

MARIANA ARAÚJO DOS SANTOS

**RECOMENDAÇÕES PARA PROJETO E DETALHAMENTO DE JUNTAS E  
INTERFACES UTILIZADAS EM SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL EM  
ALVENARIA PARA ESTRUTURAS DE AÇO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2016

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

S237r  
2016 Santos, Mariana Araújo dos, 19-  
Recomendações para projeto e detalhamento de juntas e  
interfaces utilizadas em sistemas de vedação vertical em  
alvenaria para estruturas de aço / Mariana Araújo dos Santos. –  
Viçosa, MG, 2016.  
xix, 131f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: José Luiz Rangel Paes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.119-122.

1. Alvenaria. 2. Aço - Estruturas. 3. Juntas (Engenharia).  
4. Vedação (Tecnologia). I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-graduação  
em Engenharia Civil. II. Título.

CDD 22. ed. 691.8

MARIANA ARAÚJO DOS SANTOS

**RECOMENDAÇÕES PARA PROJETO E DETALHAMENTO DE JUNTAS E  
INTERFACES UTILIZADAS EM SISTEMAS DE VEDAÇÃO VERTICAL EM  
ALVENARIA PARA ESTRUTURAS DE AÇO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

APROVADA:

---

Gustavo de Souza Veríssimo  
(Coorientador)

---

Rita de Cássia Silva Sant’ana  
Alvarenga

---

Roberto Márcio da Silva

---

José Luiz Rangel Paes  
(Orientador)

## DEDICATÓRIA

*A meus pais.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelos tantos sinais de sua presença em minha vida.

À minha família, por estar sempre ao meu lado, pelo incentivo, suporte e torcida.

Ao Henrique, meu companheiro fiel durante todo esse caminho, por toda paciência, compreensão e amor.

À Universidade Federal de Viçosa, pela receptividade e pelo ensino de qualidade.

Ao meu orientador e amigo José Luiz Rangel, por acreditar em mim e no nosso trabalho, por todo conhecimento transmitido e por me ajudar a evoluir profissionalmente.

Ao professor Gustavo de Souza Veríssimo, sempre disposto a ajudar, por todas as conversas e ensinamentos que contribuíram para meu crescimento técnico e pessoal.

À Pró-Reitora de Administração, especialmente a pró-reitora Leiza Maria Granzinoli, pelo empenho e colaboração durante a realização deste trabalho.

À Diretoria de Manutenção de Edificações, sobretudo ao Eng. Wander Rodrigues da Silva e sua equipe, por todo empenho e disponibilidade para auxiliar na realização dos estudos de caso.

Ao Departamento de Engenharia Civil, ao Programa de Pós-graduação, aos professores e servidores, pela formação e pela oportunidade.

Ao Eng. Roberto de Araújo Coelho, por todas as contribuições técnicas e pela possibilidade de trocar experiências e avançar nos estudos relativos a interfaces entre estruturas de aço e vedações.

Ao Sr. João Dimas Quirino e ao Sr. Jefferson Lourenço da Silva, especialistas de impermeabilização que tive o prazer de conhecer durante a pesquisa, pela boa-vontade, confiança e por compartilharem seus conhecimentos e experiências.

Aos colegas de mestrado, que participaram e contribuíram para chegada ao final desta trajetória, pela amizade e parceria, além da agradável convivência.

Às amigas que participaram carinhosamente desse caminho, especialmente Cristiane Cataldi e Débora Gomide.

A CAPES, pelo apoio financeiro através da bolsa concedida.

E a todos que embora não tenham sido citados neste texto, contribuíram de alguma forma para esta realização.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>xvii</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>xviii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xix</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Justificativa para o desenvolvimento do trabalho .....	3
1.3 Estrutura da dissertação .....	4
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Considerações preliminares.....	5
2.2 Aspectos gerais sobre sistemas de vedação vertical utilizados em estruturas de aço ..	5
2.3 Vedações verticais em alvenaria .....	7
2.4 Interfaces típicas entre alvenaria e estrutura de aço .....	8
2.5 Comportamento diferencial entre alvenaria e estrutura de aço .....	14
2.6 Juntas utilizadas em alvenarias de vedação.....	15
2.6.1 Considerações preliminares .....	15
2.6.2 Tipos de juntas em alvenaria .....	15
2.6.3 Materiais e aspectos construtivos .....	18
2.7 Projeto de alvenaria .....	23
2.8 Manifestações patológicas observadas nos sistemas de vedação vertical em edifícios de aço	26
2.9 Requisitos de desempenho para sistemas de vedação vertical segundo a ABNT NBR 15575:2013. ....	31

2.10	Discussão sobre o atual estágio de conhecimento sobre o assunto .....	33
<b>3</b>	<b>RECOMENDAÇÕES PARA PROJETO DE JUNTAS E INTERFACES ENTRE ALVENARIA E ESTRUTURA DE AÇO .....</b>	<b>37</b>
3.1	Considerações preliminares.....	37
3.2	Classificação dos sistemas de vedação vertical em alvenaria .....	38
3.3	Recomendações gerais para projeto de juntas e interfaces entre alvenaria e estrutura de aço .....	48
3.4	Recomendações para alvenaria formada por panos descontínuos.....	56
3.5	Recomendações para alvenaria formada por panos contínuos .....	58
3.6	Recomendações para alvenaria inserida no plano da estrutura .....	60
3.7	Recomendações para alvenaria fora do plano da estrutura .....	62
<b>4</b>	<b>ESTUDOS DE CASO.....</b>	<b>64</b>
4.1	Considerações preliminares.....	64
4.2	Edifício dos Laboratórios de Engenharia – LBE.....	65
4.2.1	Descrição do edifício .....	65
4.2.2	Características da estrutura.....	66
4.2.3	Aspectos relevantes do projeto de alvenaria.....	67
4.2.4	Aspectos relevantes da execução da alvenaria .....	72
4.3	Edifício da Coordenadoria de Educação Aberta e à Distância – CEAD.....	76
4.3.1	Descrição do edifício .....	76
4.3.2	Características da estrutura.....	77
4.3.3	Aspectos relevantes do projeto de alvenaria.....	78
4.3.4	Aspectos relevantes da execução da alvenaria .....	81
4.4	Edifício das Licenciaturas .....	83

4.4.1	Descrição do Edifício .....	83
4.4.2	Características da estrutura.....	85
4.4.3	Aspectos relevantes do projeto de alvenaria.....	85
4.4.4	Aspectos relevantes da execução de alvenaria .....	88
4.5	Edifício do Centro de Ciências Biológicas II.....	91
4.5.1	Descrição do Edifício .....	91
4.5.2	Características da estrutura e do sistema de vedação vertical externa.....	93
4.5.3	Manifestações patológicas identificadas .....	94
4.5.4	Aspectos relevantes do projeto de recuperação do sistema de vedação vertical externa.....	99
4.5.5	Aspectos da execução da recuperação .....	102
4.5.6	Avaliação dos resultados .....	107
4.6	Edifício de Educação e Serviço Social da Igreja Presbiteriana de Viçosa. ....	108
4.6.1	Descrição do Edifício .....	108
4.6.2	Características da estrutura.....	110
4.6.3	Aspectos relevantes do projeto de alvenaria.....	110
4.6.4	Aspectos relevantes da execução da alvenaria .....	113
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>116</b>
5.1	Conclusões gerais .....	116
5.2	Recomendações para trabalhos futuros .....	118
	<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>119</b>
	<b>Apêndice A .....</b>	<b>123</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fachada constituída por painéis pré-fabricados de concreto. (ISSAC, 2016).....	7
Figura 2 – Detalhe do painel pré-fabricado utilizado para vedação. (ISSAC, 2016) .....	7
Figura 3 - a) Tijolo maciço de barro cozido; b)Tijolo laminado de 21 furos; c) Bloco cerâmico vazado; d) ½ bloco cerâmico vazado; e) ½ bloco de concreto; f) Bloco inteiro de concreto; g) Bloco de concreto celular (dimensões em mm) (DIAS, 2002).....	8
Figura 4 - Sistema de vedação em parede cortina. ....	10
Figura 5 - Exemplo de alvenaria vinculada na estrutura de aço, com uso de estribos. ....	11
Figura 6 - Exemplo de alvenaria vinculada na estrutura de aço, com uso de tela eletrossoldada. ....	11
Figura 7 - Exemplo de alvenaria desvinculada externa, alinhamento por fora da estrutura.....	12
Figura 8 - Exemplo de alvenaria desvinculada externa, alinhamento pela face externa da coluna .....	13
Figura 9 – Detalhe da interface da alvenaria com o pilar de aço, onde é executada uma junta de trabalho .....	13
Figura 10 - Junta de dilatação (Mohamad, 2014). ....	16
Figura 11- Junta de movimentação na fachada, com acabamento em selante.....	19
Figura 12- Detalhe Junta de movimentação na fachada. ....	19
Figura 13 - Junta de movimentação fator forma 2:1 .....	20
Figura 14 - Colocação do corpo de apoio de polietileno expandido na junta de movimentação. ....	21
Figura 15 - Aplicação do masticue na junta de movimentação.....	21
Figura 16 - Junta de controle. (MOHAMAD, 2014) .....	22
Figura 17 - Detalhe da Junta de movimentação do Projeto de Alvenaria do Edifício dos Laboratórios de Engenharia – UFV.....	22

Figura 18 - Detalhe da execução da junta de movimentação do Edifício dos Laboratórios de Engenharia – UFV, com a utilização de barras de transferência a cada 2 fiadas. ....	23
Figura 19 – Planta parcial de um pavimento de um edifício, integrante do projeto de alvenaria do Edifício de Educação e Serviço Social da Igreja Presbiteriana de Viçosa (IPV). ....	25
Figura 20 – Detalhe integrante do projeto de alvenaria do Edifício de Educação e Serviço Social da Igreja Presbiteriana de Viçosa (IPV). ....	26
Figura 21- Fissura na alvenaria interna. ....	28
Figura 22- Fissura na alvenaria externa.....	28
Figura 23- Presença de manchas na alvenaria interna, próximas ao perfil metálico.....	29
Figura 24- Presença de manchas na alvenaria interna, próximas à instalação elétrica.....	29
Figura 25- Degradação da interface entre a alvenaria interna e a cantoneira de aço.....	29
Figura 26- Degradação da interface entre a alvenaria interna e o pilar de aço.....	29
Figura 27- Junta de movimentação na fachada com o selante comprometido. ....	30
Figura 28- Detalhe do selante comprometido pela perda de adesão com o substrato. ....	30
Figura 29- Alvenaria Interna CCB-II/ UFV .....	31
Figura 30- Alvenaria externa CCB-II/ UFV .....	31
Figura 31- Dificuldades de execução identificadas em detalhes executivos propostos Coelho (2004) para paredes moldadas “in loco”, desvinculadas. ....	35
Figura 32- Classificação das alvenarias segundo os parâmetros de rigidez das ligações, posicionamento em relação à estrutura e continuidade dos panos. ....	38
Figura 33 - Alvenarias formada por panos descontínuos, seccionada pela laje (a) ou pela viga metálica (b). ....	39
Figura 34- Alvenaria formada por panos contínuos. ....	40

Figura 35- Alvenaria inserida no plano da estrutura; a) alvenaria posicionada no eixo da estrutura, chegando na mesa da coluna de aço, b) alvenaria fora do eixo da estrutura, chegando na mesa da coluna de aço, c) alvenaria no eixo da estrutura, chegando na alma da coluna de aço e d) alvenaria fora do eixo da estrutura, chegando na alma da coluna de aço.....	41
Figura 36 – Alvenaria fora do plano da estrutura; a) alvenaria interna à estrutura, (b) alvenaria externa à estrutura.....	42
Figura 37 – Detalhe em planta de uma alvenaria vinculada.....	43
Figura 38 – Alvenaria desvinculada na alma do perfil de aço, sistema de encaixe com cantoneira e EPS.....	44
Figura 39 - Alvenaria desvinculada na mesa do perfil de aço, sistema de encaixe com cantoneira e EPS.....	44
Figura 40 – Alvenaria desvinculada fora do plano da estrutura. ....	45
Figura 41 – Alvenaria desvinculada de canto fora do plano da estrutura.....	45
Figura 42- Combinações possíveis entre as classificações do sistema de vedação vertical.....	46
Figura 43- Desenhos esquemáticos de uma alvenaria formada por panos descontínuos, inserida no plano da estrutura, vinculada. ....	46
Figura 44 - Desenhos esquemáticos de uma alvenaria formada por panos descontínuos, inserida no plano da estrutura, desvinculada.....	47
Figura 45 - Desenhos esquemáticos de uma alvenaria formada por panos descontínuos, fora do plano da estrutura, desvinculada.....	47
Figura 46 - Desenhos esquemáticos de uma alvenaria formada por panos contínuos, fora do plano da estrutura, desvinculada.....	48
Figura 47 – Manta EPDM cortada juntamente com a fita de caldeação e adesivo. ....	50
Figura 48 – Aplicação da fita de caldeação sobre a manta EPDM antes de ser posicionada no local. ....	50

Figura 49 - Detalhe típico de uma junta de movimentação. ....	51
Figura 50 – Espaço deixado para a junta de movimentação em uma alvenaria de blocos sílico-calcários. ....	52
Figura 51 – Preenchimento do espaço de uma junta de movimentação com placas de EPS em uma alvenaria de blocos de concreto. ....	52
Figura 52 – Detalhe de uma junta de movimentação com a utilização de selante. ....	52
Figura 53 – Detalhe de uma junta de movimentação com a utilização de manta EPDM. ....	53
Figura 54 – Superfície irregular de uma junta de movimentação onde será aplicado o selante. ....	54
Figura 55 – Fissuras no local da junta de movimentação após a aplicação do selante. ....	54
Figura 56 – Junta de movimentação marcada por fissuras na fachada. ....	54
Figura 57 – Perfil de alumínio para acabamento de uma junta de. ....	55
Figura 58 - Fachada do Edifício da CEAD - UFV, com as juntas de movimentação marcadas. ...	55
Figura 59- Alvenaria formada por panos descontínuos fora do plano da estrutura de aço: sendo	57
Figura 60 - Alvenaria formada por panos descontínuos no plano da estrutura de aço, sendo. ....	58
Figura 61 – Detalhes alvenaria formada por panos contínuos. ....	59
Figura 62 – Detalhe da interface entre alvenaria externa e mesa do pilar de aço. ....	60
Figura 63- Detalhe da interface alvenaria externa – alma do pilar de aço. ....	61
Figura 64 – Detalhe de uma alvenaria fora do plano da estrutura, adaptada a partir de Coelho (2004). ....	62
Figura 65 – Detalhe de uma alvenaria de canto fora do plano da estrutura, adaptada a partir de Coelho (2004). ....	63
Figura 66 – Imagem da maquete eletrônica do Edifício dos Laboratórios de Engenharia. ....	65

Figura 67 – Planta do primeiro pavimento do Edifício LBE.....	66
Figura 68 – Aspecto geral da estrutura de aço do Edifício LBE .....	67
Figura 69 – Planta parcial do pavimento 01 integrante do projeto de alvenaria do LBE.....	69
Figura 70 – Elevação parcial integrante do projeto de alvenaria do LBE.....	70
Figura 71 – Detalhes integrantes do projeto de alvenaria do LBE.....	71
Figura 72 – Execução da alvenaria de blocos de concreto externa à estrutura metálica.....	72
Figura 73 – Aspecto geral da alvenaria, que reveste a estrutura metálica.....	72
Figura 74 – Barra de fixação (ferro-cabelo). .....	72
Figura 75 – Elevação da alvenaria externa.....	72
Figura 76 – Cantoneiras de aço soldadas no.....	73
Figura 77 – Sistema de encaixe da alvenaria, formado por cantoneiras de aço e EPS.....	73
Figura 78 - Detalhes do projeto de alvenaria para o dispositivo de conexão entre a alvenaria e a laje. ....	74
Figura 79 - Execução do dispositivo de ligação laje-alvenaria externa.....	75
Figura 80 – Execução da junta de movimentação no Edifício LBE.....	75
Figura 81 – Vista geral do Edifício da CEAD em fase de execução.....	76
Figura 82 – Planta do pavimento térreo do Edifício da CEAD. ....	77
Figura 83 - Estrutura de aço do Edifício da CEAD. ....	78
Figura 84 – Planta do pavimento térreo do projeto de alvenaria da CEAD. ....	79
Figura 85 – Detalhes do projeto de alvenaria da CEAD. ....	80
Figura 86 – Execução da alvenaria do Edifício da CEAD. ....	81

Figura 87 - Vista da execução do conector utilizado na interface entre alvenaria externa e coluna de aço. ....	82
Figura 88 – Fachada do Edifício da CEAD. ....	82
Figura 89 – Junta de movimentação na fachada com acabamento em selante acrílico. ....	83
Figura 90 - Vista geral do Edifício das Licenciaturas. ....	84
Figura 91 – Planta do pavimento térreo do Edifício das Licenciaturas. ....	84
Figura 92 – Estrutura de aço do Edifício das Licenciaturas. ....	85
Figura 93 – Planta do pavimento térreo do projeto de alvenaria do Edifício das Licenciaturas. ...	86
Figura 94 – Detalhes do projeto de alvenaria do Edifício das Licenciaturas. ....	87
Figura 95 – Vista interna da alvenaria do Edifício das Licenciaturas. ....	88
Figura 96 – Vista externa da alvenaria do Edifício das Licenciaturas. ....	88
Figura 97 – Execução da junta de movimentação da alvenaria do Edifício das Licenciaturas. ....	89
Figura 98 – Junta de movimentação vista na fachada do Edifício das Licenciaturas. ....	89
Figura 99- Detalhe da interface alvenaria – mesa inferior da viga do projeto de alvenaria do Edifício das Licenciaturas. ....	90
Figura 100 – Vista geral (a) e detalhe (b) do encontro da alvenaria interna com a mesa da viga de aço no Edifício das Licenciaturas. ....	90
Figura 101 – Fissura no local de contato entre a cantoneira de aço e o revestimento final da alvenaria interna. ....	91
Figura 102 – Vista geral do Edifício do Centro de Ciências Biológicas II. ....	92
Figura 103 – Planta do pavimento térreo do Edifício do Centro de Ciências Biológicas II. ....	92
Figura 104 – Estrutura do Edifício do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. ....	93

Figura 105 - Elevação do fechamento externo do Edifício do CCB-II com painéis de concreto celular autoclavados. ....	94
Figura 106 – Vista dos painéis de concreto celular autoclavados dispostos verticalmente, no Edifício do CCB-II (2002).....	94
Figura 107 - Manchas de umidade e corrosão observadas no interior da caixa de escada do Edifício do CCB-II. ....	95
Figura 108- Manchas e corrosão provocadas pela passagem de água através dos perfis “U” de junção dos painéis de concreto celular autoclavados. ....	95
Figura 109- Manchas de mofo e umidade no interior de um laboratório. ....	95
Figura 110- Desprendimento do gesso de revestimento interno na caixa de escada.....	95
Figura 111 – Fachada da caixa de escada do Edifício do CCB-II, sendo (a) aspecto geral do momento da execução (2004), (b) aspecto geral com estufamento do revestimento cerâmico nos locais onde há perfis “U” na junção dos painéis de concreto celular autoclavado (CCA) em 2015. ....	96
Figura 112 - Estufamento (a) e despreendimento (b) do revestimento cerâmico na fachada.....	96
Figura 113 – Desprendimento do revestimento cerâmico aplicado sobre as cantoneiras de aço. ....	97
Figura 114 – Corrosão causada pela presença de água e umidade permitida pela expulsão do revestimento cerâmico. ....	97
Figura 115 – Elevado grau de corrosão na interface do arremate lateral ....	98
Figura 116 – Espaços na ligação entre as peças de aço que permitiam a entrada de água no edifício, sendo (a) ligação viga-pilar (b) ligação viga-cantoneira metálica.....	98
Figura 117 – Caixa de escada do Edifício do CCB-II, sendo (a) fotografia antes da intervenção e (b) simulação eletrônica da intervenção. ....	100
Figura 118 – Vista frontal do Edifício do CCB-II, sendo (a) fotografia antes da intervenção e (b) simulação eletrônica da intervenção. ....	100

Figura 119 - Planta chave e indicação de detalhes na fachada. ....	101
Figura 120 – Detalhe Típico 01 do Projeto de Recuperação do Edifício do CCB-II. ....	102
Figura 121 – Interface viga de aço – arremate lateral do <i>steel deck</i> e alvenaria, ....	103
Figura 122 – Local da junção dos painéis de CCA, ....	104
Figura 123 – Interface viga metálica – alvenaria,.....	104
Figura 124 - Encontro alvenaria – alma do perfil de aço, ....	105
Figura 125 - Encontro alvenaria – mesa do perfil de aço,.....	105
Figura 126 - Local do contraventamento de aço, ....	106
Figura 127- Perda de aderência entre p bloco de concreto celular autoclavado e a manta EPDM. .....	106
Figura 128 – Vista frontal do Edifício do CCB-II após a recuperação. ....	107
Figura 129 – Fachada lateral da caixa de.....	108
Figura 130 – Fachada posterior da caixa de .....	108
Figura 131 – Imagens do Edifício de Educação e Serviço Social da IPV, sendo (a) a fachada frontal e (b) uma perspectiva posterior. ....	109
Figura 132 - Planta baixa do pavimento térreo o Edifício da obra social da IPV. ....	109
Figura 133 – Estrutura de aço do Edifício da IPV.....	110
Figura 134 – Execução das terceira e quarta lajes maciças do Edifício da IPV.....	110
Figura 135 - Planta do pavimento térreo do projeto de alvenaria do Edifício de Educação e Serviço Social da IPV.....	111
Figura 136 – Detalhe do projeto de alvenaria do edifício da obra social da IPV, com preenchimento do espaço vazio entre o pilar e a alvenaria com EPS.....	112

Figura 137 – Detalhe do projeto de alvenaria da IPV, com o sistema de encaixe com cantoneiras e EPS na interface da mesa inferior da viga com a alvenaria. ....	113
Figura 138- Vista geral da execução da alvenaria externa do edifício da obra social da IPV.....	114
Figura 139 – Aspecto geral da alvenaria externa apoiada no balanço da laje maciça.....	114
Figura 140 – Detalhe do projeto de alvenaria.....	115
Figura 141 – Execução do detalhe de um pilar de canto com a alvenaria externa. ....	115
Figura 142 - Fachada da caixa de escada onde foi realizado o ensaio. ....	123
Figura 143 - Fachada da caixa de escada onde foi realizado o ensaio. ....	123
Figura 144 - Dispositivo posicionado na fachada.....	124
Figura 145 - Detalhe do dispositivo fixado na fachada. ....	124
Figura 146 – Vista frontal da fachada com a posição do dispositivo. ....	125
Figura 147 – Detalhe dispositivo simulador de chuva.....	125
Figura 148 – Desenho esquemático do funcionamento do equipamento simulador de chuva. ...	126
Figura 149 – Ambiente interno da caixa de.....	127
Figura 150 – Vista da viga metálica e escada.....	127
Figura 151 – Vistas (a) e (b) do experimento em andamento. ....	127
Figura 152 – Superfície interna da fachada.....	128
Figura 153 – Presença de água na superfície interna.....	128
Figura 154 – Escorrimento de água na parede interna. ....	128
Figura 155- Fissura que permite a entrada de água. ....	128
Figura 156 - Aspecto de água do ambiente interno após a realização do ensaio.....	129

Figura 157 – Experimento montado novamente na parte superior da caixa de escada. ....	129
Figura 158 – Detalhe do experimento na fachada após o tratamento das interfaces. ....	129
Figura 159 – Realização do experimento após a impermeabilização. ....	130
Figura 160 – Ausência da passagem de água em local crítico durante todo o experimento. ....	130
Figura 161 – Fissura permanece seca (durante o primeiro experimento era possível observar água corrente neste local). ....	130
Figura 162 - Aspecto final do ambiente interno após a realização do experimento. ....	131

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores Máximos de espaçamento entre juntas verticais de controle (Fonte: ABNT NBR 15961:2011).....	17
Tabela 2 - Valores Máximos de espaçamento entre juntas verticais de controle (Fonte: ABNT NBR 15812-1:2010). ....	17

## RESUMO

SANTOS, Mariana Araújo dos. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2016. **Recomendações para projeto e detalhamento de juntas e interfaces utilizadas em sistemas de vedação vertical em alvenaria para estruturas de aço.** Orientador: José Luiz Rangel Paes. Coorientador: Gustavo de Souza Veríssimo.

O sistema de vedação vertical em edifícios de múltiplos andares em estrutura de aço exerce uma grande influência sobre o desempenho da edificação, sobretudo quanto à estanqueidade e durabilidade. Em grande parte dos casos observados, as manifestações patológicas como fissuras na alvenaria, presença de manchas, degradação de juntas e interfaces e corrosão de elementos de aço estão relacionadas à entrada de água na edificação através do sistema de vedação, sobretudo nas juntas e interfaces. O objetivo geral deste trabalho é estabelecer recomendações para projeto e detalhamento de juntas e interfaces utilizadas em sistemas de vedação vertical externa em alvenaria para estrutura de aço, baseadas na análise dos detalhamentos apresentados pela literatura e na realização de estudos de caso. Para efeitos de sistematização, apresenta-se uma classificação das alvenarias quanto à continuidade, posicionamento e rigidez das ligações. Com base nesta classificação são apresentadas recomendações para projeto de juntas e interfaces entre alvenaria e estrutura de aço e detalhes típicos. Em seguida apresentam-se alguns estudos de caso sobre sistemas de vedação vertical em alvenaria para edifícios de múltiplos andares, nos quais foram utilizadas as recomendações e detalhes propostos anteriormente. Os estudos de caso apresentados relativos a edifícios novos permitiram fazer uma avaliação crítica das soluções de projeto de juntas e interfaces e dos aspectos da execução dos sistemas de vedação. O projeto de recuperação desenvolvido mostrou que a utilização de manta EPDM e tela de poliéster nas interfaces entre alvenaria e estrutura de aço é uma solução adequada para garantir a estanqueidade nesses locais. Em função do trabalho realizado, pode-se afirmar que um projeto consistente de juntas e interfaces é indispensável para que um sistema de vedação vertical para estruturas de aço apresente um desempenho satisfatório.

## ABSTRACT

SANTOS, Mariana Araújo dos. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2016. **Recommendations for design and detailing of joints and interfaces used in vertical sealing systems in masonry to steel structures.** Advisor: José Luiz Rangel Paes. Co-advisor: Gustavo de Souza Veríssimo.

The vertical sealing system in steel structure buildings has a great influence on his performance, especially for leaks and durability. In most cases observed pathological manifestations such as cracks in masonry, presence of stains, deterioration of joints and interfaces and corrosion of steel elements are caused by water inlet through the sealing system, particularly on joints and interfaces. The aim of this study is to establish recommendations for the design and detailing of joints and interfaces for use with external masonry sealing systems for steel structure. For systematic effects, are presented a classification of the masonry for continuity, positioning and rigidity of links. Based on this classification are propose recommendations for the design of joints and interfaces between masonry and steel structure and typical details. Then are present some case studies of buildings with vertical sealing systems in masonry, in which are used the previously proposed recommendations and details. The case studies presented for new buildings allowed to make a critical evaluation of design solutions joints and interfaces and aspects of the implementation of sealing systems. The recovery project developed showed that the use of EPDM and polyester blanket at the interfaces between masonry and steel structure is an appropriate solution to ensure the tightness in these locations. As a result of this work, it can be said that a good design and detailing of joints and interfaces are indispensable to a sealing system for vertical steel structures present a satisfactory performance.

# 1

## INTRODUÇÃO

---

O uso de estruturas de aço na construção civil brasileira tem crescido a cada ano. De acordo com uma pesquisa feita pelo CBCA – Centro Brasileiro da Construção em Aço e pela ABCEM – Associação Brasileira da Construção Metálica, a construção em aço foi responsável por 36% do consumo de todo o aço destinado à construção civil em 2014.

No contexto da construção em aço, o projeto e detalhamento dos sistemas de vedação vertical são de grande importância para a obtenção de um bom desempenho construtivo. Alguns estudos (ALBRETCH et al., 2008; ARAÚJO, 2010) têm mostrado que as falhas relacionadas aos sistemas de vedação vertical são as causas mais comuns de manifestações patológicas identificadas na construção em aço.

Segundo Coelho (2000), a evolução dos produtos e sistemas para aplicação na produção de vedações para edifícios não tem sido acompanhada, de forma geral, pelos critérios e conceitos de projeto. Este autor destaca que esta deficiência pode ser notada desde a concepção arquitetônica e estrutural, até o detalhamento para execução. Como consequência tem crescido o número de reclamações de usuários e órgãos financiadores quanto ao elevado nível de problemas patológicos em sistemas de vedação.

Em se tratando de estruturas de aço, os grandes vãos utilizados e as interfaces entre o fechamento e os perfis de aço tornam necessário desenvolver um projeto de vedação vertical que seja capaz de absorver os deslocamentos da estrutura, impedir a entrada de água nas fachadas e evitar o conflito entre a arquitetura, a estrutura e os diversos tipos de instalações.

Existem diversos tipos de sistemas de vedação vertical, com diferentes graus de industrialização, que podem ser utilizados na construção metálica. Neste contexto são utilizadas diferentes soluções construtivas formadas por painéis (de concreto, GRC - cimento reforçado com fibra de

vidro, metálicos e de gesso acartonado) (SILVA e SILVA, 2003) e por alvenaria constituída por diferentes tipos de componentes construtivos. Os sistemas de vedação em alvenaria continuam sendo os mais utilizados, provavelmente devido às limitações tecnológicas, custo elevado e questões que envolvem a utilização de sistemas de vedação vertical com um maior grau de industrialização.

Nascimento (2004) afirma que a execução da alvenaria de vedação apresenta uma demanda de aprimoramento e técnicas capazes de atender às necessidades de industrialização e racionalização da construção civil. Este autor afirma também que o sistema de vedação em alvenaria requer a definição das características e dos detalhes a serem utilizados. O projeto de alvenaria deve incorporar racionalidade ao sistema e evitar conflitos entre as diversas disciplinas de projeto, levando em consideração questões de execução, estabilidade, utilização e manutenção.

Neste trabalho apresenta-se o desenvolvimento e a proposição de recomendações para projeto e detalhamento de juntas e interfaces utilizadas em sistemas de vedação vertical em alvenaria para estruturas de aço. Desta forma, busca-se sistematizar os conceitos relacionados às decisões de projeto relativas a juntas e interfaces, que devem estar solucionadas, compatibilizadas e detalhadas no projeto de alvenaria. Este projeto é entendido como uma ferramenta indispensável para prevenir o surgimento de manifestações patológicas na estrutura devido a falhas no sistema de vedação vertical.

## **1.1 Objetivos**

O objetivo principal deste trabalho é estabelecer recomendações para projeto e detalhamento de juntas e interfaces utilizadas em sistemas de vedação vertical externa em alvenaria para estruturas de aço.

Para alcançar este propósito, são estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- identificar as manifestações patológicas típicas em sistemas de vedação vertical em alvenaria para estruturas de aço;
- identificar materiais e técnicas que podem ser utilizados em juntas e interfaces entre alvenaria e estruturas de aço;

- definir uma classificação para as alvenarias de vedação para estruturas de aço que permita sistematizar o detalhamento de juntas e interfaces;
- definir detalhes típicos para juntas e interfaces entre alvenaria e estruturas de aço.

## **1.2 Justificativa para o desenvolvimento do trabalho**

Em boa parte dos casos, as manifestações patológicas observadas em uma construção em aço são atribuídas à estrutura, independentemente de uma avaliação mais criteriosa das causas dos problemas detectados. A consequência mais direta de tal conduta é a restrição quanto ao uso do aço em edifícios de múltiplos andares, em função do baixo desempenho quanto à durabilidade que algumas construções em aço vêm apresentando ao longo do tempo.

As falhas mais comuns observadas nas juntas e interfaces entre estrutura de aço e alvenaria, caracterizadas por passagem de água, fissuras e deslocamentos excessivos, são causas de manifestações patológicas observadas na construção em aço.

Em função deste cenário, o tratamento adequado de juntas e interfaces utilizadas nos sistemas de vedação em alvenaria para estruturas de aço tem se tornado um tema de grande importância para o sucesso da construção em aço. Neste contexto, para que seja possível elaborar um projeto de alvenaria que permita obter um bom desempenho quanto à durabilidade, é importante dispor de recomendações para projeto e detalhes típicos que possam orientar adequadamente os profissionais envolvidos.

Outro fator que realça a relevância do presente trabalho é a entrada em vigor, a partir de julho de 2013, da ABNT NBR 15575 – Edificações habitacionais – Desempenho, norma brasileira de desempenho de edificações. Na Parte 4 desta norma são estabelecidos os requisitos, os critérios e os métodos para avaliação do desempenho de sistemas de vedação verticais internas e externas (SVVIE) de edificações habitacionais ou de seus elementos. Entende-se que o projeto de alvenaria e o detalhamento das interfaces e juntas de movimentação são essenciais para se alcançar os níveis de desempenho esperados dos SVVIE.

### **1.3 Estrutura da dissertação**

Com o intuito de atender aos objetivos descritos anteriormente, este trabalho está subdividido em cinco capítulos, descritos a seguir.

No *Capítulo 2* apresenta-se a fundamentação teórica do trabalho, que abrange uma revisão bibliográfica sobre os sistemas de vedação vertical em alvenaria utilizados em estrutura de aço, as interfaces típicas entre alvenaria e estrutura de aço e o comportamento diferencial entre eles.

No *Capítulo 3* são propostas as recomendações para projeto de juntas e interfaces entre alvenaria e estrutura de aço. Essas recomendações foram sistematizadas a partir de uma ampla reflexão e discussão sobre resultados obtidos em projetos e obras que contaram com a participação do Grupo de Pesquisa de Estruturas do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFV.

O *Capítulo 4* é dedicado aos estudos de caso de sistemas de vedação vertical em alvenaria para edifícios de múltiplos andares em estrutura de aço. Para cada caso apresentam-se aspectos relevantes do projeto de alvenaria e aspectos da execução.

No *Capítulo 5* apresentam-se as conclusões e algumas recomendações para trabalhos futuros.

# 2

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

---

### **2.1 Considerações preliminares**

O uso de estruturas de aço trouxe novas possibilidades para o desenvolvimento de projetos arquitetônicos. As vantagens da utilização do sistema construtivo em aço são diversas: menor prazo de execução, maiores vãos, maior área útil, flexibilidade, racionalização de materiais e mão-de-obra, alívio de carga nas fundações, maior organização nos canteiros de obras e precisão construtiva. Obras de maior porte, como shopping centers, indústrias, aeroportos e edifícios de múltiplos andares são exemplos consolidados da aplicação deste sistema construtivo.

Apesar das vantagens da utilização da estrutura de aço na construção civil, na prática alguns fatores contribuem para certa resistência ao uso desse sistema construtivo. Coelho (2003) aponta que a simples substituição do sistema estrutural, de concreto armado para metálico, mostrou-se ineficaz do ponto de vista técnico, acarretando aumento das patologias relacionadas com as interfaces entre a estrutura e as vedações, principalmente. Segundo o autor, vencer estes obstáculos exige estabelecer novos parâmetros projetuais e construtivos, quebrar os antigos paradigmas deste tipo de construção e oferecer novos produtos que contemplem não só a estrutura como todos os demais sistemas que compõe a edificação.

### **2.2 Aspectos gerais sobre sistemas de vedação vertical utilizados em estruturas de aço**

O sistema de vedação vertical é responsável pela volumetria e compartimentação dos espaços em uma edificação. Ele representa quase a totalidade da superfície vertical que envolve o edifício,

sendo uma importante barreira de proteção para os usuários contra os agentes ambientais externos e interferindo diretamente no conforto térmico.

No sistema de fechamento podem estar aderidos revestimentos, esquadrias, instalações e detalhes arquitetônicos. Todos esses elementos interagem diretamente com o sistema de fechamento, influenciando não só a estética como também o desempenho desse sistema como um todo.

Os sistemas de vedação também interferem significativamente no custo da obra. Segundo dados do CBCA (2014), as vedações externas dos edifícios, incluindo paredes de alvenaria, esquadrias com vidro e revestimentos convencionais aderidos, representam entre 9 a 13% do custo total de uma edificação no Brasil. Nos casos de obras com vedações e revestimentos não convencionais tem-se uma amplitude maior de valores em função da tipologia utilizada, com valores entre 4 a 15%.

As vedações externas ou de fachadas são assim designadas por não terem função estrutural, ou seja, não fazerem parte da estrutura principal do edifício. Não obstante, elas precisam ser dimensionadas para resistir aos esforços resultantes da ação do vento, de cargas acidentais e de seu peso próprio, transmitindo-as à estrutura (CBCA, 2014).

Há diversas opções para se executar o sistema de fechamento de uma edificação em estrutura metálica. Independente da escolha da solução de fachada é necessário considerar a capacidade de acomodar as deflexões, expansão e contração térmicas, deslocamentos relativos entre os pavimentos e oscilações dos edifícios causados pelo vento.

Os tipos mais comuns de sistemas de vedação vertical externa utilizados em edifícios de múltiplos andares em estrutura de aço são constituídos por:

- painéis - de concreto, de materiais cimentícios, de vidro, de alumínio, de gesso, de madeira, etc.;
- paredes moldadas *in loco* – cortina, alvenaria desvinculada e alvenaria vinculada.

Em países como Estados Unidos, da Europa e do Canadá, o uso de painéis pré-fabricados é amplamente difundido. Além de se tratar de uma alternativa de fechamento de grande velocidade de execução, a utilização destes painéis vai ao encontro da proposta de racionalização da construção, que é uma tendência nos países desenvolvidos (ARAUJO, 2010). Nas Figuras 1 e 2

apresentam-se imagens de painéis pré-moldados em concreto utilizados para vedação vertical, na cidade de Boston-EUA. Aos poucos essas tecnologias vêm encontrando espaço no cenário da construção no Brasil.

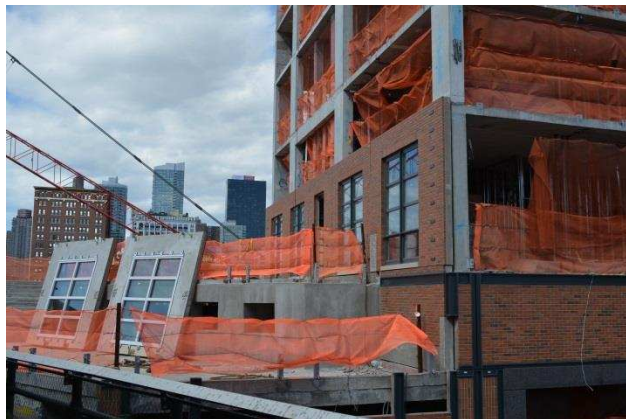


Figura 1 – Fachada constituída por painéis pré-fabricados de concreto. (ISSAC, 2016)

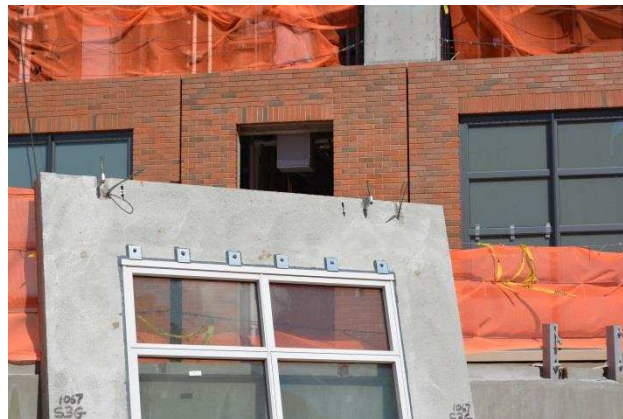


Figura 2 – Detalhe do painel pré-fabricado utilizado para vedação. (ISSAC, 2016)

O sistema de fechamento em alvenaria, objeto deste estudo, é o mais utilizado no país. De acordo com Silva e Silva (2003), para os edifícios com estrutura de aço, o emprego da alvenaria tradicional ainda não é a solução mais apropriada, principalmente na situação em que a velocidade da execução dos fechamentos verticais é um fator crítico para a viabilidade da construção do edifício. Contudo, o custo elevado e a dificuldade de se dispor de maiores tecnologias de fechamento tornam o uso da alvenaria ainda bastante comum no cenário da construção civil do país.

As razões para a utilização do sistema de fechamento em alvenaria podem se relacionar a: custo inferior quando comparado às soluções de maior tecnologia, mão de obra que não necessariamente é especializada, facilidade de se encontrar os componentes no mercado (blocos e argamassas) e tradição histórica em se construir paredes a partir da união de blocos.

### **2.3 Vedações verticais em alvenaria**

Entende-se por alvenaria a associação de um conjunto de unidades de alvenaria (tijolos, blocos, pedras, etc.) e ligante(s) que resulta num material que possui propriedades mecânicas intrínsecas, capaz de constituir elementos estruturais. (VALLE, 2008).

Sabbatini (1984) conceitua alvenaria como um componente complexo 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.

Nascimento (2004) utiliza o termo “alvenaria de vedação” para classificar as paredes que funcionam como divisórias e que não representam vínculos estruturais com as estruturas periféricas. Segundo o autor, a principal função de uma alvenaria é de estabelecer a delimitação entre ambientes, principalmente a alvenaria externa que separa o ambiente externo do interno, atuando como barreira e filtro seletivo.

As alvenarias de vedação podem ser compostas por diferentes tipos de componentes (blocos ou tijolos), unidos entre si por juntas de argamassa. Na Figura 3 apresentam-se exemplos de componentes típicos para alvenaria.

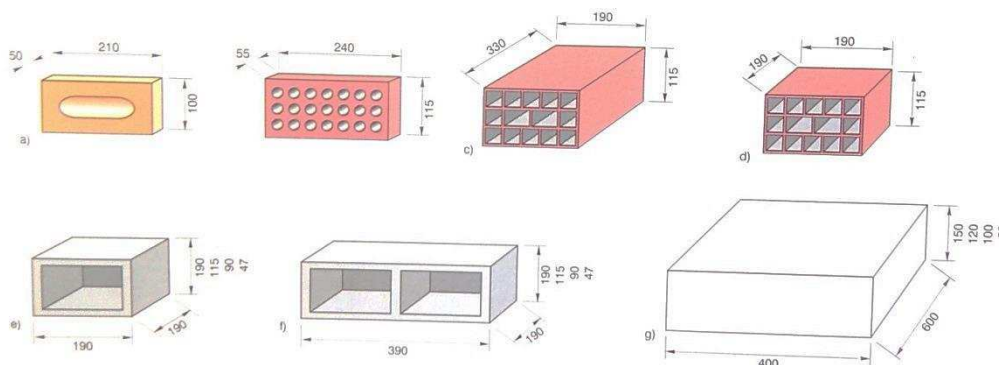


Figura 3 - a) Tijolo maciço de barro cozido; b) Tijolo laminado de 21 furos; c) Bloco cerâmico vazado; d) 1/2 bloco cerâmico vazado; e) 1/2 bloco de concreto; f) Bloco inteiro de concreto; g) Bloco de concreto celular (dimensões em mm) (DIAS, 2002).

## 2.4 Interfaces típicas entre alvenaria e estrutura de aço

Entende-se por interface entre alvenaria e estrutura de aço a região de encontro desses dois sistemas. Uma vez que essa junção reúne materiais com diferentes propriedades físicas e comportamentos mecânicos, é necessário estabelecer recomendações de projeto que permitam obter um trabalho conjunto adequado.

Em dois sistemas contíguos, como vedação e estrutura, por exemplo, para se garantir a durabilidade do conjunto deve-se assegurar a estanqueidade, a possibilidade de dilatação e as

amarracões, que perfazem a correta leitura do comportamento dos materiais utilizados (ASSED e ASSED, 1988).

Segundo Coelho (2004) é essencial na construção industrializada, dedicar-se mais tempo ao projeto e ao planejamento, em benefício de maior rapidez na execução da obra. A escolha dos elementos construtivos e a sua melhor combinação são fatores preponderantes para a racionalização da construção e a redução de prazos e custos. Nesse contexto, referindo-se à construção em aço, a interface entre as vedações (paredes e lajes) e a estrutura requerem atenção especial, visando aumentar a velocidade da construção e prevenindo eventuais patologias.

Dentre os sistemas de fechamento em alvenaria utilizados nos edifícios com estrutura de aço é possível encontrar diferentes alternativas de ligação das interfaces alvenaria-estrutura. Os fechamentos que permitem algumas movimentações diferenciais são preferencialmente utilizados por estarem mais em conformidade com o comportamento dos elementos estruturais.

Coelho (2004) apresenta um conjunto de detalhes para diversos tipos de sistemas de vedação. No que se refere às alvenarias, são apresentados detalhes típicos para paredes cortina e alvenaria moldada "in loco", sendo esta última subdividida em alvenaria vinculada e desvinculada.

As paredes cortinas definidas por Coelho (2004) são executadas externamente à estrutura, apoiadas diretamente nas fundações ou em vigas de transição. A estabilização horizontal se dá por meio de conectores fixados à estrutura no nível das lajes ou das vigas. Na Figura 4 apresentam-se exemplos deste tipo de vedação.

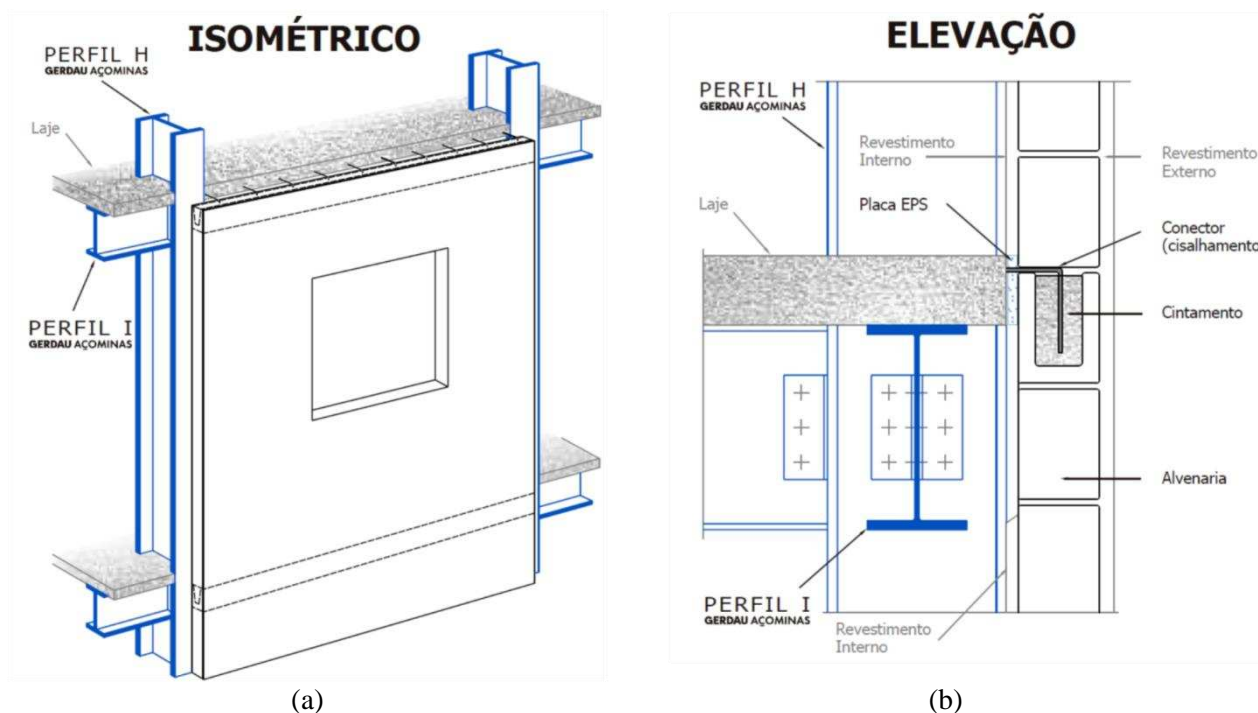


Figura 4 - Sistema de vedação em parede cortina.  
 a) aspecto geral do sistema; b) detalhe da ligação da parede com a laje.  
 (COELHO, 2004).

Na alvenaria moldada “in loco” vinculada, há uma ligação solidária entre estrutura e alvenaria, ocasionando um trabalho conjunto entre os dois sistemas. Normalmente, este tipo de solução é recomendado para edifícios com pequenos vãos (até 5m aproximadamente) e destinado ao uso residencial ou salas comerciais, onde o emprego de juntas não é esteticamente ideal (COELHO, 2004). Nas ligações alvenaria-estrutura podem ser empregadas barras de aço em forma de estribo soldadas à estrutura (Figura 5) ou segmentos de telas eletrossoldadas (Figura 6). Devido ao trabalho solidário entre a alvenaria e a estrutura de aço, este tipo de solução é capaz de aumentar a rigidez da estrutura (COELHO, 2004).

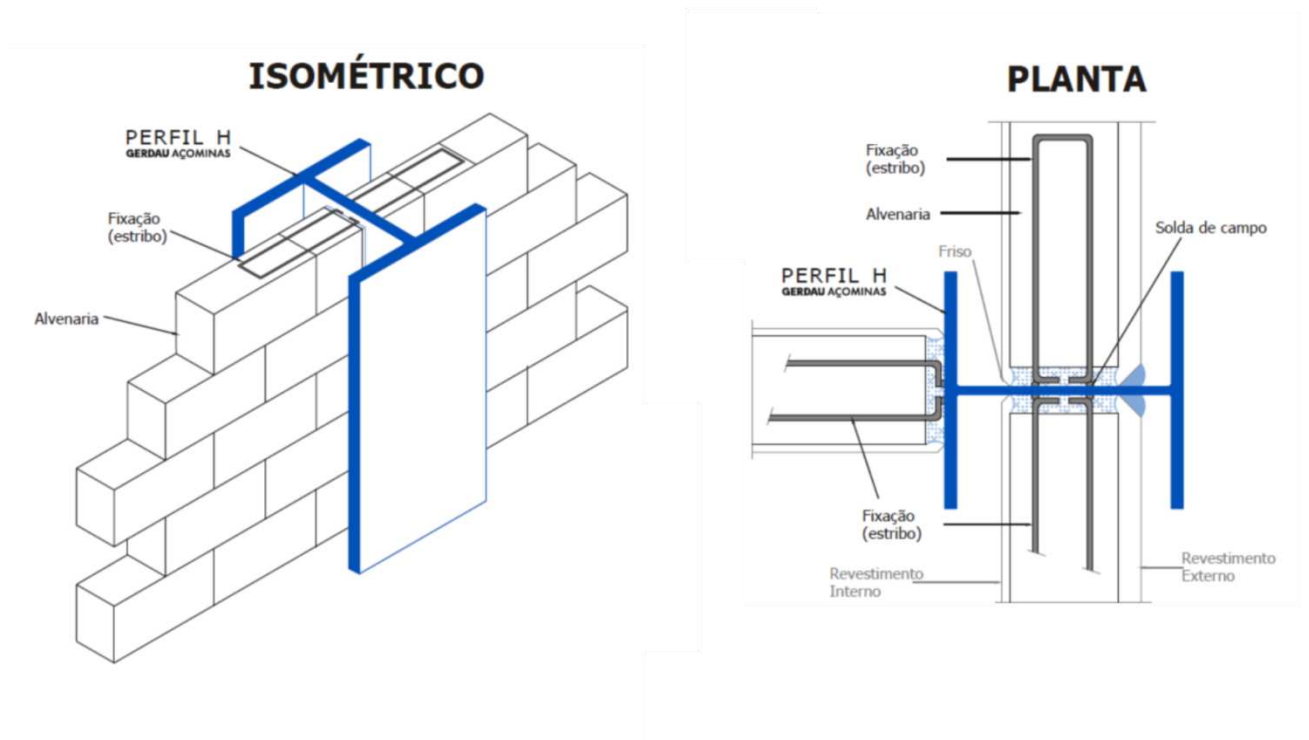


Figura 5 - Exemplo de alvenaria vinculada na estrutura de aço, com uso de estribos. (COELHO, 2004).

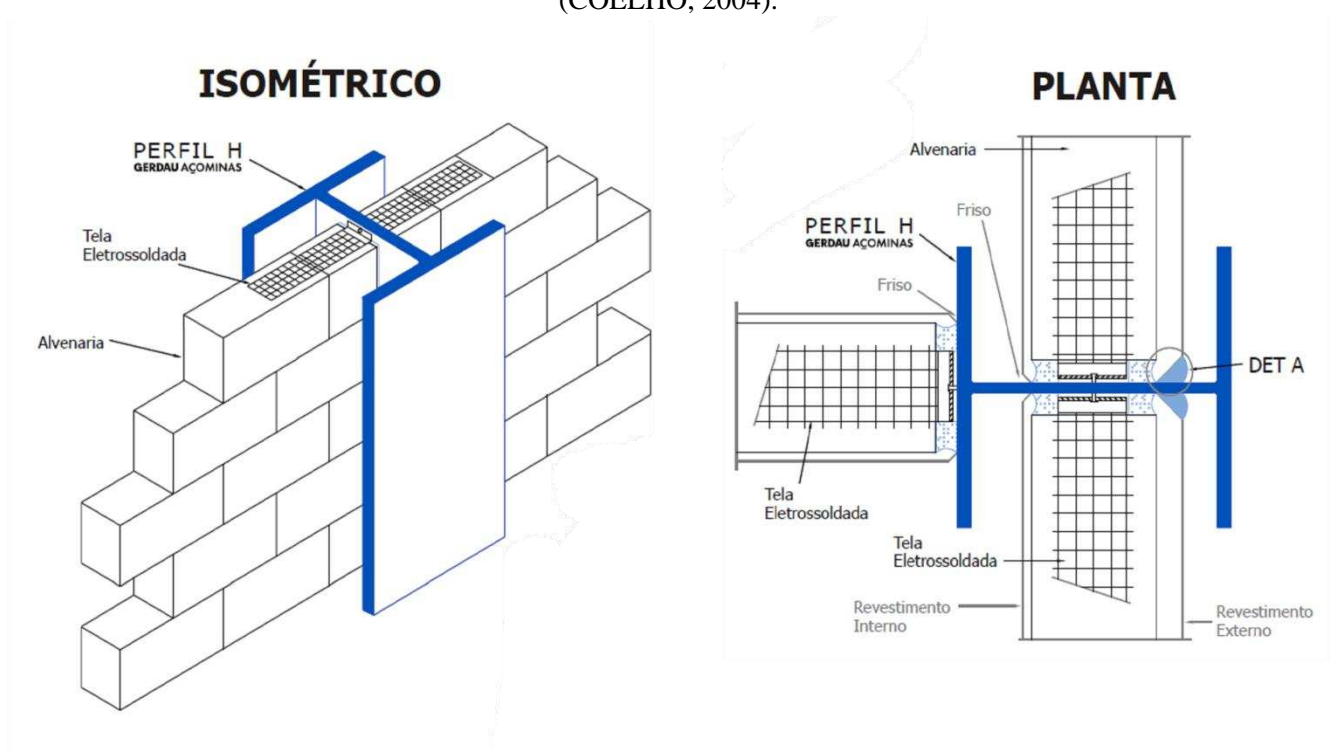


Figura 6 - Exemplo de alvenaria vinculada na estrutura de aço, com uso de tela eletrossoldada. (COELHO, 2004).

A alvenaria moldada “in loco” desvinculada possui como princípio básico para sua concepção a ocorrência de pequenas movimentações diferenciais segundo seu plano. São empregadas em obras com grandes vãos, acima de 5 ou 6m. É um sistema com alto grau de confiabilidade que reduz significativamente o nível de manifestações patológicas (COELHO, 2004). Os elementos normalmente utilizados para a criação da alvenaria desvinculada são barras de fixação, também conhecidas como “ferros-cabelos” (Figura 7), ou perfis de aço, na forma de cantoneiras ou perfis tipo U, laminados ou formados a frio (Figura 8), gerando um sistema de encaixe da alvenaria. Na junção entre a parede e o sistema de fixação executam-se juntas de movimentação, incorporadas ao acabamento final (Figura 9).

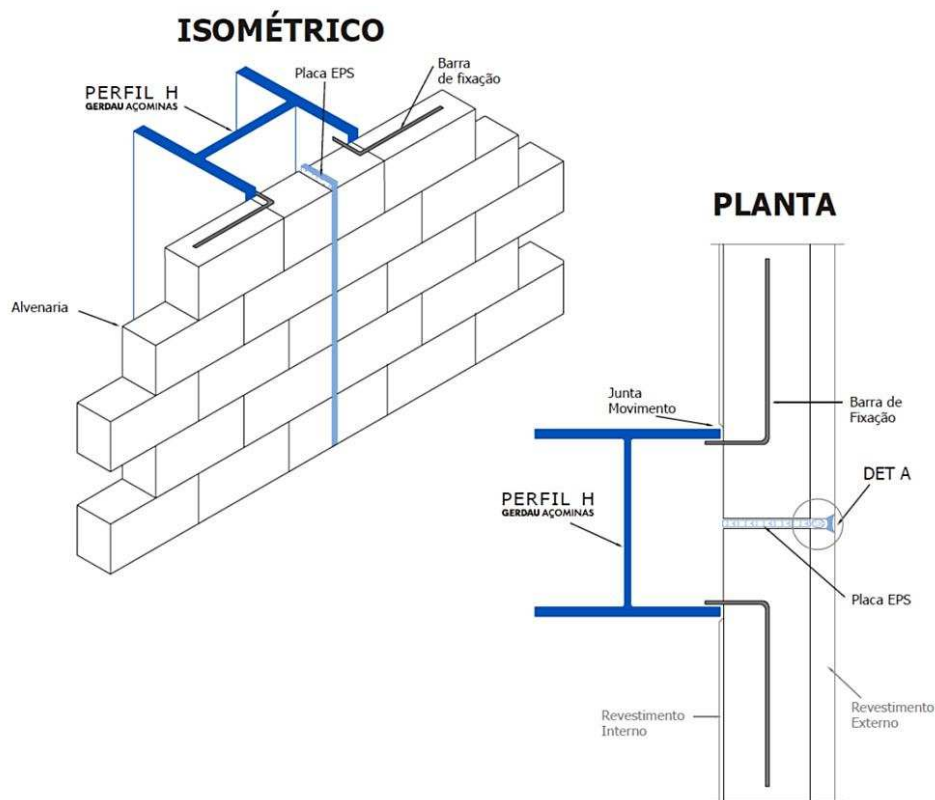


Figura 7 - Exemplo de alvenaria desvinculada externa, alinhamento por fora da estrutura COELHO (2004).

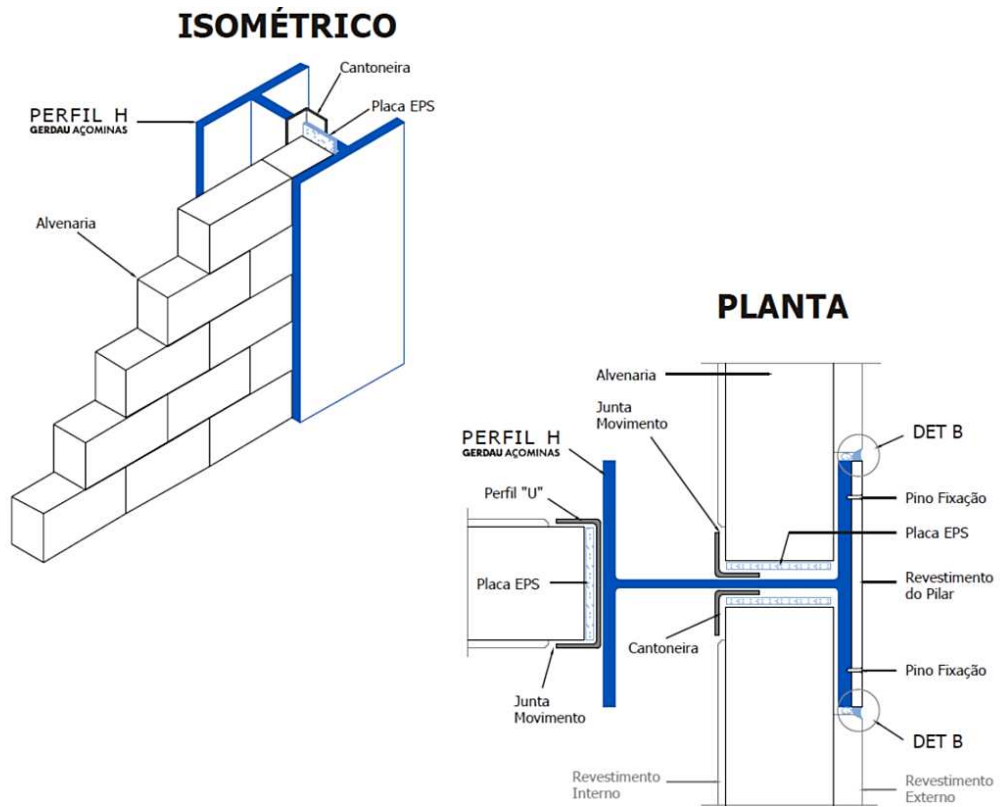


Figura 8 - Exemplo de alvenaria desvinculada externa, alinhamento pela face externa da coluna COELHO (2004).

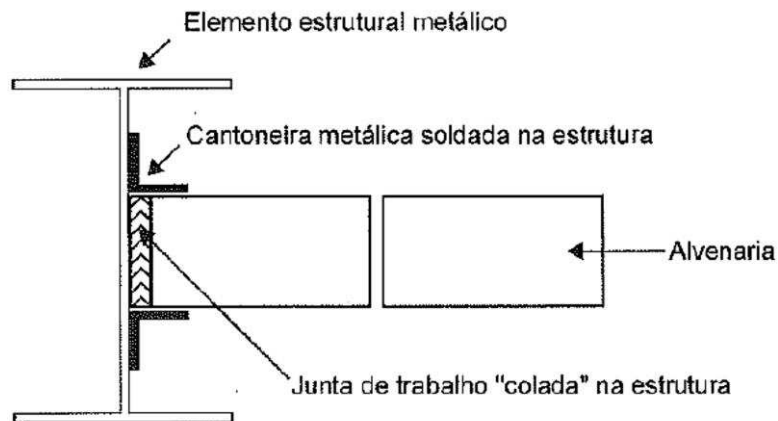


Figura 9 – Detalhe da interface da alvenaria com o pilar de aço, onde é executada uma junta de trabalho (SALGADO, 2009).

## **2.5 Comportamento diferencial entre alvenaria e estrutura de aço**

As movimentações naturais das alvenarias e das estruturas- sejam de aço ou de concreto- associadas ou não às deformações dos elementos estruturais, podem introduzir tensões nas alvenarias. Se a resultante das ações impostas for superior às deformações admitidas pela alvenaria, começarão a aparecer fissuras ou até mesmo ocorrer o destacamento do elemento de vedação por onde poderá ocorrer a penetração de água (DIAS, 2002).

Segundo Laska (1993), os componentes de alvenaria e aço experimentam mudanças volumétricas devido a variações de temperatura e deformações resultantes de carregamento estático ou dinâmico, sendo que a alvenaria também apresenta mudanças volumétricas devido a variações de umidade. As alterações volumétricas são variáveis e dependentes das propriedades físicas de cada material. Alvenaria e aço reagem de formas diferentes quando submetidos a mudanças bruscas de temperatura ou de carregamento e, como resultado, ocorre um movimento diferencial entre eles. Ainda de acordo com este autor, é necessário analisar cuidadosamente as mudanças volumétricas apresentadas pela alvenaria e pelos componentes de aço para desenvolver detalhes do projeto que irão acomodar o movimento diferencial causado por essas mudanças.

A resistência à compressão da alvenaria depende diretamente da resistência do bloco utilizado, enquanto a resposta à tração e ao cisalhamento depende da capacidade da argamassa. Pode-se concluir que, quanto menor a capacidade de resistência à compressão do bloco, o surgimento de danos nas alvenarias é mais frequente em um menor espaço de tempo e com maior intensidade. (SILVA e SILVA, 2003). O aço apresenta a característica de ter a mesma resistência à tração e à compressão. O esforço de tração simples é o que melhor se adapta ao aço, já que, além de produzir seções esbeltas, não apresenta nenhuma dificuldade nos vínculos, seja em emendas ou em ligações com outras partes da estrutura. Quanto maior a resistência do aço, mais indicado é o seu uso para esforços de tração simples. Apesar de o aço apresentar resistência à compressão simples tão elevada quanto à tração simples e de não apresentar nenhuma dificuldade na transmissão desses esforços nos vínculos, a esbeltez das seções, resultante dessa vantagem, pode favorecer o surgimento de fenômenos de instabilidade (REBELLO, 2007).

## **2.6 Juntas utilizadas em alvenarias de vedação**

### **2.6.1 Considerações preliminares**

Os elementos e os componentes da construção estão sujeitos a variações de temperatura, sejam sazonais ou diárias, que resultam em ciclos de variação dimensional (dilatação ou contração) e a mudanças higroscópicas que também provocam variações dimensionais devido ao aumento ou diminuição do teor de umidade do material. Essas movimentações, sejam elas térmicas ou higroscópicas, causam tensões que podem levar ao aparecimento de fissuras que comprometer o desempenho da edificação. As juntas têm por finalidade permitir que essas expansões e contrações ocorram sem afetar a integridade dos constituintes do sistema de vedação (SILVA; SILVA, 2004).

### **2.6.2 Tipos de juntas em alvenaria**

#### **a) Junta de dilatação**

As juntas de dilatação têm a função de absorver os movimentos que possam ocorrer na estrutura, decorrentes da variação da temperatura. A ABNT NBR 15961-1:2011 recomenda a utilização de juntas de dilatação a cada 24 metros, medidos em planta.

Segundo Mohamad (2014), esse tipo de junta deve ser posicionado sempre que houver mudanças na rigidez que levam a edificação a se separar. O autor apresenta o desenho da Figura 10, onde mesmo para uma edificação com dimensões inferiores a 24m, deve ser prevista a colocação da junta de dilatação no encontro do “L” (na posição “01” ou na posição “02”) a fim de seccionar a alvenaria e evitar o surgimento de fissuras de separação.

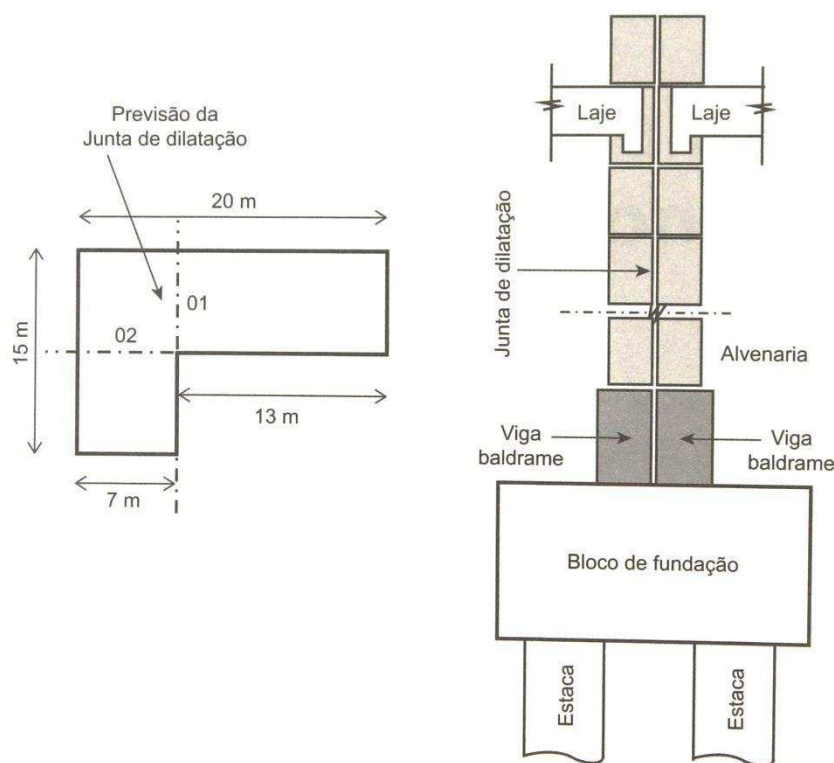


Figura 10 - Junta de dilatação (Mohamad, 2014).

A junta de dilatação deve ser preenchida com um material deformante, como o EPS, e suas extremidades vedadas com um material impermeável e elástico (MOHAMAD, 2014).

### b) Junta de movimentação ou de controle

Mohamad (2014) define as juntas de movimentação ou de controle como os espaços definidos em projeto com o objetivo de permitir movimentos relativos de partes da estrutura sem prejudicar a sua integridade funcional e estrutural. As juntas de movimentação ou de controle devem ser projetadas para absorver as expansões e retrações da alvenaria, permitindo o deslizamento entre os diferentes planos, sem produzir tensões de cisalhamento entre eles.

As juntas de movimentação ou de controle têm por função absorver os movimentos que possam ocorrer na estrutura, provenientes da variação de volume dos materiais (expansão, retração, variação de temperatura), variação brusca de carregamento e variação da altura ou da espessura da parede (ALVARENGA, 2012).

Para painéis de alvenaria contidos em um único plano, e na ausência de uma avaliação precisa das condições especificadas no painel, a ABNT NBR 15961-1:2011 prescreve que devem ser

dispostas juntas verticais de controle com espaçamento máximo que não ultrapasse os limites indicados na Tabela 1, para blocos de concreto, e na Tabela 2, para blocos cerâmicos.

Tabela 1 - Valores Máximos de espaçamento entre juntas verticais de controle (Fonte: ABNT NBR 15961:2011).

Localização do elemento	Limites (m)	
	Alvenaria sem armadura horizontal	Alvenaria com taxa de armadura horizontal maior ou igual a 0,04% da altura vezes a espessura
Externa	7	9
Interna	12	15

NOTA 1: Os limites acima devem ser reduzidos em 15%, caso a parede tenha abertura.  
 NOTA 2: No caso de paredes executadas com blocos não curados a vapor, os limites devem ser reduzidos em 20%, caso a parede não tenha abertura.  
 NOTA 3: No caso de paredes executadas com blocos não curados a vapor, os limites devem ser reduzidos em 30%, caso a parede tenha abertura.

Tabela 2 - Valores Máximos de espaçamento entre juntas verticais de controle (Fonte: ABNT NBR 15812-1:2010).

Localização do elemento	Limites (m)	
	$t \geq 14\text{cm}$	$t < 11,5\text{ cm}$
Externa	10	8
Interna	12	10

NOTA 1: A espessura mínima da junta de controle é determinada como 0,13% do espaçamento das juntas.  
 NOTA 2: Os limites apresentados nesta tabela serão reduzidos em 15%, caso a parede tenha abertura.  
 NOTA 3: Os limites estabelecidos nesta tabela podem ser alterados mediante inclusão de armaduras horizontais adequadamente dispostas em juntas de assentamento horizontais, desde que tecnicamente justificados.

Algumas recomendações podem ser citadas sobre qual deve ser o espaçamento das juntas para limitar as dimensões máximas de uma parede. Por mais geral que seja o critério, normalmente estes são estabelecidos segundo o tipo de componente. A definição do espaçamento das juntas de movimentação também deve levar em consideração as propriedades do componente, os fatores climáticos, o tipo de argamassa especificada e as características particulares do sistema construtivo adotado (VILATÓ; FRANCO, 1988).

Na alvenaria de blocos de concreto a tendência fundamental é a que o material sofra retração reversível, enquanto que na alvenaria cerâmica a principal causa de movimento é a expansão por variações de umidade e temperatura. O princípio básico consiste em que a distância entre juntas de movimentação vertical seja tal que a deformação longitudinal induzida na parede não seja maior que sua capacidade de deformação (VILATÓ; FRANCO, 1988).

Segundo Thomaz (2001), em função das acentuadas diferenças entre as propriedades físicas dos aços e dos materiais constituintes das alvenarias (módulo de deformação, coeficiente de condutibilidade térmica), particularmente nas paredes de fachada recomenda-se sempre a introdução de juntas elásticas nos encontros com componentes verticais e horizontais da estrutura.

### **2.6.3 Materiais e aspectos construtivos**

Com relação ao aspecto construtivo das juntas, Mohamad (2014) adverte que devem ser tomados cuidados especiais para garantir o desempenho estrutural da construção, de forma que sua presença não afete a segurança estrutural e a estanqueidade da parede.

Uma vez que as juntas seccionam os painéis de alvenaria para permitir a acomodação dos mesmos na ocorrência de movimentações, elas se tornam locais suscetíveis à entrada de água na edificação. As juntas de movimentação devem ser projetadas e executadas de forma a representar uma folga entre os painéis e a garantir sua estanqueidade, evitando assim diversos problemas patológicos.

Para a execução das juntas de movimentação, normalmente são utilizados produtos industriais baseados em resinas e outros compostos químicos que garantam um nível de flexibilidade que permita os movimentos de retração e expansão sem induzir esforços adicionais nos elementos e sem perder a estanqueidade da junta.

Na Figura 11 apresenta-se uma alvenaria externa com uma junta de movimentação executada com selante. Na Figura 12 mostra-se um detalhe do acabamento com o selante.

Vale reforçar que as juntas de movimentação, sobretudo se a alvenaria for revestida com material cerâmico, ficarão visíveis nos panos de alvenaria. Sobretudo do ponto de vista arquitetônico, elas devem ser consideradas no aspecto visual da fachada.



Figura 11- Junta de movimentação na fachada, com acabamento em selante.

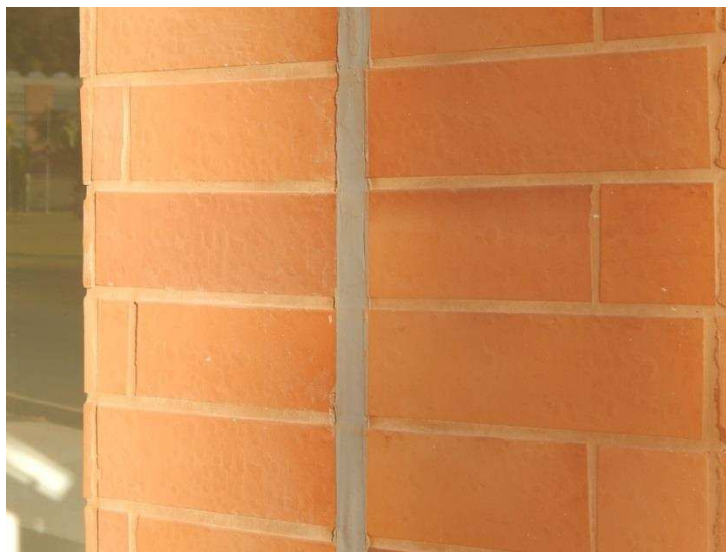


Figura 12- Detalhe Junta de movimentação na fachada.

Atualmente existe uma ampla oferta de selantes, os quais têm diferentes propriedades do ponto de vista da sua capacidade de deformação, nível de viscosidade, variações de temperatura a que podem ser expostos, durabilidade, velocidade de cura, resistência ao intemperismo e capacidade de aderência.

Os selantes devem ser capazes de colar substratos e preencher lacunas mantendo sua flexibilidade e as propriedades de alongamento. Como são produtos à prova d'água, são ideais para vedação, adesão, preenchimento e para amortecer os movimentos em aplicações internas e externas. Eles estão suscetíveis a fatores de degradação resultantes da combinação de efeitos atmosféricos, radiação solar, calor, oxigênio, água e microrganismos, que contribuem para a diminuição da vida útil e do desempenho das juntas. Portanto, os selantes das juntas precisam ser repostos com o tempo e a frequência de substituição depende do ambiente e dos agentes agressivos atuantes (SILVA e SILVA, 2004).

Os principais tipos de selantes que se encontram no mercado para tratamento de juntas e interfaces de alvenarias são os poliuretanos e os silicones. Os selantes de silicone suportam raios ultravioletas, resistem a temperaturas acima de 180 graus Celsius e são inorgânicos, possuindo uma alta resistência química. Por essa razão eles não podem receber pintura. Os selantes de poliuretano para a construção civil por sua vez não suportam raios ultravioletas, resistem a temperaturas de no máximo 100 graus Celsius, é orgânico e permite pintura.

O fator de forma é a relação dimensional entre a largura e a profundidade da seção formada pelo selante em uma determinada junta. Exemplo: juntas de 2 cm de largura x 1 cm de profundidade – fator de forma 2:1 (Figura 13). Na aplicação do selante, deve ser observado o fator de forma que varia segundo o tipo de comportamento e as características do produto. A definição do fator forma é feita em função do módulo de elasticidade do selante (BELTRAME e LOH, 2009).

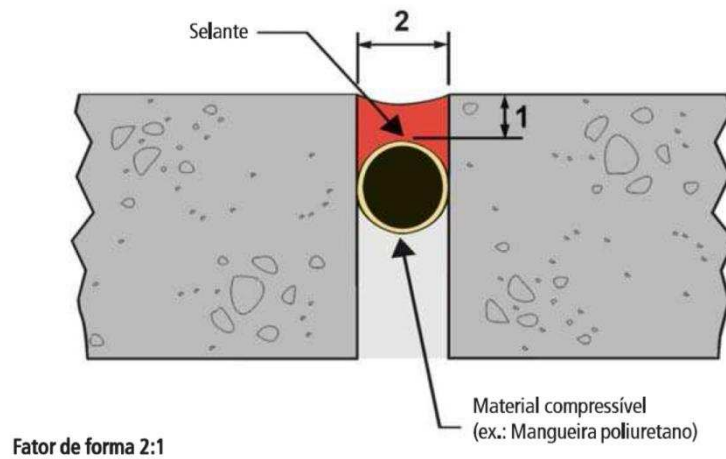


Figura 13 - Junta de movimentação fator forma 2:1 (BELTRAME e LOH, 2009).

Silva (2004) adverte que a execução das juntas deve ser realizada à medida que a parede vai sendo elevada, para que os painéis separados pelas juntas não percam a estabilidade, permitindo o controle quanto à torção e oscilações transversais.

De um modo geral, para a execução das juntas de movimentação são utilizados um corpo de apoio de polietileno expandido (Figura 14) e um mastique - silicone ou poliuretano (Figura 15).



Figura 14 - Colocação do corpo de apoio de polietileno expandido na junta de movimentação.



Figura 15 - Aplicação do mastique na junta de movimentação.

Nascimento (2004) apresenta recomendações para a execução do preenchimento de juntas de movimentação:

- o sistema de revestimento final deve estar concluído;
- as juntas devem estar limpas, sem resíduos de argamassa, partículas soltas e sinais de umidade;
- antes da aplicação do mastique, as bordas das peças devem ser protegidas com fita crepe;
- o corpo de apoio deve ser colocado sob pressão no interior da junta de modo a ficar adequadamente posicionado, garantindo o fator de forma do produto (relação comprimento: profundidade).
- o mastique deverá ser aplicado com a utilização de pistola aplicadora, devendo ser feito o corte no bico do tubo do selante em ângulo de  $45^\circ$  na medida da junta. Devido à dificuldade de remoção do mastique sobre o revestimento, a aplicação deve ser feita de forma cuidadosa.

O projeto de alvenaria deve conter o posicionamento e detalhamento das juntas. O desenho de detalhamento deve indicar o dimensionamento e a especificação dos materiais de preenchimento e acabamento.

Mohamad (2014) apresenta um desenho esquemático do acabamento de uma junta de movimentação (Figura 16).

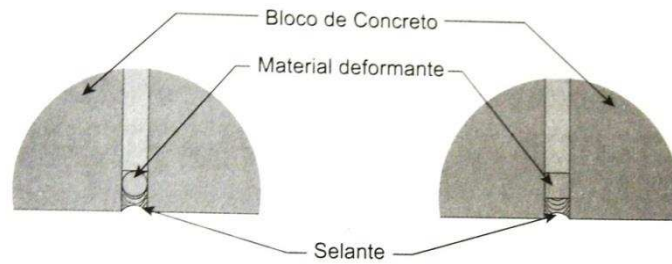


Figura 16 - Junta de controle. (MOHAMAD, 2014)

No detalhamento da junta pode ser necessário o enrijecimento das extremidades e a utilização de barras de transferência. Mohamad (2014) define a barra de transferência como um elemento liso que garante a vinculação por aderência de uma extremidade da alvenaria, deixando a outra extremidade livre para deslocar na direção do comprimento da parede, servindo como garantia para a estabilidade lateral da alvenaria.

A Figura 17 ilustra o detalhamento de uma junta de movimentação do Edifício dos Laboratórios de Engenharia, da Universidade Federal de Viçosa. A Figura 18 apresenta a execução deste detalhe.

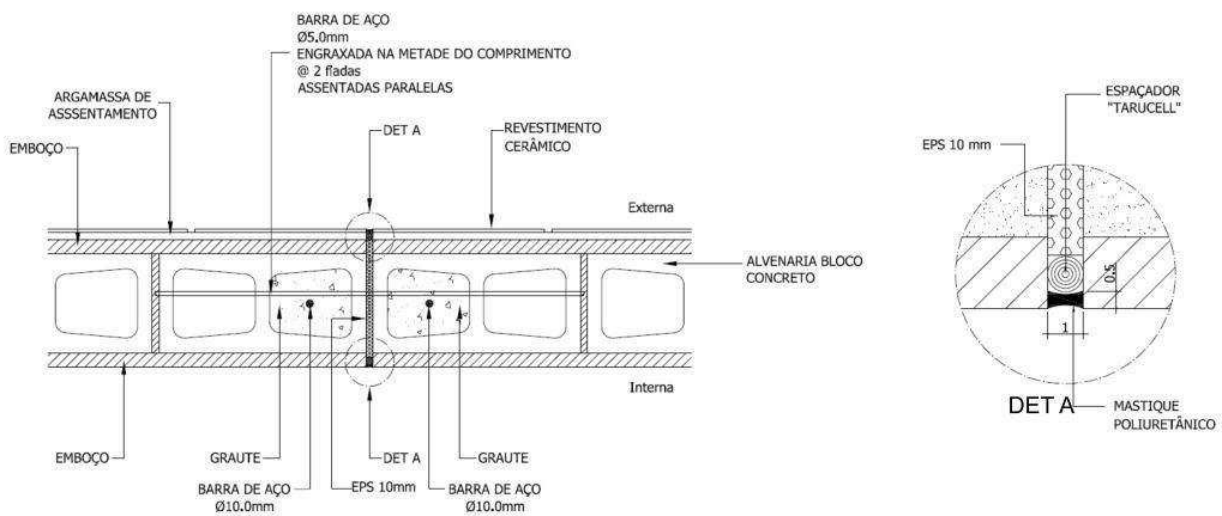


Figura 17 - Detalhe da Junta de movimentação do Projeto de Alvenaria do Edifício dos Laboratórios de Engenharia – UFV.

