incorreta (Parede 2) apresentou resultados bastante preocupantes, uma vez que a mesma suportou baixa carga de ruptura e obteve grandes deslocamentos quando submetida à esforços de tração, apresentando assim desempenho inferior ao do ferro-cabelo chumbado no furo do bloco.

Foi realizado o ensaio que teve por objetivo analisar a real eficiência do dispositivo atualmente utilizado na fixação da tela metálica com o pilar de concreto, ou seja, o pino metálico. No ensaio em peças de concreto armado com a tela metálica fixada através dos pinos metálicos, notou-se que a tela metálica rompeu-se antes de acontecer o arrancamento do pino metálico do concreto. Contudo, os deslocamentos observados nesses ensaios foram grandes, uma vez que a tela fica fixada no pilar praticamente por apenas dois fios.

---

Certamente, essa foi a causa da diferença significativa dos resultados obtidos nos ensaios de prismas e paredes, tanto em relação à carga aplicada, quanto aos deslocamentos observados. Sem dúvida, a atual prática de fixação da tela no pilar de concreto é um dos principais fatores observados como causa da redução na eficiência do sistema. Somado a esse fato, a inadequada forma de posicionamento da tela na junta de argamassa, permitindo seu abaulamento, pode praticamente tornar nula a ação da ligação alvenaria/estrutura.

---

## Capítulo 8: Referência Bibliográfica

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Determinação da resistência à compressão – Cimento Portland:** NBR – 7215. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnica, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado.** NBR 7480 - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Tela de aço soldada – Armadura para concreto.** NBR 7481 - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Componentes Cerâmicos Parte 1: Blocos Cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos.** NBR 15270-1 Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Componentes Cerâmicos Parte 2: Blocos Cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos.** NBR 15270-2 Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Componentes Cerâmicos Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio.** NBR 15270-3. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005.

ASTM, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING NA MATERIALS. **Standard Test Method for Pullout Resistance of Ties and Anchors Embedded in Masonry Mortar Joints.** ASTM E 754-80. 2000.

ARAÚJO, L.O.C., SOUZA, U.E.L. **Produtividade da Mão-de-Obra na execução de alvenaria: detecção e quantificação de fatores influenciadores.** São Paulo, 2001, 25p. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

FIESS, J.R.; OLIVEIRA, L.A.; BIANCHI, A.C.; THOMAZ, E. **Causas da ocorrência de manifestações patológicas em conjuntos habitacionais do estado de São Paulo.** São Paulo, 2004, 6p. I Conferencia Latino-Americana de Construção Sustentável. X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

FRANCO, L.S. **O desempenho estrutural e a deformabilidade das vedações verticais.** Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios. São Paulo, 1998, 308p. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

GARCIA, C.C; LIBORIO, J.B.L. **A incidência de patologias geradas pela falta de controle e de qualidade dos canteiros de obras.** São Paulo, 1998, 7p. Congresso Latino Americano: Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. PCC-USP.

GLOBO, **Dicionário Brasileiro.** 55 ed. São Paulo, 2001.

JUNIOR, O.G.H., **Influência de Recalques em Edifícios de Alvenaria Estrutural.** São Carlos, 2002, 224p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

JUNGINGER, M.; SABBATINI, F.H. **Correção de Fissuras em Alvenaria de Vedação: Estudo de Caso.** São Paulo, 2004,.7p. Versão Preliminar. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo.

NASCIMENTO, O.L. **Manual da Construção em Aço – Alvenarias.** Belo Horizonte, 2001, 55p. Bibliografia Técnica para o desenvolvimento da construção em aço.

NASCIMENTO, O.L. **Alvenarias.** Rio de Janeiro, 2004, 52p. Bibliografia Técnica para o desenvolvimento da construção em aço.

MASSETO, L.T. **Estudo da Resistência à Compressão de alvenarias de vedação de componentes utilizados na cidade de São Paulo**. São Paulo, 2001, 181p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

MEDEIROS, J.S.; FRANCO, L.S. **Prevenção de trincas em alvenarias através do emprego de telas soldadas como armadura e ancoragem**. São Paulo, 1999, 79p. Texto Técnico. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

MEDEIROS, H. Alerta! Deformações excessivas: edifícios expõem patologias de todo tipo na alvenaria. Por que as estruturas estão deformando como nunca? **Thécne**, São Paulo, v. 97, n. 13, p. 48, 2005.

MORLAN; PCC-USP. **O emprego de telas metálicas eletrosoldadas como componente de ligação entre a alvenaria e a estrutura**. São Paulo, 1999, 28p. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil – Convênio EPUSP/MORLAN.

PAPPONI, J. C., **Estatística Usando Excel**. Laponi treinamento e Editora 450 pps. São Paulo, 2000.

SABBATINI, F. H. **As fissuras com origem na interação vedação estrutura**. São Paulo, 1998, p.95. In: TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS - SEMINÁRIO: VEDAÇÕES VERTICAIS. Anais. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SABBATINI, F. H. **O Processo construtivo de alvenaria estrutural sílico-calcária**. São Paulo, 1984. 298p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SABBATINI, F.H.. **Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios**. São Paulo, 2005. Notas de aula – MBA. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. Não publicado.

---

SABBATINI, F.H. et al. **Vedações Verticais**. Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios. São Paulo, 1998, 308p. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo, 1990, 175p. Editora PINI. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

THOMAZ, E. ; HELENE, P. **Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenaria de vedação em edifícios**. São Paulo, 2000, 36p. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil.