

A PRODUÇÃO DE VEDAÇÕES VERTICais DE ALVENARIA

**Comparação entre Soluções Empregadas no Brasil e
em Portugal**

CAMILA SEIÇO KATO

Relatório submetido para satisfação dos requisitos do Trabalho de Formatura para
Engenharia Civil

Orientadora: Professora Doutora Mércia Maria Semensato Bottura de Barros

FEVEREIRO DE 2009

A Deus e às pessoas mais importantes que Ele colocou em meu caminho:
Pais, Professores e Amigos

E disseram uns aos outros: “Vamos, façamos tijolos e cozamo-los no fogo.” Serviram-se de tijolos em vez de pedras, e de betume em lugar de argamassa.

Gênesis XI – 3, Bíblia

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto por me proporcionar o privilégio de estudar nesta Universidade durante o primeiro semestre de 2008. Agradeço também aos professores que me auxiliaram neste Trabalho: Professor Doutor Hipólito José Campos de Souza, meu orientador em Portugal, Professora Doutora Mércia Maria Semensato Bottura de Barros, minha orientadora no Brasil, e Professor Doutor Ubiraci Espinelli Lemes de Souza. Quero ainda agradecer às construtoras Tecnisa e Habiserve por permitirem o acesso ás construções estudadas neste trabalho e a divulgação das fotos destas obras.

Agradecimentos especiais aos meus pais, Kato e Cremilda pelo apoio em minha vida pessoal e em meus estudos, e à minha amiga Fernanda por ser minha companheira e irmã durante minha estadia em Portugal.

RESUMO

Apesar do Brasil ter sido colônia portuguesa por séculos, as construções atualmente produzidas no Brasil e em Portugal possuem diferenças marcantes, principalmente no seu processo de produção que envolve as fases de projeto e execução.

A autora do presente trabalho é aluna de graduação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, porém participou de um Programa de Intercâmbio na Universidade do Porto, local onde foi iniciado este trabalho. Este fato motivou a autora a dissertar sobre as diferenças construtivas observadas entre Brasil e Portugal.

O presente trabalho apresenta um estudo realizado a partir da realidade construtiva destes países com enfoque para o subsistema de vedação vertical com alvenaria em que se buscou analisar as características gerais de sua produção, a fim de se verificar as possíveis causas das diferenças no processo de produção.

O subsistema de alvenaria de vedação foi estudado a partir dos blocos e das argamassas, pois são os componentes que mais influenciam o comportamento da parede. Particularmente, neste estudo focou-se nos blocos cerâmicos por serem predominantes nas obras de Portugal e Brasil.

As exigências funcionais deste subsistema que tiveram seus estudos mais aprofundados através da normalização foram o conforto acústico e térmico, a estabilidade, a estanqueidade e a segurança contra incêndio. O conforto é claramente mais aplicado nas alvenarias de Portugal, onde é comum a utilização de isolamentos, além disso, neste país há uma maior preocupação com a eficiência energética.

O projeto de alvenaria não é uma ferramenta usual nos países em estudo, mas tem sido utilizado em obras de grandes construtoras brasileiras principalmente aquelas que têm desenvolvido a alvenaria racionalizada, a qual tem se mostrado muito importante para aumentar a produtividade, diminuir os desperdícios e, consequentemente, os custos de construção.

A execução é influenciada pelos materiais disponíveis, pelas exigências funcionais de cada país, pelo projeto e pela gestão da produção.

Além das comparações anteriormente citadas, ainda se verifica as diferenças na arquitetura e na disponibilidade financeira da população de cada país, o que influencia diretamente a solução a ser adotada na construção. Assim, pode-se concluir que como Portugal possui um poder de compra maior, o conforto é fundamental para a edificação, enquanto no Brasil o custo ainda é o maior desafio.

PALAVRAS-CHAVE: alvenaria, execução, exigências, Brasil, Portugal.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
INTRODUÇÃO	1
1.1 Motivação pelo tema	1
1.2 Histórico da evolução da construção em Portugal e no Brasil	1
1.2.1 Primeiros vestígios da alvenaria no mundo e grandes obras da antiguidade.....	2
1.2.2 A construção portuguesa	5
1.2.3 A construção Brasileira e seus influenciadores	8
1.3 Perspectivas futuras para a construção civil.....	14
1.4 Análise da situação atual e as diferenças nas vedações verticais	15
CARACTERÍSTICAS GERAIS	21
2.1 Geografia.....	21
2.2 Clima	25
2.3 População	29
2.4 Economia.....	36
VEDAÇÃO VERTICAL DE PAREDES DE ALVENARIA	41
3.1 Definições e classificações.....	41
3.2 Exigências Funcionais das Paredes	43
3.2.1 Segurança	44
3.2.1.1 Estabilidade	44
3.2.1.2 Segurança ao fogo	44
3.2.2 Adaptações a movimentos	44
3.2.2.1 Movimentos das fundações	44
3.2.2.2 Deformação estrutural	45
3.2.2.3 Variações de temperatura	45
3.2.2.4 Variações de umidade e volume.....	45
3.2.2.5 Movimentos por ação química	46
3.2.3 Estanqueidade à água da chuva	46
3.2.4 Durabilidade	47
3.2.5 Conforto	47

3.2.5.1	Conforto termo higrométrico.....	47
3.2.5.2	Conforto acústico.....	48
3.2.6	Adaptação à utilização e à execução	48
3.2.7	Economia e produtividade	48
COMPONENTE DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO: BLOCOS		49
4.1	Sílico-Calcário	51
4.2	Concreto Celular Autoclavado	51
4.3	Concreto	52
4.4	Cerâmico.....	55
4.4.1	Aspecto e identificação.....	59
4.4.2	Resistência a compressão	59
4.4.3	Dimensões	60
4.4.4	Espessura dos septos.....	61
4.4.5	Desvio em relação ao esquadro e planeza das faces (flecha)	62
4.4.6	Índice de Absorção de água.....	62
4.4.7	Sais solúveis e eflorescências	62
ARGAMASSA		63
5.1	Classificações	63
5.2	Requisitos das argamassas.....	63
5.2.1	Argamassa de assentamento	64
5.2.1.1	Portugal.....	64
5.2.1.2	Brasil.....	67
5.3	Argamassa de Revestimento.....	68
5.3.1	Portugal.....	69
5.3.2	Brasil.....	72
5.4	Especificação e Produção de argamassa.....	73
5.4.1	Argamassa Industrializada.....	74
5.4.1.1	Especificação	74
5.4.1.2	Produção	77
5.4.2	Argamassa produzida em obra.....	78
5.4.2.1	Especificação	78
5.4.2.2	Produção	83
CONCEPÇÃO E PROJETO DA VEDAÇÃO VERTICAL EM ALVENARIA		85

6.1	Exigências Regulamentares.....	85
6.1.1	Desempenho térmico.....	85
6.1.1.1	Portugal	87
6.1.1.2	Brasil	90
6.1.2	Desempenho Acústico.....	94
6.1.2.1	Portugal	94
6.1.2.2	Brasil	96
6.1.3	Desempenho estrutural.....	100
6.1.4	Estanqueidade.....	103
6.1.4.1	Portugal	103
6.1.4.2	Brasil	104
6.1.5	Segurança contra incêndio.....	106
6.1.5.1	Portugal	106
6.1.5.2	Brasil	108
6.2	Pontos singulares.....	110
6.2.1	Juntas de Controle	111
6.2.2	Correção de Pontes térmicas	111
6.2.3	Caixa de ar e caleira	114
6.2.4	Ligaçāo entre os panos exteriores e interiores.....	114
6.2.5	Cunhais.....	115
6.2.6	Ombreiras	116
6.2.7	Vergas e contravergas	117
6.2.8	Fixação das paredes de vedação à estrutura de concreto.....	118
6.2.9	Paredes hidráulicas.....	119
6.2.10	Platibandas	120
6.3	Isolamentos	120
6.4	Condicionantes do Projeto de vedações de alvenaria	121
6.4.1	Projeto arquitetônico	121
6.4.2	Projeto Estrutural	122
6.4.3	Projetos Hidráulico, Elétrico e outros	122
6.4.4	Projeto de Implantação do edifício.....	123
6.4.5	Condições ambientais.....	123
6.4.6	Insumos disponíveis	123

6.4.7	Prazos e custos	124
6.5	Apresentação do projeto para produção de Vedações verticais em alvenaria	124
6.5.1	Plantas de fiadas	124
6.5.2	Elevação de paredes	125
6.5.3	Detalhes construtivos das soluções típicas	126
6.5.4	Detalhamento de situações atípicas	127
6.5.5	Especificações técnicas complementares	128
	EXECUÇÃO E CONTROLE DA ALVENARIA DE VEDAÇÃO	129
7.1	Comparações da execução da alvenaria	129
7.1.1	Programação da alvenaria.....	129
7.1.2	Marcação	130
7.1.3	Elevação	131
7.1.3.1	Juntas verticais.....	132
7.1.3.2	Juntas Horizontais.....	132
7.1.3.3	Definição e reforços dos vãos.....	133
7.1.4	Fixação	135
7.2	Paredes duplas	137
7.3	Isolamentos	142
7.3.1	Materiais Rígidos.....	142
7.3.2	Materiais Flexíveis	143
7.3.3	Materiais projetados	143
7.3.4	Materiais a Granel	144
7.3.5	Materiais injetados.....	144
7.3.6	Isolamento térmico pelo Exterior	144
7.4	Interação com as instalações	145
7.4.1	Instalações elétricas	145
7.4.2	Instalações hidráulicas	147
7.5	Controle da execução da alvenaria	150
	ESTUDO DE CASOS	153
8.1	Brasil.....	153
8.2	Portugal.....	161
	CONCLUSÃO.....	167
9.1	Quanto à consecução do objetivo	167

9.2	Quanto às dificuldades encontradas	167
9.3	Quanto às principais diferenças entre os dois países.....	167
	Referências Bibliográficas	171
	ANEXO 1: GLOSSÁRIO	177
	ANEXO 2: LEVANTAMENTO DE OBRAS - BRASIL.....	179

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustração 1: Representação de Çatal.Hüyük na Anatólia (Turquia) 6000 A.C.	2
Ilustração 2: Pirâmides do Gizé construídas cerca de 2500 A.C.....	2
Ilustração 3: Gravura de Maerten van Heemskerck, que representa os jardins suspensos da Babilônia, criadas pelo rei Nabucodonosor II por volta de 600 a.C.	3
Ilustração 4: Acrópole de Atenas 450 A.C.....	3
Ilustração 5: Coliseu de Roma construído em 80 D.C.	3
Ilustração 6: Tipos de paredes romanas.	4
Ilustração 7: Aqueduto Pont du Gard.	4
Ilustração 8: Insula (tipo de habitação romana destinada à população mais desfavorecida) de tijolo e concreto o em Roma.....	5
Ilustração 9: Construção antiga em taipa e adobe no Alentejo.	5
Ilustração 10: Casa de pedra, Soajo, Portugal.	6
Ilustração 11: Sé Velha de Coimbra: Estilo Romântico.....	6
Ilustração 12: Mosteiro da Batalha: Arquitetura Gótica.	7
Ilustração 13: Destruição no terremoto de 1755, e a gaiola Pombalina	7
Ilustração 14: Evolução das tipologias de paredes em Portugal.	8
Ilustração 15: Casa de pedra construída em 1878 Caxias do Sul	9
Ilustração 16: Casa de adobe e palha, do Vão do Paraná.....	9
Ilustração 17: Igreja da Misericórdia em Porto Seguro.....	10
Ilustração 18: O Engenho Poço Comprido formado pela casa grande, capela e senzala, século XVIII em Pernambuco	10
Ilustração 19: Modernização de Recife feita por Nassau durante a Invasão Holandesa	10
Ilustração 20: Igreja de São Francisco de Assis, projetada por Antônio Francisco Lisboa, o Aleijadinho	11
Ilustração 21: Solar da Baronesa, situado onde é hoje o campus da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.....	11
Ilustração 22: (a) Viaduto Santa Efigênia. (b) Estação da Luz. (c) Viaduto do Chá.....	12
Ilustração 23: Edifício Martinelli.	13
Ilustração 24: Evolução das exigências de paredes.	14
Ilustração 25: Repartição dos tempos e tarefas na construção.	15
Ilustração 26: Produção do banheiro pronto.....	15
Ilustração 27: Edifícios brasileiros de alto padrão: a)Goiânia. b) Porto Alegre. c) Manaus. d) Natal. e) São Paulo.....	16

Ilustração 28: Edifícios populares brasileiros. a) Belo Horizonte. b) São Paulo.	17
Ilustração 29: Edifícios em Portugal. a) Faro. b) Lisboa. c) Matosinhos.	17
Ilustração 30: Alvenaria Tradicional	18
Ilustração 31: Racionalização da alvenaria.	19
Ilustração 32: Mapa-Mundi.	22
Ilustração 33: Relevo de Portugal.	22
Ilustração 34: Relevo do Brasil.	23
Ilustração 35: Placas tectônicas.	23
Ilustração 36: Sismo em Benavente 1909.	24
Ilustração 37: carta das máximas intensidades sísmicas.	24
Ilustração 38: Mapa da sismicidade brasileira, com sismos de magnitude = 3.0, ocorridos no Brasil, desde a época da colonização até 2004..	25
Ilustração 39: Classificação climática de Koppen e a distribuição dos tipos de telhado.	26
Ilustração 40: Temperatura máxima à esquerda e temperatura mínima à direita.	27
Ilustração 41: Temperatura média à esquerda e a pluviosidade à direita.	27
Ilustração 42: Temperatura máxima à esquerda e temperatura mínima à direita.	29
Ilustração 43: Temperatura média à esquerda e a pluviosidade à direita.	29
Ilustração 44: Densidade demográfica do Brasil.	30
Ilustração 45: Densidade demográfica de Portugal.	30
Ilustração 46: Distribuição etária, por sexo. Brasil.	31
Ilustração 47: Distribuição etária, 2002 e 2007 de Portugal.	31
Ilustração 48: Arquitetura Colonial Portuguesa em diferentes regiões do Brasil (continua).	32
Ilustração 49: (continuação) Arquitetura Colonial Portuguesa em diferentes regiões do Brasil.	33
Ilustração 50: Centro Espanhol em Santos, 1895.	33
Ilustração 51: Foto de Blumenau, cidade fundada em 1851 de colonização alemã.	34
Ilustração 52: Casas de madeira com arquitetura colonial italiana em Antônio Prado, RS.	34
Ilustração 53: Bairro japonês na cidade de São Paulo.	35
Ilustração 54: Imigração no Brasil, por nacionalidade. Períodos decenais: 1884-1893 a 1924-1933 ...	35
Ilustração 55: Imigração no Brasil, por nacionalidade. Períodos quinquenais: 1945-1949 a 1956-1959.	35
Ilustração 56: Produto interno bruto per capita municipal 2005.	36
Ilustração 57: PIB per capita, por NUTS III, 2003.	37
Ilustração 58: Estrutura do Valor acrescentado bruto (VAB) setorial de Portugal.	37
Ilustração 59: PIB brasileiro distribuído pelos subsetores.	38

Ilustração 60: Distribuição da população de 10 anos ou mais de idade, ocupadas, segundo as classes de rendimento mensal de todos os trabalhos, em salários mínimos – Brasil – 2003.].	39
Ilustração 61: Distribuição das pessoas de 10 anos ou mais de idade, ocupadas, segundo as classes de rendimento mensal – Brasil e grandes regiões – 2003.	40
Ilustração 62: a) Parede de alvenaria. b) Paredes maciças moldadas no local. c) Paredes maciças pré-fabricadas. d) Fachada cortina. e) Divisórias leves de gesso acartonado.	42
Ilustração 63: Tipos de paredes de alvenaria previstos no EC6.	43
Ilustração 64: Fenômenos físicos de penetração de água nas paredes (continua).	46
Ilustração 65: (continuação) Fenômenos físicos de penetração de água nas paredes.	47
Ilustração 66: Blocos sílicos-calcários	51
Ilustração 67: Blocos de concreto celular autoclavado.	52
Ilustração 68: Formatos de blocos de concreto brasileiros.	53
Ilustração 69: Características mais importantes dos blocos de concreto correntes em Portugal.	55
Ilustração 70: Fluxograma do processo de fabrico de tijolos.	56
Ilustração 71: Geometrias de blocos cerâmicos brasileiros.	58
Ilustração 72: Formatos normalizados segundo a NP 80.	61
Ilustração 73: Resistência da alvenaria de acordo com a variação da resistência da argamassa.	68
Ilustração 74: Esquema da fabricação de argamassas industrializadas.	75
Ilustração 75: a) Betoneira. b) Argamassadeira.	77
Ilustração 76: a) Saída da argamassa do silo em “via úmida” abastecendo o compressor b) Misturador de argamassa para via seca.	77
Ilustração 77: a) transporte do silo por caminhão. b) Caminhão graneleiro para reabastecer silo do sistema de "via seca".	78
Ilustração 78: Metodologia de dosagem das argamassas.	81
Ilustração 79: Mesa de consistência ou abatimento do tronco de cone: utilizado para caracterizar as propriedades de fluidez e coesão.	81
Ilustração 80: Ensaio de retenção de água.	82
Ilustração 81: Resistência de aderência.	82
Ilustração 82: Painéis de revestimento.	82
Ilustração 83: Esquema da produção de argamassa mista dosada em obra com anterior preparo da argamassa intermediária.	83
Ilustração 84 Esquema da produção de argamassa mista dosada em obra sem o preparo da argamassa intermediária.	83
Ilustração 85: Dosagem de areia e seu posterior estoque em sacos coloridos.	84
Ilustração 86: Carta bioclimática de Baruchi Givoni.	86
Ilustração 87: Zonas bioclimáticas em Portugal.	87