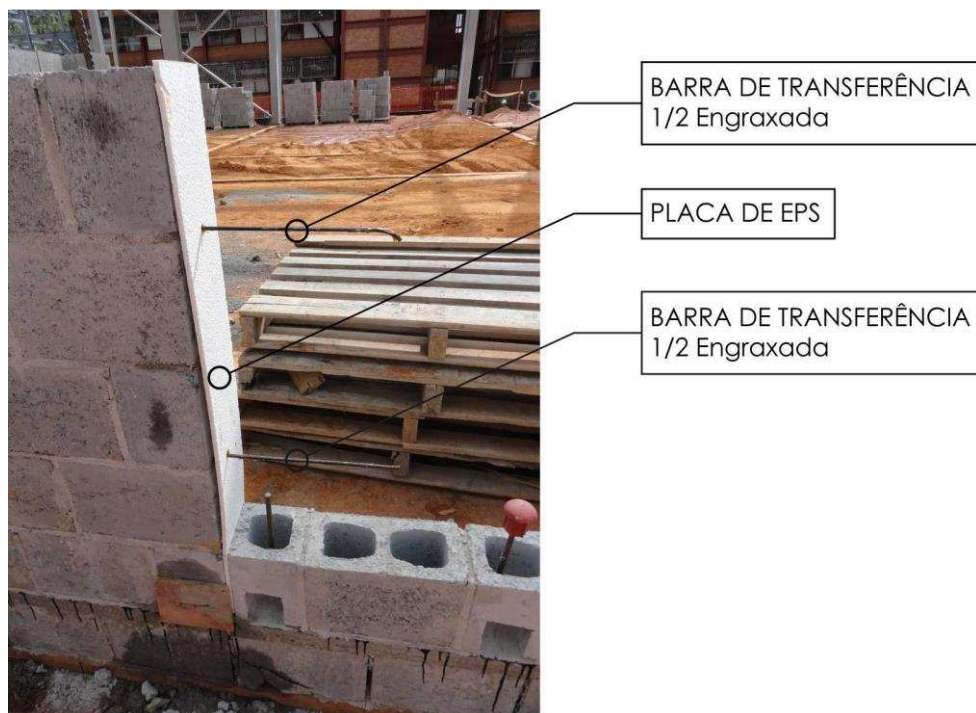


Figura 18 - Detalhe da execução da junta de movimentação do Edifício dos Laboratórios de Engenharia – UFV, com a utilização de barras de transferência a cada 2 fiadas.

## 2.7 Projeto de alvenaria

Devido à complexidade das soluções estruturais, aos grandes vãos vencidos pelas estruturas de aço e a necessidade de alcançar um bom desempenho sob diversos aspectos, o projeto de sistemas de vedação vertical vem se tornando uma exigência cada vez mais comum no âmbito dos projetos executivos de uma edificação.

De acordo com Nascimento (2004), para desenvolver um projeto de alvenaria adequado, o projetista deve coletar as informações necessárias nos projetos arquitetônico, estrutural, instalações elétricas, de impermeabilização, etc., quanto às condições de exposição, condições de solicitação a que estarão submetidas, tanto as fachadas quanto as vedações internas, quanto à disponibilidade de materiais, custos e demais informações pertinentes.

Segundo estudo realizado por Araújo (2010), o detalhamento executivo do sistema de fechamento em alvenaria contribui de forma decisiva para o bom desempenho da estrutura de aço dos edifícios de múltiplos andares. Segundo o autor, os detalhes mais importantes a serem considerados são as interfaces alvenaria-estrutura, o tratamento das juntas de movimento e de

dilatação, os arremates superiores da alvenaria e os tratamentos em relação à impermeabilização de sua base.

Para a definição de um projeto de alvenaria é necessário levar em consideração aspectos como a intenção estética do projeto arquitetônico, o comportamento estrutural esperado e as tecnologias disponíveis.

Nascimento (2004) afirma que um projeto de alvenaria deve conter os seguintes elementos:

- a especificação dos componentes da alvenaria;
- a locação da primeira fiada a partir do eixo de referência predefinido;
- a planta de primeira e segunda fiadas com a distribuição dos componentes;
- as elevações das paredes identificando o posicionamento das instalações e das aberturas, bem como eventuais enrijecedores existentes;
- as amarrações entre as fiadas;
- a definição dos sistemas de fixação da alvenaria na estrutura metálica adjacente (vigas e pilares),
- a necessidade de juntas de controle, seu posicionamento e suas dimensões;
- a definição quanto ao uso de vergas e contravergas pré-fabricadas ou moldadas no local e seu posicionamento.

Nas Figuras 19 e 20 apresentam-se exemplos de desenhos típicos de um projeto de alvenaria. Na Figura 19 mostra-se uma planta de um pavimento do edifício, com indicação dos detalhes a serem consultados durante a execução. Na Figura 20, apresenta-se um detalhe executivo pertencente ao projeto.

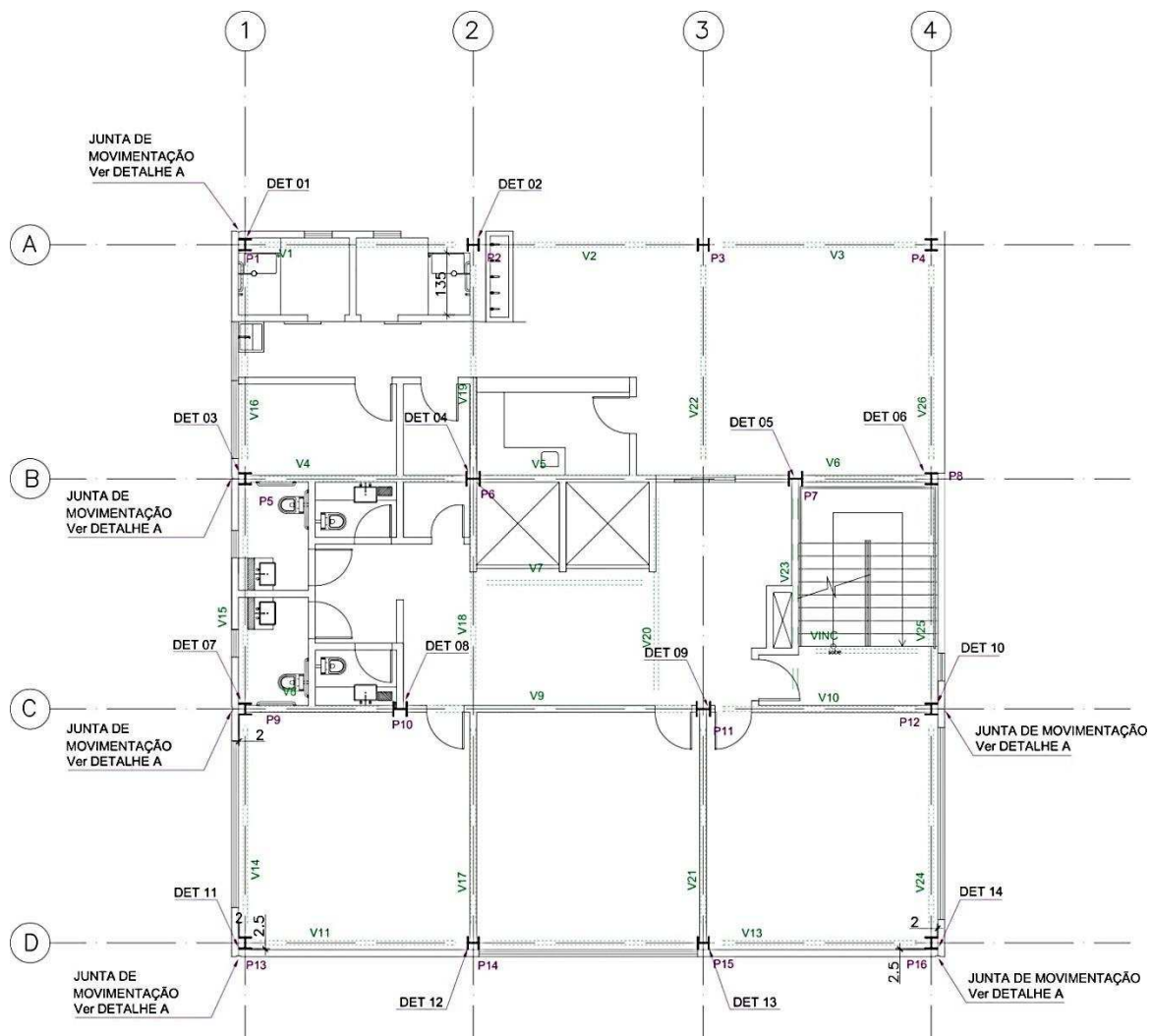


Figura 19 – Planta parcial de um pavimento de um edifício, integrante do projeto de alvenaria do Edifício de Educação e Serviço Social da Igreja Presbiteriana de Viçosa (IPV).

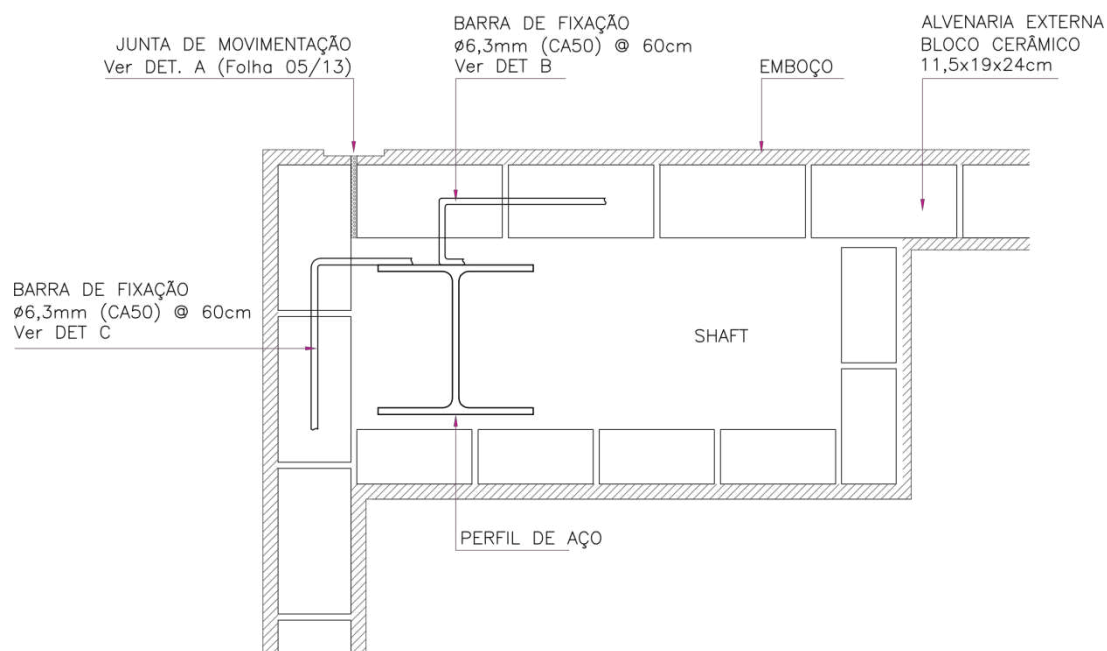


Figura 20 – Detalhe integrante do projeto de alvenaria do Edifício de Educação e Serviço Social da Igreja Presbiteriana de Viçosa (IPV).

O projeto de alvenaria é uma importante ferramenta para prevenção de manifestações patológicas nas estruturas e fechamentos. Até algum tempo atrás, o projeto de alvenaria era comum somente em construções de alvenaria estrutural. No entanto, em função das diversas manifestações patológicas observadas em sistemas de vedação vertical em alvenaria para estruturas de aço, entende-se que o projeto de alvenaria com seus respectivos detalhes e informações construtivas é um documento imprescindível para se obter um bom desempenho da edificação quanto à estanqueidade e à durabilidade.

## 2.8 Manifestações patológicas observadas nos sistemas de vedação vertical em edifícios de aço

Os edifícios de aço que não possuem um projeto de vedação vertical adequado estão sujeitos à ocorrência de manifestações patológicas. Essas manifestações podem causar incômodos aos usuários e contribuir para deterioração do edifício como um todo.

Grande parte dos diagnósticos de casos de manifestações patológicas na construção em aço está relacionada com os fenômenos de entrada e retenção de água nos elementos de aço das

estruturas. Como consequência da atuação contínua destes fenômenos ao longo do tempo, verifica-se o aparecimento da corrosão em diversos locais da estrutura (ARAÚJO, 2010).

Araújo (2010) realizou uma avaliação de manifestações patológicas em edifícios institucionais da Universidade Federal de Viçosa que possuíam a estrutura formada por perfis de aço, laje mista com forma de aço incorporada e que apresentavam falhas em sistemas de vedação ou em sistemas contíguos a estes. O autor observou que a maioria das manifestações patológicas detectadas nos edifícios de múltiplos andares investigados foi causada a partir da entrada de água pelos fechamentos verticais e que estas manifestações não estão relacionadas à falta de desempenho da estrutura de aço em si. As manifestações identificadas nas estruturas de aço surgiram e se agravaram devido à deterioração das interfaces e juntas dos sistemas de vedação vertical.

Algumas manifestações patológicas, relacionadas ao sistema de fechamento e suas interfaces, podem ser frequentemente observadas em obras de estrutura de aço. As principais são apresentadas a seguir:

#### **a) Fissuras na alvenaria**

Segundo Oliveira (2009), diversas interferências observadas entre estrutura e alvenaria causam manifestações patológicas nas edificações, principalmente fissuras na alvenaria de vedação. Segundo a autora, com a evolução tecnológica, o surgimento de novas tipologias construtivas, o aumento dos vãos entre pilares e do número de pisos, assim como a rapidez de execução dos edifícios, essas fissuras se tornaram uma das principais anomalias nas alvenarias não estruturais.

As fissuras representam uma ruptura na superfície da alvenaria. Elas podem ser causadas por movimentações provocadas por variações térmicas e de umidade, atuação de sobrecargas ou concentrações de tensões, deformabilidade excessiva das estruturas, recalques diferenciados das fundações, retração de produtos à base de ligantes hidráulicos e alterações químicas de materiais de construção. (THOMAZ, 1989).

Nas Figuras 21 e 22 são apresentados exemplos de fissuras na alvenaria interna e externa, respectivamente. Além de provocar o desconforto e receio quanto à estabilidade da edificação para o usuário, as fissuras trazem o inconveniente da perda da estanqueidade e a degradação ao longo do tempo. (SILVA, 2004)



Figura 21- Fissura na alvenaria interna.

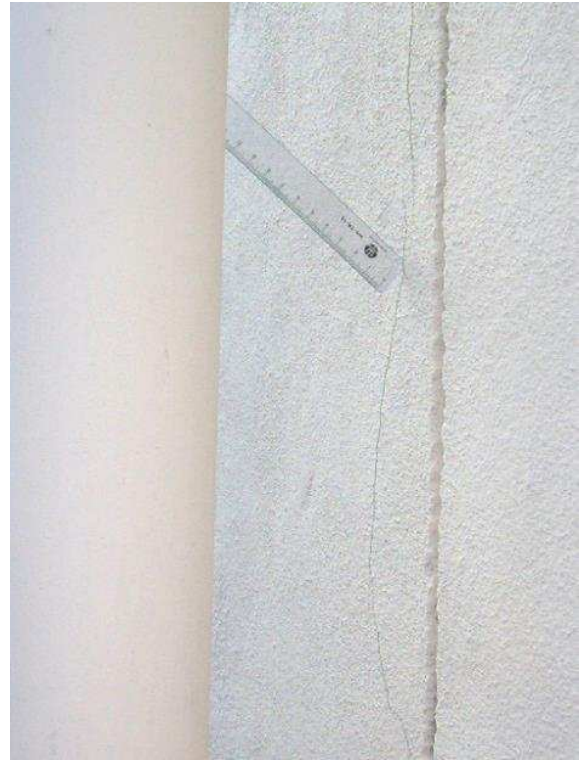


Figura 22- Fissura na alvenaria externa.

### **b) Presença de manchas**

As manchas na alvenaria podem estar relacionadas à qualidade de seu revestimento (materiais da argamassa, tintas) e também à presença de umidade (Figuras 23 e 24). Esta última é um indício de que a alvenaria apresenta problemas de estanqueidade, seja na forma de água ou vapor. A presença da umidade nas alvenarias em ambientes com pouca ventilação natural contribui para o aparecimento de fungos e mofo, que além do incômodo visual, podem representar desconforto para a saúde dos usuários.



Figura 23- Presença de manchas na alvenaria interna, próximas ao perfil metálico.



Figura 24- Presença de manchas na alvenaria interna, próximas à instalação elétrica.

### c) Degradação de juntas e interfaces

A degradação de juntas e interfaces ocorre quando há a perda da coesão entre esses elementos e a alvenaria. Nos locais de interface, por exemplo, essa degradação pode ser percebida pela desagregação e desprendimento da argamassa de revestimento, o que será crítico para a entrada de água através da alvenaria. Na Figura 25 é possível visualizar a desagregação do revestimento interno de gesso. Na Figura 26 observam-se os espaços deixados pela degradação da interface, que comprometerão a estanqueidade do fechamento.



Figura 25- Degradação da interface entre a alvenaria interna e a cantoneira de aço.



Figura 26- Degradação da interface entre a alvenaria interna e o pilar de aço.

A degradação das juntas ocorre quando o selante perde a adesão ou sofre desgaste pela ação do tempo, conforme mostrado nas Figuras 27 e 28. Com o selante comprometido, também fica comprometida a estanqueidade da junta.



Figura 27- Junta de movimentação na fachada com o selante comprometido.



Figura 28- Detalhe do selante comprometido pela perda de adesão com o substrato.

#### **d) Corrosão de elementos metálicos**

A corrosão do aço carbono é um processo vinculado a um ciclo químico natural. É a tendência espontânea do metal produzido e conformado de reverter ao seu estado original, de mais baixa energia livre. É um processo espontâneo de deterioração de propriedades de um metal por reação com o ambiente (PANONI, 2015).

A condição essencial para que haja corrosão é a presença de água e oxigênio em contato com o metal. Uma atmosfera muito úmida, por exemplo, pode contribuir para o aparecimento da corrosão.

As implicações da corrosão para a estrutura são a perda da seção transversal dos elementos estruturais, deterioração do aspecto estético, interrupção do funcionamento de equipamentos e da estrutura e perda da eficiência. É um problema que pode ser considerado um fator crítico à vida útil dos sistemas.

Na Figura 29 verifica-se a corrosão das cantoneiras de aço em uma alvenaria interna. Na Figura 30 é possível observar o prejuízo estético das manchas de corrosão em uma fachada.



Figura 29- Alvenaria Interna CCB-II/ UFV



Figura 30- Alvenaria externa CCB-II/ UFV

## **2.9 Requisitos de desempenho para sistemas de vedação vertical segundo a ABNT NBR 15575:2013.**

O desempenho de uma edificação ou de suas partes pode ser caracterizado como uma relação entre seu comportamento quando em uso e operação frente às condições de exposição e o comportamento esperado por seus usuários, levando em consideração as necessidades humanas em relação ao uso da edificação (CBCA, 2014).

A partir do ano de 2013, está em vigor a ABNT NBR 15.575:2013 – Edificações Residenciais – Desempenho, referência normativa que estabelece requisitos de desempenho para as edificações. Apesar de ser específica para edificações habitacionais, esta norma também pode ser utilizada como uma referência para uma análise geral do desempenho de outras tipologias. A Parte 4 desta norma aborda os requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE).

A seguir são apresentados alguns requisitos mencionados na ABNT NBR 15575-4:2013 que estão diretamente relacionados à importância do projeto de alvenaria e detalhamento de interfaces e juntas:

- Requisito de Desempenho Estrutural - Deslocamentos, fissuração e ocorrências de falhas nos sistemas de vedações verticais internas e externas.

Esse requisito propõe limitar os deslocamentos, fissurações e falhas a valores aceitáveis, de forma a assegurar o livre funcionamento de elementos e componentes da edificação habitacional. Como premissas de projeto para a conformidade quanto a esse requisito, a norma estabelece que “o projeto deve mencionar a função estrutural ou não das vedações verticais internas e externas, indicando também, no caso daquelas com função estrutural, as normas utilizadas” (ABNT NBR 15575-4, 2013).

- Requisito de Estanqueidade - Infiltração de água nos sistemas de vedações verticais externas (fachadas).

Os SVVIE devem ser estanques à água proveniente de chuvas incidentes ou de outras fontes. A premissa de projeto para esse requisito é que “o projeto deve indicar os detalhes construtivos para as interfaces e juntas entre componentes, a fim de facilitar o escoamento de água e evitar sua penetração para o interior da edificação. Esses detalhes devem levar em consideração as solicitações a que os componentes da vedação externa estarão sujeitos durante a vida útil de projeto da edificação habitacional” (ABNT NBR 15575-4, 2013).

- Requisito de Durabilidade e Manutenibilidade – Para paredes externas, devem ser limitados os deslocamentos, fissurações e falhas nas paredes externas, incluindo seus revestimentos, em função de ciclos de exposição ao calor e ao resfriamento que ocorrem durante a vida útil do edifício.

Os sistemas de vedações verticais internas e externas devem “manter a capacidade funcional e as características estéticas, ambas compatíveis com o envelhecimento natural dos materiais durante a vida útil de projeto”<sup>1</sup>. Como premissas de projeto, a norma estabelece que “o projeto deve mencionar o prazo de substituição e manutenções periódicas para os componentes que apresentam vida útil de projeto menor do que aquelas estabelecidas para o SVVIE” (NBR 15575-4, 2013).

<sup>1</sup> De acordo com NBR 15575-1, a vida útil de projeto mínima para vedação vertical externa é de 40anos. (Anexo C, Tabela C.5).

Estes requisitos se relacionam com o projeto de alvenaria e o detalhamento de juntas e interfaces uma vez que a ausência desses elementos certamente levará à não adequação quanto aos níveis de desempenho esperados.

A ABNT NBR 15575-4:2013 é uma referência inédita ao abordar o tema de desempenho dos SVVIE, contudo trata-se de uma orientação mais geral, já que não é seu objetivo a prescrição de como os sistemas são construídos e não são abordados critérios específicos exigidos a cada sistema ou material.

## **2.10 Discussão sobre o atual estágio de conhecimento sobre o assunto**

Há algum tempo, as vedações verticais em alvenaria tem sido objeto de estudo de diversos autores no Brasil e no exterior (NASCIMENTO, 2004; LOURENÇO, 2007; OLIVEIRA, 2009; MOHAMAD, 2014). Boa parte dos trabalhos identificados até o momento trata do comportamento estrutural das alvenarias, assim como a influência de seus componentes para definição das características mecânicas das paredes.

Lourenço (2007) apresenta soluções bem sucedidas em diferentes países e exemplos de dimensionamento para fechamento de estruturas de grandes vãos. O autor apresenta uma metodologia de dimensionamento e aplicações da alvenaria de vedação utilizada em Portugal.

Oliveira (2009) apresenta uma análise do comportamento estrutural de paredes de alvenaria não estruturais reforçadas com armaduras nas juntas horizontais de assentamento, com a realização de análises experimentais, numéricas e paramétricas.

No âmbito nacional e internacional são poucos os trabalhos que tratam de alvenarias para fechamento de estruturas de aço, com destaque para aqueles desenvolvidos por Laska (1993) e Coelho (2004).

Laska (1993) apresenta um conjunto de desenhos de detalhamento para as interfaces entre alvenaria e estruturas de aço, apesar de que muitos dos detalhes mostrados por este autor não correspondem à realidade construtiva praticada no Brasil. A título de exemplo, pode-se citar o enfoque dado por este autor aos detalhes para isolamento térmico e a ausência no mercado brasileiro dos tipos de elementos de ligação utilizados.

No contexto brasileiro, o Engenheiro Roberto de Araujo Coelho apresentou uma das maiores contribuições ao assunto ao publicar o Manual “Interfaces entre perfis estruturais laminados e sistemas complementares” (COELHO, 2004), no qual são mostrados diversos exemplos de detalhes para interfaces entre estrutura de aço e diferentes tipos de sistemas de fechamento. Por sua atuação profissional, entende-se que esse autor é pioneiro na abordagem desse tema no Brasil, com destaque para os detalhes executivos que propõe.

Apesar do grande desenvolvimento das estruturas de aço para edifícios de múltiplos andares observado no Brasil nas últimas décadas, ainda se utilizam soluções convencionais para os sistemas de vedação externa em alvenaria. Muitos profissionais de engenharia e arquitetura desconhecem a importância de um projeto para o sistema de vedação em alvenaria e a execução é feita com base na experiência de mestres de obras.

Nos casos de sistemas de vedação em alvenaria, ainda é muito comum observar o uso de alvenaria vinculada, mesmo em estruturas com grandes vãos. A consequência mais clara dessa forma de tratar o sistema de vedação é o aparecimento de várias manifestações patológicas nas alvenarias e na estrutura de aço. A incidência de manifestações patológicas é consideravelmente reduzida quando se utiliza a alvenaria desvinculada. No entanto, mesmo nos casos em que se utiliza a alvenaria desvinculada, observa-se que muitos detalhes construtivos são de difícil execução devido à impossibilidade de acesso a algumas regiões das interfaces e à falta de condições adequadas para aplicação de selantes. Algumas dificuldades de execução identificadas em detalhes executivos propostos por Coelho (2004) são exemplificadas na Figura 31.

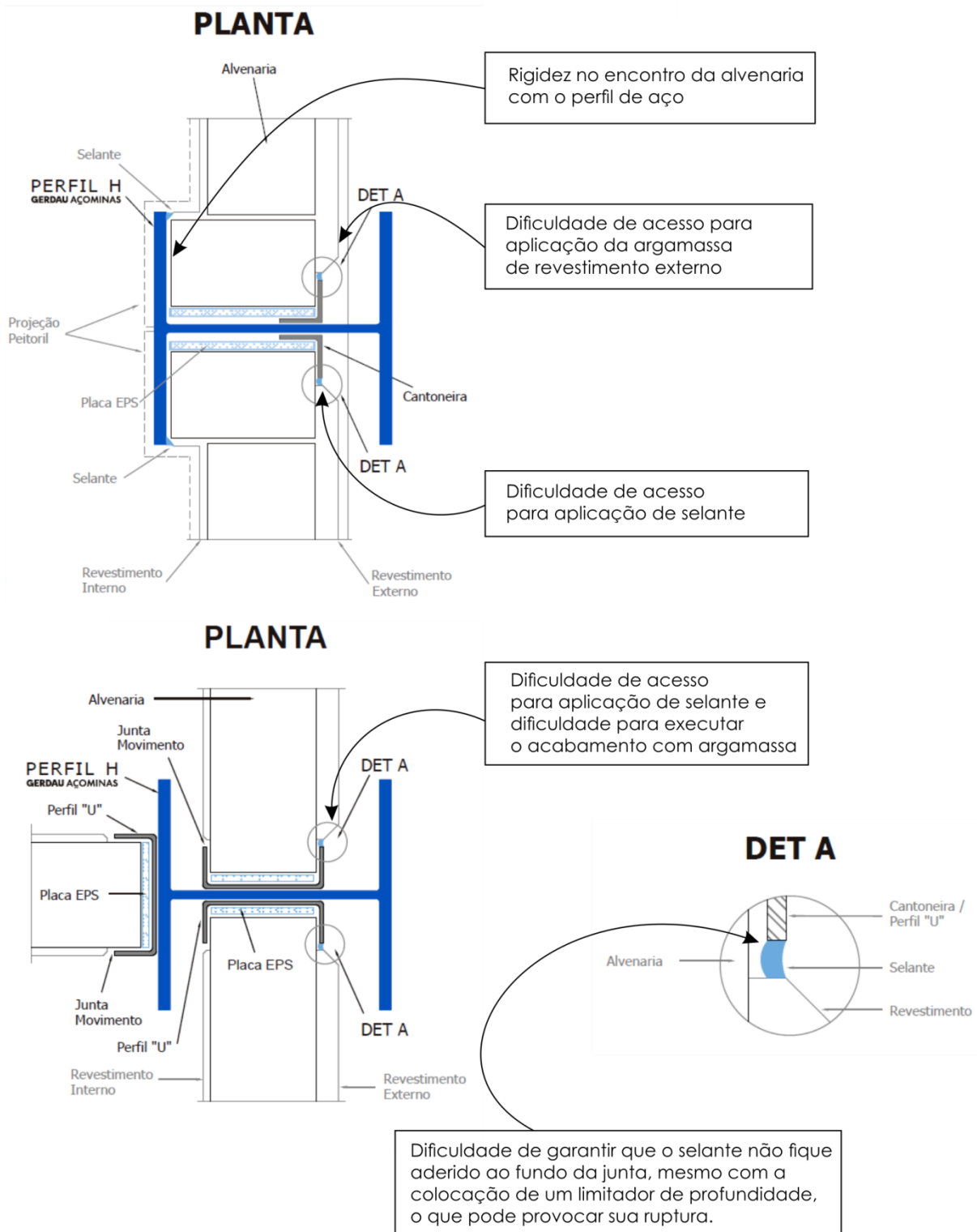


Figura 31- Dificuldades de execução identificadas em detalhes executivos propostos Coelho (2004) para paredes moldadas “in loco”, desvinculadas.

Em função dos casos observados em obras ao longo do desenvolvimento do presente trabalho, notou-se que mesmo dispondo-se de um projeto de alvenaria, alguns problemas patológicos continuaram a ser identificados, colocando em xeque a solução em estrutura de aço. O surgimento de problemas, mesmo depois de tomar diversos cuidados, vem gerando em alguns profissionais a sensação de que a solução construtiva em estrutura de aço para edifícios de múltiplos andares ainda não está plenamente desenvolvida no Brasil e que a mesma requer restrições quanto ao seu emprego. Essa falsa impressão tem ficado marcada em alguns profissionais e empreendedores.

# 3

## RECOMENDAÇÕES PARA PROJETO DE JUNTAS E INTERFACES ENTRE ALVENARIA E ESTRUTURA DE AÇO

---

### 3.1 Considerações preliminares

Neste Capítulo são apresentadas recomendações para projeto de juntas e interfaces entre alvenaria e estrutura de aço.

Essas recomendações foram formuladas a partir da reflexão sobre o estado do conhecimento do assunto no contexto brasileiro, da discussão com profissionais de projeto e execução, do desenvolvimento de alguns projetos de alvenaria para edifícios de múltiplos andares na Universidade Federal de Viçosa e na cidade de Viçosa e do acompanhamento da execução desses projetos.

As recomendações propostas abrangem as seguintes etapas:

**1ª Etapa** – Classificação das alvenarias quanto aos principais parâmetros: continuidade, posicionamento e rigidez dos panos de alvenaria.

**2ª Etapa** - Proposição de recomendações de projeto.

**3ª Etapa** – Proposição de detalhes executivos típicos.

Os detalhes executivos apresentados no presente trabalho foram desenvolvidos tendo-se como base principal alguns detalhes propostos por Coelho (2004) para paredes moldadas “in loco”,

sobre os quais se fez uma avaliação crítica sobre a eficácia de funcionamento estrutural e sobre as dificuldades construtivas. Esse procedimento permitiu uma melhor compreensão sobre o funcionamento das interfaces e juntas, a melhoria de alguns aspectos construtivos observados nos detalhes executivos e, sobretudo, a sistematização de recomendações de projeto para juntas e interfaces.

### 3.2 Classificação dos sistemas de vedação vertical em alvenaria

Os parâmetros propostos se referem a aspectos necessários para a concepção de um projeto de detalhamento de juntas e interfaces. São eles:

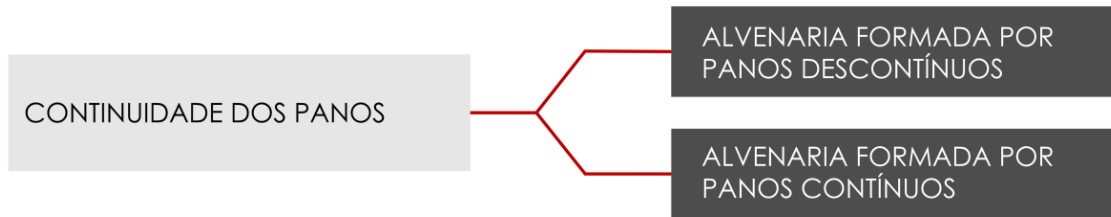
- 1 - continuidade dos panos de alvenaria;
- 2- posicionamento da alvenaria em relação à estrutura;
- 3 - rigidez das ligações alvenaria-estrutura de aço.

Na figura 32 apresenta-se o esquema da classificação proposta.



Figura 32- Classificação das alvenarias segundo os parâmetros de rigidez das ligações, posicionamento em relação à estrutura e continuidade dos panos.

### a) Continuidade dos panos



A continuidade dos panos de alvenaria se relaciona a uma maior ou menor interação entre a alvenaria e a estrutura. A alvenaria formada por panos descontínuos é segmentada por elementos estruturais como lajes ou vigas, sendo a altura dos painéis limitada por esses elementos. Os detalhes apresentados na Figura 33 são baseados em Coelho (2004). As interfaces existentes entre a alvenaria e os elementos estruturais de aço devem ser tratadas de modo a permitir as movimentações diferenciais e a garantir a estanqueidade desses locais.

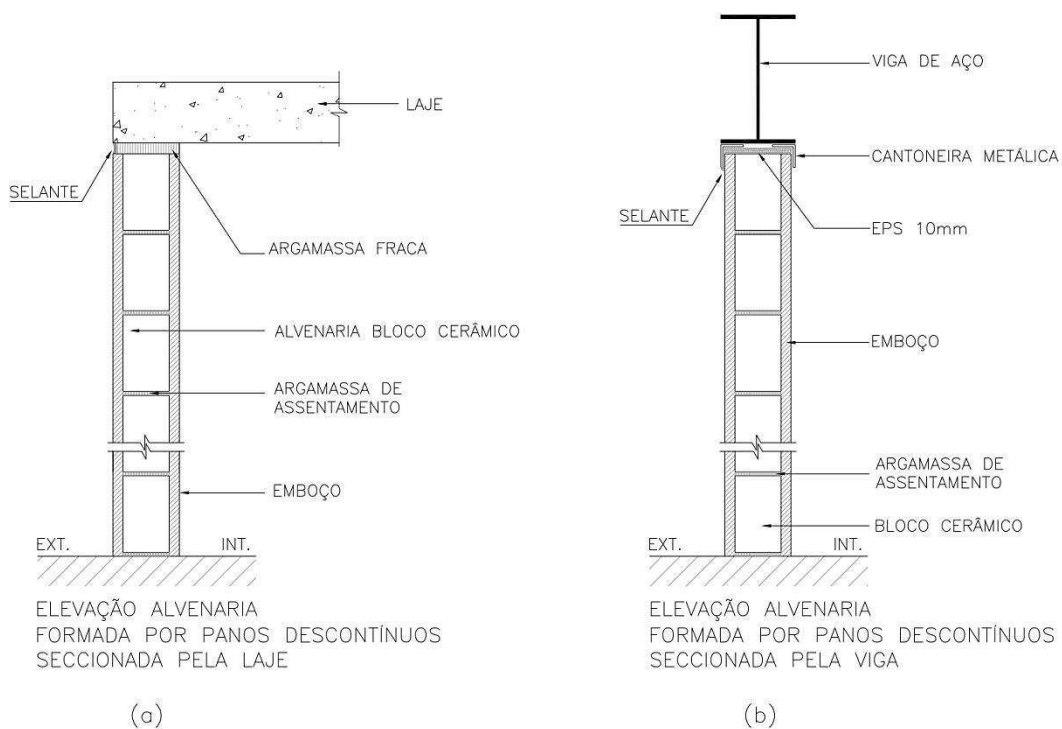


Figura 33 - Alvenarias formada por panos descontínuos, seccionada pela laje (a) ou pela viga metálica (b).

No caso das alvenarias formadas por panos contínuos (Figura 34), ou paredes cortina, os panos de alvenaria se desenvolvem ininterruptamente. Nesta opção, as ancoragens com a estrutura metálica (conectores) e os reforços na alvenaria são indispensáveis. Dependendo da altura dos

panos da alvenaria, pode ser necessário o uso de blocos estruturais. Esta opção praticamente exclui as interfaces, mas é necessário um dimensionamento especial.

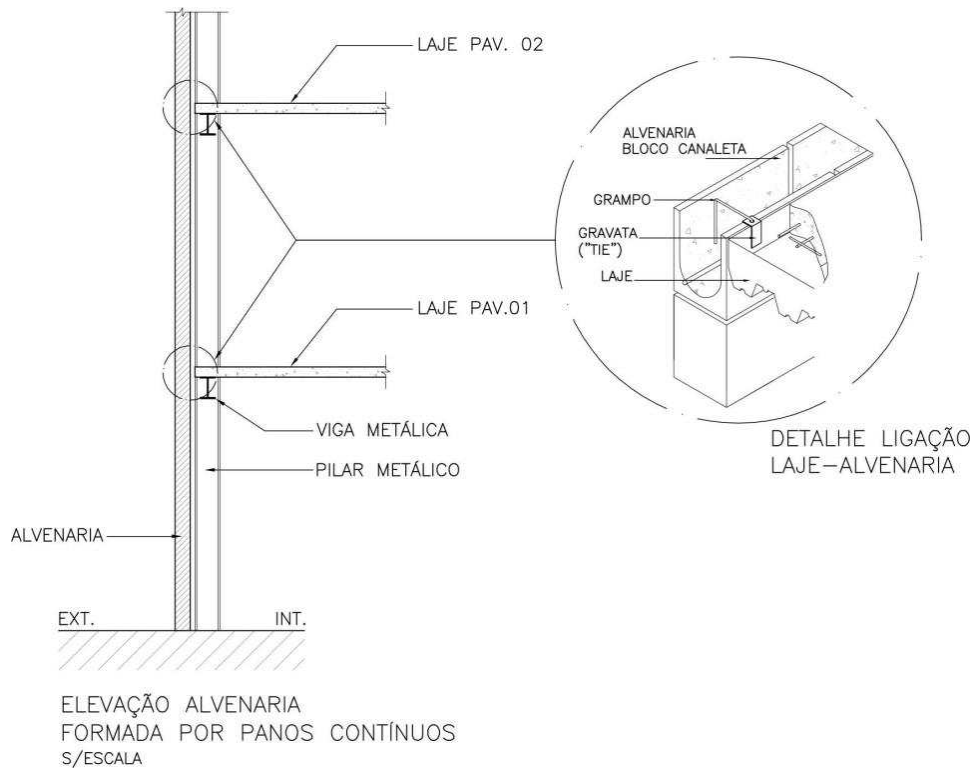
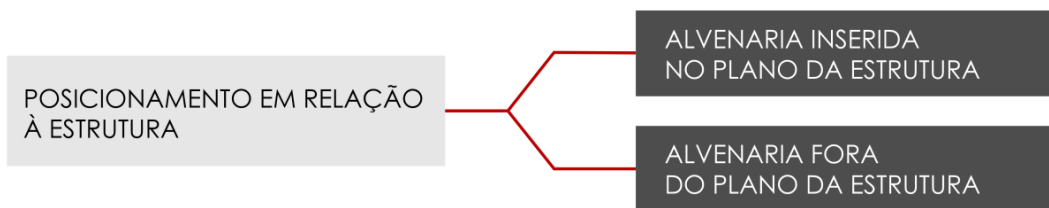


Figura 34- Alvenaria formada por panos contínuos.

#### b) Posicionamento em relação à estrutura



Quanto ao posicionamento em relação à estrutura as opções são a “alvenaria inserida no plano da estrutura” ou a “alvenaria fora do plano da estrutura”. Para esta decisão é importante se ter em mente o aspecto arquitetônico que se deseja obter no edifício.

Nas alvenarias inseridas no plano da estrutura (Figura 35), a alvenaria e a estrutura fazem parte de mesmo plano visual. A estrutura de aço fica evidente no fechamento, intercalada pelos panos de alvenaria, sendo que ambos serão igualmente expostos aos fatores ambientais. Para o sucesso

de projetos de alvenarias inseridas no plano da estrutura é indispensável o tratamento adequado das interfaces.

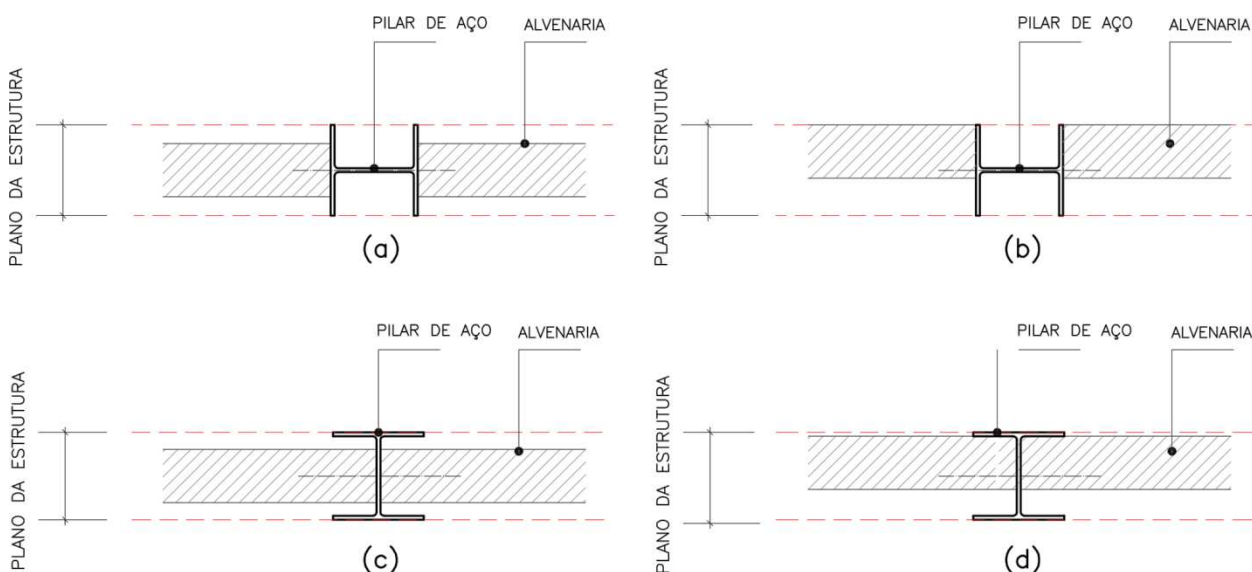


Figura 35- Alvenaria inserida no plano da estrutura; a) alvenaria posicionada no eixo da estrutura, chegando na mesa da coluna de aço, b) alvenaria fora do eixo da estrutura, chegando na mesa da coluna de aço, c) alvenaria no eixo da estrutura, chegando na alma da coluna de aço e d) alvenaria fora do eixo da estrutura, chegando na alma da coluna de aço.