Ilustração 88: Exemplos de paredes de alvenaria de tijolo da envolvente exterior que respeitam as exigências regulamentares.....	88
Ilustração 89: Exemplos de paredes de alvenaria de tijolo da envolvente interior que respeitam as exigências regulamentares.....	89
Ilustração 90: Zoneamento bioclimático brasileiro.	91
Ilustração 91: Exemplos de materiais constituintes das paredes com valores da transmitância térmica e capacidade térmica.	94
Ilustração 92: Medição, em laboratório, de R_w de um componente de edificação.	96
Ilustração 93: Medição, em campo, de $D_{2m, nT, w}$ da fachada de um edifício.	98
Ilustração 94: Medição, em campo, de $D_{nT, w}$ entre recintos de um edifício.....	99
Ilustração 95: Resistência a compressão de alvenaria.	100
Ilustração 96: Avaliação da aderência dos componentes.	101
Ilustração 97: Avaliação das alvenarias por compressão diagonal e flexão perpendicular.	101
Ilustração 98: Avaliação da esbeltez de paredes e limites orientativos	102
Ilustração 99: Zoneamento proposto para Portugal Continental em relação aos índices de chuva incidente persistente.	104
Ilustração 100: Condições de exposição conforme as regiões brasileiras.	105
Ilustração 101: Exemplos de correção de ponte térmica pelo interior e pelo exterior.....	112
Ilustração 102: Correção de pontes térmicas no encontro com os vãos.	113
Ilustração 103: Correção de ponte térmica na caixa de estore.....	113
Ilustração 104: Tipos de ligadores.....	115
Ilustração 105: Exemplo de reforço de cunhais com concreto armado.	116
Ilustração 106: Localização das ombreiras no vão da esquadria.	116
Ilustração 107: Caixa de persianas.	118
Ilustração 108: Reforços para ligação da alvenaria aos pilares.	119
Ilustração 109: a) <i>Shaft</i> . b) instalação à vista.	119
Ilustração 110: Bloco cerâmico que permite a passagem de eletrodutos.	120
Ilustração 111: Detalhe executivo do projeto de vedação de alvenaria que mostra a interferência da alvenaria com a impermeabilização.	123
Ilustração 112: a) Legenda do projeto indicando a simbologia adotada. b) Recorte em planta da 1 ^a fiação, indicando o dimensionamento de vãos de portas, denominação e locação das paredes e destaque das situações particulares de execução. F.....	125
Ilustração 113: Elevação de paredes com diferenciação entre juntas verticais preenchidas e secas e com a indicação do posicionamento dos vãos de esquadrias e das contravergas de janelas.	126
Ilustração 114: Solução típica do detalhamento construtivo, particularizando as alturas e disposições dos pontos elétricos.	127

Ilustração 115: Perspectiva e elevação da solução construtiva definida para a parede contendo instalações hidráulicas e sanitárias.....	127
Ilustração 116: Especificações dos blocos, argamassa de assentamento, argamassa para chapisco e ferramentas para aplicação, argamassa para fixação superior, dimensionamento e execução de juntas verticais e horizontais, componentes para amarração entre alvenaria e entre alvenaria e pilar.	128
Ilustração 117: Execução da alvenaria piso sim piso não (a), e começando do 3º para o 1º, depois 6º para o 4º e assim sucessivamente (b).	130
Ilustração 118: Projeto de marcação da primeira fiada.	131
Ilustração 119: Projeto da elevação de uma parede.	131
Ilustração 120: Parede sem preenchimento da junta vertical	132
Ilustração 121: a) Cordões de argamassa feitos com bisnaga. b)Palhetas.....	133
Ilustração 122: Elevação de parede em Portugal com uso de colher de pedreiro.	133
Ilustração 123: Detalhe do preenchimento com argamassa dos furos na lateral do vão e a caixa de estore.	134
Ilustração 124: Elementos que definem vãos de esquadrias - a) Gabarito metálico; b) Contramarco . C) Batentes envolventes.....	134
Ilustração 125: Vergas pré-moldadas de concreto.	135
Ilustração 126: Fixação da alvenaria com poliestireno expandido.....	135
Ilustração 127: Fixação com espuma de poliuretano.	136
Ilustração 128: Exemplo do planejamento da execução de um edifício de acordo com uma grande construtora brasileira.	137
Ilustração 129: Barras de espera chumbadas previamente ao pilar, a fim de se fixar a alvenaria neste elemento.	138
Ilustração 130: Tubo de drenagem.	138
Ilustração 131: O Pano exterior deverá estar com, no mínimo, 2/3 de sua espessura apoiada na laje.	139
Ilustração 132: Tijolo utilizado na forra.....	139
Ilustração 133: Elevação da parede.	139
Ilustração 134: Execução da caleira.	140
Ilustração 135: Execução do pano exterior, detalhe da forra de papel para proteger a caleira.	140
Ilustração 136: Corte da parede dupla.	141
Ilustração 137: Parede dupla com tijolo à vista executada pelo exterior e isolamento térmico de poliuretano projetado.	142
Ilustração 138: Métodos para auxiliar a fixação dos isolamentos rígidos, sendo E o pano exterior e I o pano interior.	142
Ilustração 139: Isolamento flexível utilizado na parede de divisa entre duas habitações.	143
Ilustração 140: Isolamento de poliuretano projetado.	143

Ilustração 141: Esquema de uma parede com revestimento ETIC.....	145
Ilustração 142: Embutimento dos eletrodutos na laje e sua passagem nos furos dos blocos.....	145
Ilustração 143: Embutimento das “caixinhas elétricas” nos blocos.....	146
Ilustração 144: Bloco elétrico.....	146
Ilustração 145: Utilização de pré-moldado na caixa de luz.....	146
Ilustração 146: a) Convergência de eletrodutos para instalação de quadro elétrico. b) Embutimento de instalações no contra piso.....	147
Ilustração 147: Tubo Jotagris “Erfe” da JSL – Material elétrico.....	147
Ilustração 148: a) “shaft” visitável; b) “shaft” não-visitável.....	148
Ilustração 149: Embutimento das instalações hidráulicas no forro.....	148
Ilustração 150: Blocos especiais para instalações hidráulicas.....	148
Ilustração 151: Exemplo de uso de carenagem em tubulações hidráulicas.....	149
Ilustração 152: a) Marcação e corte da parede. b) Cortes feitos para diferentes tipos de instalações.	149
Ilustração 153: Embutimento de PEX no pavimento.....	150
Ilustração 154: a) Central de Produção de vergas. b) Embutimento de caixinhas elétricas à direita ..	154
Ilustração 155: Argamassa ensacada.....	154
Ilustração 156: Dosagem dos constituintes da argamassa.....	155
Ilustração 157: Dosagem da argamassa de acordo com quantidade de sacos de cores e constituintes diferentes.....	155
Ilustração 158: a) Argamassadeira. b) Betoneira.....	156
Ilustração 159: Telas metálicas eletrossoldadas em pilares com chapisco.....	156
Ilustração 160: Materialização dos eixos ortogonais previamente definidos no projeto de alvenaria, coincidente com os eixos definidos para os demais projetos do edifício (arquitetura, estrutura e sistemas prediais).....	157
Ilustração 161: Marcação da localização da parede e primeira fiada.....	157
Ilustração 162: Uso da bisnaga. b) Uso da colher de pedreiro.....	158
Ilustração 163: a) Colocação do escantilhão. b) Batentes envolventes de alumínio	158
Ilustração 164: Uso de contraverga na janela.....	159
Ilustração 165: Fixação com argamassa à esquerda	159
Ilustração 166: Posicionamento dos eletrodutos na forma da laje.....	159
Ilustração 167: a) Passagem de instalações elétricas pelo furo vertical do bloco. b) Uso de bloco elétrico para facilitar a execução da caixa elétrica.	160
Ilustração 168: a) Cortes da alvenaria para instalações hidráulicas. b) Execução de shaft.	160
Ilustração 169: Embutimento de instalações hidráulicas no forro.....	161
Ilustração 170: Empreendimento Portas da Avenida.....	161

Ilustração 171: Paredes internas do apartamento.	162
Ilustração 172: Utilização de blocos térmicos com encaixe.....	162
Ilustração 173: Parede dupla com isolamento de lã de rocha.....	162
Ilustração 174: a) Silo com argamassa pré-dosada, b) equipamento de mistura.....	163
Ilustração 175: Varões sobre a primeira fiada.....	164
Ilustração 176: Elevação da alvenaria com utilização de fio de pedreiro e prumo.	164
Ilustração 177: Ligação da alvenaria com a viga através de poliestireno expandido.....	164
Ilustração 178: Roços.	165
Ilustração 179: Colocação do isolamento térmico (ETICS).....	165