A alvenaria fora do plano da estrutura pode ser externa ou interna à estrutura. A alvenaria posicionada fora do plano – externa (Figura 36 (a)), funciona como uma envoltória para a estrutura (pilares e vigas) que fica visível somente para os usuários no interior da edificação. É uma opção interessante uma vez que a alvenaria irá proteger a estrutura de aço dos agentes externos (insolação, chuva, etc). Quando a alvenaria for posicionada fora do plano e interna à estrutura de aço (Figura 36 (b)), tem-se um forte apelo visual da estrutura. Neste caso, a estrutura fica completamente exposta e a alvenaria é deslocada para dentro da edificação. De certa forma, a estrutura de aço e esse recuo se tornam alguma proteção para a alvenaria. Para essas estruturas expostas é muito importante que os perfis tenham um tratamento adequado e passem por manutenção, de forma a evitar a degradação das peças de aço.

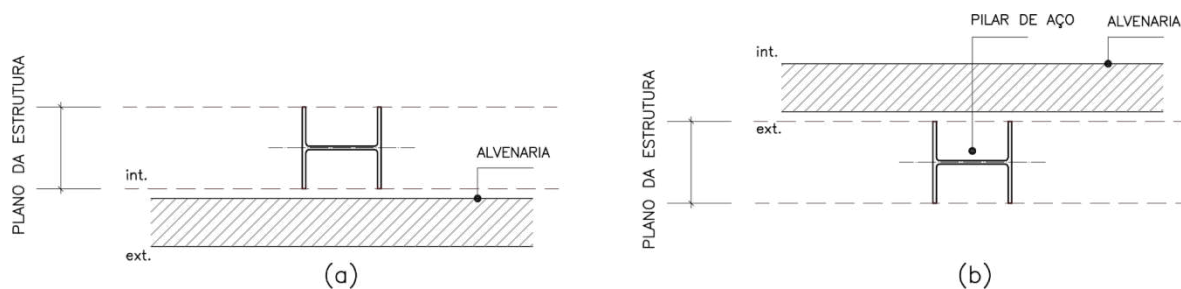
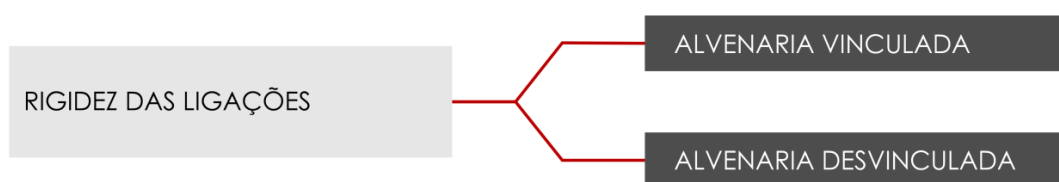


Figura 36 – Alvenaria fora do plano da estrutura; a) alvenaria interna à estrutura, (b) alvenaria externa à estrutura.

Para os casos de alvenaria fora do plano, tanto internas quanto externas à estrutura, deve-se observar a necessidade de conectá-la adequadamente à estrutura ou enrijecê-la com auxílio de outros elementos não-estruturais. Para ambos os casos também há uma redução do número de interfaces quando comparados à alvenaria inserida no plano da estrutura.

#### a) Rigidez das ligações



O parâmetro rigidez das ligações entre alvenaria e estrutura de aço se refere ao grau de vinculação entre esses subsistemas. Essa classificação é apresentada de forma semelhante por Coelho (2004). A alvenaria é considerada vinculada quando está solidariamente ligada à estrutura de aço, em um trabalho conjunto.

Essa ligação solidária pode ser feita por meio de barras de aço em forma de estribo soldadas à estrutura ou segmentos de telas eletrossoldadas. Nestes casos é recomendada a utilização de argamassa fraca expansível no encontro da alvenaria com a estrutura. Se a estrutura sofrer alguma deformação (efeito do vento, efeito térmico, etc), a alvenaria deverá ser capaz de acompanhar essa movimentação. Essa classificação é recomendada para vãos de até 5m.

Na Figura 37 mostra-se um detalhe em planta de uma alvenaria vinculada com uso de tela eletrossoldada para a ligação alvenaria – pilar de aço. A aderência da alvenaria é feita por meio de uma argamassa fraca expansível, responsável pela acomodação do sistema. A tela fixada na estrutura por meio de pinos de aço deve ser posicionada sobre o bloco, com a aplicação de

argamassa de assentamento sobre a tela e o bloco, envolvendo-os. Nas superfícies externas, suscetíveis à entrada de água, deve ser aplicado um selante nos pontos em que a alvenaria toca a estrutura de aço. Quando não há contato com o meio externo, pode ser feito apenas um friso na argamassa nesses locais.

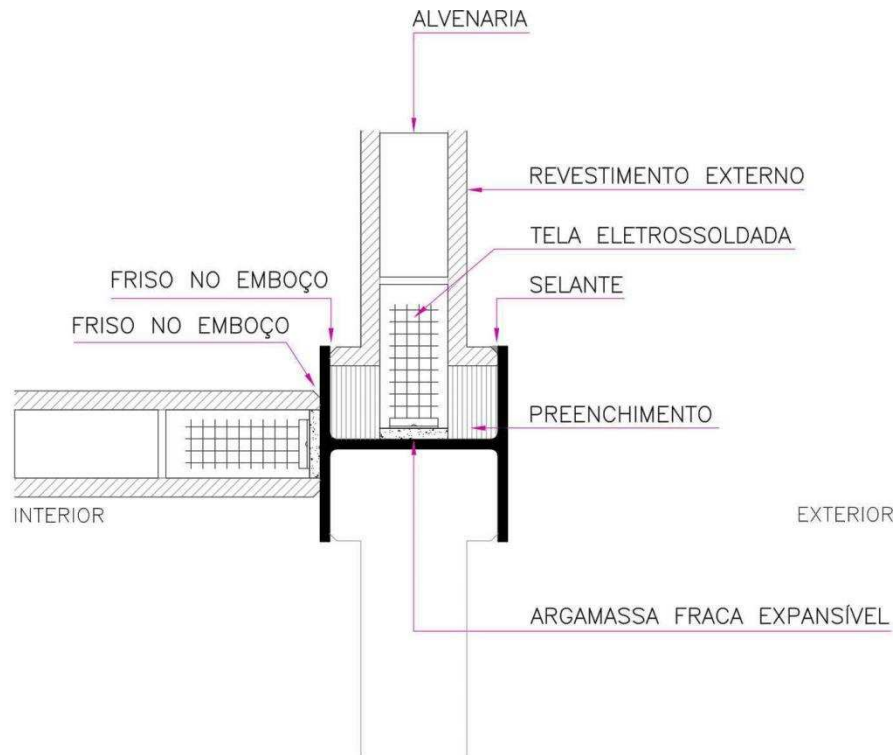


Figura 37 – Detalhe em planta de uma alvenaria vinculada.

Para uma alvenaria desvinculada, a alvenaria e a estrutura de aço não estão ligadas de forma solidária, ou seja, há certa liberdade para que cada uma delas trabalhe separadamente. Quando a alvenaria está contida no plano da estrutura, devem ser previstas juntas de movimentação em todas as interfaces alvenaria-estrutura. Esta junta é composta por um material flexível (geralmente EPS), colocado em contato o perfil de aço, fazendo a transição entre alvenaria e estrutura. Para acomodar o EPS e conter lateralmente a parede, pode ser utilizado um perfil U ou duas cantoneiras de aço. O revestimento da alvenaria deve começar logo após a cantoneira. Nas Figuras 38 e 39 são apresentados detalhes de alvenarias desvinculadas que se posicionam na alma e na mesa do perfil de aço, respectivamente.

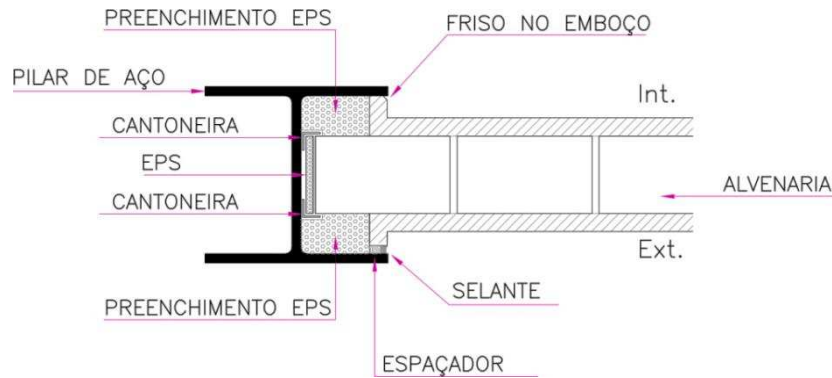


Figura 38 – Alvenaria desvinculada na alma do perfil de aço, sistema de encaixe com cantoneira e EPS.

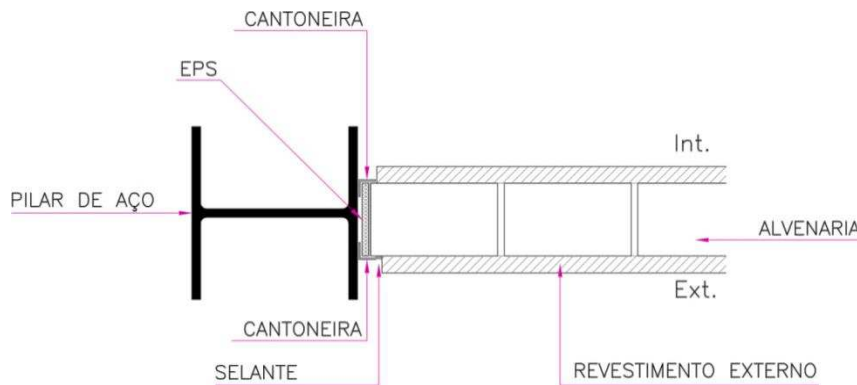


Figura 39 - Alvenaria desvinculada na mesa do perfil de aço, sistema de encaixe com cantoneira e EPS.

Nos casos em que a alvenaria está fora do plano da estrutura, a estrutura de aço não mais contém a alvenaria como nos casos em que ela está contida no plano. Dessa forma, é necessário criar um dispositivo que conecte a alvenaria na estrutura sem criar uma forte vinculação, ao mesmo tempo em que contém a alvenaria lateralmente, evitando que esta possa se deslocar livremente.

Esses dispositivos, conhecidos como “barras de fixação” ou “ferros-cabelo”, são barras de aço soldadas no perfil de aço e inseridas nas camadas de argamassa de assentamento da alvenaria. Essa ligação não deve tornar o conjunto rígido e é essencial para conter a alvenaria no seu plano.

Na Figura 40 mostra-se um exemplo de alvenaria desvinculada fora do plano e na Figura 39 um detalhe de alvenaria desvinculada em um canto. Nestes exemplos, apresentados inicialmente por Coelho (2004), as juntas de movimentação segmentam o pano da alvenaria para acomodar as deformações.

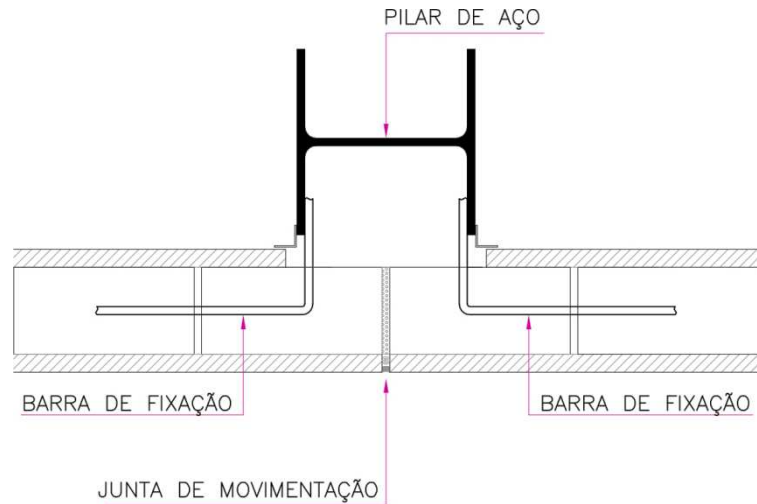


Figura 40 – Alvenaria desvinculada fora do plano da estrutura.

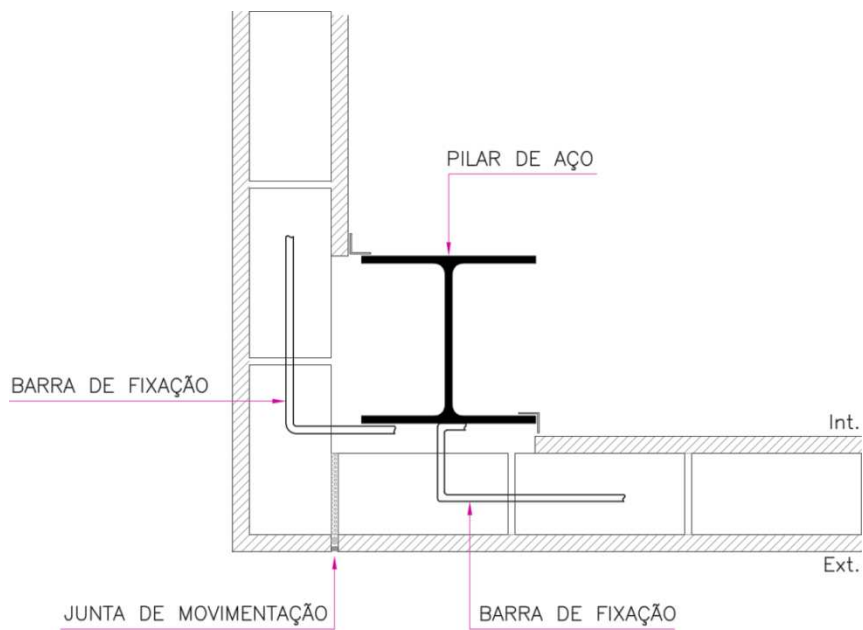


Figura 41 – Alvenaria desvinculada de canto fora do plano da estrutura.

Embora se refiram a aspectos diferentes (a continuidade, o posicionamento e a rigidez), os parâmetros possuem uma relação entre si. A decisão quanto a uma classificação pode determinar ou restringir a classificação quanto a outro parâmetro. Neste estudo foram identificadas quatro soluções possíveis, resultantes da combinação das características definidas na classificação proposta anteriormente para as interfaces alvenaria – estrutura de aço, conforme apresentado na Figura 42.



Figura 42- Combinações possíveis entre as classificações do sistema de vedação vertical.

A seguir são apresentados detalhes esquemáticos das quatro soluções possíveis para sistemas de vedação vertical em alvenaria.

a) Alvenaria formada por panos descontínuos, inserida no plano da estrutura, vinculada

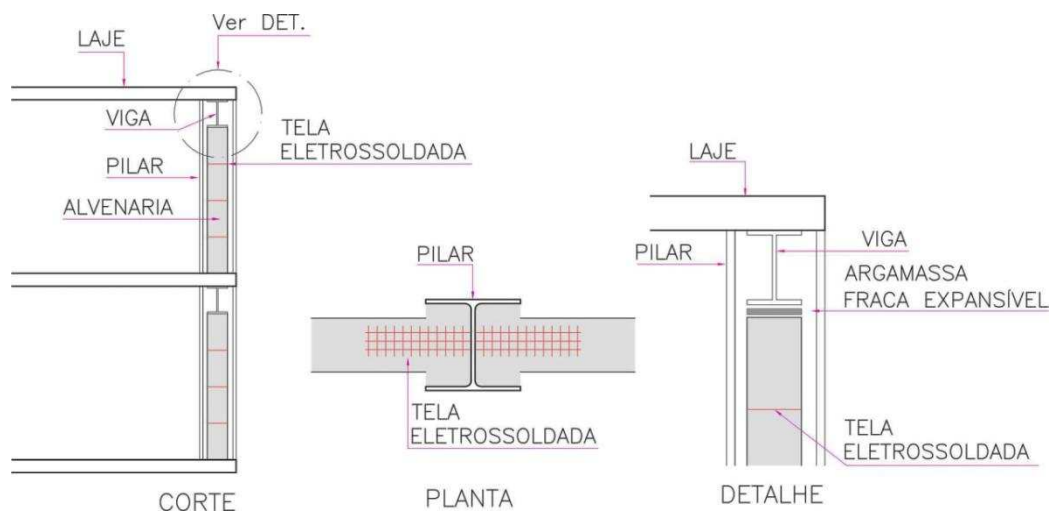


Figura 43- Desenhos esquemáticos de uma alvenaria formada por panos descontínuos, inserida no plano da estrutura, vinculada.

b) Alvenaria formada por panos descontínuos, inserida no plano da estrutura, desvinculada

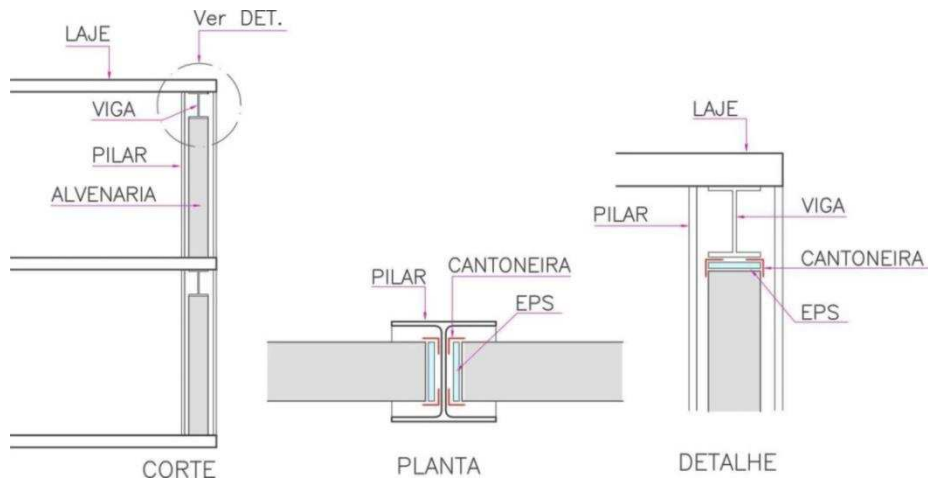


Figura 44 - Desenhos esquemáticos de uma alvenaria formada por panos descontínuos, inserida no plano da estrutura, desvinculada.

c) Alvenaria formada por panos descontínuos, fora do plano da estrutura, desvinculada

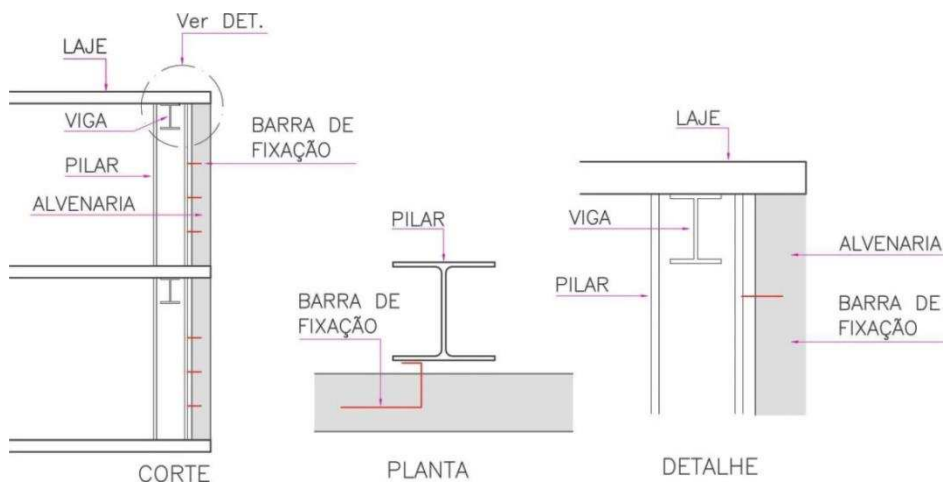


Figura 45 - Desenhos esquemáticos de uma alvenaria formada por panos descontínuos, fora do plano da estrutura, desvinculada.

d) Alvenaria formada por panos contínuos, fora do plano da estrutura, desvinculada

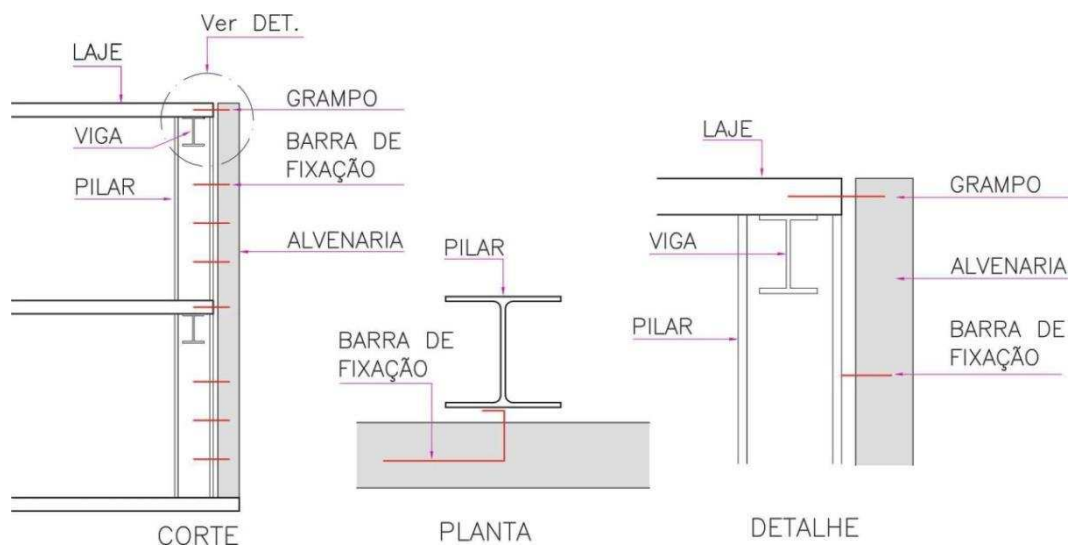


Figura 46 - Desenhos esquemáticos de uma alvenaria formada por panos contínuos, fora do plano da estrutura, desvinculada.

### 3.3 Recomendações gerais para projeto de juntas e interfaces entre alvenaria e estrutura de aço

Independentemente da classificação que uma alvenaria de fechamento possa ter, a seguir são apresentadas algumas recomendações de ordem geral para o projeto de juntas e interfaces entre alvenaria e estruturas de aço.

#### a) Deve-se garantir a independência de trabalho entre alvenaria e estrutura de aço – alvenaria desvinculada

Devido à magnitude dos vãos normalmente utilizados em edifícios de múltiplos andares com estrutura de aço, recomenda-se sempre permitir a independência do trabalho entre alvenaria e estrutura de aço para evitar o surgimento de diferentes tipos de manifestações patológicas.

Em função da reflexão sobre diversos casos de obras observados durante a realização do presente trabalho, chegou-se à conclusão que de que a alvenaria desvinculada é a que permite obter o melhor desempenho quando utilizada como fechamento em estruturas de aço. Este sistema respeita as características intrínsecas de cada material, não ignorando o comportamento diferencial entre eles e reduzindo significativamente a incidência de problemas patológicos.

Portanto, de uma forma geral recomenda-se o uso de alvenaria desvinculada. É um tipo de alvenaria seguro, que permite a utilização de maiores vãos na estrutura e que diminui as chances

do surgimento de manifestações patológicas decorrentes da ligação solidária entre alvenaria e estrutura de aço.

Todas as recomendações e detalhes apresentados neste capítulo se referem à alvenaria desvinculada.

#### **b) Deve-se garantir a estanqueidade das interfaces e das ligações dos elementos de aço**

As interfaces entre alvenaria e estrutura de aço devem ser impermeáveis. A passagem de água é o principal fator de degradação não somente das interfaces, mas do edifício como um todo. Para isso é necessário utilizar materiais impermeáveis nas juntas, interfaces e nos locais suscetíveis à entrada de água.

Os selantes são os materiais mais comuns utilizados no tratamento de juntas e interfaces, conforme mostrado no item 2.6.3. No entanto, em função da observação do comportamento desses materiais em várias obras, pode-se notar que o seu desempenho é frequentemente afetado pela aplicação inadequada e pelo fim prematuro de sua vida útil.

Uma alternativa à utilização dos selantes é o uso de uma manta composta por elastômero de EPDM (etileno - propileno – dieno – monômero) que vem apresentando bons resultados no tratamento de juntas e interfaces.

No contexto brasileiro, a utilização de mantas EPDM para impermeabilização de juntas e interfaces entre alvenaria e estrutura de aço foi desenvolvida de forma pioneira pelo Sr. João Dimas Quirino, técnico de impermeabilização da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). A partir de meados do ano de 2013, esse profissional foi convidado pela Pró-Reitoria de Administração da Universidade Federal de Viçosa (UFV) para participar de todo o processo de implementação do uso de mantas EPDM para o tratamento de juntas e interfaces em algumas obras da Instituição. Esse processo envolveu a sugestão de detalhes construtivos, especificação de materiais e procedimentos executivos que permitiram, por exemplo, o desenvolvimento do projeto de recuperação do Edifício do Centro de Ciências Biológicas II da UFV, apresentado no item 4.5.

A manta EPDM tem a capacidade de impedir a entrada de água nos locais em que é aplicada. Na Figura 47 é possível observar a manta EPDM cortada em faixas e na Figura 48 sua preparação antes de ser aplicada no local.



Figura 47 – Manta EPDM cortada juntamente com a fita de caldeação e adesivo.



Figura 48 – Aplicação da fita de caldeação sobre a manta EPDM antes de ser posicionada no local.

Tanto os selantes quanto a manta EPDM são materiais flexíveis que acomodam as movimentações diferenciais nas interfaces. Essa característica é fundamental para que ambos tenham o desempenho esperado.

Quando se utiliza a manta EPDM nas interfaces, também é necessária a aplicação de uma tela de poliéster juntamente com uma emulsão acrílica para promover sua proteção mecânica. Se a manta for danificada, com algum corte ou perfuração, a impermeabilização neste local estará comprometida.

A aplicação de tela de poliéster e emulsão acrílica também é capaz de impermeabilizar determinados tipos de juntas, onde não há movimentação relativa entre as partes, como no caso de ligações entre elementos de aço que apresentam frestas entre eles. O sistema de impermeabilização formado somente por tela de poliéster e emulsão acrílica possui uma pequena capacidade de deformação, não devendo ser utilizado sem a manta EPDM em juntas e interfaces.

### c) Deve-se prever a existência de juntas de movimentação

As juntas de movimentação são necessárias em regiões estratégicas da alvenaria, onde sua inexistência certamente levaria ao aparecimento de fissuras nos painéis. É um limitador de comprimento, capaz de permitir a movimentação entre eles.

O posicionamento das juntas de movimentação nos painéis de alvenaria deve levar em consideração os limites apresentados pela ABNT NBR 15961-1: 2011 e as posições favoráveis pela configuração do edifício.

Na Figura 49 apresenta-se um detalhe típico em planta de uma junta de movimentação.

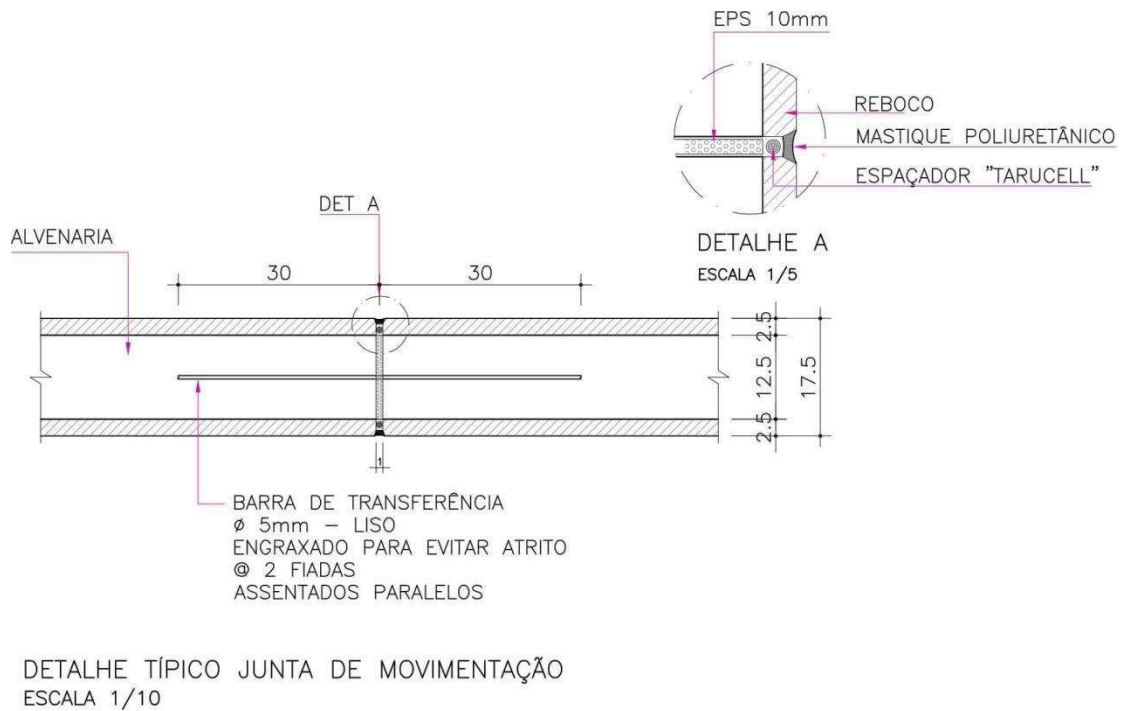


Figura 49 - Detalhe típico de uma junta de movimentação.

Uma recomendação importante para o desempenho de uma junta de movimentação é a existência de barras de transferência, elemento de vinculação que permite o deslocamento de um pano da alvenaria em relação ao outro. Elas devem ser engraxadas na metade do comprimento e passar aproximadamente 30 cm para cada lado da junta. As barras devem ser assentadas paralelas, a cada duas ou três fiadas de blocos.

Durante a elevação da alvenaria, deve-se deixar livre o local onde haverá a junta, sem a presença de argamassa ou blocos (Figura 50), com aproximadamente 1,5cm de largura. A seguir é inserido um material flexível para preenchimento, geralmente EPS (isopor), como mostrado na Figura 51.



Figura 50 – Espaço deixado para a junta de movimentação em uma alvenaria de blocos sílico-calcários.



Figura 51 – Preenchimento do espaço de uma junta de movimentação com placas de EPS em uma alvenaria de blocos de concreto.

Para o acabamento externo da junta, pode-se utilizar selantes ou a manta EPDM. O selante necessita de uma aplicação adequada e respeito à sua vida útil, devendo o mesmo ser substituído de acordo com as instruções do fabricante. Na Figura 52 mostra-se um exemplo de detalhe de uma junta de movimentação com aplicação de selante na superfície externa.

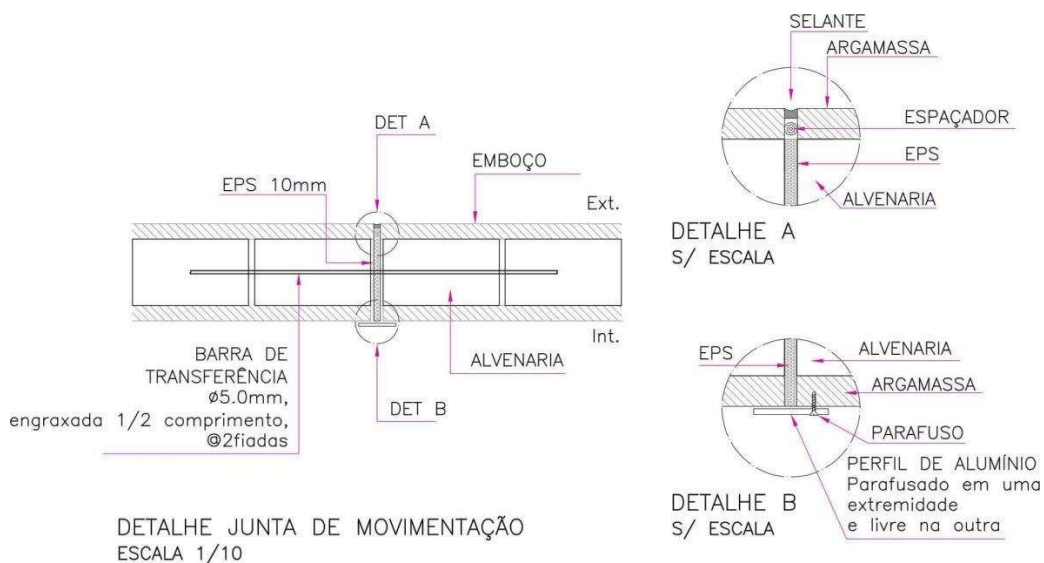


Figura 52 – Detalhe de uma junta de movimentação com a utilização de selante.

No caso da utilização da manta EPDM é necessário preparar as superfícies onde a manta será aplicada e fazer a sequência correta dos procedimentos de aplicação da manta, tela de poliéster e emulsão acrílica. Na Figura 53 apresenta-se um exemplo de um detalhe de uma junta de movimentação com aplicação da manta EPDM na superfície externa.

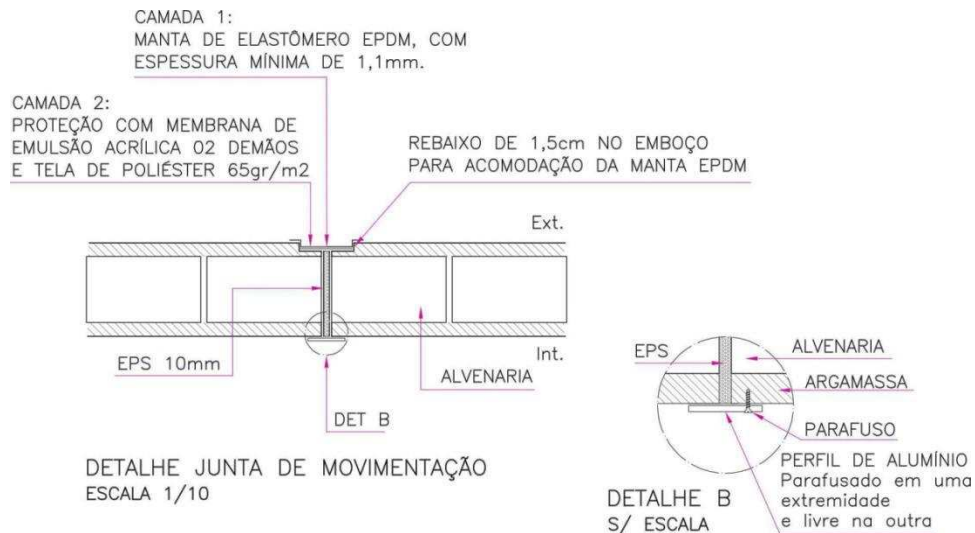


Figura 53 – Detalhe de uma junta de movimentação com a utilização de manta EPDM.

Para a execução adequada de uma junta de movimentação, é necessário fazer um bom acabamento nas superfícies onde será aplicado o selante, que deverão estar regulares e uniformes. Um exemplo de acabamento ruim é demonstrado na Figura 54 e na Figura 55, há o detalhe dessa região após a conclusão do serviço. Nesta figura é possível observar diversas fissuras que surgiram nesse local.



Figura 54 – Superfície irregular de uma junta de movimentação onde será aplicado o selante.

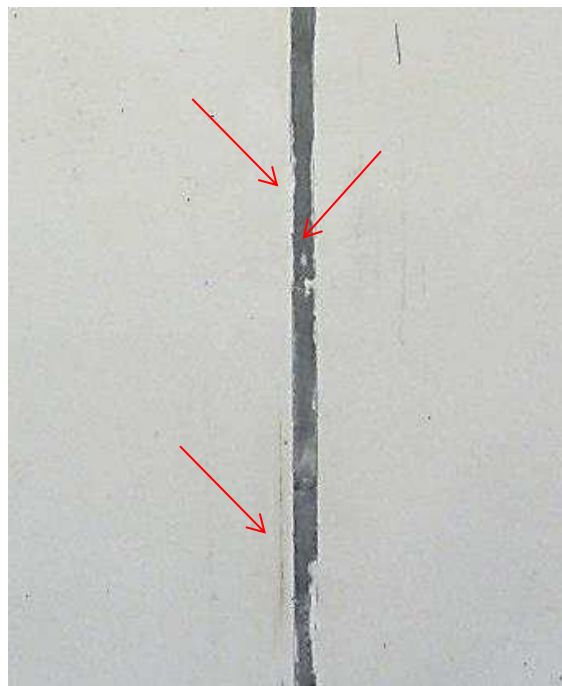


Figura 55 – Fissuras no local da junta de movimentação após a aplicação do selante.

Na figura 56 é mostrada uma junta de movimentação em uma fachada, com aplicação de tinta sobre toda a superfície. É possível identificar as fissuras que surgiram exatamente no local da junta, situação indesejável por se tratar de uma fachada.

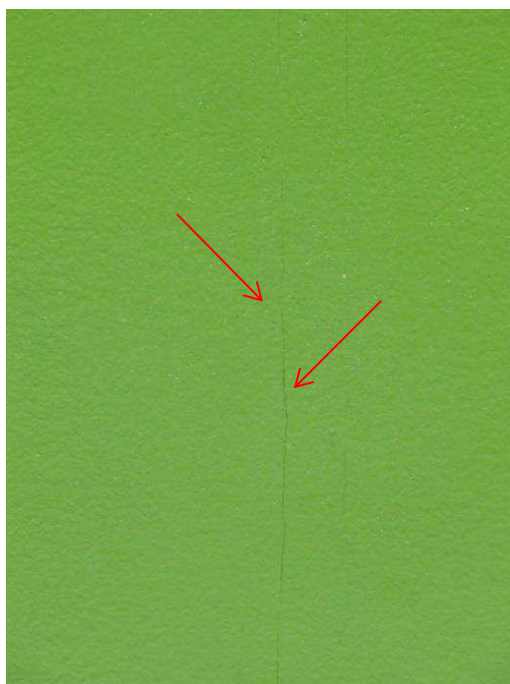


Figura 56 – Junta de movimentação marcada por fissuras na fachada.

O acabamento das juntas de movimentação nos ambientes internos pode ser feito com selante ou um perfil de alumínio, fixado em um dos lados da junta e livre no outro, como demonstrado na Figura 57.



Figura 57 – Perfil de alumínio para acabamento de uma junta de movimentação em uma alvenaria interna do Edifício da Escola de Engenharia da UFMG.

As juntas de movimentação ficarão visíveis nos panos de alvenaria e devem ser consideradas na composição estética do edifício, sobretudo nas fachadas. Na Figura 58 mostra-se uma fachada com revestimento cerâmico, na qual é possível observar os locais onde as juntas de movimentação foram posicionadas.



Figura 58 - Fachada do Edifício da CEAD - UFV, com as juntas de movimentação marcadas.

Mesmo com o uso de revestimentos, o espaço ocupado pela junta de movimentação na superfície deve estar livre de qualquer material que interfira na sua movimentação.

### **3.4 Recomendações para alvenaria formada por panos descontínuos**

A alvenaria formada por panos descontínuos possui seus panos segmentados pela estrutura - lajes, vigas e pilares de aço. Recomenda-se que haja um tratamento especial detalhado no projeto de alvenaria em todas as regiões de encontro alvenaria-aço. Esse detalhamento na alvenaria interna objetiva evitar o aparecimento de fissuras nessas regiões de movimentação. Na alvenaria externa, além de evitar o aparecimento de fissuras, os detalhes devem garantir a estanqueidade.

A alvenaria formada por panos descontínuos pode ser contida no plano ou fora do plano da estrutura.

Na Figura 59 apresentam-se detalhes de alvenaria formada por panos descontínuos, fora do plano da estrutura. Nestes casos, a alvenaria é segmentada pela laje e recomenda-se a utilização de uma argamassa fraca entre a alvenaria e a face inferior da laje para acomodar as movimentações que possam ocorrer. Deve-se garantir a impermeabilidade dessa região, seja com a aplicação de selante (Figura 59-a) ou com a manta de elastômero EPDM e emulsão acrílica (Figura 59-b).