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Salário mínimo referente ao Município de São Paulo em reais.	38
Tabela 2: Salário mínimo necessário no Brasil.....	39
Tabela 3: Exigências funcionais das paredes	44
Tabela 4: Características de blocos de diferentes materiais	49
Tabela 5: Tolerâncias de dimensões exteriores segundo pr EN 771-3.....	54
Tabela 6: Características do material cerâmico.....	57
Tabela 7: Características mais importantes dos tijolos cerâmicos correntes em Portugal	58
Tabela 8: Classe de resistência segundo a NP 80.....	59
Tabela 9: Dimensões Padronizadas de blocos cerâmicos brasileiros.	60
Tabela 10: Dimensões segundo a NP 834	61
Tabela 11: Limites para blocos cerâmicos.	62
Tabela 12: Classificação dos teores de sais solúveis prevista na norma prEN771-1	62
Tabela 13: Requisitos para as propriedades do produto no estado fresco e respectivas normas de ensaio.....	65
Tabela 14: Requisitos para as propriedades do produto endurecido e respectiva norma de ensaio.	66
Tabela 15: Classes de resistência à compressão	66
Tabela 16: Exigências mecânicas e reológicas para argamassas	67
Tabela 17: Requisitos para as propriedades do produto endurecido e respectiva norma de ensaio	69
Tabela 18: Requisitos para as propriedades do produto em pasta	70
Tabela 19: Resumo das características mínimas exigidas para argamassas de revestimento.	71
Tabela 20: Classificação para as propriedades do produto endurecido	71
Tabela 21: Limites de Resistência à tração de argamassa de revestimento	72
Tabela 22: Limites para características da argamassa de acordo com a ABCP	72
Tabela 23: Atividades e equipamentos de produção das argamassa.	74
Tabela 24: Comparação da Resistência à compressão de argamassas de assentamento.	75
Tabela 25: Comparação de argamassas de revestimento interno.	76
Tabela 26: Comparação de argamassas de revestimento externo	76
Tabela 27: Definições das classes de resistência das argamassas de assentamento segundo o EC6 e traços volumétricos propostos.	78
Tabela 28: Dosagem para assentamento de alvenaria, segundo Paz Branco, LNEC - Portugal.	79
Tabela 29: Dosagens de argamassa para assentamento de tijolo e revestimento - Portugal	79
Tabela 30: Dosagens correntemente empregadas no Brasil	79

Tabela 31: Dosagens indicadas pela antiga Norma NBR 7200/82 - Brasil	79
Tabela 32: Variação das propriedades de uma argamassa com a alteração relativa de cimento e cal ..	80
Tabela 33: Valores de U máximos e admissíveis a partir do RCCTE 90 para as diferentes zonas climáticas	87
Tabela 34: Níveis de qualidade de paredes	90
Tabela 35: Valores de U admissíveis a partir do RCCTE 2006	90
Tabela 36: Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão	92
Tabela 37: Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno	93
Tabela 38: Transmitância térmica de paredes externas	93
Tabela 39: Capacidade térmica de paredes externas	93
Tabela 40: Áreas mínimas de aberturas para ventilação	94
Tabela 41: Índices de isolamento sonoro a sons de condução aérea, normalizados ($D_{2m,n,w}$ ou $D_{n,w}$, requeridos a paredes de edifícios de habitação e mistos	95
Tabela 42: Valores indicativos estimados para o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, R_w , de panos de alvenaria e de concreto	95
Tabela 43: Índice de redução sonora ponderado da fachada, R_w , para ensaio de laboratório	96
Tabela 44: Índice de redução sonora ponderado dos componentes construtivos, R_w , para ensaio de laboratório	97
Tabela 45: Valores recomendados da diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, $D_{2m,nT,w}$, para ensaios de campo	97
Tabela 46: Valores recomendados da diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes, $D_{nT,w}$, para ensaio de campo	98
Tabela 47: Valores típicos de isolamento sonoro, obtidos em ensaio de campo.	99
Tabela 48: Valores típicos de isolamento sonoro, obtidos em ensaio de laboratório.	99
Tabela 49: Espessuras mínimas das paredes em pano único, segundo a BS 5628	103
Tabela 50: Espessura mínima de paredes “em osso”, em pano único, segundo o DTU 20.1	103
Tabela 51: Condições de ensaio de estanqueidade de sistemas de vedações verticais externas	105
Tabela 52: Estanqueidade à água de vedações verticais externas	106
Tabela 53: Exemplos de classes de reação ao fogo de revestimentos de paredes.	106
Tabela 54: Exigências regulamentares de resistência ao fogo para paredes de alvenaria	107
Tabela 55: Espessura mínima de paredes face às exigências contra incêndios.	108
Tabela 56: Critério relativo à propagação superficial de chamas.	108
Tabela 57: Critério relativo à resistência do fogo de elementos construtivos de compartimentação ..	109
Tabela 58: Critério relativo à propagação de chamas das fachadas e coberturas.	110
Tabela 59: Critério relativo à densidade de fumaça máxima	110

Tabela 60: Comprimentos máximos para paredes sem juntas de controle	111
Tabela 61: Dimensões recomendadas para vergas.	117
Tabela 62: Dimensões recomendadas para contravergas.	117
Tabela 63: Verificações e critérios de avaliação - FASE DE MARCAÇÃO.....	150
Tabela 64: Verificações e critérios de avaliação - FASE DE ELEVAÇÃO	151
Tabela 65: Verificações e critérios de avaliação - FASE DE FIXAÇÃO	152

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Proporções das argamassas produzidas no Brasil	73
Gráfico 2: Proporções das argamassas produzidas em Portugal	74

1

INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO PELO TEMA

A autora desta Dissertação é brasileira e realizou um Intercâmbio de um semestre em Portugal, país em que foi iniciado este trabalho. Observada as diferenças construtivas desses países, optou-se por verificar e analisar tais diferenças neste Trabalho de Formatura.

O Brasil foi, por muitos anos, fortemente ligado a Portugal. Seu “descobrimento” ocorreu em 1500 e até 1815 o país foi colônia portuguesa, sendo que em 1815 foi elevado a Reino Unido de Portugal e Algarves.

A Independência do Brasil ocorreu em 1822, mas até hoje a presença portuguesa está marcada na cultura brasileira e nas construções históricas do país.

Atualmente, o Brasil possui sua própria tecnologia de construção que se adéqua ao seu clima, condições geográficas e econômicas, visando atender às exigências da população. Assim, a construção brasileira tornou-se diferente da portuguesa.

O presente trabalho tem como objetivo comparar os materiais, o projeto, o planejamento e a execução da alvenaria de vedação vertical, e suas interferências com a estrutura, revestimento, esquadrias e instalações prediais entre Portugal e Brasil. Este estudo é focado nas construções de edifícios multifamiliares com estrutura de concreto e vedação vertical em alvenaria cerâmica.

A alvenaria de vedação vertical é determinante para o desempenho do edifício como um todo e muitas vezes sua execução está no caminho crítico da programação da obra. Assim, seu projeto bem elaborado e sua correta execução evitam desperdícios, retrabalhos, problemas patológicos, além de reduzir o tempo de obra, minimizando assim, o custo do edifício [1].

1.2 HISTÓRICO DA EVOLUÇÃO DA CONSTRUÇÃO EM PORTUGAL E NO BRASIL

A história da construção em muito se confunde com a história da própria alvenaria, já que esta foi e ainda é um dos principais constituintes da construção mundial de edifícios. Porém, ao longo da história, os materiais, o processo de fabrico de tijolos e até mesmo a função da alvenaria se modificaram.

1.2.1 PRIMEIROS VESTÍGIOS DA ALVENARIA NO MUNDO E GRANDES OBRAS DA ANTIGUIDADE

A história da alvenaria começou por volta de 9000 a 7000 A.C. em algumas regiões do mundo como Israel, Anatólia, Síria-Palestina e Chipre. Nestas construções as construções eram genericamente resistentes constituídas por pedras e tijolos secos ao sol ou cozidos, ligados com cal, saibro, betume, barro ou gesso. Porém, foi na Mesopotâmia (Ilustração 1) o local em que prevaleceu a construção em tijolo, pois havia pouca disponibilidade de pedra [2].

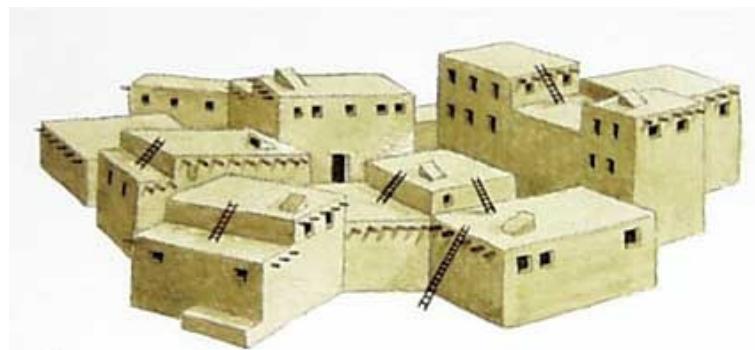


Ilustração 1: Representação de Çatal Hüyük na Anatólia (Turquia) 6000 A.C. Fonte:
<http://www.dkimages.com/discover/Home/Geography/Asia/Turkey/General/General-124.html> . Acesso em
25/05/2008

Na Antiguidade, grandes civilizações marcaram a construção civil com suas obras grandiosas em cantaria, ou seja, paredes constituídas por pedras. Podem-se destacar como exemplo destas obras, as pirâmides do Egito (2800 A.C., Ilustração 2), a cidade de Babilônia (900 – 600 A.C., Ilustração 3), os monumentos gregos (500 A.C., Ilustração 4) e as obras do Império Romano (0 – 1200 D.C. Ilustração 5) [3].



Ilustração 2: Pirâmides do Gizé construídas cerca de 2500 A.C. Fonte:
<http://www.dsc.ufcg.edu.br/~pet/jornal/maio2007/omundo.htm> . Acesso em 25/05/2008



Ilustração 3: Gravura de Maerten van Heemskerck, que representa os jardins suspensos da Babilônia, criadas pelo rei Nabucodonosor II por volta de 600 a.C. Fonte: <http://www.historiadomundo.com.br/babilonia/babilonia-cidade/>. Acesso em 25/05/2008



Ilustração 4: Acrópole de Atenas 450 A.C. Fonte:
<http://www.dkimages.com/discover/Home/Geography/Europe/Greece/Athens/Ancient-Sites/The-Acropolis/Views/Views-1.html>. Acesso em 25/05/2008



Ilustração 5: Coliseu de Roma construído em 80 D.C. Fonte:
<http://www.dkimages.com/discover/Home/Geography/Europe/Italy/Rome/Forum/Ancient-Sites-and-Buildings/Colosseum/Views/Views-3.html>. Acesso em 25/05/2008

A construção do período do Império Romano era feita com paredes duplas de alvenaria de tijolo, sendo o vão entre elas preenchido com fragmentos dos próprios blocos e cascalho (Ilustração 6). Foi a partir desta civilização que o emprego de tijolos foi estendido à atual Europa Ocidental e sua técnica de fabricação foi aprimorada com a cozedura dos componentes em fornos de lenha. [4]

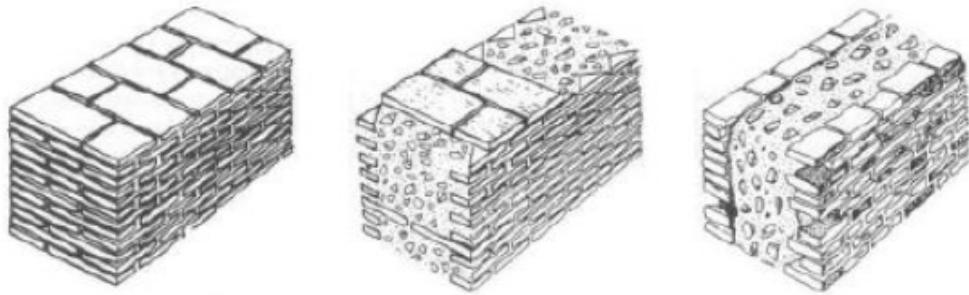


Ilustração 6: Tipos de paredes romanas. Fonte: [4]

Foi durante a Antiguidade que houve uma grande evolução arquitetônica, com a introdução da construção de arco de alvenaria, já que tal técnica era um meio de ultrapassar as limitações de vãos resultantes das dimensões dos blocos de pedra ou troncos de madeira. Os vestígios mais antigos de arcos são as ruínas na Babilônia em 1400 A.C.; seu emprego na construção de portas possui registros na Etrúria no século III A.C. e os primeiros registros de arcos na construção de pontes foram na Anatólia no segundo milênio A.C. com utilização de pedras e na Mesopotâmia no século VI A.C. com a utilização de tijolos cerâmicos. Porém, foi no Império Romano que a técnica de construção de arcos foi aperfeiçoada como o aqueduto da Ilustração 7, sendo que tal civilização utilizou outros materiais para as construções, como o concreto romano (Ilustração 8) [5].

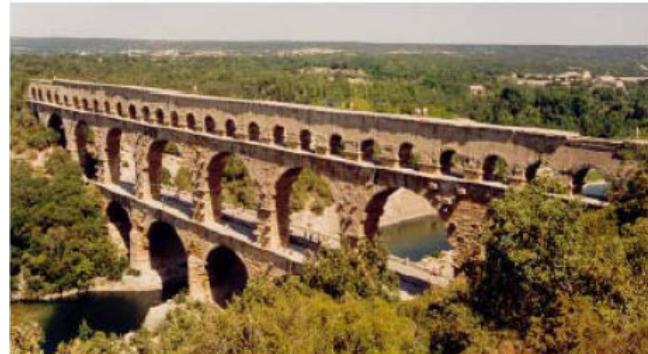


Ilustração 7: Aqueduto Pont du Gard. Fonte: [4]



Ilustração 8: Insula (tipo de habitação romana destinada à população mais desfavorecida) de tijolo e concreto o em Roma. Fonte: [6]

1.2.2 A CONSTRUÇÃO PORTUGUESA

Em Portugal, a construção tradicional em alvenaria tinha função resistente e baseou-se em tradições e condições locais, sendo que no sul do país predominaram as construções em barro e no norte, em pedra [7].

Nas regiões do sul do país, as paredes eram constituídas por pedra, tijolo, taipa, adobe ou mista de vários materiais e cobertas com reboco de cal para homogeneizar suas texturas e cobrir suas imperfeições, (Ilustração 9). Já no norte, as paredes eram espessas, pesadas e predominantemente feitas de pedras (Ilustração 10), que podiam ficar à vista, como em regiões do Minho, ou serem revestidas com rebocos espessos, porosos, de baixa rigidez e realizadas em várias camadas. As paredes de compartimentação eram, em muitas regiões portuguesas, de tabique que era feito com tábuas revestidas com reboco [3].



Ilustração 9: Construção antiga em taipa e adobe no Alentejo. Fonte:
http://www.planetacad.com/presentationlayer/estudo_01.aspx?id=9&CANAL_ORDEM=0403. Acesso em
25/05/2008



Ilustração 10: Casa de pedra, Soajo, Portugal. Fonte:
<http://www.vivercidades.org.br/publique222/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1141&sid=21&tpl=printerview>
acesso em 25/05/2008.

O uso do tijolo ocorreu tradicionalmente a sul do Tejo. A cerâmica era utilizada em paredes, pavimentos, e, em menor escala, coberturas abobadadas como, por exemplo, nas regiões de Évora e Beja [7].

Durante a Idade Média, os avanços na alvenaria ocorreram com as arquiteturas Romântica (exemplificada na Ilustração 11) nos séculos XI-XIII e Gótica (exemplificada na Ilustração 12) nos séculos XII-XVI, sendo que estas construções introduziram e aperfeiçoaram a construção com o uso de abóbadas. Além disso, neste período, as construções militares também contribuíram para o desenvolvimento da alvenaria através da formação pela instituição militar - que ensinava muitas funções dos engenheiros civis, - e devido às construções de muralhas e fortalezas terem de se adaptar aos ataques da pólvora [7].



Ilustração 11: Sé Velha de Coimbra: Estilo Romântico. Fonte: Camila Kato



Ilustração 12: Mosteiro da Batalha: Arquitetura Gótica. Fonte: Camila Kato

Com o terremoto de 1755, desenvolveu-se um novo sistema de construção, a *gaiola pombalina*, que era constituída por paredes com tecnologia anti-sísmica formadas por gaiolas de treliças de madeira preenchidas por elementos cerâmicos, conforme mostra a Ilustração 13. Com o tempo, outras soluções construtivas anti-sísmicas foram propostas, como o uso de tirantes e varões nas juntas, ligadores, tijolos anti-sísmicos, sistemas de cavilha. Porém, a ocorrência reduzida de sismos, a baixa condição econômica dos donos de obras para a adoção de técnicas para a alvenaria resistente aos sismos, o reduzido conhecimento técnico desta área e a ausência de regulamentação destas ações eclodiram em outros efeitos devastadores de três terremotos no início do século XX. Foi nesta época que a opinião pública acerca das alvenarias foi negativa, e as estruturas resistentes foram amplamente substituídas por concreto armado e aço [2].



Ilustração 13: Destrução no terremoto de 1755, e a gaiola Pombalina (à direita). Fonte: [8]

A revolução industrial permitiu a industrialização da produção dos tijolos cerâmicos com a utilização de equipamentos de moldagem por prensagem, de extrusoras e equipamentos de corte. Porém, com o surgimento de novas soluções estruturais, concreto armado e estruturas em aço, a alvenaria com função estrutural teve seu declínio, sendo que seu uso, até nos dias atuais, é predominantemente de vedação vertical [9].

O cimento Portland começou a ser exportado a Portugal em 1867 e a produção portuguesa deste material iniciou-se em 1894 na fábrica da Companhia do Cimento Tejo em Alhanda e na fábrica da Rasca em Setúbal. Porém, foi em 1896 que houve a primeira utilização de concreto armado no país na reconstrução de uma fábrica de moagem na região do Caramujo, sendo que o emprego deste tipo de estrutura foi generalizado a partir dos anos 40, com o pós-guerra [9].