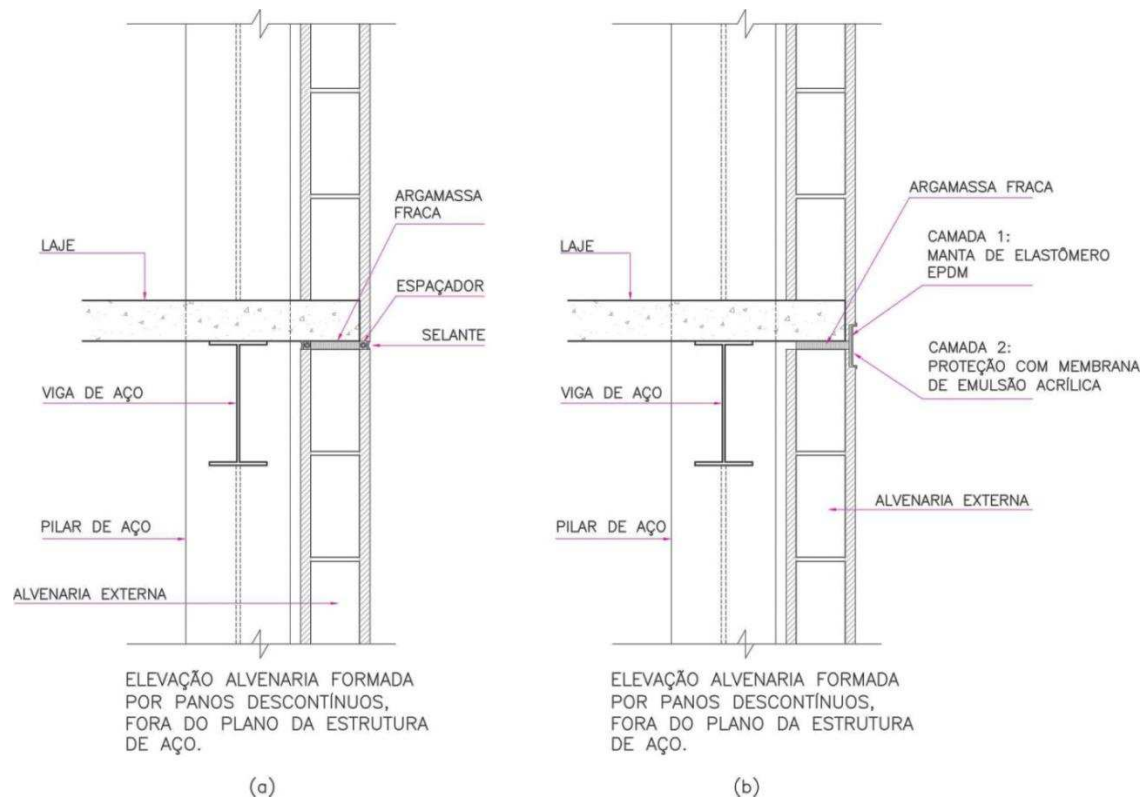


Figura 59- Alvenaria formada por panos descontínuos fora do plano da estrutura de aço: sendo (a) com a utilização de selante e (b) com manta EPDM.

A alvenaria formada por panos descontínuos fora do plano é uma solução interessante, uma vez que os panos de alvenaria não ficam tão extensos e solicitados para ser necessário um cálculo estrutural, como no caso de panos contínuos. Nestes casos também não há o contato direto do aço com a alvenaria, evitando as interfaces críticas.

Quando a alvenaria formada por panos descontínuos é contida no plano da estrutura, o número de interfaces a serem tratadas é maior e a estrutura de aço fica visível nas fachadas. Na Figura 60 apresentam-se detalhes de alvenaria formada por panos descontínuos no plano da estrutura. A alvenaria é segmentada pela viga de aço e, nesses locais de encontro, recomenda-se fazer um sistema de encaixe formado por cantoneiras de aço e EPS. É indispensável que na face externa da alvenaria essa interface seja impermeável, podendo-se utilizar algum selante (Figura 60-a), ou a manta de elastômero EPDM (Figura 60-b).

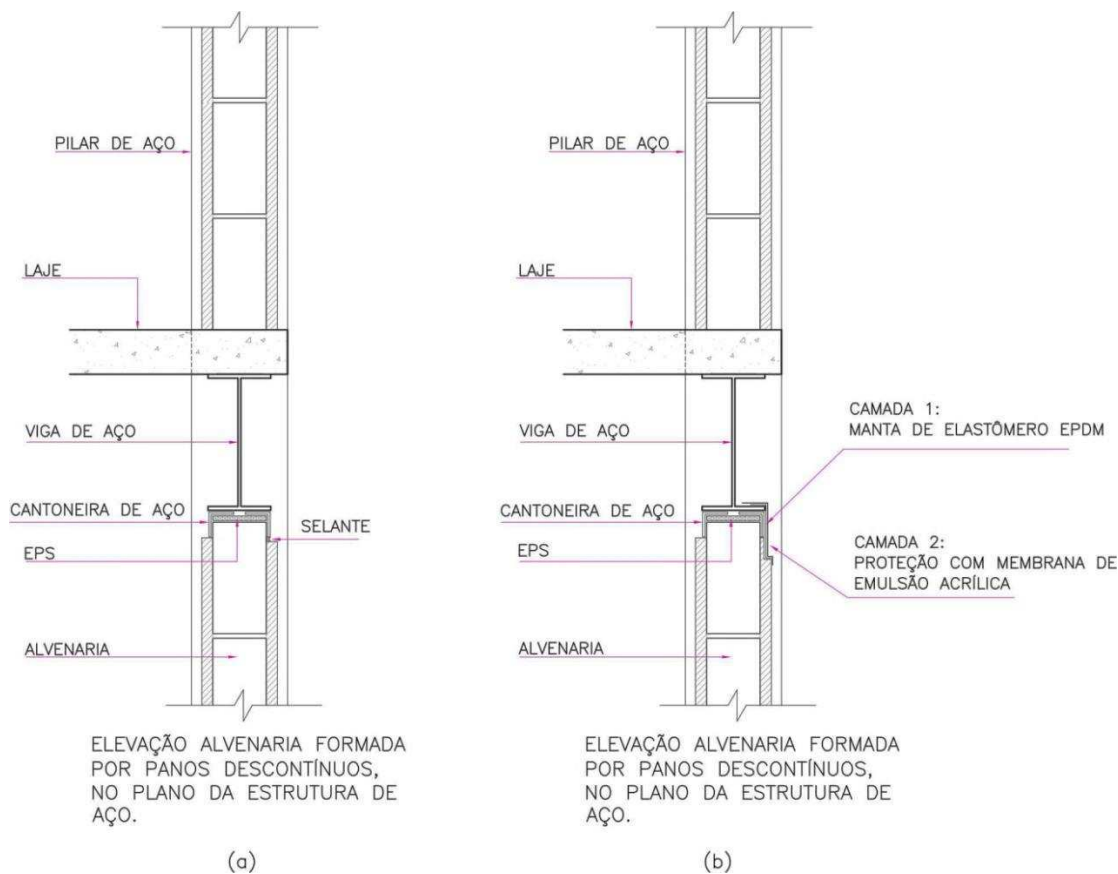


Figura 60 - Alvenaria formada por panos descontínuos no plano da estrutura de aço, sendo (a) com a utilização de selante e (b) com manta EPDM.

### 3.5 Recomendações para alvenaria formada por panos contínuos

A alvenaria formada por panos contínuos em edifícios de múltiplos andares de aço possui panos de alvenaria com grandes dimensões. Esses panos revestem a estrutura de aço sem serem segmentados por ela e devem ser dimensionados para suportar o peso próprio da alvenaria e as ações devidas ao vento. Os baldrames, que apoiam essas paredes, também devem ser calculados para suportá-las.

É necessário também prever uma ligação entre os elementos estruturais e a alvenaria. Essa ligação deve impedir que a alvenaria possa se deslocar livremente, mas sem provocar um enrijecimento do conjunto.

A ligação entre as paredes e a estrutura de aço pode ser feita através de barras de fixação (ferrocabalo) e, no nível das vigas e lajes, podem ser utilizados conectores fixados nesses elementos e inseridos na alvenaria (gravatas). Na Figura 61 mostram-se detalhes de uma alvenaria formada por panos contínuos. Como os blocos de concreto utilizados nesta alvenaria possuem os furos na

vertical e não há superfície nos blocos para o apoio das barras de transferência, estas foram imersas nos furos dos blocos grauteados.

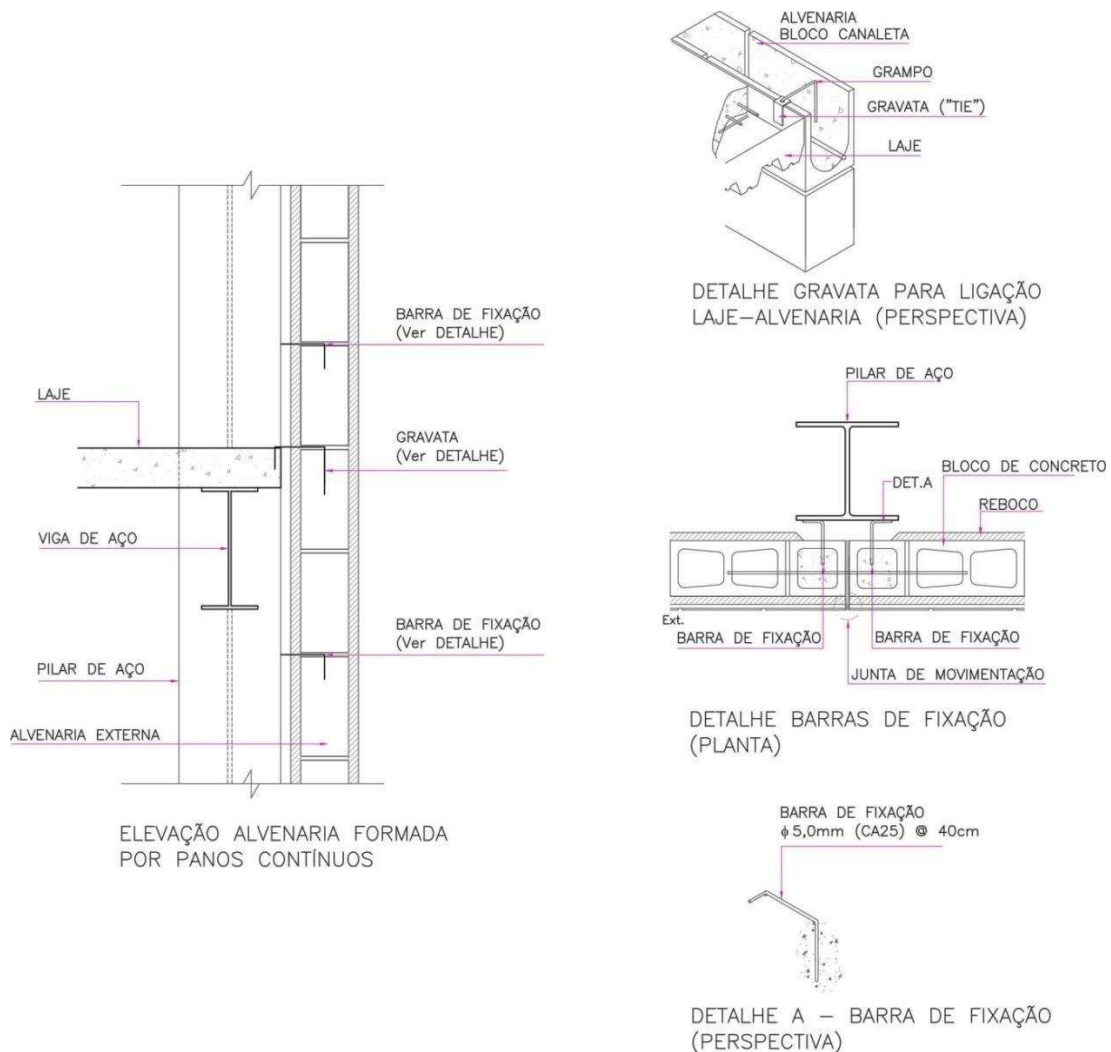


Figura 61 – Detalhes alvenaria formada por panos contínuos.

Para panos contínuos é recomendável a utilização de blocos estruturais, uma vez que a alvenaria necessita responder sozinha por seu peso próprio, cargas acidentais e ventos, sem utilizar para isto a capacidade resistente da estrutura de aço.

Reforça-se nestes casos a importância de se deixar um pequeno espaçamento entre a alvenaria e estrutura (aproximadamente 2 cm), para evitar o surgimento de fissuras no contato.

A alvenaria formada por panos contínuos é sempre fora do plano e desvinculada.

### 3.6 Recomendações para alvenaria inserida no plano da estrutura

Nos casos em que a alvenaria é inserida no plano da estrutura, todas as interfaces entre alvenaria e estrutura de aço devem possuir um detalhamento especial. Os objetivos principais deste detalhamento são novamente acomodar as movimentações entre alvenaria e estrutura de aço e impedir a entrada de água.

Não é recomendável o assentamento da alvenaria diretamente nas peças de aço. O contato direto entre eles certamente levará ao aparecimento de fissuras. Recomenda-se, para esses casos, fazer um sistema de encaixe entre a alvenaria e estrutura. Para a execução desse sistema de encaixe, utilizam-se cantoneiras de aço soldadas no perfil de aço. Essas cantoneiras acomodam o EPS (material deformável) e recebem os blocos da alvenaria, sendo importante que suas abas tenham dimensões suficientes para isso.

Após a solda das cantoneiras, recomenda-se que a região queimada pela solda deve ser tratada e protegida contra corrosão.

Na Figura 62 mostra-se um detalhe de uma alvenaria no plano da estrutura, posicionada na mesa do perfil, onde foi executado este sistema de encaixe.

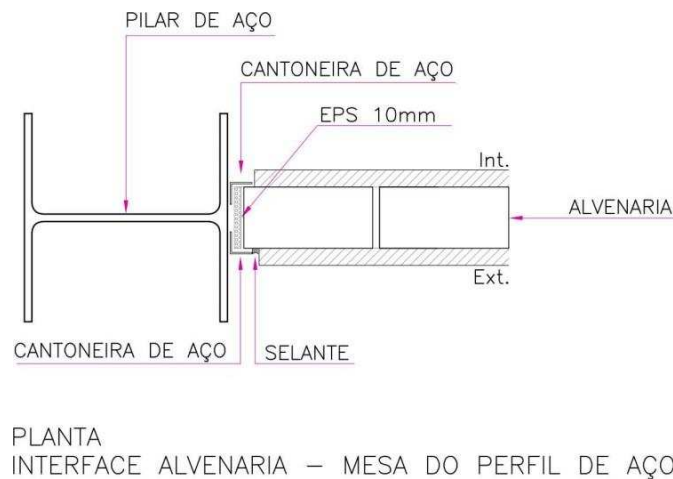


Figura 62 – Detalhe da interface entre alvenaria externa e mesa do pilar de aço.

Na Figura 63, mostra-se um detalhe de uma alvenaria no plano da estrutura, posicionada na alma do perfil, onde foi também proposto o sistema de encaixe formado por cantoneiras de aço e EPS.

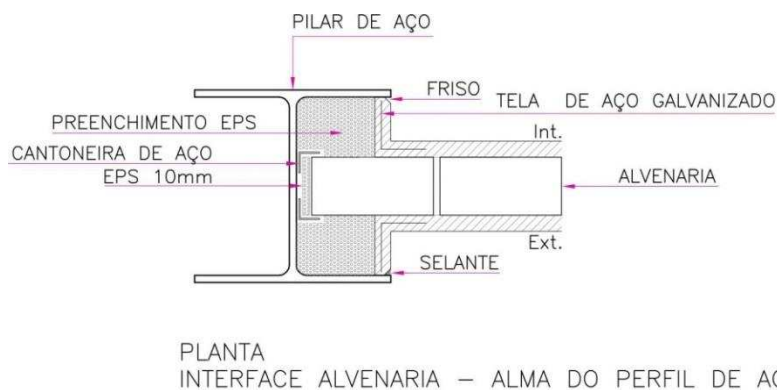


Figura 63- Detalhe da interface alvenaria externa – alma do pilar de aço.

Recomenda-se que a argamassa de revestimento da alvenaria não seja aplicada sobre as cantoneiras. O acabamento em quina é recomendável, uma vez que o contato da argamassa com a cantoneira é mínimo e esconde o local propenso a fissura. No acabamento externo das interfaces, é indispensável a aplicação de selantes ou manta EPDM.

Pode ocorrer que no encontro da alvenaria com a alma de perfil de aço fique um pequeno espaço entre a alvenaria e a face interna da mesa desse perfil. Esse espaço dificulta ou mesmo impossibilita o acabamento no local da interface, seja apenas com o uso de argamassa ou com a aplicação de selante. Também é indesejável a ocorrência desses pequenos espaços vazios, que ficam visualmente mal acabados, propensos ao acúmulo de sujeira e inacessíveis.

Para evitar esta ocorrência, recomenda-se a execução do sistema de encaixe e o preenchimento do espaço livre com um material que vede e não enrijeça essa região, como o EPS. A argamassa de revestimento deve ser utilizada com um aditivo para aderência e feita sobre esse preenchimento, sendo recomendável o uso de tela galvanizada para combater a retração. No acabamento interno dessa argamassa pode-se fazer um friso na área de contato com a mesa do perfil e, no acabamento externo, deve ser aplicado um selante ou manta EPDM.

As alvenarias inseridas no plano da estrutura de aço devem ser utilizadas quando é interessante o efeito estético da estrutura de aço nas fachadas e quando se tem condições de fazer o tratamento adequado em todas as interfaces.

### 3.7 Recomendações para alvenaria fora do plano da estrutura

Nos casos em que a alvenaria está fora do plano da estrutura é importante deixar um pequeno espaço livre entre a alvenaria e a estrutura, sendo 2 cm suficientes. Esse espaço evita o contato do aço com a alvenaria e conseqüentemente o surgimento de fissuras neste local. Para o acabamento desse espaço vazio podem-se usar cantoneiras, sendo uma das abas soldada ou colada no perfil de aço e a outra ocultando o espaço vazio, sem contato com alvenaria (aba livre).

A ligação entre os pilares de aço e a alvenaria é feita por barras de fixação. Essa ligação não torna o sistema vinculado mas impede o deslocamento horizontal da alvenaria. Essas barras devem ser soldadas no perfil de aço e inseridas na argamassa de assentamento dos blocos, a cada duas ou três fiadas. Essa solução é apresentada e detalhada por Coelho (2004).

Na Figura 64 apresenta-se um detalhe de uma alvenaria fora do plano. Na Figura 64, há um detalhe de uma alvenaria de canto fora do plano. Em ambos os detalhes pode-se observar o espaçamento deixado entre a alvenaria e o perfil e a posição das barras de fixação.

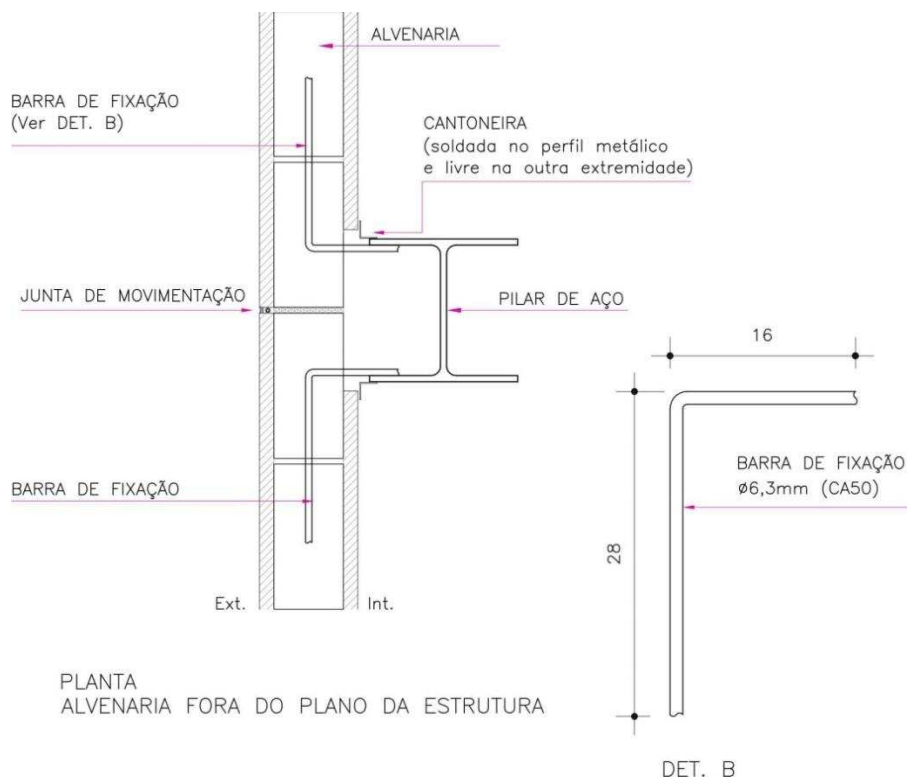


Figura 64 – Detalhe de uma alvenaria fora do plano da estrutura, adaptada a partir de Coelho (2004).

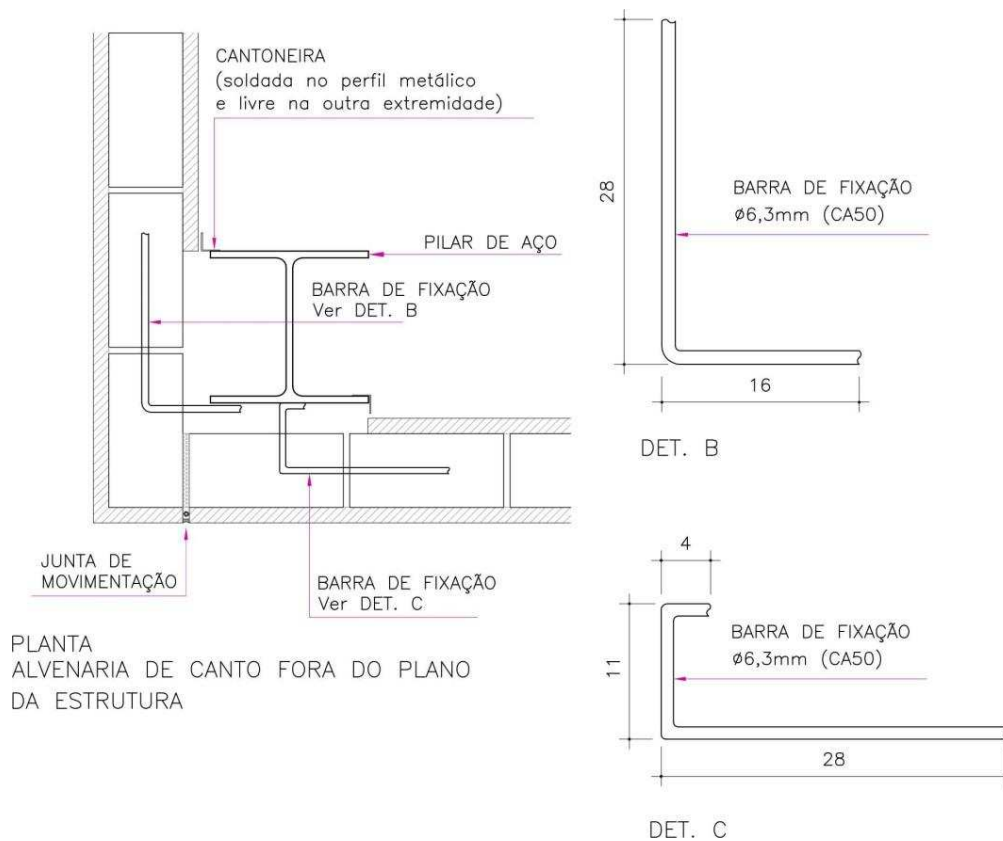


Figura 65 – Detalhe de uma alvenaria de canto fora do plano da estrutura, adaptada a partir de Coelho (2004).

É interessante posicionar as juntas de movimentação próximas aos pilares de aço. Dessa forma, não é necessário utilizar barras de transferência nas juntas.

Uma vez que as barras de fixação podem ficar expostas ao meio ambiente nesse tipo de ligação, é natural ocorrer corrosão nesses elementos. Para evitar o surgimento dessa manifestação patológica, recomenda-se que todas as barras de fixação utilizadas na ligação entre alvenaria e estrutura de aço devem receber proteção contra corrosão.

Quando a alvenaria é fora do plano da estrutura limita-se o número de interfaces a serem tratadas. Conseqüentemente, a execução da alvenaria é facilitada e diminuem as chances de manifestações patológicas típicas do contato entre alvenaria e estrutura de aço.

# 4 ESTUDOS DE CASO

---

Os casos de projetos apresentados a seguir são exemplos que subsidiaram a definição das recomendações para projeto e detalhamento de juntas e interfaces propostas por este trabalho. Para cada caso demonstrado, são analisadas as etapas de desenvolvimento do projeto de alvenaria (decisão por cada parâmetro), execução e conclusão. Os casos relatados são edifícios de múltiplos andares em estrutura de aço, com fechamento em alvenaria, localizados no campus de Viçosa da Universidade Federal de Viçosa e na cidade de Viçosa.

## 4.1 Considerações preliminares

Neste capítulo apresentam-se alguns estudos de caso sobre sistemas de vedação vertical em alvenaria para edifícios de múltiplos andares em estrutura de aço. Nos cinco casos apresentados, a autora teve algum tipo de participação, desde membro da equipe de desenvolvimento, até responsável técnica pelo projeto.

Dos estudos apresentados neste capítulo, três se referem a edifícios localizados no campus de Viçosa (MG) da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Nestes três casos a alvenaria foi executada a partir de um projeto executivo específico. O quarto caso se refere à recuperação de interfaces e juntas de outro edifício, também localizado no campus de Viçosa da UFV. Por último, apresenta-se o quinto caso, que se refere ao sistema de vedação vertical do Edifício de Educação e Serviço Social da Igreja Presbiteriana de Viçosa, localizado na cidade de Viçosa.

Para cada estudo de caso, faz-se uma breve discussão do edifício, seguida da apresentação dos aspectos relevantes do projeto de alvenaria e de aspectos da execução. Em todos os casos destacam-se as soluções das juntas e interfaces adotadas em projeto e seus respectivos detalhes de execução.

A reflexão crítica sobre as dificuldades de projeto e execução dos sistemas de vedação vertical externa em alvenaria apresentadas neste capítulo foi fundamental para a sistematização das recomendações para projeto e detalhamentos de juntas e interfaces propostas no Capítulo 3.

## 4.2 Edifício dos Laboratórios de Engenharia – LBE

### 4.2.1 Descrição do edifício

O Edifício dos Laboratórios de Engenharia foi projetado no ano de 2009 e atualmente está em sua fase final de execução. É uma edificação de aproximadamente 4.800 m<sup>2</sup>, composta por três pavimentos nos quais se localizam laboratórios leves e pesados, salas de aula, gabinetes de professores, secretarias, salas de reunião e um auditório. O edifício, em formato “L”, se conecta por meio de uma caixa de escada ao Edifício do CCE (Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas), formando um complexo que atenderá a cursos de engenharia da Universidade.

Na Figura 66 apresenta-se uma imagem de uma maquete eletrônica que é parte integrante do projeto arquitetônico do Edifício dos Laboratórios de Engenharia. Na Figura 67 é mostrada a planta baixa esquemática do primeiro pavimento do edifício.



Figura 66 – Imagem da maquete eletrônica do Edifício dos Laboratórios de Engenharia.

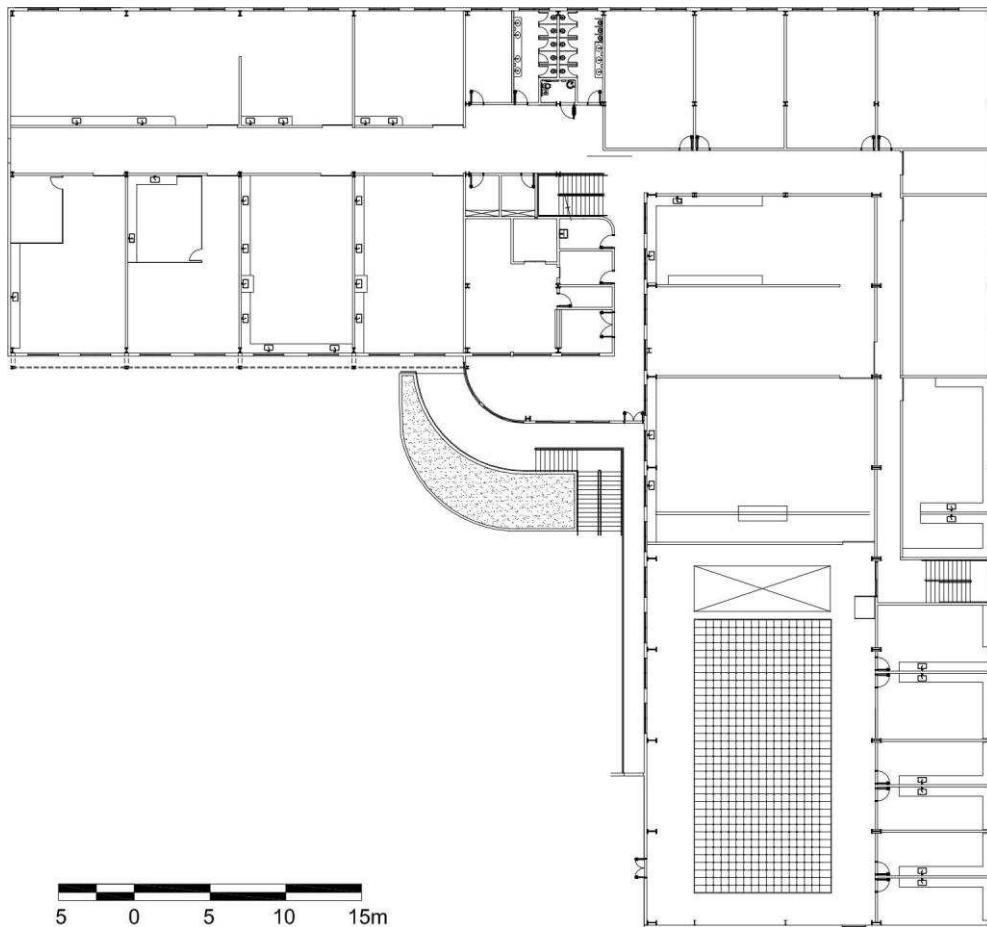


Figura 67 – Planta do primeiro pavimento do Edifício LBE.

#### 4.2.2 Características da estrutura

A estrutura de aço do Edifício dos Laboratórios de Engenharia é composta por perfis laminados Açominas e perfis soldados em aço ASTM A572 grau 50. Os pilares de aço estão dispostos a cada 6 m e as lajes são do tipo *steel deck*. A alvenaria atua como vedação, enquanto as lajes de *steel deck* se apoiam nas vigas de aço que descarregam nas colunas, liberando a alvenaria de absorver esses esforços. Na Figura 68 mostra-se a estrutura de aço concluída, antes do início da execução da alvenaria.



Figura 68 – Aspecto geral da estrutura de aço do Edifício LBE

### 4.2.3 Aspectos relevantes do projeto de alvenaria

A primeira versão do projeto de alvenaria para o Edifício dos Laboratórios de Engenharia foi desenvolvida pelo Engenheiro Roberto de Araújo Coelho. Neste projeto considerou-se uma alvenaria formada por panos contínuos (parede cortina), posicionada fora do plano da estrutura e desvinculada da mesma. O componente básico desta alvenaria era o tijolo cerâmico laminado com 21 furos. No momento em que a empresa contratada recebeu a autorização para a execução da alvenaria, chegou-se à conclusão de que não havia fabricante no Brasil capaz de fornecer a quantidade de tijolos necessários, dentro do prazo requerido no cronograma da obra e que a execução da alvenaria era fundamental para a liberação de diversos outros serviços. Em função disto, a UFV decidiu por desenvolver um novo projeto de alvenaria, seguindo os mesmos princípios do projeto inicial, mas adotando o bloco estrutural de concreto de resistência característica de 4,5MPa como componente básico da alvenaria.

Desde sua concepção arquitetônica, o sistema de vedação vertical foi idealizado como uma alvenaria formada por panos contínuos (parede cortina), fora do plano da estrutura e desvinculada, de forma que a estrutura de aço fosse encoberta pela alvenaria. A intenção projetual foi a proteção da estrutura pelo sistema de fechamento a fim de se prevenir a ocorrência

de manifestações patológicas ligadas à corrosão provenientes da exposição ambiental de elementos estruturais de aço. Além da importância em se proteger a estrutura do edifício contra intempéries, desenvolveu-se o conceito arquitetônico da estrutura de aço não aparente revestida por sistemas de fechamento em alvenaria.

No projeto de alvenaria constam as elevações de todos os panos de alvenaria e as plantas baixas com a paginação dos blocos. Nos desenhos são apontados os locais e os respectivos detalhes a serem consultados durante a execução. Também foram calculados e especificados no projeto as taxas de armadura e os reforços necessários.

Para representação gráfica do projeto de alvenaria utilizou-se a base gráfica do software ALVMOD, programa desenvolvido no Setor de Estruturas do Departamento de Engenharia Civil da UFV.

Para garantir a ligação da alvenaria com a estrutura metálica, foram propostas ligações com os pilares de aço por meio de barras de fixação, soldadas no perfil metálico. Nos níveis das lajes, foram utilizados grampos (*ties*) Esses grampos foram encaixados em elementos metálicos chamados gravatas (colocados no *steel deck* durante a concretagem) e inseridos na alvenaria (blocos tipo canaleta).

O projeto completo é composto por oito desenhos de plantas (primeira e segunda fiadas de cada pavimento), elevações de todas as paredes e 32 detalhes, que totalizaram 32 pranchas no formato A1 estendido.

Nas Figuras 69 a 71 apresentam-se alguns desenhos do projeto de alvenaria do LBE.

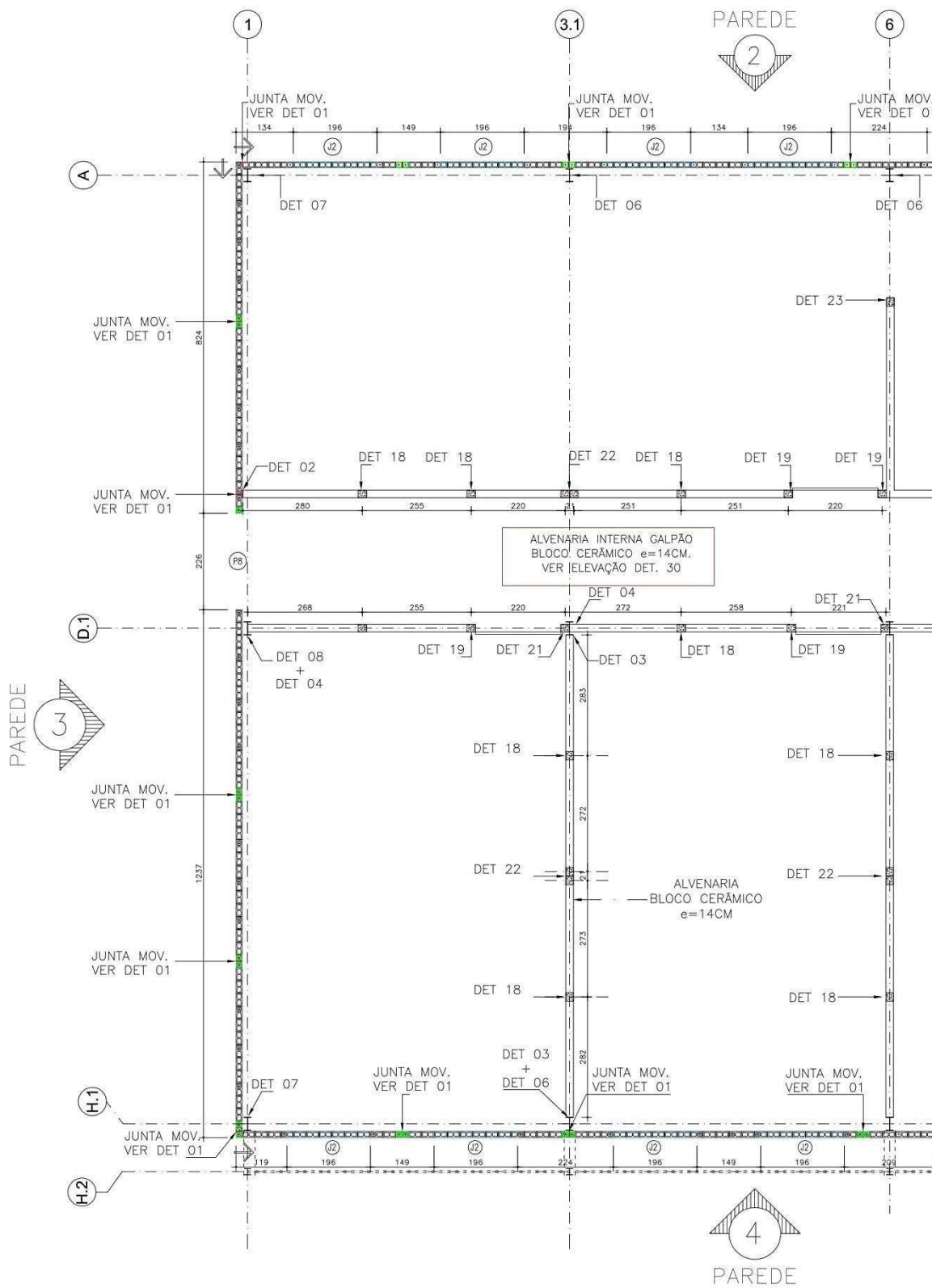


Figura 69 – Planta parcial do pavimento 01 integrante do projeto de alvenaria do LBE.

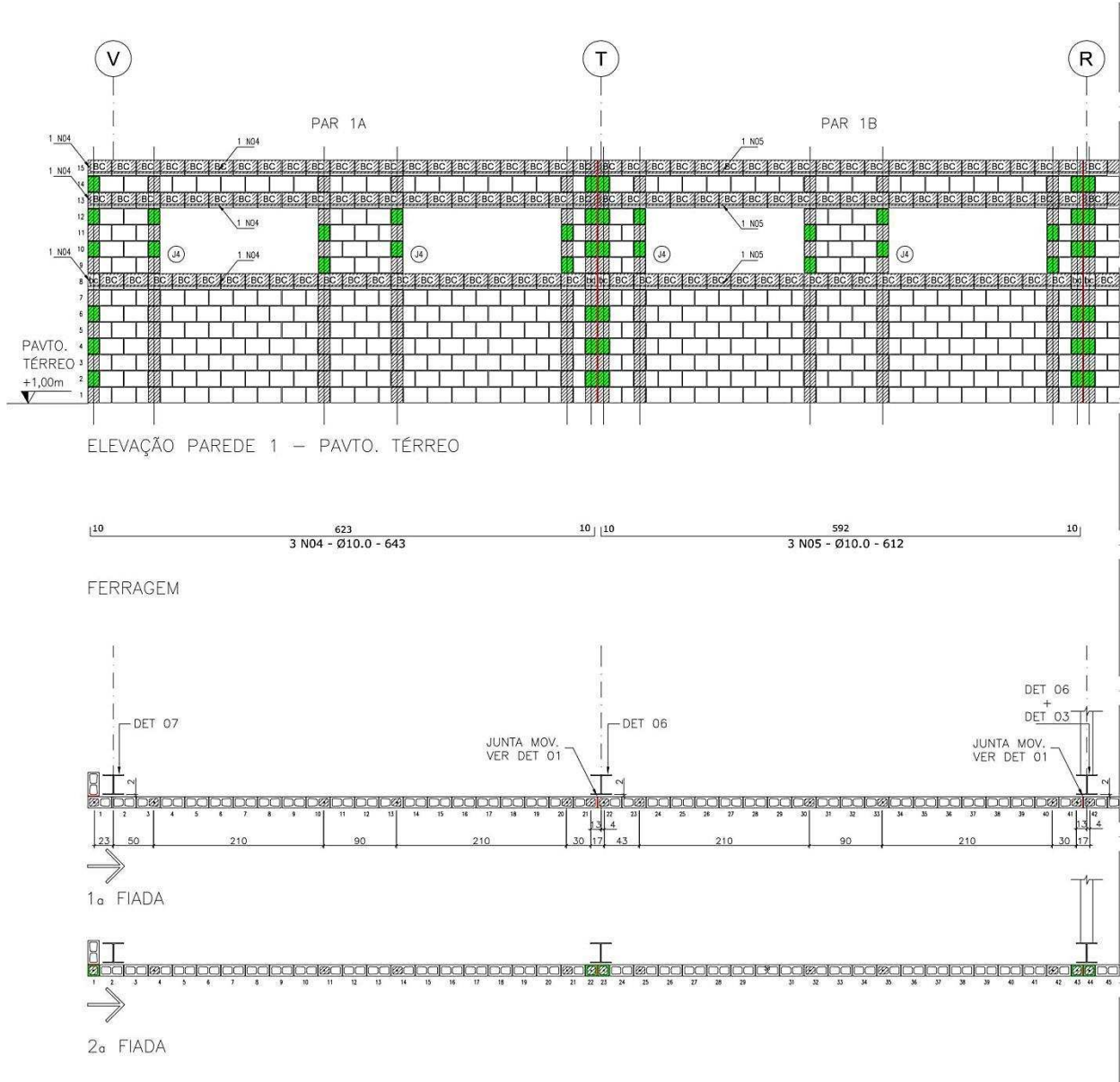
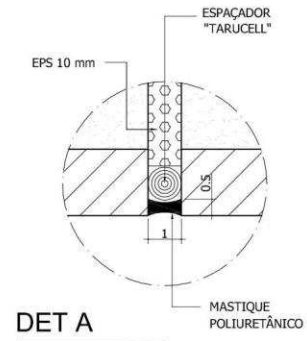
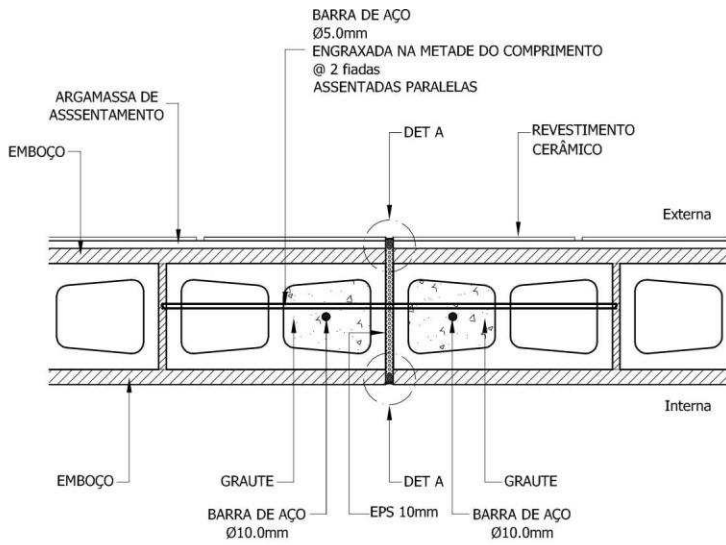
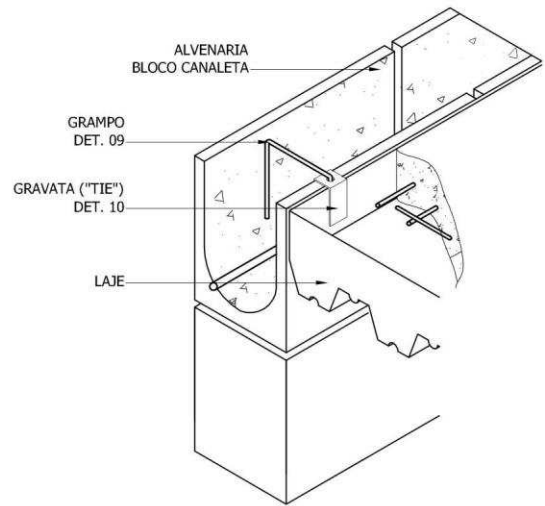
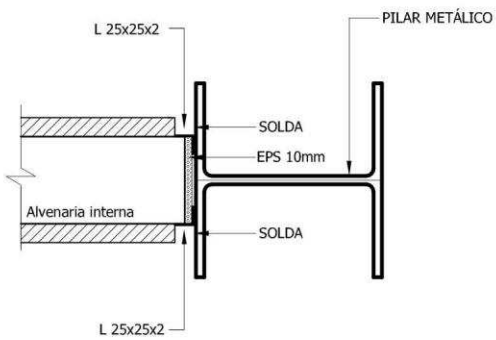


Figura 70 – Elevação parcial integrante do projeto de alvenaria do LBE.