Inicialmente, as paredes de vedação eram simples compostas por blocos cerâmicos e, em menor escala, de concreto leve ou normal, sendo que a espessura mínima recomendada para essas paredes era de 0,20 a 0,22 m. Porém, muitas paredes foram feitas com espessuras inferiores à recomendada, o que gerou problemas patológicos como a fissuração, infiltrações de águas pluviais, condensações superficiais e desconforto térmico. Estes fatos, aliados com as vantagens das paredes duplas, mais leves, menor sobrecarga na estrutura e redução da espessura dos panos possibilitaram a generalização da construção de paredes duplas na década de 60 (Ilustração 14), sendo que os isolantes térmicos passaram a ser introduzidos na caixa de ar surgiram no fim da década de 70, a fim de obter um melhor conforto térmico e diminuir gastos com energia [7].

Atualmente, a tecnologia empregada usualmente nas paredes exteriores é a parede dupla com isolamento térmico na caixa de ar, sendo que é crescente o emprego de medidas para correção de pontes térmicas. Porém, a tecnologia de paredes de fachada simples com emprego de isolamento térmico exterior que, atualmente, vêm ressurgindo neste país. [10]



Ilustração 14: Evolução das tipologias de paredes em Portugal. Fonte: [3]

1.2.3 A CONSTRUÇÃO BRASILEIRA E SEUS INFLUENCIADORES

As primeiras construções em alvenaria no Brasil possuem como construtores os seus colonizadores portugueses. Assim como em Portugal, as construções possuíam diferenças regionais devido à presença dos materiais para construção. Deste modo, no litoral brasileiro e no sul, as alvenarias de pedra eram predominantes, sendo que as paredes eram espessas, compostas por pedras de diversos tamanhos com rejunte de argamassa de barro ou de cal com areia conforme mostra a Ilustração 15; nos vãos eram empregadas arcadas e abóbadas [11].



Ilustração 15: Casa de pedra construída em 1878 Caxias do Sul . Fonte: <http://cidadebrasileira.brasilescola.com/rio-grande-sul/pontos-turisticos-caxias-sul.htm>. Acesso em 27/05/2008.

Nos locais onde não se encontravam pedras, utilizava-se a taipa ou adobes com tijolos de barro cru, os quais podiam conter fibras vegetais, esterco de curral ou sangue e eram rejuntados com argamassa de barro ou de cal, sendo que as estruturas eram de madeira. A Ilustração 16 mostra uma casa de adobe e palha. Havia também a construção mista com tijolos maciços que eram usados no fechamento de estruturas de madeira ou utilizados como arremate de vãos na alvenaria de pedra [11].

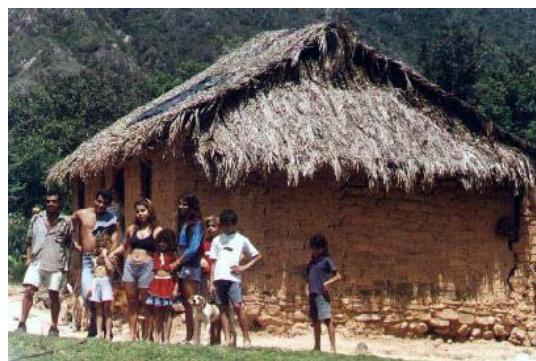


Ilustração 16: Casa de adobe e palha, do Vão do Paraná. Fonte: www.altiplano.com.br. Acesso em 27/05/2008.

Destaca-se no Brasil Colônia o emprego de tijolos cerâmicos nas seguintes construções: a Igreja da Misericórdia, em Porto Seguro na Bahia em 1530 (Ilustração 17) feita com pedras e tijolos; a Matriz de Nossa Senhora da Conceição, em Manga, Minas Gerais (1670), cujas paredes eram de tijolos cerâmicos maciços [11]. Estas construções não envolviam conhecimentos de teóricos ou de pesquisa, elas eram feitas por mestres portugueses, militares ou padres instruídos em questões de arquitetura para a construção de mosteiros e igrejas [12].



Ilustração 17: Igreja da Misericórdia em Porto Seguro. Fonte: http://www.roteirosdobrasil.tur.br/estado_ba_portoseguro.html. Acesso em 27/05/2008.

Com a expansão cafeeira no nordeste brasileiro, surgiram a casa-grande e a senzala (Ilustração 18) que são construções que refletiam a estrutura social da época: o senhor-de-engenho e o escravo africano.



Ilustração 18: O Engenho Poço Comprido formado pela casa grande, capela e senzala, século XVIII em Pernambuco. Fonte: <http://www2.uol.com.br/JC/sites/7maravilhas/poco-comprido.html>. Acesso em 27/05/2008.

Devido à invasão holandesa do nordeste brasileiro, muitas construções desta região (exemplificadas pela Ilustração 19) eram constituídas de tijolos cerâmicos maciços porque este material chegava como lastro nos navios holandeses [11].



Ilustração 19: Modernização de Recife feita por Nassau durante a Invasão Holandesa. Fonte: <http://www.historianet.com.br/conteudo/default.aspx?codigo=591>. Acesso em 27/05/2008.

O barroco brasileiro também foi influenciado pelos portugueses. Esta arquitetura foi decorrente do enriquecimento do país com a atividade mineradora no século XVIII, sendo que seus maiores representantes foram o arquiteto e escultor Antônio Francisco Lisboa, o Aleijadinho, que se consagrou como o mestre do barroco mineiro, sendo que uma de suas construções é mostrada na Ilustração 20. [13].



Ilustração 20: Igreja de São Francisco de Assis, projetada por Antônio Francisco Lisboa, o Aleijadinho.

Fonte: <http://www.revistaturismo.com.br/Ecoturismo/igrejasouropreto.htm>. Acesso em 27/05/2008.

Com a transferência da corte de D. João VI para o Rio de Janeiro, veio para o Brasil a missão francesa que introduziu no país o estilo arquitetônico francês. A influência francesa na construção brasileira se manifestou até a Segunda Guerra Mundial, em quatro estilos distintos: o neoclássico, o eclético, o Art Déco e o Moderno. Mais que uma influência estética das fachadas, a influência francesa modificou as divisões das construções, que passaram a ter alas independentes: de dormir, de estar e de serviço. Os maiores representantes foram Grandjean de Montigny, cuja construção de destaque é mostrada na Ilustração 21, e Le Corbusier, que orientou vários arquitetos brasileiros no modernismo, como Lúcio Costa, Carlos Leão e Oscar Niemeyer [14].



Ilustração 21: Solar da Baronesa, situado onde é hoje o campus da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Fonte: http://www.multirio.rj.gov.br/historia/modulo02/missao_artistica.html. Acesso em 27/05/2008.

Porém, o desenvolvimento da tecnologia construtiva brasileira não ocorreu no período colonial devido à proibição da instalação de indústrias e a escravidão que não estimulava a inovação técnica, uma vez que a mão-de-obra era abundante e “gratuita” [11].

Somente a partir da segunda metade do século XIX é que o emprego da alvenaria de tijolos cerâmicos foi generalizado. Muitos foram os fatores que possibilitaram tal feito: “expansão cafeeira, declínio da escravidão, imigração européia, aumento da taxa de urbanização, início da industrialização, importação de equipamentos, etc.”. O período áureo da alvenaria foi entre os anos de 1850 e 1920 [11].

A expansão cafeeira enriqueceu a cidade de São Paulo, e, com a abolição da escravidão, muitos imigrantes foram para o Brasil, principalmente os italianos. Esta nova mão-de-obra executou as obras em alvenaria, pois, apesar de a maioria ser analfabeta, apresentava nível superior à média da população brasileira pela experiência técnica e artesanal que possuía. Neste período houve grande desenvolvimento tecnológico com o início da produção de cal e produção mecanizada de tijolos, portas e janelas [11].

Porém, a partir da década de 30 a urbanização se intensificou e com isso, os prédios aumentaram de altura. Assim, surgiram as estruturas de aço e concreto e o tijolo perdeu seu destaque. Nas primeiras obras, foram utilizadas estruturas metálicas com a construção de edifícios de até seis andares e de pontes, importadas da Bélgica e Inglaterra, como os viadutos do Chá (1893, Ilustração 23a) e de Santa Efigênia (1912, Ilustração 22b) e a Estação da Luz (1900, Ilustração 22c). Já as estruturas de concreto começaram mais timidamente com materiais também importados; mas, por terem menor preço, foram se difundindo rapidamente. Isso foi intensificado com a I Guerra Mundial que dificultou as importações o que fortaleceu a produção nacional com a primeira indústria de cimento Portland brasileira [11].



Ilustração 22: (a) Viaduto Santa Efigênia. (b) Estação da Luz. (c) Viaduto do Chá. Fonte: http://www.terranoite.com.br/turismo_virtual/view.asp?id=70. Acesso em 27/05/2008.

O prédio Martinelli construído em 1929 (Ilustração 23), concebido pelo italiano Giuseppe Martinelli em São Paulo, foi um grande marco, pois possuía estrutura de concreto e grande altura: 130 metros em 30 andares. Como a produção nacional de cimento superou as importações deste material em 1930, a partir deste ano, o concreto foi difundido em todo o Brasil, sendo utilizado até mesmo em pequenas construções residenciais [11].