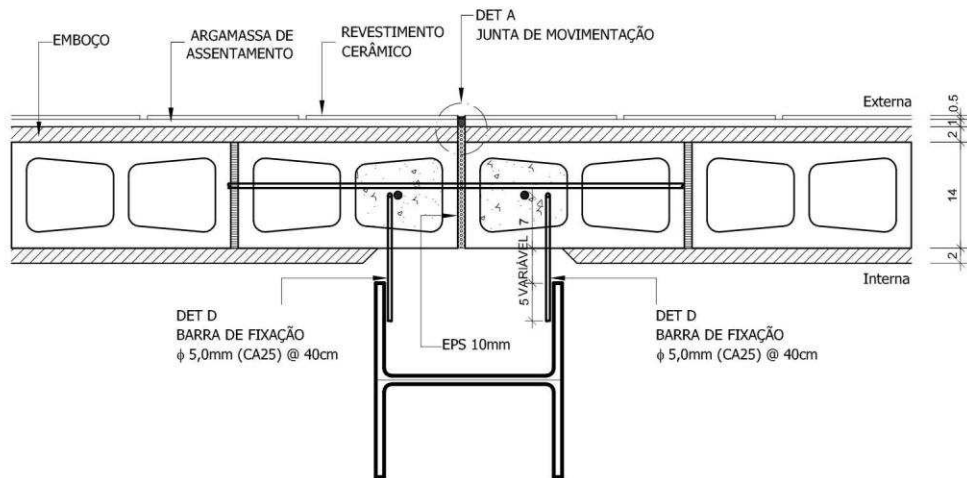


**DET 01 - JUNTA DE MOVIMENTAÇÃO**



**DET 03 - ENCONTRO ALVENARIA INTERNA E MESA DO PILAR DE AÇO**

**DET 11 - LIGAÇÃO LAJE - ALVENARIA**



**DET 03 - ENCONTRO ALVENARIA INTERNA E MESA PILAR METÁLICO (MESA)**

Figura 71 – Detalhes integrantes do projeto de alvenaria do LBE.

#### 4.2.4 Aspectos relevantes da execução da alvenaria

A execução seguiu as orientações do projeto de alvenaria. Nas Figuras 72 e 73 apresentam-se diferentes momentos da elevação das paredes de bloco de concreto, externas à estrutura de aço.



Figura 72 – Execução da alvenaria de blocos de concreto externa à estrutura metálica.



Figura 73 – Aspecto geral da alvenaria, que reveste a estrutura metálica.

Na Figura 74 é possível observar a barra de fixação (ferro-cabelo) soldado no perfil de aço e inserido na alvenaria. Na Figura 75 tem-se a elevação da parede cortina, sendo possível identificar as barras de fixação no espaçamento deixado entre a alvenaria e a estrutura.



Figura 74 – Barra de fixação (ferro-cabelo).



Figura 75 – Elevação da alvenaria externa.

Para as alvenarias internas, foram utilizados tijolos cerâmicos, conectados nos perfis de aço por meio do sistema de encaixe com cantoneira metálica e EPS. As cantoneiras são soldadas no

perfil de aço, posteriormente recebem pintura e acomodam a placa de EPS que terá contato com o bloco cerâmico da alvenaria. A execução desse detalhe do projeto de alvenaria está apresentada nas Figuras 76 e 77.



Figura 76 – Cantoneiras de aço soldadas no perfil de aço.



Figura 77 – Sistema de encaixe da alvenaria, formado por cantoneiras de aço e EPS.

Para a ligação entre a laje e a alvenaria externa, foram propostos dispositivos de conexão. Estes dispositivos foram fixados na alvenaria e na laje, permitindo uma pequena movimentação entre os dois sistemas conectados. Elas são formadas por duas faces independentes, sendo uma ligada à alvenaria e outra ligada à laje. Uma parte do dispositivo de conexão é inserido em um bloco canaleta grauteado, ficando rigidamente ligado à alvenaria. Utiliza-se para isto uma barra de aço CA50 com diâmetro de 5 mm dobrado nas dimensões de 50, 100 e 150 mm. A outra parte do dispositivo de conexão, chamada gravata (do inglês, *tie*) é fixada na estrutura. Optou-se pela fixação destas gravatas por dentro da laje mista antes da concretagem, na borda da chapa de arremate da laje. Este elemento fica rigidamente ligado à laje e se constitui em um apoio transversal ao plano da parede cortina nos níveis 3,00, 6,80 e 10,40 m.

Com a inserção da barra de aço no furo das gravatas obteve-se um dispositivo de conexão que promoveu a desvinculação entre a alvenaria e a estrutura, uma vez que permitiu a movimentação independente no sentido vertical. Com o uso deste dispositivo, a laje pode se deslocar sem que

este deslocamento seja “percebido” pela alvenaria. Devido ao diâmetro do furo ser levemente maior que o diâmetro da barra são percebidas pequenas movimentações horizontais da parede cortina sem comprometer a função de apoio horizontal que o dispositivo de conexão deve proporcionar. Desta forma, este sistema de ligação buscou prevenir fissuras devidas às movimentações estruturais.

Na Figura 78 apresentam-se detalhes do dispositivo de conexão entre a alvenaria e a laje e na Figura 79, a execução desse dispositivo.

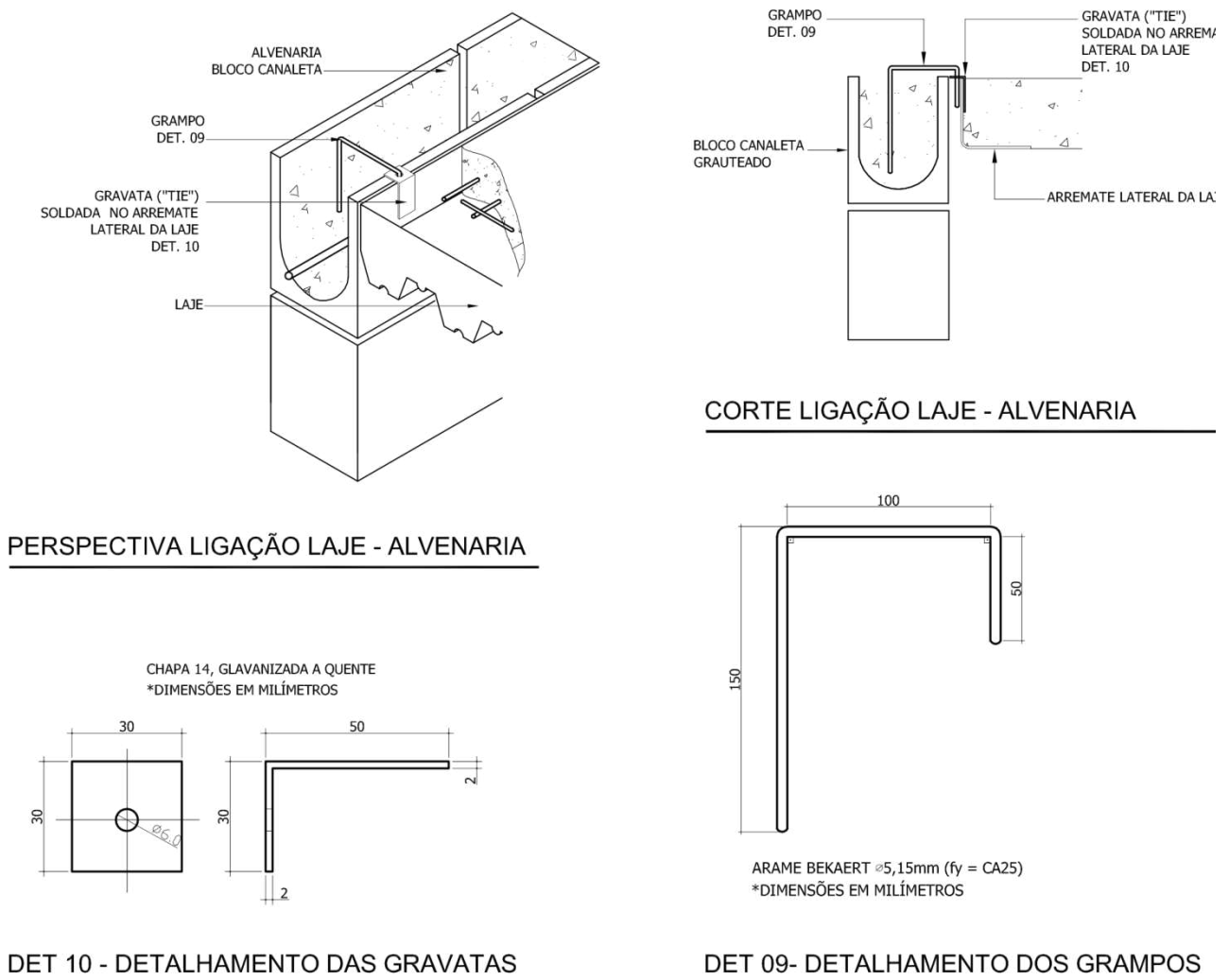


Figura 78 - Detalhes do projeto de alvenaria para o dispositivo de conexão entre a alvenaria e a laje.



Figura 79 - Execução do dispositivo de ligação laje-alvenaria externa.

As juntas de movimentação foram posicionadas de forma a seguir a orientação da ABNT NBR 15961:2011 (distancia entre juntas inferiores a 7m lineares). Foi utilizado EPS como preenchimento e mastique poliuretânico para acabamento. A Figura 80 apresenta a execução de uma junta de movimentação no Edifício dos Laboratórios de Engenharia. As extremidades das juntas foram enrijecidas com armadura e graute e foram utilizadas barras de transferência a cada duas fiadas, engraxadas na metade do comprimento.



Figura 80 – Execução da junta de movimentação no Edifício LBE.

## 4.3 Edifício da Coordenadoria de Educação Aberta e à Distância – CEAD

### 4.3.1 Descrição do edifício

O Edifício da Coordenadoria de Educação Aberta e à Distância – CEAD é composto por laboratórios, auditório, salas de aula e estúdios de imagem/som. Ele abriga atividades de coordenação, supervisão, assessoramento e prestação de suporte técnico às atividades realizadas em diferentes áreas de ensino, utilizando tecnologias de informação e comunicação. A obra foi iniciada em 2009 e concluída em 2011.

Uma vista geral do edifício é apresentada na Figura 81. Na Figura 82 mostra-se a planta do pavimento térreo.



Figura 81 – Vista geral do Edifício da CEAD em fase de execução.

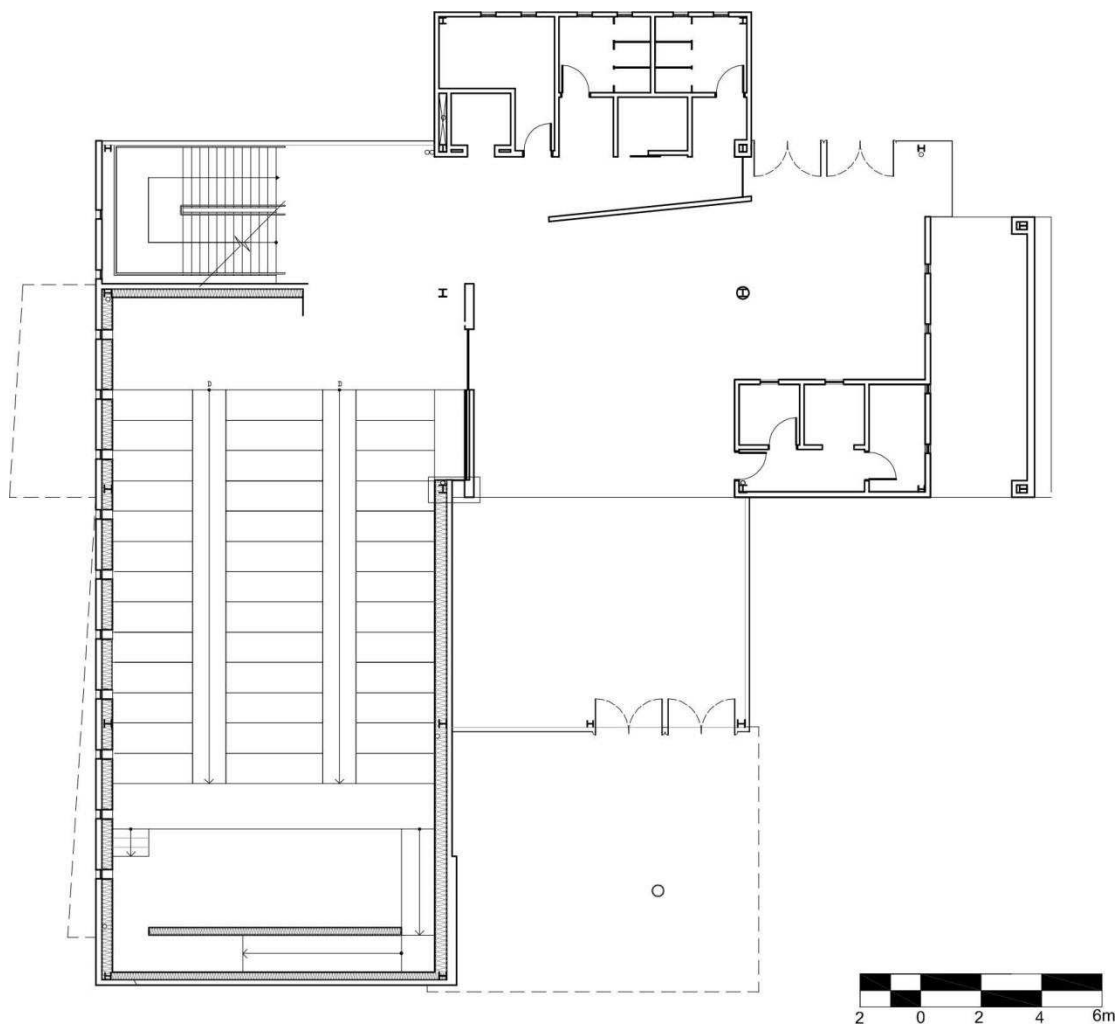


Figura 82 – Planta do pavimento térreo do Edifício da CEAD.

### 4.3.2 Características da estrutura

A estrutura geral do Edifício da CEAD é formada por perfis de aço tipo “I” conectados por parafusos. A estabilização horizontal ocorre por meio de contaventamentos metálicos tipo delta, que ficam visíveis no interior da edificação. Há um bloco suspenso (estúdio) que possui uma estrutura diferenciada, formada por tubos no formato de “árvore”. As lajes mistas foram projetadas com um balanço para receber os panos de alvenaria de blocos de concreto celular autoclavados. Nas Figura 83 (a) e (b) apresentam-se vistas da estrutura de aço do edifício.



Figura 83 - Estrutura de aço do Edifício da CEAD.

### 4.3.3 Aspectos relevantes do projeto de alvenaria

Para este edifício foi proposto um sistema de vedação em alvenaria de blocos de concreto celular autoclavado, sobretudo pela leveza e facilidade de manuseio dos blocos. A alvenaria é formada por panos descontínuos, seccionada pela laje e posicionada por fora da estrutura de aço.

O projeto de alvenaria para o Edifício da CEAD foi concebido considerando a alvenaria desvinculada da estrutura, com a utilização barras de ligação (tipo “ferro-cabelo”). Devido ao uso de blocos de concreto celular autoclavado, foi necessário enrijecer as paredes com pilares e vigas de concreto armado embutidas nos panos de alvenaria. Também foram inseridas treliças galvanizadas para reforço de alvenaria nas juntas horizontais de argamassa.

A realização deste projeto teve a participação do Engenheiro Roberto de Araújo Coelho, que conduziu as reuniões para as definições da alvenaria e orientou os desenhos de detalhamentos. Esses desenhos foram feitos na UFV pela autora deste trabalho, contratada como arquiteta da Instituição neste período.

Nas Figuras 84 e 85 apresentam-se alguns desenhos do projeto de alvenaria do Edifício da CEAD.

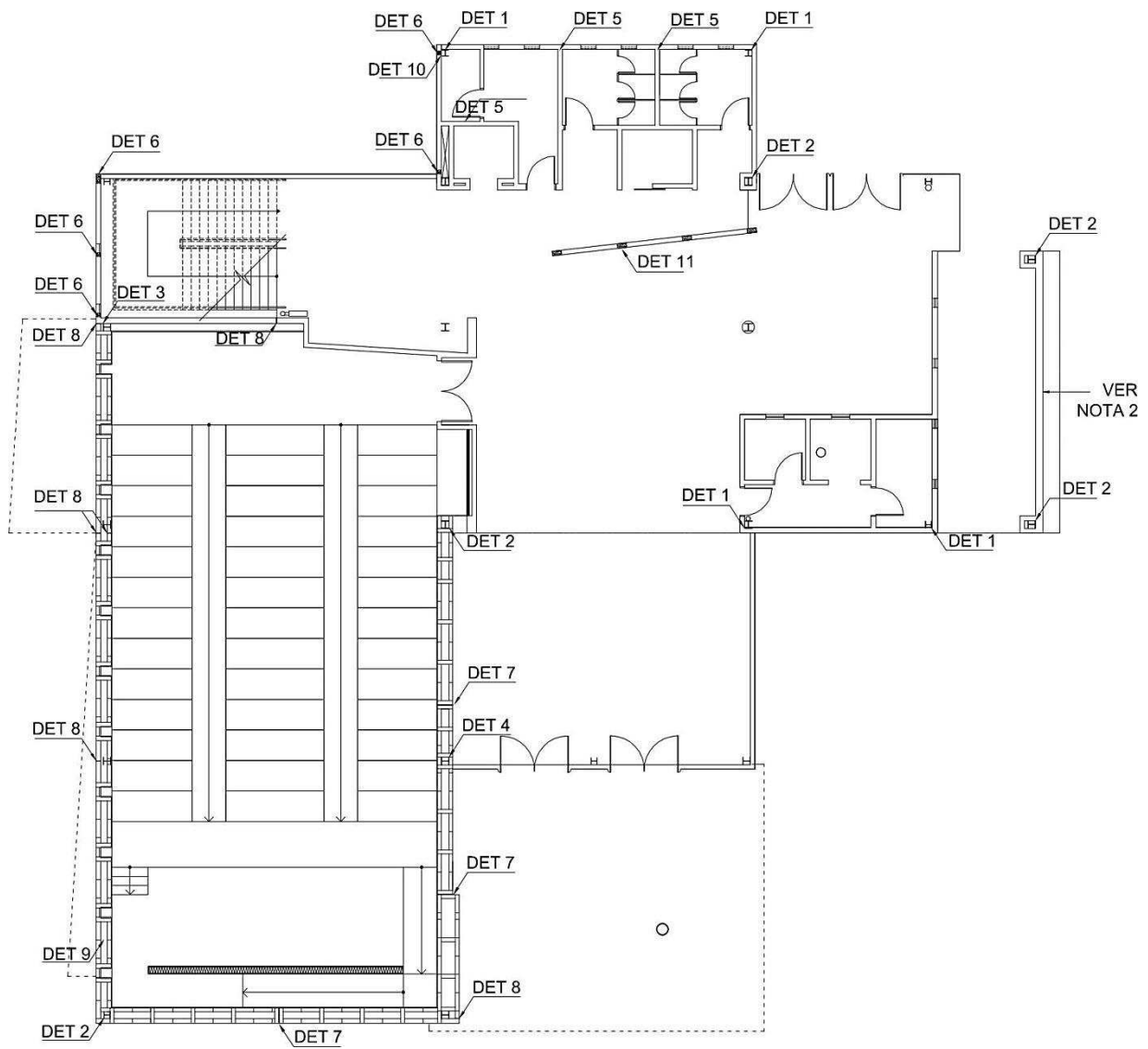
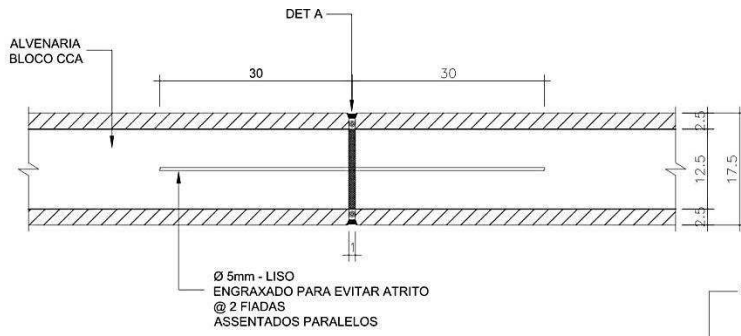
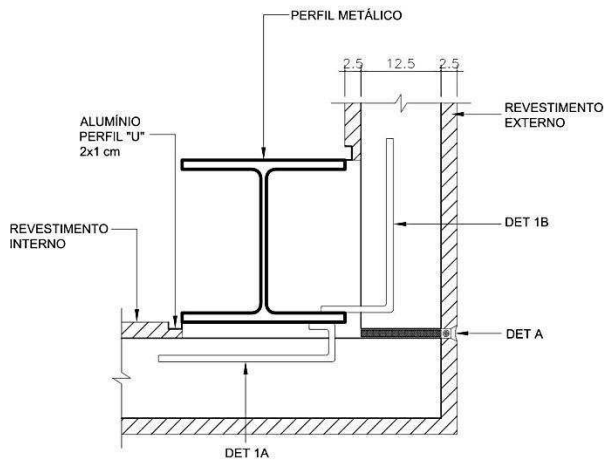
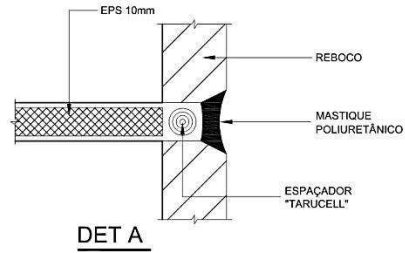


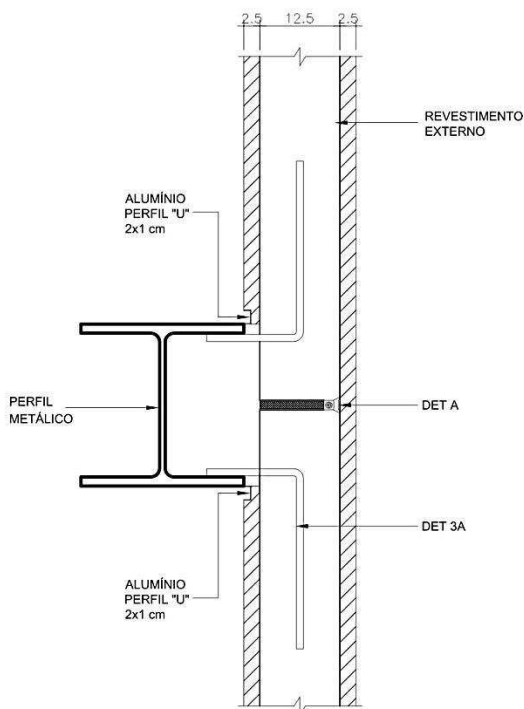
Figura 84 – Planta do pavimento térreo do projeto de alvenaria da CEAD.



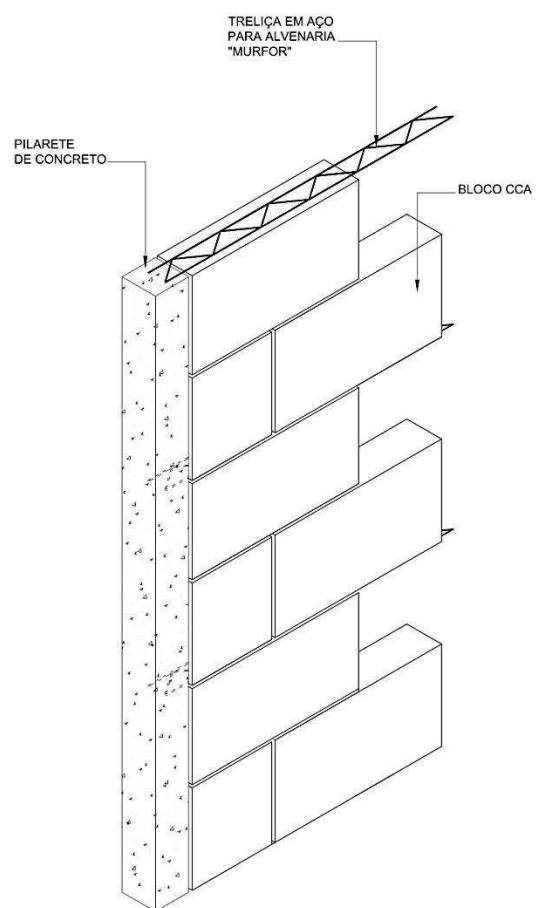
**DET 8 - JUNTA DE MOVIMENTAÇÃO**



**DET 1 - ENCONTRO PILAR DE CANTO - ALVENARIA**



**DET 3 - ENCONTRO LATERAL PILAR - ALVENARIA**



**DET 6 - PILARETE**

Figura 85 – Detalhes do projeto de alvenaria da CEAD.

#### 4.3.4 Aspectos relevantes da execução da alvenaria

A execução da alvenaria do Edifício da CEAD em blocos de concreto celular autoclavado seguiu as orientações do projeto de alvenaria, sobretudo quanto aos enrijecimentos necessários para a estabilidade das paredes externas, por meio da utilização de pilaretes de concreto e tela galvanizada. Apesar da necessidade desses reforços, a escolha desse tipo de bloco se mostrou interessante pela leveza, facilidade de manuseio e corte, além de uma maior produtividade quando comparado ao bloco cerâmico, devido a suas maiores dimensões.

Na Figura 87 mostra-se a elevação das paredes em blocos de concreto celular autoclavado, que se apoiam no balanço deixado na laje. Também é possível observar nesta figura a presença de pilaretes de concreto, posicionados no centro do painel.

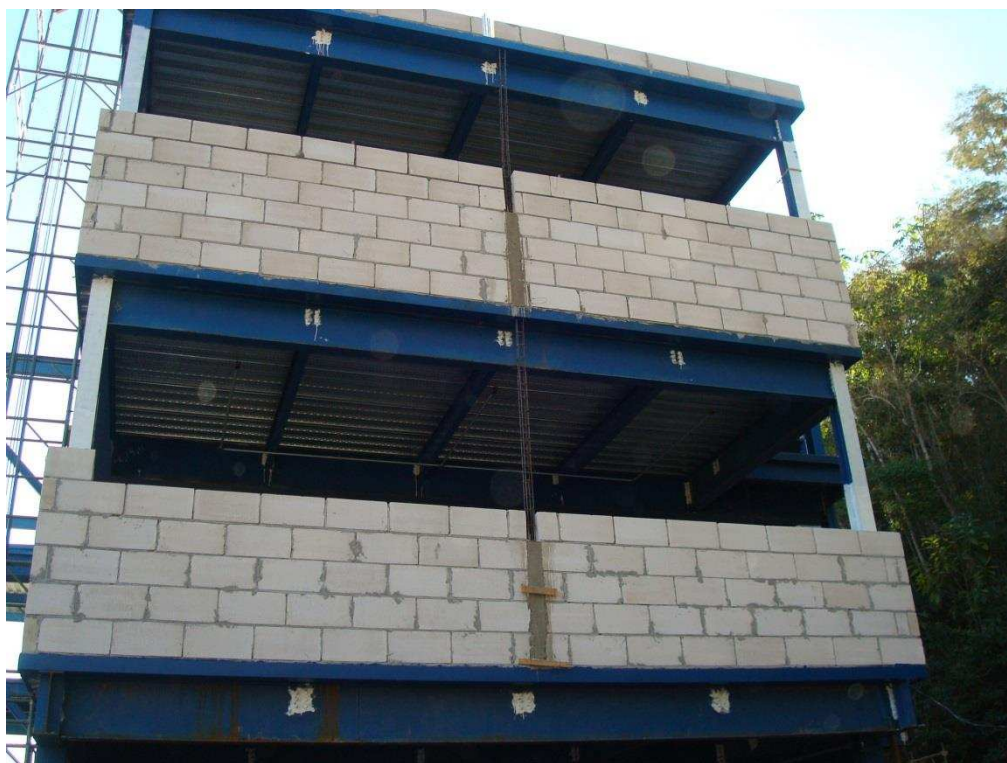


Figura 86 – Execução da alvenaria do Edifício da CEAD.

Na Figura 88 observa-se a execução da ligação entre a alvenaria externa com o perfil de aço por meio de uma barra de fixação, soldada no perfil de aço e inserida na junta de argamassa de assentamento dos blocos.



Figura 87 - Vista da execução do conector utilizado na interface entre alvenaria externa e coluna de aço.

As juntas de movimentação ficaram evidenciadas nas fachadas, como mostrado na Figura 88. O revestimento cerâmico foi interrompido nos locais das juntas e foi feito o acabamento com selante acrílico.



Figura 88 – Fachada do Edifício da CEAD.

Houve dificuldade em se aplicar esse selante devido a não continuidade da superfície lateral da junta, formada pelas plaquetas cerâmicas e pelo espaçamento entre elas. Na Figura 89 mostra-se o detalhe do aspecto visual do acabamento final de uma junta de movimentação na fachada.



Figura 89 – Junta de movimentação na fachada com acabamento em selante acrílico.

## **4.4 Edifício das Licenciaturas**

### **4.4.1 Descrição do Edifício**

O Edifício das Licenciaturas é um prédio de cinco andares destinado a atender a cursos de Licenciaturas da UFV. É formado por auditórios, salas de aula, laboratórios e gabinetes de professores, com uma área total de 3.430 m<sup>2</sup>. A obra teve início no ano de 2012 e foi concluída em 2014. Na Figura 89 mostra-se uma vista geral do edifício e na Figura 90 apresenta-se a planta baixa do pavimento térreo.



Figura 90 - Vista geral do Edifício das Licenciaturas.

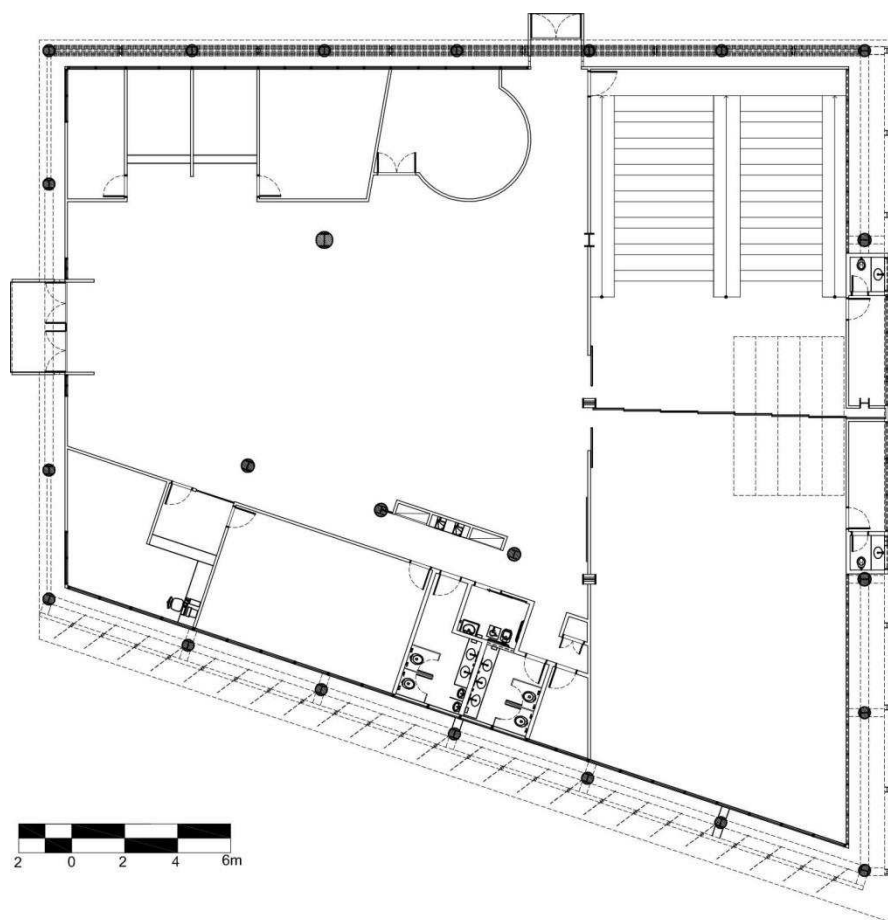


Figura 91 – Planta do pavimento térreo do Edifício das Licenciaturas.

#### 4.4.2 Características da estrutura

A estrutura do Edifício das Licenciaturas é constituída por vigas e pilares seção em perfil “I” de aço, com painéis contraventados em delta. As lajes são mistas com forma de aço incorporada. A estrutura é externa ao fechamento vertical, que foi executado em alvenaria de tijolos furados. Na Figura 92 observa-se um aspecto geral dessa estrutura.



Figura 92 – Estrutura de aço do Edifício das Licenciaturas.

#### 4.4.3 Aspectos relevantes do projeto de alvenaria

O arquiteto responsável pelo Projeto Arquitetônico do Edifício das Licenciaturas optou por utilizar uma alvenaria recuada, interna à estrutura de aço. A alvenaria do Edifício das Licenciaturas foi projetada desvinculada, fora do plano da estrutura e formada por panos descontínuos. Devido ao fato da alvenaria ser interna à estrutura de aço houve uma redução do número de interfaces em comparação à situação em que a alvenaria e a estrutura estão no mesmo plano. A alvenaria se conecta nas lajes por meio de um perfil “U”, soldado previamente na laje. Não há encontro da alvenaria externa com os pilares de aço.

Foram utilizados tijolos cerâmicos furados e pilaretes de concreto, necessários em função da proximidade das janelas na fachada. Por se tratar de uma alvenaria formada por panos

descontínuos, as interfaces com a estrutura ocorreram no encontro da alvenaria externa com as vigas de aço. As alvenarias externas foram revestidas com plaquetas cerâmicas.

Na Figura 93 apresenta-se uma planta do projeto de alvenaria e na Figura 95, alguns detalhes integrantes do projeto.

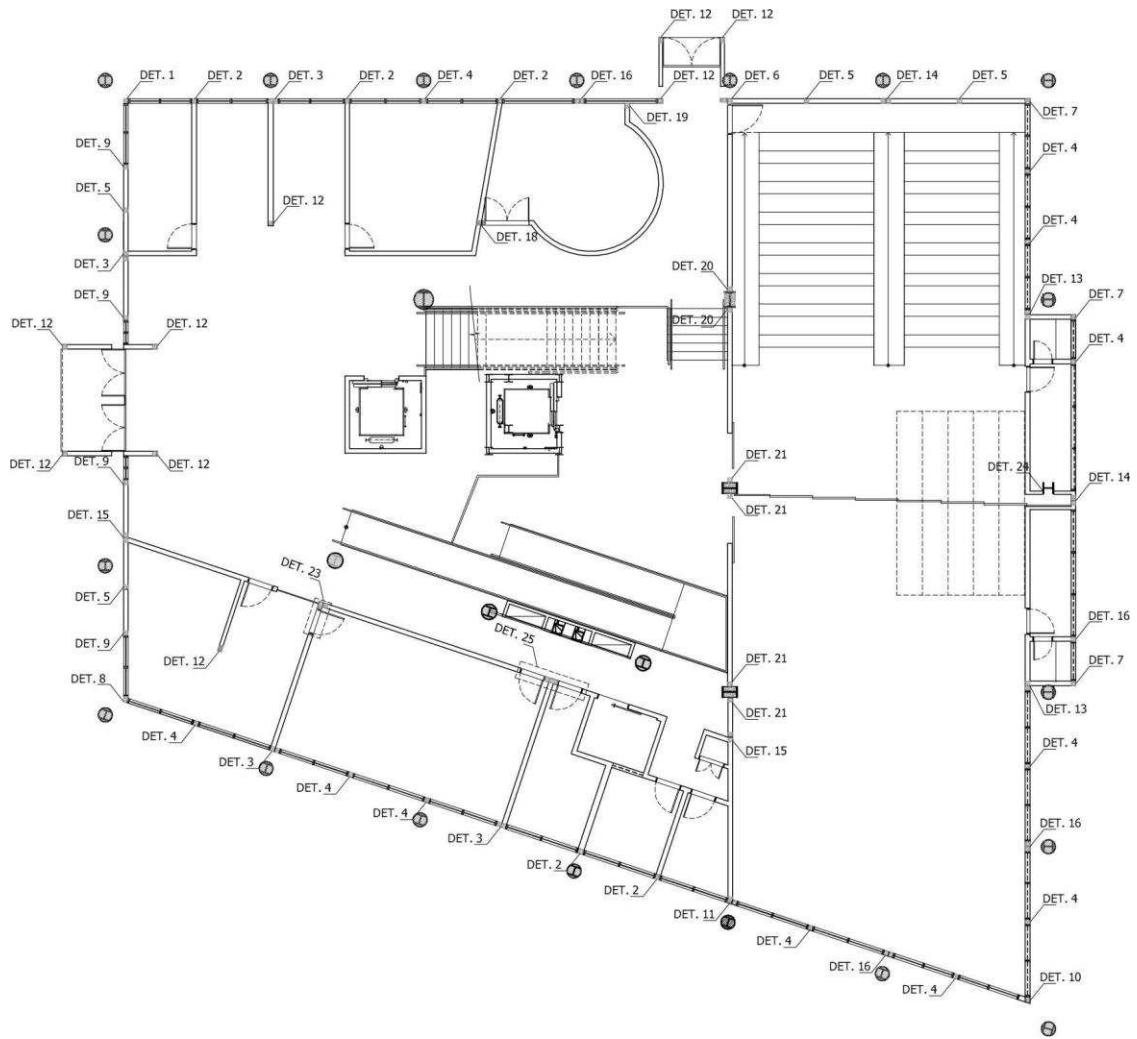
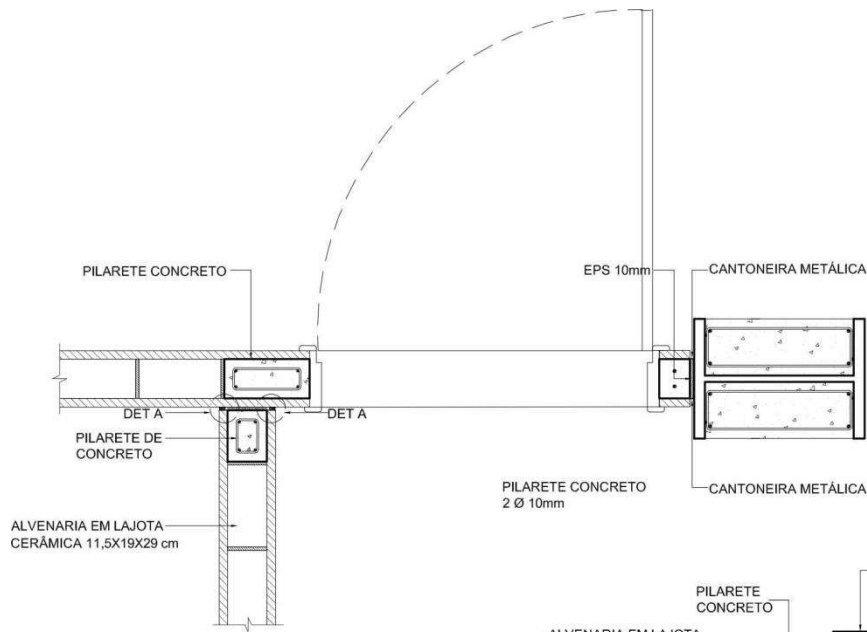
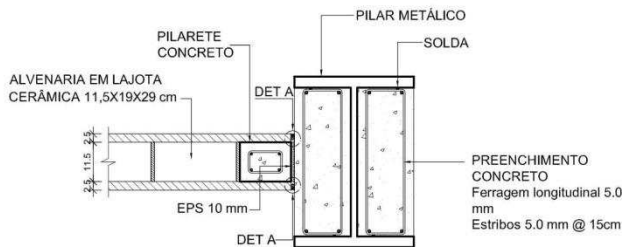


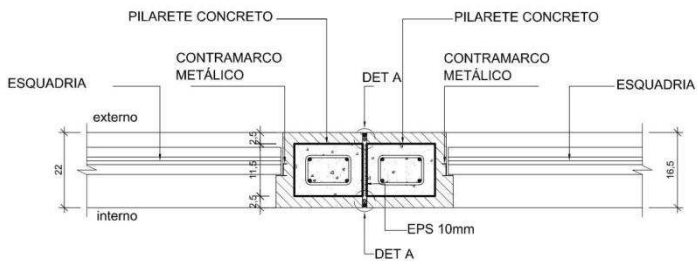
Figura 93 – Planta do pavimento térreo do projeto de alvenaria do Edifício das Licenciaturas.