Foto: Luiz Prado

Ilustração 23: Edifício Martinelli. Fonte: http://www.terranoite.com.br/turismo_virtual/view.asp?id=70. Acesso em 27/05/2008.

Apenas na década de 70, houve o ressurgimento da alvenaria estrutural seguida de grande avanço tecnológico através dos processos de qualidade dos projetos, execução e produto [11].

Foi também durante o século XX que surgiram novos tipos de blocos no mercado brasileiro: “tijolo de oito furos (1935), blocos de concreto celular autoclavado (1948), blocos vazados de concreto (1950) e os sílico-calcários (1974)” [12].

Porém, a alvenaria de vedação ficou sendo a coadjuvante na produção de edifícios. A preocupação com esta atividade ficou em segundo plano e, mesmo nos dias atuais, muitas obras utilizam o processo tradicional de construção deste subsistema utilizando mão-de-obra desqualificada, com baixa mecanização nos processos, sem planejamento das etapas nem de utilização de projetos com boa qualidade, o que resulta em desperdícios, poluição, retrabalhos e atrasos [11].

Na década de 60, foi criado o Banco Nacional da Habitação (BNH) para atender à grande demanda por habitações, o que gerou uma industrialização na construção de habitações, intensificou-se a mecanização com os processos de pré-fabricação e expandiu o setor de materiais e componentes [11].

Na recessão econômica da década de 80, a concorrência das empresas construtoras fez com que estas desenvolvessem novas técnicas para superar a crise. É nesta época que começaram a surgir a racionalização da construção [11].

Em 1988 houve um convênio Universidade-Empresa estabelecido pelo Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP e a ENCOL, empresa construtora atuante nesta época. Deste convênio surgiu o grupo de pesquisadores GEPE-TGP que tinha por objetivo desenvolver *“metodologias e procedimentos adequados à realidade das obras e que permitissem racionalizar as atividades construtivas e melhorar o desempenho dos edifícios construídos pelo processo construtivo tradicional”* [12].

Foi a partir destes projetos de alvenaria de vedação, baseados na metodologia de desenvolvimento de alvenarias estruturais, que se iniciou o processo de “alvenaria racionalizada” [12]. Estes projetos são aplicados por muitas empresas de São Paulo e têm sido eficiente na coordenação de projetos e na integração do planejamento, projeto e produção, reduzindo custos, desperdícios, atrasos e melhorando a qualidade do produto.

1.3 PERSPECTIVAS FUTURAS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

As exigências dos edifícios são condicionadas pelos clientes, assim, a solução construtiva a ser adotada deve ter a qualidade e o preço de acordo com o usuário final.

Portugal tem dado mais importância ao conforto do que à durabilidade das paredes, conforme a Ilustração 24 mostra.

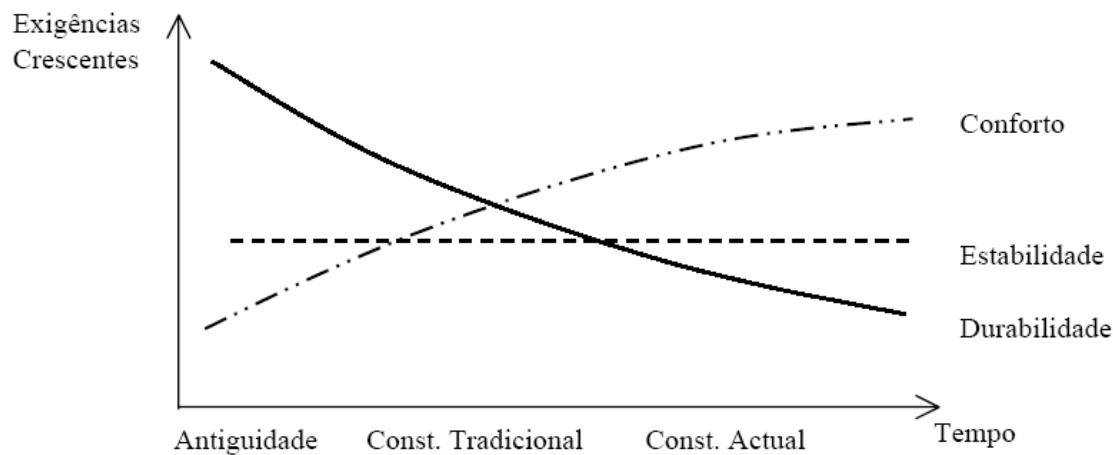


Ilustração 24: Evolução das exigências de paredes. Fonte [15].

Atualmente, os construtores contam com muitos progressos da área. Através de modelações e investigações, muitos fenômenos que ocorrem na construção podem ser identificados e calculados. Com os estudos na área de construção, pode-se conhecer melhor o comportamento dos materiais existentes e desenvolver novos materiais que possuem melhor desempenho. Além disso, com o progresso na área de informática, os construtores possuem ferramentas que os auxiliam a projetar e dimensionar os edifícios [15].

A industrialização das obras, com o aumento das tarefas a realizar em fábrica e diminuição das tarefas em canteiro (conforme mostra a Ilustração 25), também é um processo atual que deve ser maior com o passar do tempo. Esta industrialização é acompanhada com uma maior especialização dos processos, que já pode ser vista, em nos os países em estudo, através das subcontratações para os diferentes serviços das obras [15].

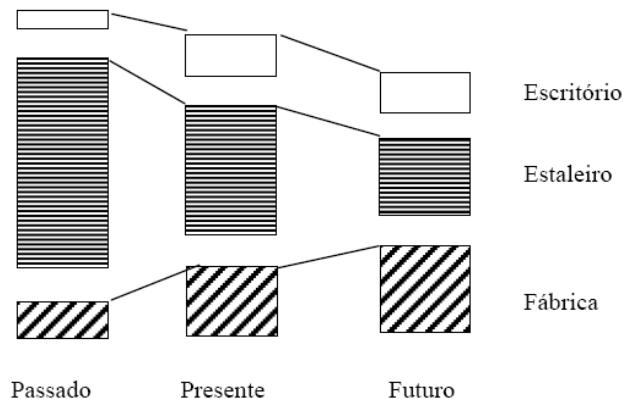


Ilustração 25: Repartição dos tempos e tarefas na construção. Fonte: [15].

O projeto neste novo cenário é de expressiva importância. Ele deverá conter todas as especificações claras e precisas para orientar a mão-de-obra, que aprimorará sua capacidade produtiva através da sua qualificação [11]. Por sua vez, os materiais tendem a ter maior valor associado, passando de materiais a componentes (como o banheiro pronto da Ilustração 26), realizando, com isto, uma parcela importante da construção [15].



Ilustração 26: Produção do banheiro pronto. Fonte: <http://www.banheiropronto.com.br/> Repartição dos tempos e tarefas na construção.

1.4 ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL E AS DIFERENÇAS NAS VEDAÇÕES VERTICAIS

Na atualidade, a maioria das obras tanto Portugal como no Brasil possui estrutura de concreto e vedação vertical em alvenaria cerâmica.

Esta tecnologia possui grande tradição nestes países, seus processos e materiais são conhecidos, e o custo não é elevado em comparação com outras tecnologias. Porém, com o desenvolvimento de novos materiais e a maior pesquisa no desenvolvimento de novas tecnologias, muitas empresas vêm se adaptando a outras soluções construtivas [15].

As arquiteturas correntes em edifícios de multipavimentos também são diferentes. Em Portugal os prédios são geralmente baixos, sendo o térreo comercial e os subsolos garagens, possuem

elevadores e seu perímetro térreo tem acesso público. Já no Brasil, os prédios são mais altos, cercados, dentro de muros e gradis e geralmente há áreas de lazer. O térreo do prédio é utilizado como área de lazer ou contém apartamentos e os edifícios com até 4 pavimentos normalmente não possuem elevador (só escada). Além disso, a fachada também é diferente. Em Portugal é comum um prédio ser construído sem recuo lateral - encostado a outro, sendo que esta prática não é corrente no Brasil devido à elevada altura dos prédios e a ocupação de solo ter um limite. A Ilustração 27, Ilustração 28 e Ilustração 29 mostram tipologias de fachadas destes países.

Brasil:



Ilustração 27: Edifícios brasileiros de alto padrão:

- a) Goiânia. Fonte: <http://www.atresimoveis.com.br/pesquisa/TelaResultadolancamentos.asp?produtoid=341>.
- b) Porto Alegre. Fonte: <http://www.goldsztein.com.br/empreendimento.php?codigo=82>
- c) Manaus. Fonte: <http://www.cristalengenharia.com.br/edificio-vivaldi.php>
- d) Natal. Fonte: <http://www.colmeia.com.br/emp-163.asp#>
- e) São Paulo. Fonte: <http://www.cyrela.com.br/Web/ficha/AlfredoVolpi/>

Acessos em 02/06/08



Ilustração 28: Edifícios populares brasileiros.

a) Belo Horizonte. Fonte: <http://loja.mrv.com.br/mrv/facile/index.asp>

b) São Paulo. Fonte: <http://www.cytecmais.com.br>

Acessos em 02/06/08

Portugal:



Ilustração 29: Edifícios em Portugal.

a) Faro. Fonte: <http://www.gmacimobiliaria.com/>. Acesso em 02/05/08

b) Lisboa. Fonte: <http://www.gmacimobiliaria.com/>. Acesso em 02/05/08

c) Matosinhos.