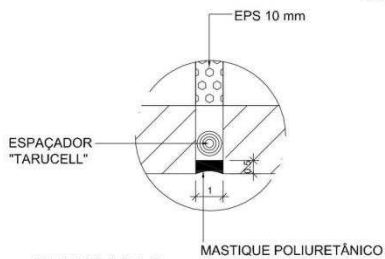
**DETALHE 26**  
ALV. INTERNA - PORTA E PILAR DE AÇO



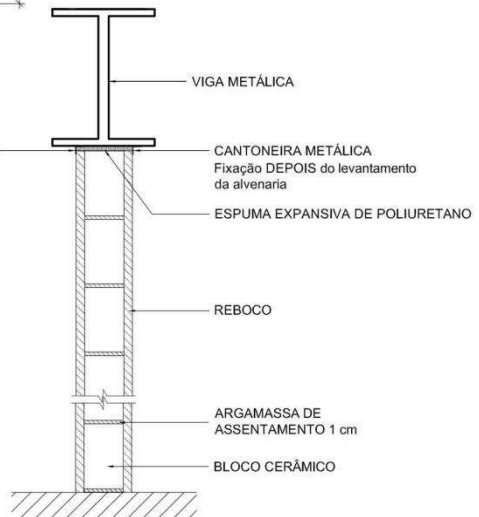
**DETALHE 21**  
ALV. INTERNA - PILAR DE AÇO



**DETALHE 16**  
JUNTA DE MOVIMENTAÇÃO



**DETALHE A**



**DETALHE 31**  
ENCONTRO ALVENARIA - VIGA DE AÇO

Figura 94 – Detalhes do projeto de alvenaria do Edifício das Licenciaturas.

#### 4.4.4 Aspectos relevantes da execução de alvenaria

Nas Figuras 95 e 96 é possível observar a execução da alvenaria de blocos cerâmicos interna à estrutura de aço.



Figura 95 – Vista interna da alvenaria do Edifício das Licenciaturas.

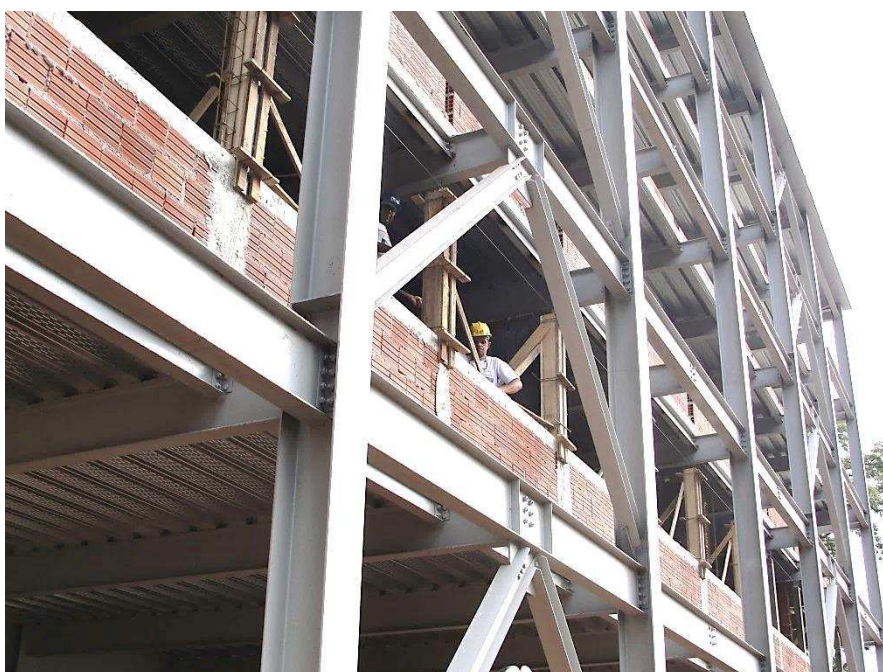


Figura 96 – Vista externa da alvenaria do Edifício das Licenciaturas.

As juntas de movimentação foram posicionadas e executadas de acordo com as informações do projeto de alvenaria. Na Figura 97 observa-se a execução de uma junta de movimentação e na Figura 98 visualiza-se seu aspecto estético final na fachada.



Figura 97 – Execução da junta de movimentação da alvenaria do Edifício das Licenciaturas.



Figura 98 – Junta de movimentação vista na fachada do Edifício das Licenciaturas.

As interfaces entre alvenaria e estrutura de aço ocorreram predominantemente no ambiente interno. Apesar de não haver entrada de água nesses locais, essas interfaces foram detalhadas para acomodar as movimentações entre alvenaria e estrutura e evitar o surgimento de fissuras na alvenaria.

A interface entre a alvenaria e a mesa inferior da viga de aço foi executada utilizando-se espuma de poliuretano expandido e cantoneira metálica. Este detalhe é apresentado na Figura 99 e sua execução é mostrada na Figura 100.

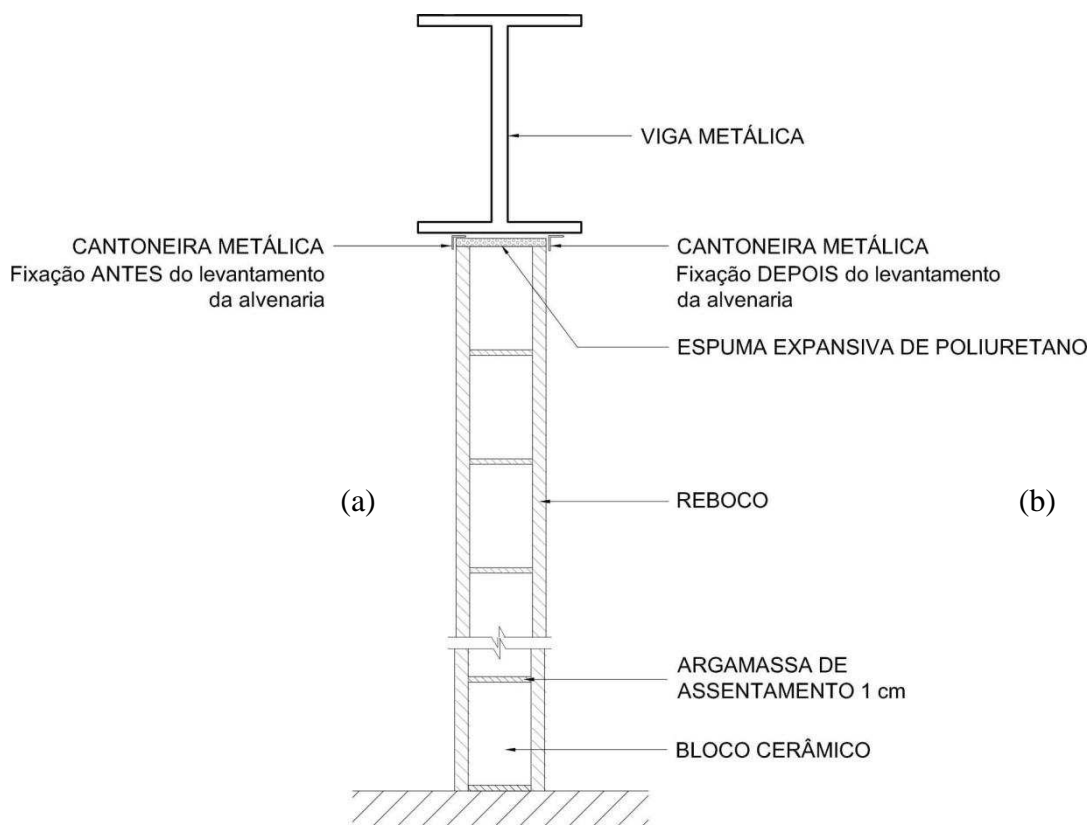


Figura 99- Detalhe da interface alvenaria – mesa inferior da viga do projeto de alvenaria do Edifício das Licenciaturas.



(a)



(b)

Figura 100 – Vista geral (a) e detalhe (b) do encontro da alvenaria interna com a mesa da viga de aço no Edifício das Licenciaturas.

Este projeto de alvenaria foi o primeiro a ser elaborado e executado dentre os casos apresentados neste trabalho. Sua análise foi importante, uma vez que após a conclusão da obra foram identificadas algumas falhas de projeto, que foram corrigidas nos projetos seguintes e motivaram a busca por novas soluções. Na Figura 101 observa-se o resultado final do encontro da cantoneira de aço com a alvenaria, conforme apresentado na Figura 100. Após essa experiência,

reforçou-se a recomendação de não posicionar a cantoneira de aço no mesmo plano do acabamento final da alvenaria uma vez que surgirá uma fissura nesse local.

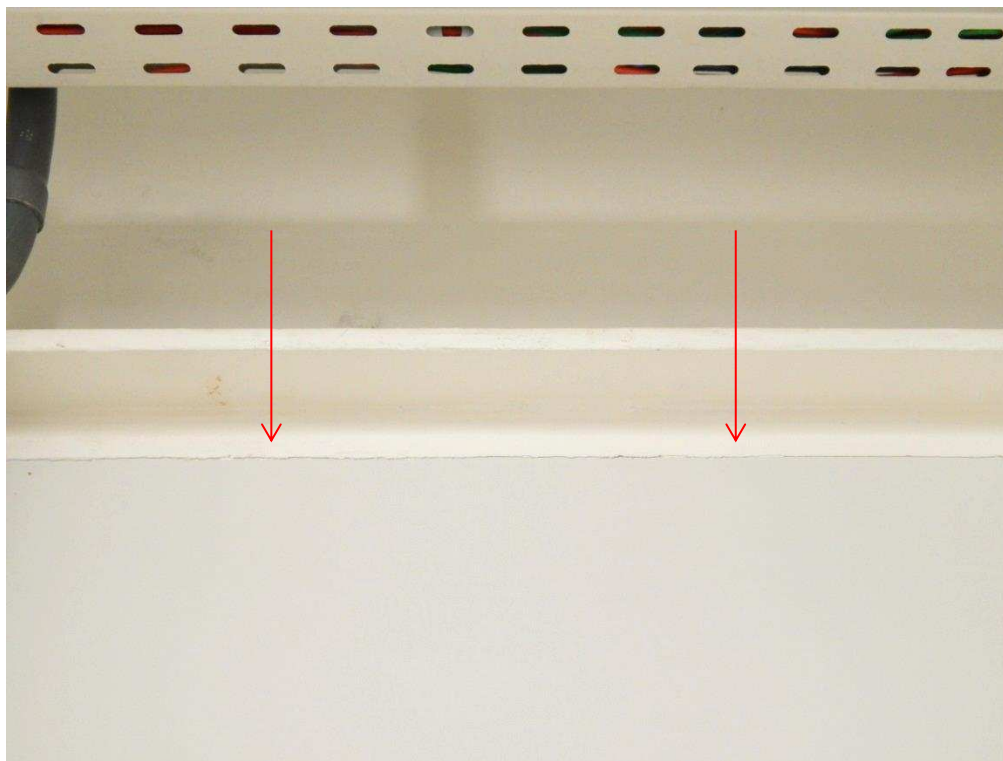


Figura 101 – Fissura no local de contato entre a cantoneira de aço e o revestimento final da alvenaria interna.

## 4.5 Edifício do Centro de Ciências Biológicas II

### 4.5.1 Descrição do Edifício

O Edifício do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde – CCB-II (Figura 102), localizado no campus da Universidade Federal de Viçosa foi construído para atender as atividades de pesquisa e ensino prático para os cursos superiores relacionados à área de ciências biológicas. O Edifício possui seis pavimentos e uma área construída total de 6.507m<sup>2</sup>. A obra teve início em 2002 e a inauguração ocorreu no ano de 2008.



Figura 102 – Vista geral do Edifício do Centro de Ciências Biológicas II.

A planta (Figura 103) é predominantemente retangular. A circulação horizontal ocorre por meio de um corredor central que divide a área em duas alas paralelas, nas quais se localizam gabinetes, salas de aula, laboratórios e ambientes de apoio. A circulação vertical ocorre por meio de elevador e escada na região central, ou por escadas posicionadas nas duas extremidades do edifício.

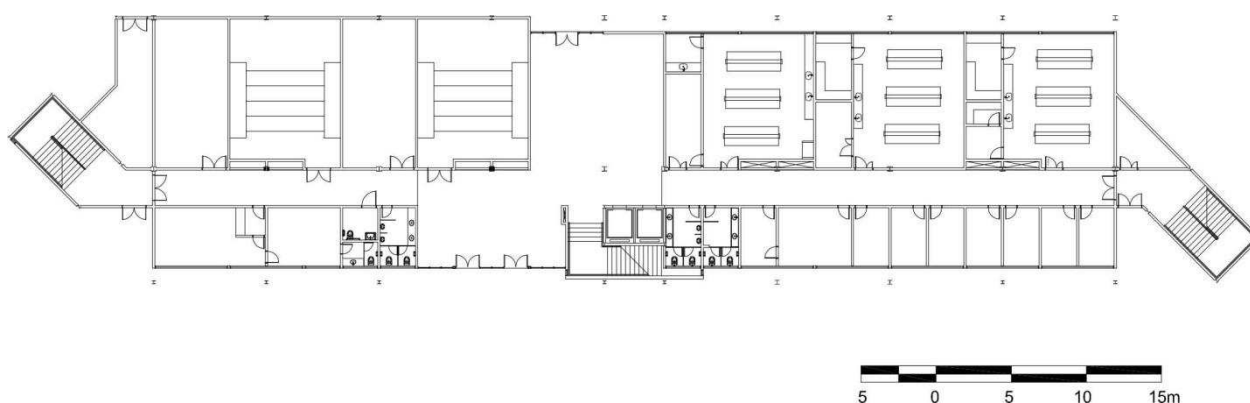


Figura 103 – Planta do pavimento térreo do Edifício do Centro de Ciências Biológicas II.

#### 4.5.2 Características da estrutura e do sistema de vedação vertical externa

A estrutura do Edifício do CCB-II (Figura 104) é formada por pilares e vigas em perfis de aço soldados de seção I. Os contraventamentos em forma de delta foram dispostos no mesmo plano da estrutura periférica e estão presentes nas duas direções principais do edifício, que possui lajes mistas com forma de aço incorporada tipo “steel deck” e vigas mistas que utilizam conectores de cisalhamento tipo pino com cabeça.



Figura 104 – Estrutura do Edifício do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde.

Nas duas maiores fachadas, frontal e posterior, os elementos estruturais periféricos (viga de bordo, pilares e contraventamentos) se situam em um plano exterior ao dos fechamentos, ou seja, o fechamento está em posição interna à estrutura. Nas demais fachadas o fechamento se situa no mesmo plano da estrutura, de forma que elementos estruturais de aço interceptam o plano do fechamento. Nestes casos foram utilizados perfis “U” formados a frio soldados aos perfis estruturais para encaixe das paredes. Por dentro destes perfis “U” formados a frio foram fixadas placas de EPS, a fim de promover a desvinculação entre a estrutura e a parede.

O fechamento externo do edifício foi feito com painéis de concreto celular autoclavado. Os painéis foram assentados com a maior dimensão na horizontal nas fachadas onde a estrutura é exterior ao fechamento (Figura 105) e com a maior dimensão na vertical nas fachadas onde a

estrutura periférica se situa no mesmo plano do fechamento (Figura 106). Perfis metálicos tipo “U” são utilizados para a continuidade vertical dos painéis. Foi utilizada argamassa colante diretamente nos painéis e perfis “U” de ligação, com a colocação de pastilhas cerâmicas 10x10 cm para o revestimento final.



Figura 105 - Elevação do fechamento externo do Edifício do CCB-II com painéis de concreto celular autoclavados.



Figura 106 – Vista dos painéis de concreto celular autoclavados dispostos verticalmente, no Edifício do CCB-II (2002).

As alvenarias internas divisórias do Edifício do CCB-II são constituídas por gesso acartonado nas áreas secas e por tijolos cerâmicos furados nas paredes hidráulicas das áreas úmidas.

#### 4.5.3 Manifestações patológicas identificadas

Durante as inspeções realizadas no edifício observou-se que o mesmo apresentava manifestações patológicas causadas sobretudo pela entrada de água da chuva. Essa ausência de estanqueidade ocorria principalmente nos espaços livres existentes na ligação dos elementos da estrutura de aço e nas interfaces estrutura - alvenaria, sendo crítica nas caixas de escada posicionadas nas extremidades do edifício.

Constatava-se a ocorrência de corrosão dos elementos metálicos, visualizada nas fachadas externas e nos ambientes internos. Sobretudo no interior das caixas de escada (Figuras 107 e 108) notavam-se maiores concentrações de fungos e mofos, elevado grau de umidade do ar e ausência de ventilação, fatores que tornavam a utilização deste espaço desconfortável para os usuários.



Figura 107 - Manchas de umidade e corrosão observadas no interior da caixa de escada do Edifício do CCB-II.

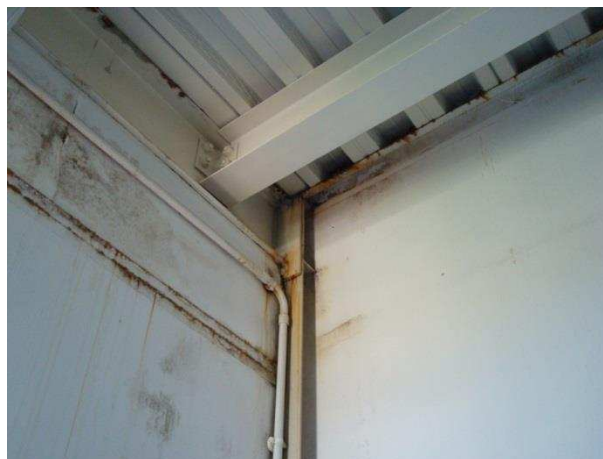


Figura 108- Manchas e corrosão provocadas pela passagem de água através dos perfis "U" de junção dos painéis de concreto celular autoclavados.

Na Figura 110 enfatiza-se o estágio avançado da presença de mofo dentro de um laboratório e na Figura 111, o desprendimento do revestimento interno de gesso provocado pelo excesso de umidade na parede.



Figura 109- Manchas de mofo e umidade no interior de um laboratório.

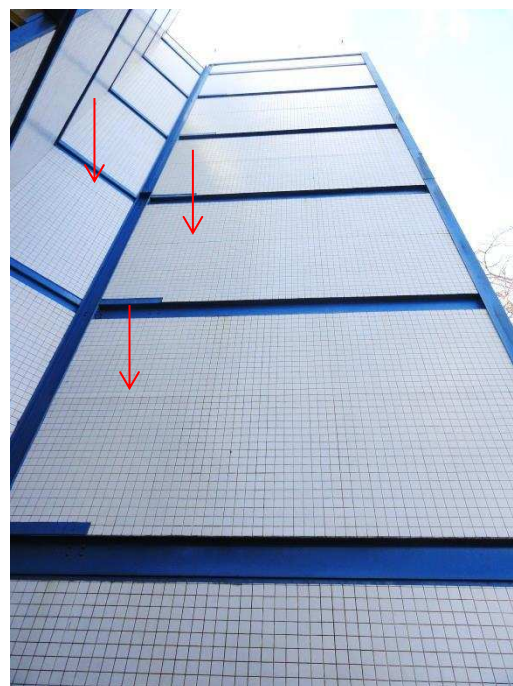


Figura 110- Desprendimento do gesso de revestimento interno na caixa de escada.

Durante a execução do revestimento externo, as pastilhas cerâmicas foram aplicadas diretamente sobre as cantoneiras de aço. Nestes locais era possível observar um estufamento desse revestimento (Figura 112). A expulsão do revestimento cerâmico foi intensificada pela ocorrência da corrosão, que é um processo expansivo, constituindo-se desta forma pontos frágeis para a entrada de água e umidade no edifício.



(a)



(b)

Figura 111 – Fachada da caixa de escada do Edifício do CCB-II, sendo (a) aspecto geral do momento da execução (2004), (b) aspecto geral com estufamento do revestimento cerâmico nos locais onde há perfis “U” na junção dos painéis de concreto celular autoclavado (CCA) em 2015.

Nas Figuras 112 (a) e (b) apresentam-se exemplos de partes da fachada do edifício, onde identificou-se o estufamento e desprendimento das pastilhas cerâmicas nos locais onde elas foram aplicadas diretamente sobre as peças de aço. Mesmo com revestimento, era possível mapear visualmente nas fachadas os locais onde havia cerâmica sobreposta ao metal.



(a)



(b)

Figura 112 - Estufamento (a) e desprendimento (b) do revestimento cerâmico na fachada.

Na Figura 113 mostra-se em detalhe o espaço gerado pelo desprendimento do revestimento cerâmico e na Figura 114 é possível visualizar o elevado grau de corrosão que as peças de aço apresentavam por trás desse revestimento.



Figura 113 – Desprendimento do revestimento cerâmico aplicado sobre as cantoneiras de aço.



Figura 114 – Corrosão causada pela presença de água e umidade permitida pela expulsão do revestimento cerâmico.

Os locais de ligação das peças de aço também foram identificados como locais críticos de entrada de água no edifício (Figuras 115 e 116). O elevado grau de corrosão desses elementos e a observação in loco da entrada de água nesses pontos em dias de chuva já apontavam para a necessidade de intervenção nesses locais. O experimento realizado neste trabalho, apresentado no Apêndice, comprovou essas verificações.



(a)



(b)

Figura 116 – Espaços na ligação entre as peças de aço que permitiam a entrada de água no edifício, sendo (a) ligação viga-pilar (b) ligação viga-cantoneira metálica.



Figura 115 – Elevado grau de corrosão na interface do arremate lateral do steel deck com a alvenaria e com a viga de aço.

#### **4.5.4 Aspectos relevantes do projeto de recuperação do sistema de vedação vertical externa**

Diante dos diversos problemas relacionados à entrada de água pelas fachadas do CCB-II, que provocavam desconforto nos usuários e a degradação geral do edifício, foi proposto um projeto de recuperação das fachadas e tratamento das interfaces.

Optou-se por iniciar a intervenção nas áreas consideradas mais críticas quanto à entrada de água e degradação do ambiente interno – as caixas de escada das extremidades. Uma investigação “in loco” permitiu detectar os pontos frágeis da entrada de água na edificação.

Após diversos estudos sobre as opções de materiais e técnicas para a recuperação do edifício disponíveis no mercado, decidiu-se pela utilização da manta EPDM (material etileno – propileno – dieno – monômero) em conjunto com a tela de poliéster e emulsão acrílica. Esses materiais foram utilizados para a impermeabilização das interfaces entre estrutura de aço e alvenaria e nos diversos pontos de entrada de água regiões de ligações da estrutura de aço.

O desenvolvimento dos detalhes e especificações para o projeto de recuperação contou com a participação do Sr. João Dimas Quirino, técnico em impermeabilização da UFMG.

Nas Figuras 117 e 118 apresentam-se imagens de fachadas do edifício antes (a) da execução do projeto de recuperação e depois (b) do mesmo no projeto de recuperação proposto.



(a)



(b)

Figura 117 – Caixa de escada do Edifício do CCB-II, sendo (a) fotografia antes da intervenção e (b) simulação eletrônica da intervenção.



(a)



(b)

Figura 118 – Vista frontal do Edifício do CCB-II, sendo (a) fotografia antes da intervenção e (b) simulação eletrônica da intervenção.

A primeira etapa do projeto de recuperação constituiu-se na realização do levantamento de cada fachada e na determinação dos locais que deveriam sofrer a intervenção. Na Figura 119 apresentam-se alguns desenhos do projeto de recuperação, como a planta-chave de identificação das paredes e um exemplo de uma fachada com a indicação dos locais e desenhos de detalhamentos que deveriam ser observados.

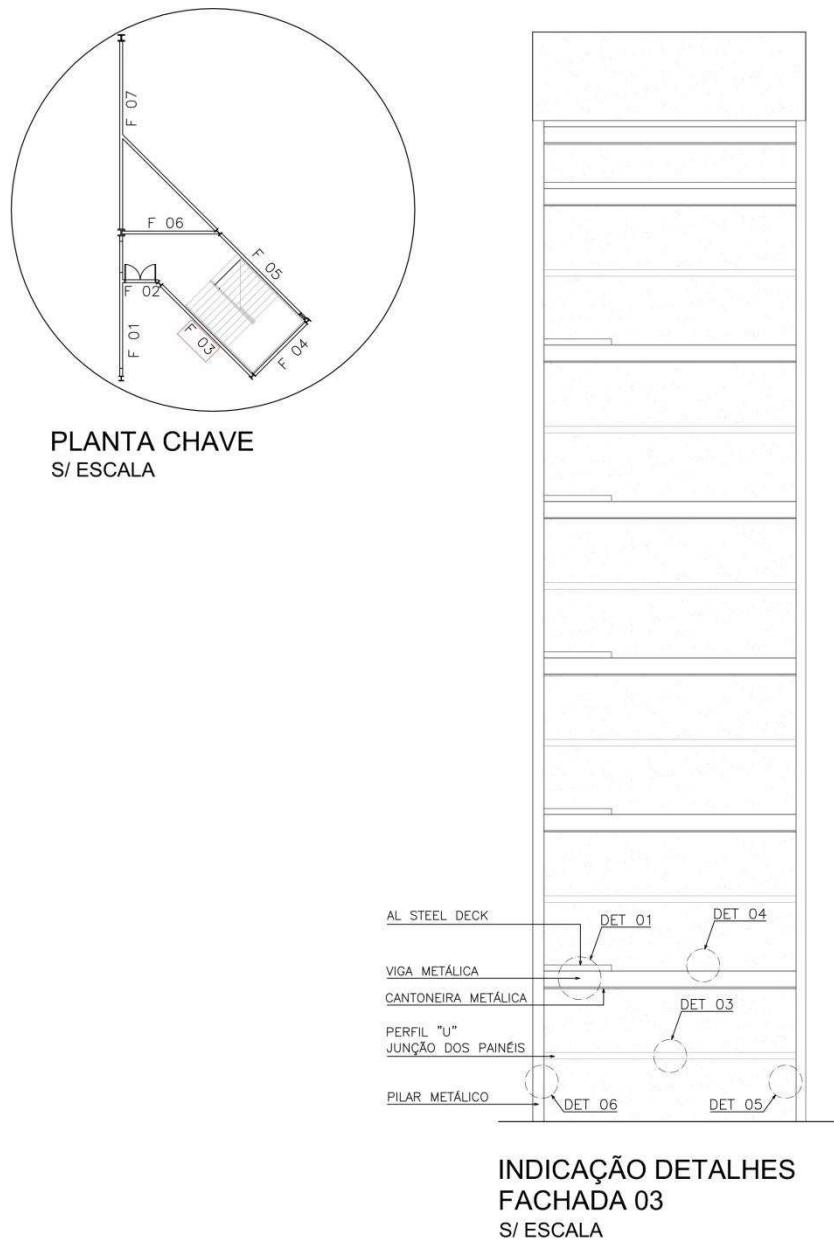
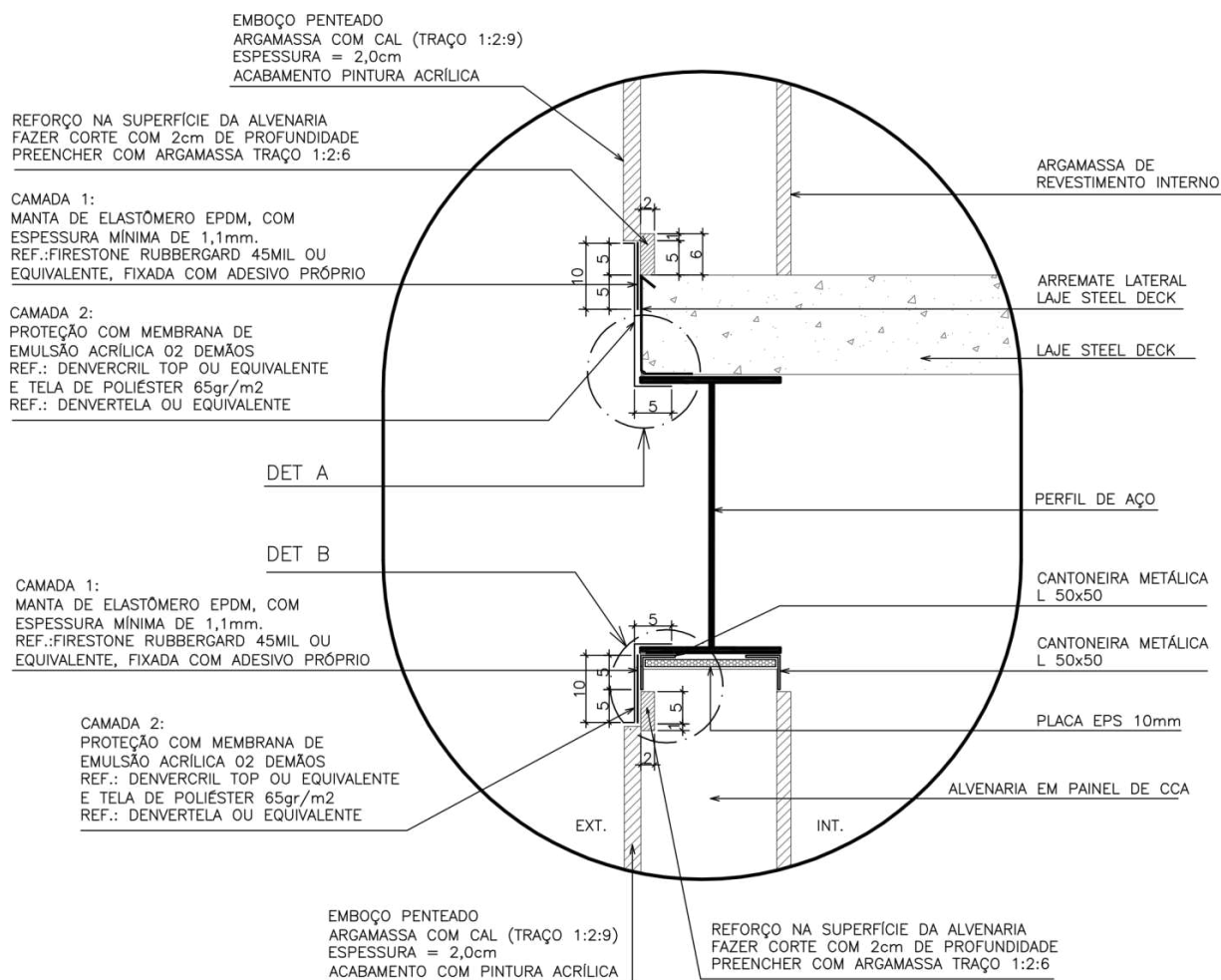


Figura 119 - Planta chave e indicação de detalhes na fachada.

No projeto de recuperação, cada local da fachada considerado crítico possuiu um desenho de detalhamento com as especificações dos materiais e as instruções para a execução. Na Figura 120 é apresentado um exemplo de detalhe referente à interface da viga de aço com a alvenaria.



## DETALHE TÍPICO 01- ELEVÇÃO

### INTERFACE VIGA METÁLICA - AL STEEL DECK - ALVENARIA

ESCALA 1/10

Figura 120 – Detalhe Típico 01 do Projeto de Recuperação do Edifício do CCB-II.

#### 4.5.5 Aspectos da execução da recuperação

Em linhas gerais, o projeto de recuperação envolveu as seguintes etapas:

- 1- retirada do revestimento cerâmico das fachadas;
- 2- tratamento da estrutura de aço por meio de limpeza, retirada da corrosão e aplicação de fundo anticorrosivo;
- 3- preparação das superfícies a serem impermeabilizadas;

- 4- execução de um rebaixo nos blocos de concreto celular autoclavado e execução de uma argamassa mais resistente nesses locais que receberiam o tratamento com a manta EPDM;
- 5- colocação de pingadeiras nas janelas da fachada;
- 6- tratamento das regiões onde havia movimentação relativa entre as partes (encontros alvenaria e estrutura) por meio da aplicação da manta EPDM juntamente com tela de poliéster e emulsão acrílica;
- 7- nas regiões onde não havia movimentação relativa entre as partes (encontro entre peças de aço) houve preenchimento dos espaços vazios com massa plástica e aplicação de tela de poliéster com emulsão acrílica;
- 8- pintura geral da fachada.

As imagens mostradas a seguir (Figuras 121 a 126) referem-se aos locais de intervenção, antes (a) e depois (b) da execução do projeto de recuperação.



Figura 121 – Interface viga de aço – arremate lateral do *steel deck* e alvenaria, antes (a) e depois (b) da intervenção.



(a)



(b)

Figura 122 – Local da junção dos painéis de CCA, antes (a) e depois (b) da intervenção.



(a)



(b)

Figura 123 – Interface viga metálica – alvenaria, antes (a) e depois (b) da intervenção.



(a)



(b)

Figura 124 - Encontro alvenaria – alma do perfil de aço, antes (a) e depois (b) da intervenção.



(a)



(b)

Figura 125 - Encontro alvenaria – mesa do perfil de aço, antes (a) e depois (b) da intervenção.



(a)



(b)

Figura 126 - Local do contraventamento de aço, antes (a) e depois (b) da intervenção.

Vale ressaltar que a manta EPDM não deve ser aplicada diretamente sobre o bloco de concreto celular autoclavado. Em um teste realizado no local, houve um rompimento na interface entre a argamassa e o bloco (Figura 127).



Figura 127- Perda de aderência entre p bloco de concreto celular autoclavado e a manta EPDM.

No Apêndice A apresenta-se a sequência de execução e o comportamento observado em um ensaio de campo para a avaliação da estanqueidade das juntas e interfaces do Edifício do CCB-II.

#### 4.5.6 Avaliação dos resultados

A experiência do CCB-II reforça a importância de se tomar medidas preventivas para se garantir a não entrada da água em um edifício de estrutura de aço. A elaboração dos desenhos de detalhes construtivos das interfaces e regiões críticas, com vistas à impermeabilização, orientou a execução do projeto de recuperação e garantiu o resultado final esperado.

O uso da manta EPDM e da tela de poliéster exige mão de obra qualificada. É uma técnica cuidadosa, que exige um maior tempo de execução e que deve ser definida logo no princípio do projeto de alvenaria em função das diversas especificidades que ele adiciona ao projeto de fechamento. Sua aplicabilidade como material de impermeabilização nas interfaces entre a estrutura de aço e o fechamento possui um enorme potencial.

Nas Figuras 128 a 130 apresenta-se o aspecto do Edifício do CCB-II após a execução da recuperação.



Figura 128 – Vista frontal do Edifício do CCB-II após a recuperação.



Figura 129 – Fachada lateral da caixa de escada após a recuperação.



Figura 130 – Fachada posterior da caixa de escada após a recuperação.

Com base em todo o processo, pode-se afirmar que um projeto de detalhamento de interfaces é mais barato, com menos fatores de interferências e mais simples do que um projeto de recuperação. No ambiente da universidade, uma obra como esta envolve grandes expectativas por parte dos usuários e da própria instituição.

O edifício do CCB-II é um caso exemplar de como a falta de tratamento adequado nas juntas e interfaces pode causar a deterioração do edifício, o comprometimento da funcionalidade e a insatisfação dos usuários quanto à edificação.

## **4.6 Edifício de Educação e Serviço Social da Igreja Presbiteriana de Viçosa.**

### **4.6.1 Descrição do Edifício**

O Edifício de Educação e Serviço Social da Igreja Presbiteriana de Viçosa (IPV) é um edifício educacional localizado no centro da cidade de Viçosa. Possui quatro pavimentos e uma área total construída de aproximadamente 970 m<sup>2</sup>. A planta possui o formato quadrado e é composta basicamente por salas de aula. O edifício encontrava-se em construção no momento da

realização deste trabalho. Na Figura 131 apresentam-se imagens da maquete eletrônica do edifício e na Figura 132 tem-se a planta baixa do pavimento térreo.



Figura 131 – Imagens do Edifício de Educação e Serviço Social da IPV, sendo (a) a fachada frontal e (b) uma perspectiva posterior.

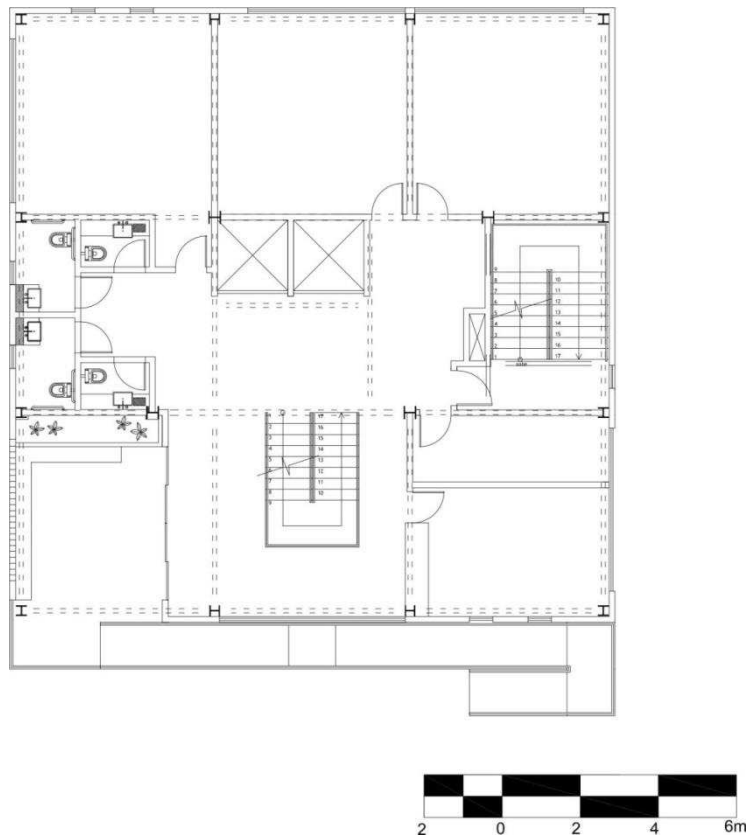


Figura 132 - Planta baixa do pavimento térreo o Edifício da obra social da IPV.

#### 4.6.2 Características da estrutura

A estrutura do edifício é composta por perfis laminados de aço com seção I e H, com contraventamentos em delta no pórtico central das fachadas. A estrutura em planta é simétrica, com os pilares dispostos a cada 5m. Possui lajes maciças, solução que permite suprimir as vigas secundárias e possibilita melhor acabamento final, com tetos lisos e melhor vedação acústica entre salas. Essa opção de laje também exclui as interfaces entre alvenaria e aço nas paredes externas. Na Figura 133 mostra-se a estrutura de aço e, a Figura 134, a execução das terceira e quarta lajes.



Figura 133 – Estrutura de aço do Edifício da IPV.



Figura 134 – Execução das terceira e quarta lajes maciças do Edifício da IPV.

O edifício, que possui a alvenaria de fechamento externo fora do eixo da estrutura e formada por panos descontínuos, possui os panos de alvenaria segmentados pelas lajes maciças. Foi deixado um balanço de 20 cm nas lajes, para o apoio das paredes.

#### 4.6.3 Aspectos relevantes do projeto de alvenaria

Para o projeto de alvenaria da IPV foi especificada uma alvenaria desvinculada, fora do plano da estrutura, formada por panos descontínuos, segmentados pela laje maciça. Essas decisões foram tomadas com base na experiência dos projetos de alvenaria anteriores, tendo-se em mente os benefícios de se evitar as interfaces entre alvenaria e aço nas superfícies externas. Por se tratar de uma alvenaria convencional, os blocos puderam ser facilmente obtidos e a mão de obra teve familiaridade com a execução.

Na Figura 135 apresenta-se a planta do pavimento térreo do projeto de alvenaria.

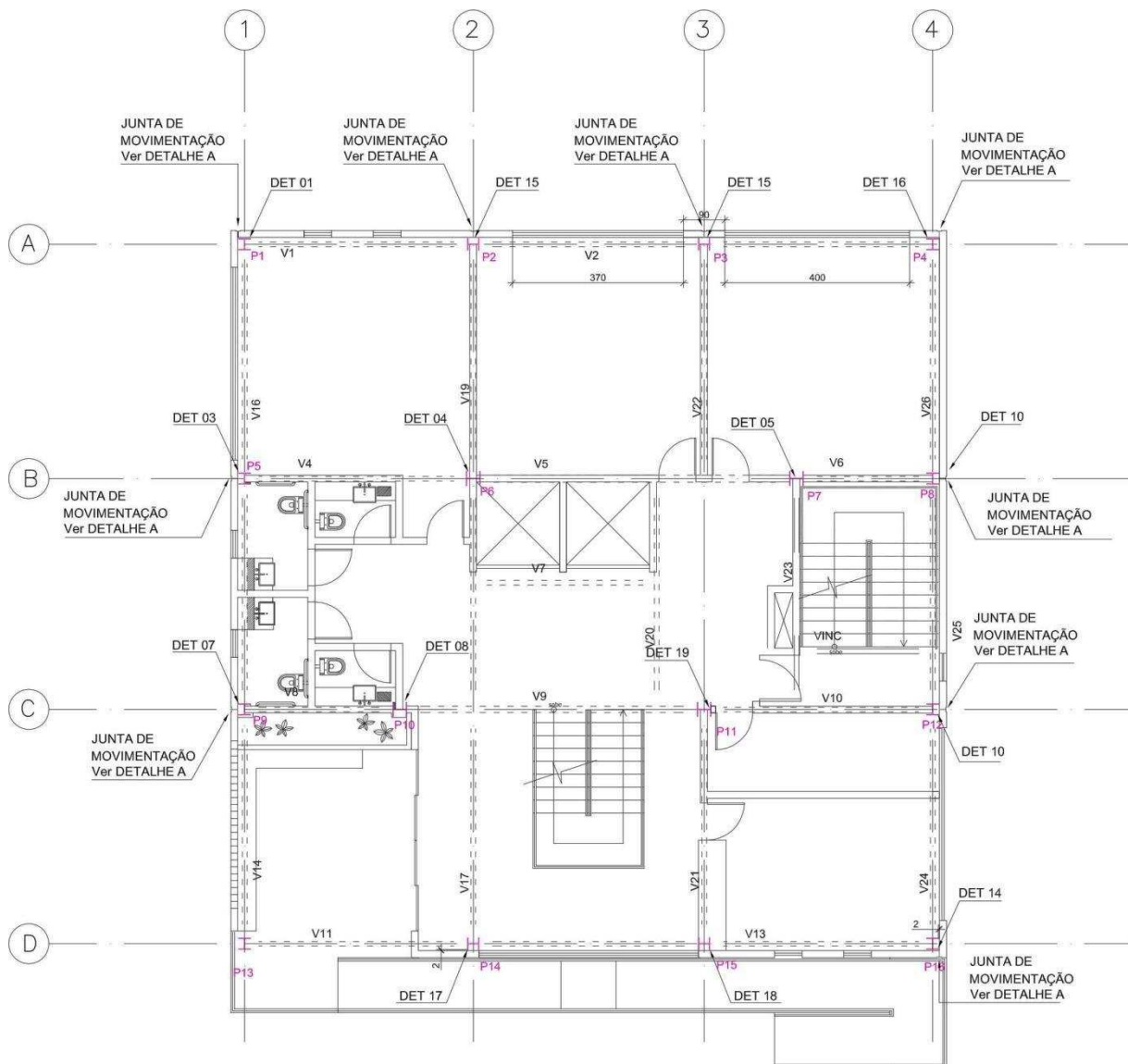


Figura 135 - Planta do pavimento térreo do projeto de alvenaria do Edifício de Educação e Serviço Social da IPV.

As interfaces entre alvenaria e estrutura de aço ocorreram nos ambientes internos. Foi usado o sistema de encaixe com cantoneiras e EPS e proposto o preenchimento dos espaços vazios entre a lateral da alvenaria e a face interna do perfil também com EPS, sobre o qual é possível fazer o acabamento com argamassa. Na Figura 136 apresenta-se um detalhe do preenchimento com EPS.

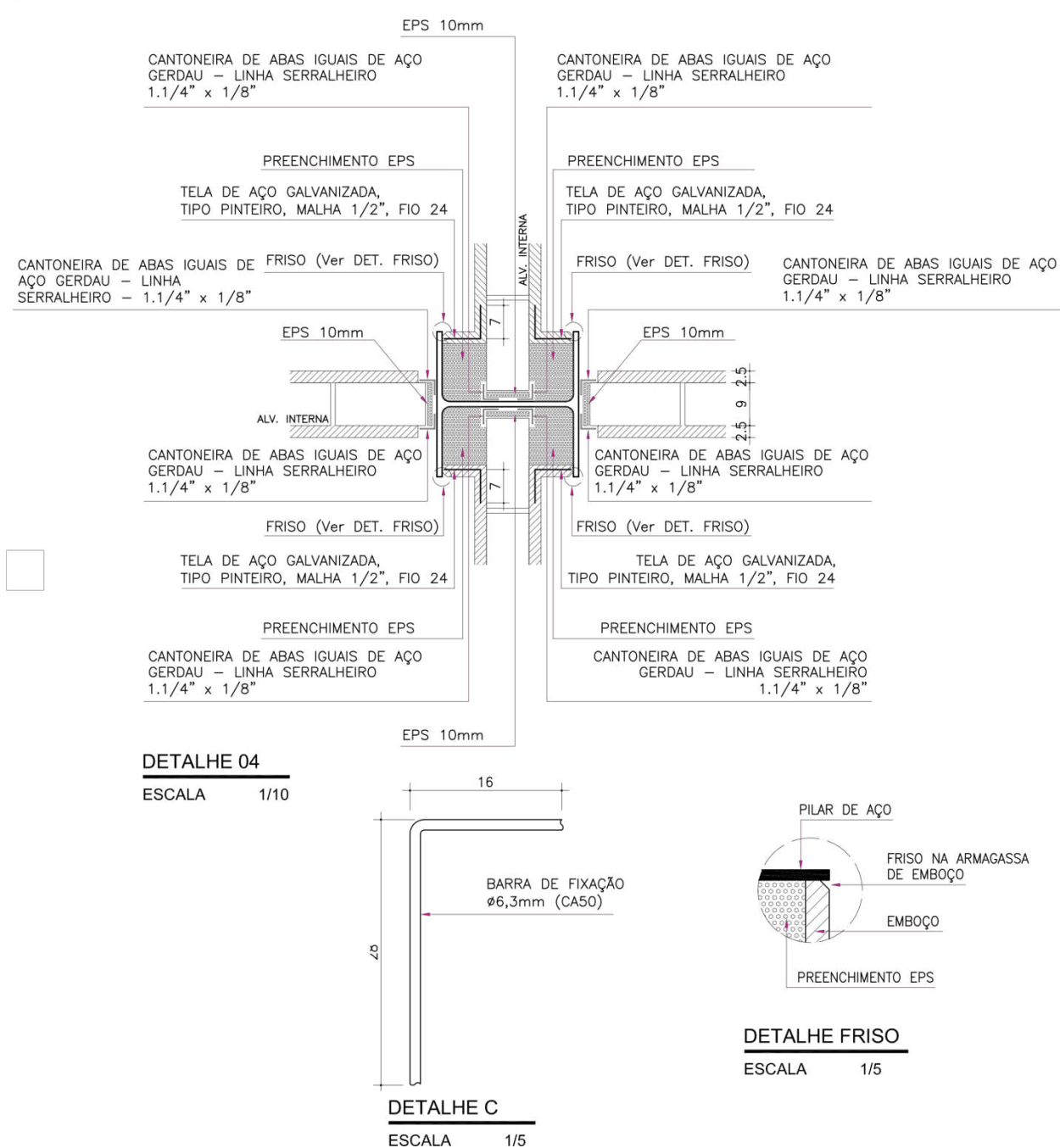


Figura 136 – Detalhe do projeto de alvenaria do edifício da obra social da IPV, com preenchimento do espaço vazio entre o pilar e a alvenaria com EPS.

O preenchimento com EPS mostrado na Figura 136 foi proposto com o objetivo de permitir o acabamento da alvenaria na região de encontro com o perfil de aço. O EPS é um material inerte, que não proporciona rigidez ao local e, ao ser usado como preenchimento, permite que se faça o acabamento em um local acessível e sem espaços vazios.

Na Figura 137 mostra-se o detalhe para o encontro da alvenaria com a mesa inferior da viga de aço. Neste detalhe o encontro da argamassa com a cantoneira, propenso ao surgimento de fissuras, não é percebido.

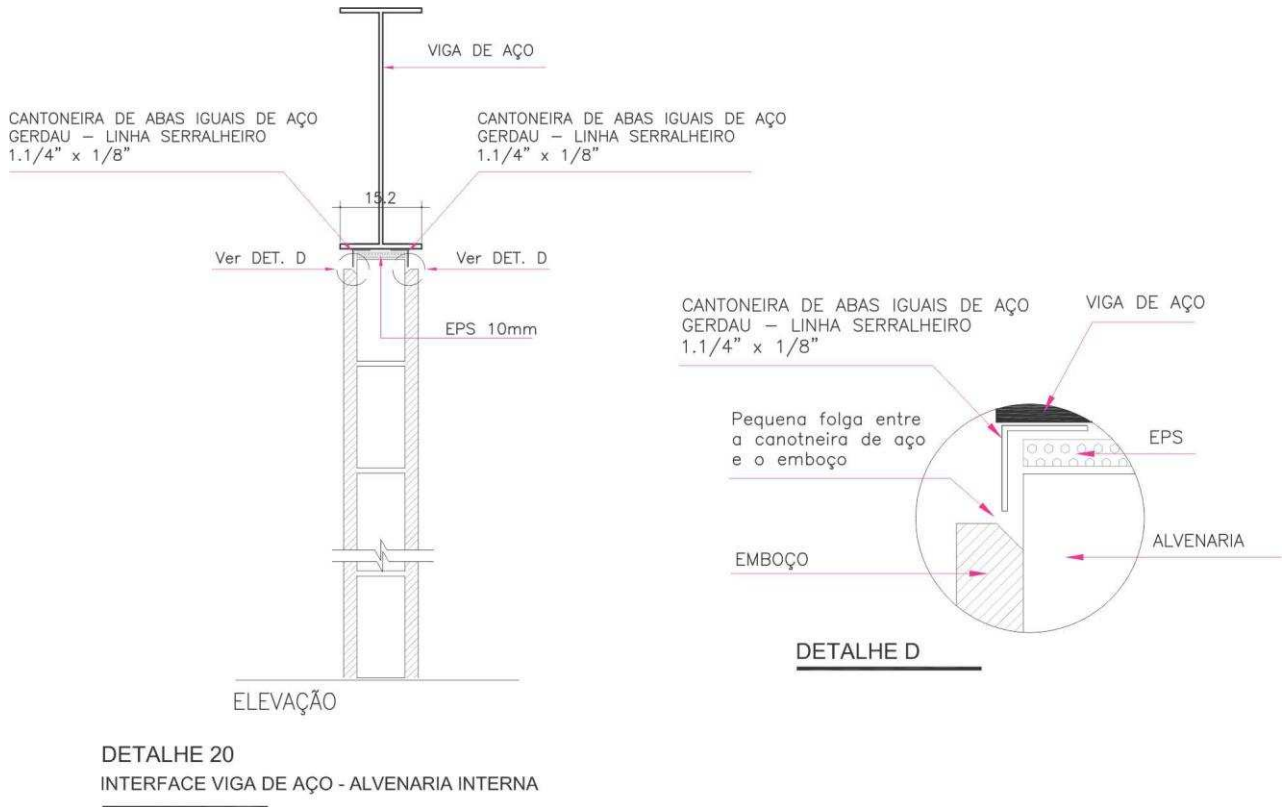


Figura 137 – Detalhe do projeto de alvenaria da IPV, com o sistema de encaixe com cantoneiras e EPS na interface da mesa inferior da viga com a alvenaria.

#### 4.6.4 Aspectos relevantes da execução da alvenaria

Na Figura 138 mostra-se um aspecto geral da alvenaria, que está em execução no momento do fechamento deste trabalho. A alvenaria neste caso envolve praticamente toda a estrutura de aço, sendo que apenas na parte posterior do pavimento subsolo ela é exposta.



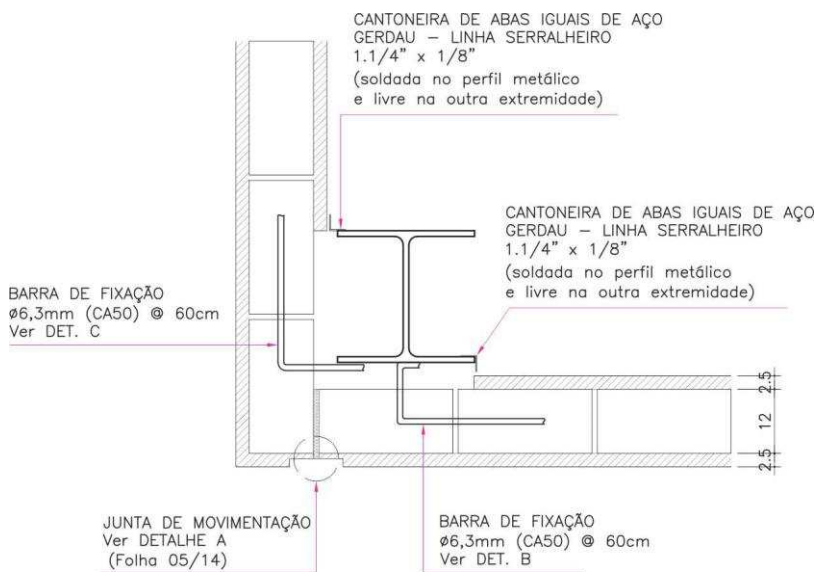
Figura 138- Vista geral da execução da alvenaria externa do edifício da obra social da IPV.

Na Figura 139 é possível observar que a alvenaria externa se apoia no balanço executado na laje maciça. Desta forma evita-se a interface com o arremate lateral em aço da laje que seria necessário caso fosse utilizado *steel deck*.



Figura 139 – Aspecto geral da alvenaria externa apoiada no balanço da laje maciça.

Na Figura 140 apresenta-se o detalhe de um pilar de canto do edifício com a alvenaria externa e na Figura 141 é possível observar o início da execução deste detalhe, com as barras de fixação já soldadas no perfil. Todas as barras soldadas nos perfis de aço receberam tratamento anti-corrosivo com pintura.



**DETALHE 11**

Figura 140 – Detalhe do projeto de alvenaria de um pilar de canto com a alvenaria externa.



Figura 141 – Execução do detalhe de um pilar de canto com a alvenaria externa.

# 5

## CONCLUSÕES

---

### 5.1 Conclusões gerais

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo principal de estabelecer recomendações para projeto e detalhamento de juntas e interfaces utilizadas em sistemas de vedação vertical em alvenaria para estruturas de aço.

Manifestações patológicas observadas em obras de estrutura de aço, como fissuras na alvenaria, presença de manchas, degradação de juntas e interfaces e corrosão de elementos metálicos podem estar relacionadas à ausência de um projeto e detalhamento de juntas e interfaces. Desconsiderar esse projeto nas definições relativas ao sistema de vedação vertical poderá comprometer o sucesso de uma construção em aço.

Ao longo do desenvolvimento do presente trabalho, teve-se a oportunidade de se projetar os detalhes de juntas e interfaces, levá-los para a obra, verificar as dificuldades e possibilidades com quem os executava, acompanhar a execução e avaliar o resultado final. Tudo isto motivou uma ampla reflexão e discussão sobre projeto e execução e permitiu a proposição das recomendações apresentadas.

A classificação proposta para alvenarias de vedação para estruturas de aço, baseada nos parâmetros de continuidade dos panos de alvenaria, posicionamento da alvenaria em relação à estrutura e rigidez das ligações alvenaria-estrutura permitiu a sistematização de informações importantes para a tomada de decisões de projeto e para a elaboração dos desenhos de detalhamento.

Os estudos de caso apresentados relativos a edifícios novos permitiram fazer uma avaliação crítica das soluções de projeto adotadas, incluindo juntas e interfaces, e dos aspectos da execução dos sistemas de vedação.

No caso do Edifício dos Laboratórios de Engenharia – LBE apresentou-se uma alvenaria formada por panos contínuos, fora do plano da estrutura e desvinculada, com blocos de concreto. Trata-se de uma solução projetual que preserva a estrutura de aço dos agentes ambientais externos e evita as interferências que surgem quando o fechamento se situa no mesmo plano da estrutura. Neste caso foi necessário um projeto estrutural para as paredes com a utilização de blocos de concreto estrutural, devido às grandes dimensões dos panos de alvenaria.

Para o caso do Edifício da Coordenadoria de Educação Aberta e à Distância – CEAD apresentou-se uma alvenaria formada por panos descontínuos, fora do plano da estrutura e desvinculada, com blocos de concreto celular autoclavado (CCA). O uso do bloco de CCA trouxe certa facilidade e rapidez na execução da alvenaria, contudo foi necessário utilizar elementos de reforço nas paredes. Os panos de alvenaria foram limitados verticalmente pelas lajes, o que é uma situação favorável por reduzir a ação do peso próprio nas paredes, quando comparada com uma parede cortina de altura elevada.

No Edifício das Licenciaturas apresentou-se uma alvenaria formada por panos descontínuos, fora do plano da estrutura e desvinculada, na qual foram utilizados tijolos cerâmicos furados e pilaretes de concreto. Neste caso, a estrutura de aço é completamente independente do fechamento em alvenaria, o que exigiu a colocação de diversos pilaretes de concreto com a finalidade de estabilizá-la. Portanto, devido ao grande recuo da alvenaria em relação às fachadas, as paredes não puderam ser contidas lateralmente com a colocação de barras de fixação nos pilares de aço, gerando a impressão de construção de uma estrutura de concreto independente na parte interna do edifício.

O projeto de recuperação desenvolvido para o Centro de Ciências Biológicas II (CCB-II) reforça a ideia de como interfaces entre aço e alvenaria mal resolvidas podem comprometer um sistema de fechamento. Para desenvolver este projeto de recuperação foi necessário investigar os locais críticos, avaliar as características da estrutura e do fechamento, buscar materiais e técnicas capazes de corrigir as falhas identificadas e elaborar um projeto executivo. A experiência gerada com a execução deste projeto mostrou que a utilização de manta EPDM, juntamente com tela de

poliéster e emulsão acrílica nas interfaces entre alvenaria e estrutura de aço, é capaz de solucionar o problema da falta de estanqueidade nesses locais.

No caso do Edifício de Educação e Serviço Social da Igreja Presbiteriana de Viçosa apresentou-se uma alvenaria formada por panos descontínuos, segmentada pelas lajes, desvinculada, na qual foram utilizados tijolos cerâmicos furados. As decisões de projeto foram tomadas com base na experiência dos projetos de alvenaria anteriores, o que permitiu um aprimoramento do detalhamento executivo. O uso da alvenaria fora do plano da estrutura evitou a ocorrência de interfaces entre alvenaria e aço no ambiente externo.

Dentre todas as possibilidades de soluções para fechamento em alvenaria de edifícios em estrutura de aço, entende-se que o sistema de alvenaria formada por panos descontínuos, fora do plano da estrutura e desvinculada é o mais recomendado.

Pode-se afirmar que o uso de alvenarias em edifícios de estrutura em aço é adequado desde que sejam solucionadas as interferências entre alvenaria e estrutura ainda na fase de projeto. A estanqueidade é a característica mais importante para garantir o bom desempenho da edificação. Neste trabalho conclui-se, sobretudo, que um projeto consistente de juntas e interfaces é indispensável para que uma edificação em aço tenha um desempenho satisfatório quanto a seu sistema de vedação vertical.

## **5.2 Recomendações para trabalhos futuros**

O desenvolvimento deste trabalho permitiu visualizar os seguintes temas como propostas para trabalhos futuros:

- realizar um estudo experimental para avaliação do desempenho de juntas e interfaces quanto à estanqueidade seguindo as recomendações da ABNT NBR 15575-4:2013;
- avaliar o custo da solução de impermeabilização de juntas e interfaces com o uso da manta EPDM, para aplicação em projetos de recuperação e novos projetos de alvenaria.
- elaborar uma cartilha para a Pró-Reitoria de Administração da UFV com recomendações para o projeto de alvenaria para obras em estrutura de aço.

# Referências Bibliográficas

ALBRECHT, T. F.; SOUZA, D. A. S.; PAES, J. L. R. Elaboração de diagnóstico sobre problemas patológicos em um edifício em estrutura mista. In: 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON STRUCTURAL DEFECTS AND REPAIR, 2008, Aveiro. **Anais...** Aveiro, 2008.

ALVARENGA, R. C. S. S. **CIV 688 - Alvenaria Estrutural**. Notas de aula. Viçosa, 2012.

ARAÚJO, A. L. de. **Proposta metodológica para o projeto de sistemas de fechamento em alvenaria para edifícios em estrutura de aço com fins institucionais**. 2010. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

ASSED, J. A.; ASSED, P. C. **Construção civil: metodologia construtiva**. Rio de Janeiro: LTC, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA (1990). Manual Técnico das Alvenarias. ABCI, 274p. São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15812-1: Alvenaria estrutural — Blocos cerâmicos. Parte 1: Projetos**. Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_**NBR15961-1: Alvenaria estrutural – Blocos de concreto. Parte 1: Projeto**. Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_**NBR12118: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_**NBR 13440: Blocos de concreto celular autoclavado - Verificação da densidade de massa aparente seca - Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1995.

\_\_\_\_\_**NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_**NBR 15270-1: Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos**. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_**NBR15575-1: Edificações Habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_**NBR15575-2**: Edificações Habitacionais - Desempenho. Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_**NBR15575-4**: Edificações Habitacionais - Desempenho. Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

COELHO, R. de A. **Vedações para Edifícios em Estrutura Metálica** : Critérios e Projetos. In: III SEMINÁRIO INTERNACIONAL “O USO DE ESTRUTURAS METÁLICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL”. Belo Horizonte, 2000.

COELHO, R. de A. **Sistema construtivo integrado em estrutura metálica**. 2003. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

COELHO, R. de A. **Interface entre perfis estruturais e laminados e sistemas complementares**. 3. ed. São Paulo: Gerda-Açominas, 2004. 63p. (Coletânea do uso do aço, v. 1).

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. Dados sobre construção metálica. Disponível em: [www.cbca-acobrasil.org.br](http://www.cbca-acobrasil.org.br). Acesso em: 01 dez. 2015.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. **Manual Tecnologias de vedação e revestimento para fachadas**. Rio de Janeiro, 2014.

DIAS, L.A.M. **Estruturas de aço – Conceitos técnicas e linguagem**. 4 ed. São Paulo: Editora Zigurate, 2002. 192p.

LASKA, W. **Masonry and Steel Detailing Handbook**. USA: The Aberdeen Group, 1993. 218 p.

LOURENÇO, P. B. (1994). **Analysis of masonry structures with interface elements: Theory and applications**. Report 03-21-22-0-01, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.

MACIEL, L. L.; MELHADO, S. B. **Qualidade na construção civil: Fundamentos**. São Paulo: Escola Politécnica-USP, 1995.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Diretriz SINAT 008 - Vedações verticais internas em alvenaria não estrutural de blocos de gesso**. Brasília, 2012.

MOHAMAD, G. **Construções em Alvenaria Estrutural – Materiais, projeto e desempenho**. São Paulo: Blücher, 2014. 355p.

NASCIMENTO, O. L. do. **Alvenarias**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2004. 54 p.

OLIVEIRA, Edna Alves. **Estudo numérico e experimental de paredes de alvenaria não estruturais reforçadas com armadura de junta submetidas à flexão no seu plano**. 2009. 290 f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

PANNONI, F. D. **Princípios da proteção de estruturas metálicas em situação de corrosão e incêndio**. 3. ed. São Paulo: Gerdau-Açominas, 2004. 90p. (Coletânea do Uso do Aço, v. 2).

RANGEL, J. L. VERÍSSIMO, G. S. CIV 353 - Estruturas metálicas. Notas de aula. UFV: Viçosa, 2010.

REBBELLO, Y.C.P. **A concepção estrutural e a arquitetura**. 5 ed. São Paulo: Editora Zigurate, 2007. 271p.

SABBATINI, F. H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria sílico-calcária**. São Paulo: USP, 1984. 298p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1984.

SALGADO, J. C. P.; **Técnicas e práticas construtivas para edificação**. Editora Érica, São Paulo, 2009.

SILVA, M. G.; SILVA, V. G.; **Painéis de vedação**. São Paulo: CBCA, 2003. 59p. (Manual de Construção em Aço).

THOMAZ, E. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção**. São Paulo: Pini, 2001.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas prevenção e recuperação**. São Paulo: IPT/Edusp/Pini, 1989.

VALLE, J. B. S. **PATOLOGIA DAS ALVENARIAS** Causa / Diagnóstico / Previsibilidade. Monografia (Especialização em Tecnologia da Construção Civil). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte – MG. 2008.

VILATÓ, R. R.; FRANCO, L. S. **As Juntas de Movimentação na Alvenaria Estrutural**. São Paulo: EPUSP, 1988. 11 p.

BELTRAME, F.R; LOH, K. **Aplicação de selantes em juntas de movimentação de fachadas - Boas práticas**. Recomendações Técnicas Habitare v5. Porto Alegre, 2009.

# Apêndice A

## Ensaio de campo para a avaliação da estanqueidade das interfaces

---

Para verificar a eficácia do projeto de recuperação proposto para as fachadas do Edifício do CCB-II, foi realizado um ensaio qualitativo em uma das fachadas da caixa de escada que apresentava sinais de passagem de água pelas interfaces e nas ligações da estrutura de aço. Na Figura 142 mostra-se essa fachada e na Figura 143, o local da realização do ensaio.



Figura 142 - Fachada da caixa de escada onde foi realizado o ensaio.



Figura 143 - Fachada da caixa de escada onde foi realizado o ensaio.

O ensaio teve como objetivo simular um efeito de chuva na fachada e verificar a passagem ou não da água pelas interfaces. Para isso, utilizou-se um tubo de PVC marrom de 32 mm de diâmetro, no qual foram inseridos bicos aspersores de água. Esse tubo foi conectado a uma mangueira e a um hidrômetro. Por meio de uma bomba sapo, a água foi bombeada da caixa d'água para o dispositivo construído. Foi utilizada uma vazão de 11,7 L/mim, que corresponde a intensidade aproximada de 105mm/h para uma chuva de 20 minutos de duração e tempo de

retorno de 5 anos para a cidade de Viçosa-MG, de acordo com a equação de chuva máxima obtida pelo Software Plúvio 2.1.

O dispositivo para simular a chuva foi posicionado na parte superior da fachada, abaixo da caixa d'água (Figura 144). Na Figura 145 observa-se o detalhe do equipamento construído fixado na fachada.



Figura 144 - Dispositivo posicionado na fachada.



Figura 145 - Detalhe do dispositivo fixado na fachada.

A seguir são apresentados desenhos esquemáticos do dispositivo que foi construído para a realização do ensaio (Figuras 146 e 147).

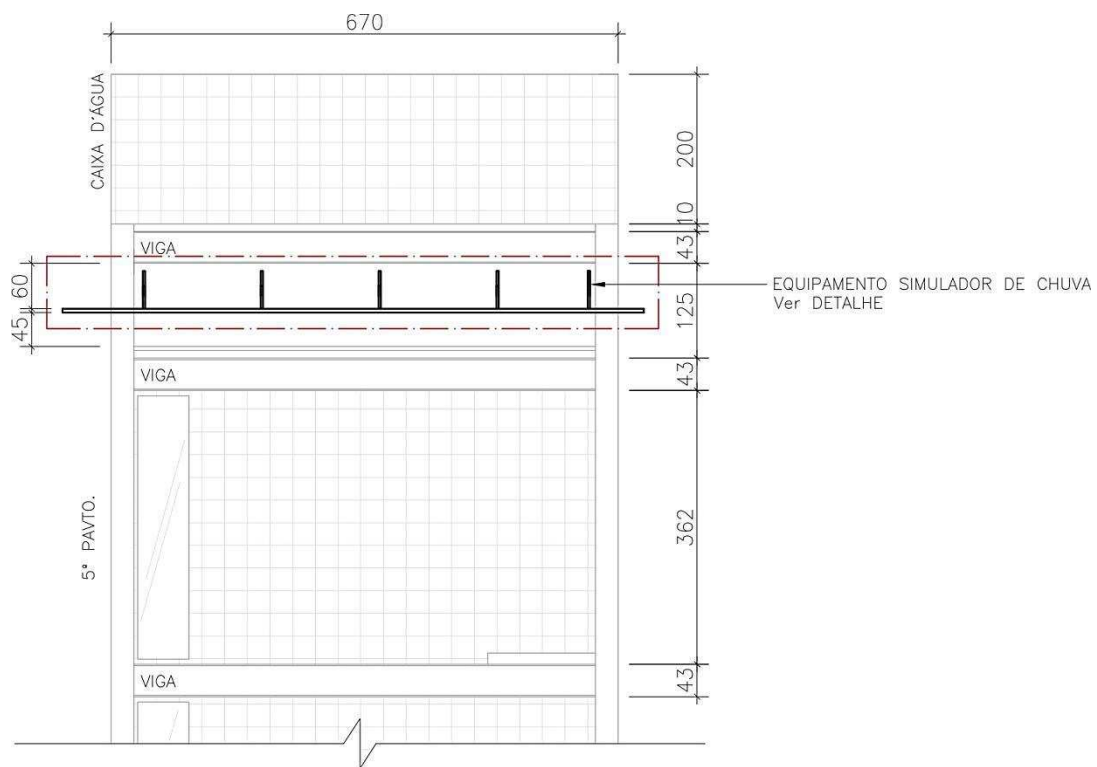


Figura 146 – Vista frontal da fachada com a posição do dispositivo.

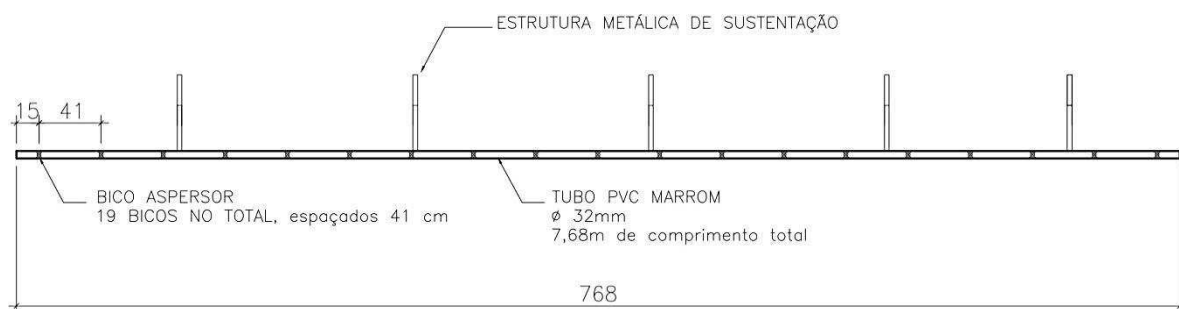


Figura 147 – Detalhe dispositivo simulador de chuva.

Na Figura 148 apresenta-se um desenho esquemático do ensaio. A água é bombeada da caixa d'água, por meio de uma bomba sapo, em uma mangueira que está conectada a um registro e a um hidrômetro. Por meio desse registro, controla-se a vazão que é medida pelo hidrômetro. A água então, com a vazão desejada, passa pelo tubo e abastece os aspersores de água. Esses aspersores, em atividade, simulam a ocorrência de uma chuva.

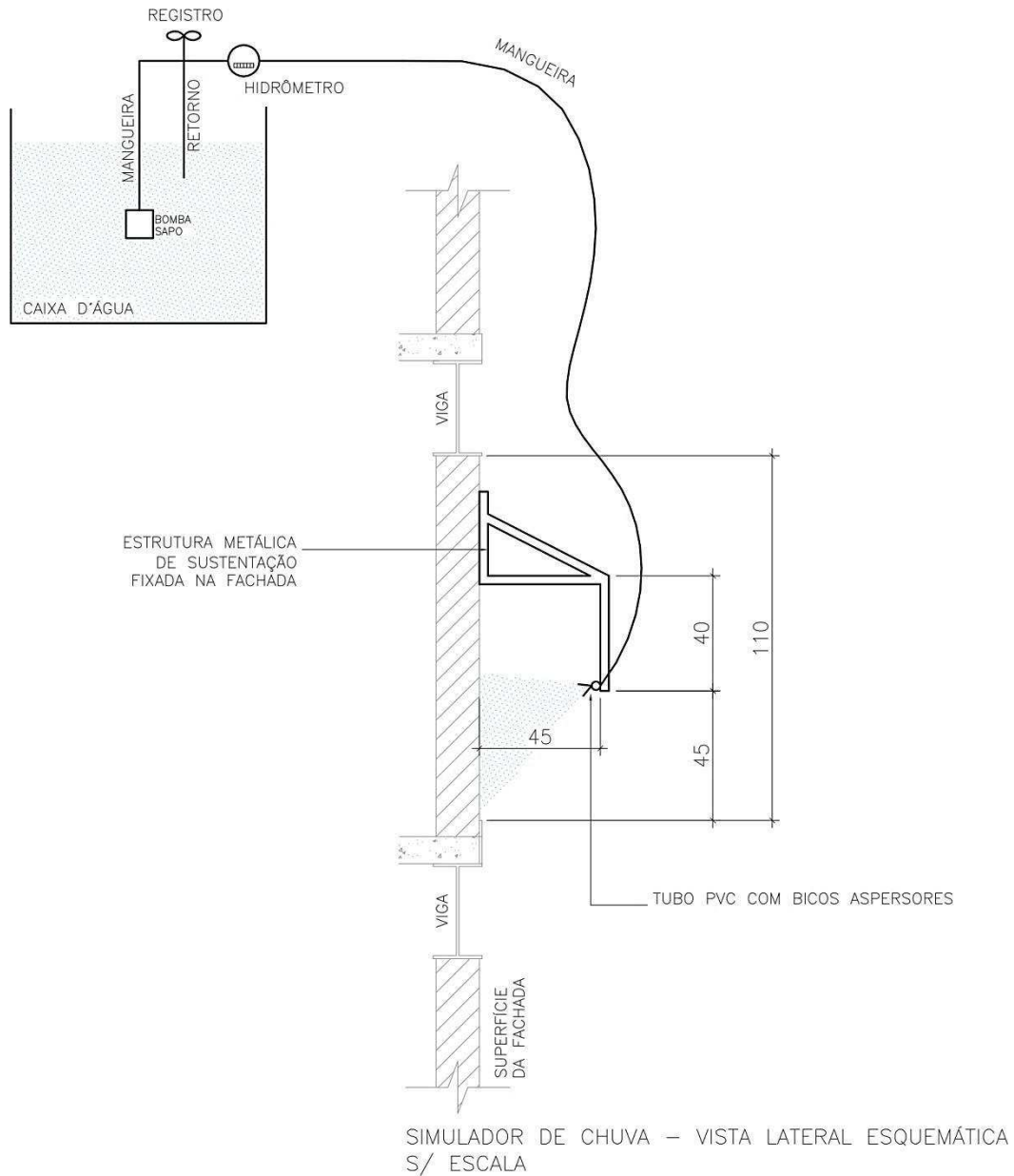


Figura 148 – Desenho esquemático do funcionamento do equipamento simulador de chuva.

Nas Figuras 149 e 150 é possível observar o ambiente interno, antes da partida experimento. As superfícies internas, com elevado grau de deterioração, encontravam-se completamente secas.



Figura 149 – Ambiente interno da caixa de escada antes da realização do ensaio.

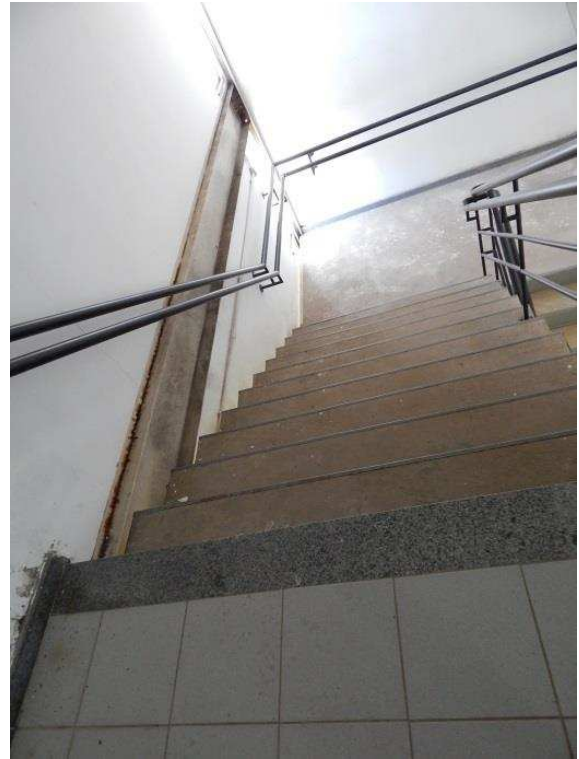


Figura 150 – Vista da viga metálica e escada interna, antes da realização do ensaio.

Às 16:02hs a bomba foi ligada e iniciou-se a realização do experimento (Figura 151)



(a)



(b)

Figura 151 – Vistas (a) e (b) do experimento em andamento.

A percepção da presença de água do ambiente interno ocorreu cerca de 2 minutos após a partida da bomba. Nas Figuras 152 a 153 nota-se a entrada e acúmulo de água nas superfícies da fachada e nos elementos metálicos do ambiente interno da caixa da escada.



Figura 152 – Superfície interna da fachada durante a realização ensaio.



Figura 153 – Presença de água na superfície interna.

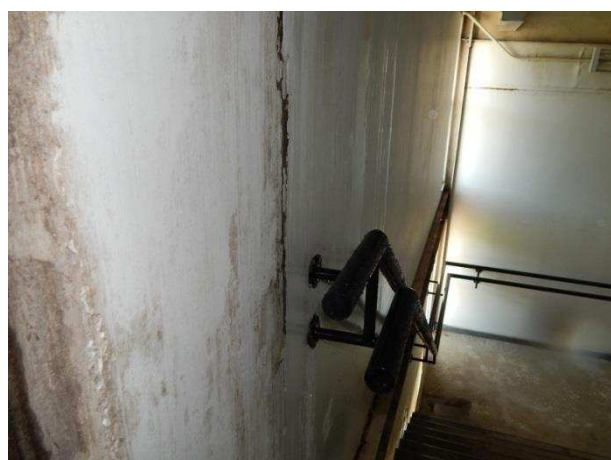


Figura 154 – Escorrimento de água na parede interna.



Figura 155- Fissura que permite a entrada de água.

Na Figura 157 registra-se a superfície interna da caixa de escada do quinto pavimento após o desligamento da bomba e conclusão do ensaio. A água é nitidamente percebida nas superfícies da parede, nos elementos metálicos (pilar, viga e cantoneira), no piso do patamar e degraus e no corrimão da escada. A presença de água também foi identificada no quarto e terceiro pavimentos.



Figura 156 - Aspecto de água do ambiente interno após a realização do ensaio.

Após a execução do projeto de recuperação, repetiu-se o mesmo experimento. Nas Figuras 157 e 158 observa-se o dispositivo colocado novamente na fachada, da mesma forma como feito antes da impermeabilização. Foi utilizada a mesma vazão (11,6 L/min) e o mesmo tempo de duração (20 minutos).



Figura 157 – Experimento montado novamente na parte superior da caixa de escada.



Figura 158 – Detalhe do experimento na fachada após o tratamento das interfaces.

Durante a realização do experimento (Figura 159) e após a sua conclusão, não foi detectado nenhum ponto de passagem de água para dentro da edificação (Figuras 160 e 161).



Figura 159 – Realização do experimento após a impermeabilização.



Figura 160 – Ausência da passagem de água em local crítico durante todo o experimento.



Figura 161 – Fissura permanece seca (durante o primeiro experimento era possível observar água corrente neste local).

Na Figura 162 mostra-se a parede interna da caixa de escada no final do experimento. Paredes, peças de aço e piso permanecem completamente secos, o que não ocorreu no mesmo experimento antes da execução do tratamento das interfaces proposto pelo projeto de recuperação.

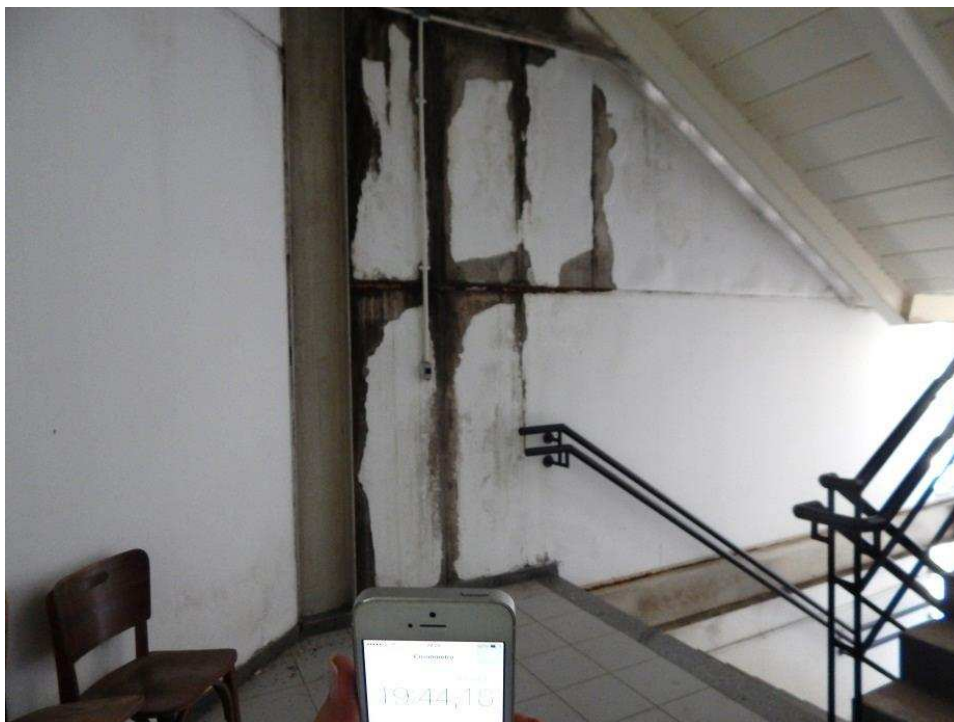


Figura 162 - Aspecto final do ambiente interno após a realização do experimento.

O experimento realizado comprovou de forma qualitativa a eficácia do tratamento realizado nas interfaces com o uso da manta EPDM, logo após a execução da recuperação. Contudo, é de grande importância a avaliação dessa eficácia ao longo do tempo devido ao envelhecimento dos materiais. Essa avaliação, que não foi objeto do ensaio realizado, pode ser feita por meio de ensaios de aceleração do envelhecimento, com a utilização de choque térmico e de uma câmara de intemperismo.