No Brasil, há a definição de alvenaria racionalizada contrapondo-se à tradicional. Na alvenaria tradicional, muitas soluções são tomadas durante a execução, devido à falta de um projeto de

alvenaria, sendo que esta execução é feita por mão-de-obra pouco qualificada que realiza tal serviço com baixa qualidade, pois neste tipo de obra a fiscalização e a padronização do serviço são deficientes. [16]. Assim, neste tipo de alvenaria há muitos retrabalhos e desperdícios de materiais, sendo que sua realização é muito comum na denominada auto-construção que predomina junto à população de baixa renda e também junto às reformas nas moradias. Nas obras de alto padrão este tipo de alvenaria também pode ocorrer, caso não sejam tomados cuidados nos projetos e na execução. Exemplos de obras com alvenaria tradicional são mostrados na Ilustração 30.

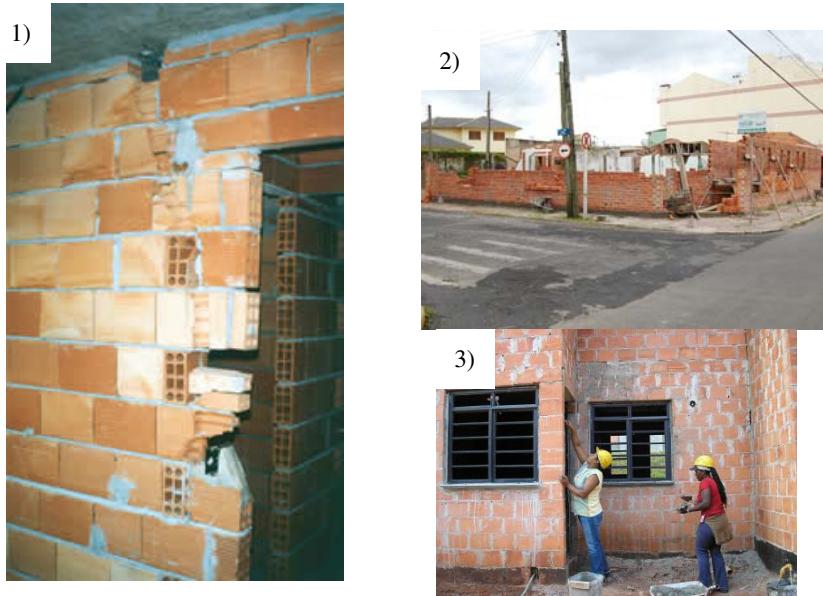


Ilustração 30: Alvenaria Tradicional

Fonte 1: [16]

Fonte 2: <http://tramandai.wordpress.com/category/politica/page/2/>

Fonte 3: <http://www.atibaia.sp.gov.br/noticias/exibe.asp?id=1422>

De acordo com Sabbatini (1989), a alvenaria racionalizada deverá envolver “todas as ações que tenham por objetivo otimizar o uso de todos os recursos envolvidos com a produção das alvenarias de vedação, desde o início da concepção do empreendimento, até a fase de sua utilização” [17].

Deste modo, na alvenaria racionalizada (representada pela Ilustração 31) há o planejamento prévio e o projeto da produção, treina-se a mão-de-obra para sua execução, utilizam-se blocos de adequada qualidade, de boa qualidade e, preferencialmente, com furos na vertical que facilitam a passagem de instalações. Estas medidas aumentam a produtividade; reduzem sensivelmente o retrabalho, desperdícios, os problemas patológicos e, consequentemente, os custos de construção [16].



Ilustração 31: Racionalização da alvenaria. Fonte: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/103/artigo31635-1.asp>. Acesso em 02/06/08.

Como o presente trabalho visa comparar soluções entre os dois países, será tratada no Brasil apenas a alvenaria racionalizada, já que esta possui melhor tecnologia.

Na comparação entre as paredes correntes no Brasil e Portugal, podem-se destacar as seguintes diferenças:

- Tipo de parede: em Portugal, a parede exterior é geralmente dupla, sendo que no Brasil é simples;
- Alvenaria cerâmica: em Portugal utilizam-se tijolos com furos na horizontal, no Brasil este tijolo é corrente também, mas ele tem sido substituído pelos de furo vertical para a racionalização do serviço, principalmente de instalações;
- Isolamentos térmicos e acústicos: Portugal possui paredes com isolamento, já no Brasil o emprego deste material não é usual;
- Projeto da parede: Este projeto, apesar de não ser corrente nos países em estudo, vem sendo usado em muitas obras brasileiras através da racionalização da alvenaria.

Estas diferenças serão analisadas neste trabalho, de acordo com as características de cada país, mostrando as suas causas.

2

CARACTERÍSTICAS GERAIS

Uma construção não pode ser imposta a um determinado lugar, ela deve ser estudada e ser compatível com as exigências dos usuários, com o clima e geografia locais, com os conhecimentos da tecnologia a ser empregada e com a disponibilidade de materiais e mão-de-obra para execução.

Deste modo, a melhor solução adotada em uma região não é necessariamente a melhor a ser adotada em outra, e se a região que é considerada engloba países com climas e geografias diferentes, muitas diferenças construtivas podem ser verificadas.

Neste capítulo serão tratadas as diferenças nas características gerais de Portugal e Brasil, a fim de se compreender as exigências construtivas de cada país.

2.1 GEOGRAFIA

Área territorial do Brasil é de 8.514.215,3 km² o que corresponde a 27 Unidades da Federação e 5.507 municípios [18].

Já Portugal possui 92.152 km² divididos em duas regiões autônomas (Madeira e Açores) e 18 distritos no Continente, num total de 134 cidades [19].

O Brasil possui 4.319,4 km de extensão no sentido leste-oeste e uma distância equivalente na sua maior distância norte-sul (4.394,7 km) [18], enquanto Portugal possui no sentido leste-oeste 218 km e 561 km de norte a sul do país [20].

Estes dois países se localizam em continentes e hemisférios diferentes, Portugal, geograficamente, localiza-se entre 37°N a 42°N [21], já o Brasil, entre 5°N a 34°S [18], conforme mostra o mapa da Ilustração 32.

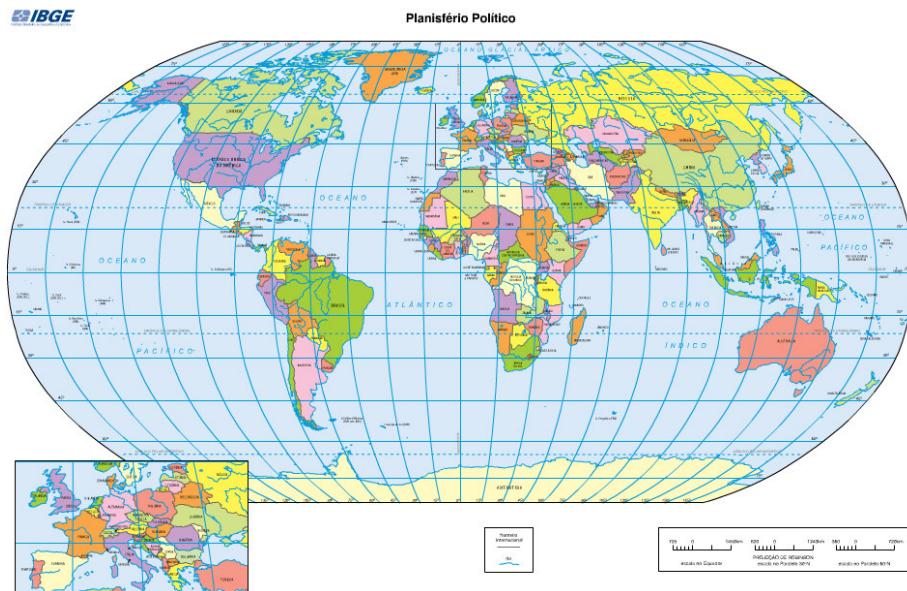


Ilustração 32: Mapa-Mundi. Fonte: [18]

Com relação às altitudes destes países, os valores mais altos de Portugal estão compreendidos entre 1000m e 1500m, com exceção da Serra da Estrela, com cerca de 2000m [21]. No Brasil, as principais elevações encontram-se nos planaltos residuais Norte- Amazônicos (pico da Neblina com 3.014m e pico 31 de Março com 2.992m) e na serra de Tapiracó, sendo que há outras formações montanhosas com grandes altitudes como as serras do Atlântico-Leste-Sudeste onde estão as serras do Mar e da Mantiqueira [18]. Os mapas da Ilustração 33 e Ilustração 34 mostram o relevo dos países em estudo.



Ilustração 33: Relevo de Portugal. Fonte: http://www.igeo.pt/e-IGEO/egeo_downloads.htm. Acesso em 27/05/08

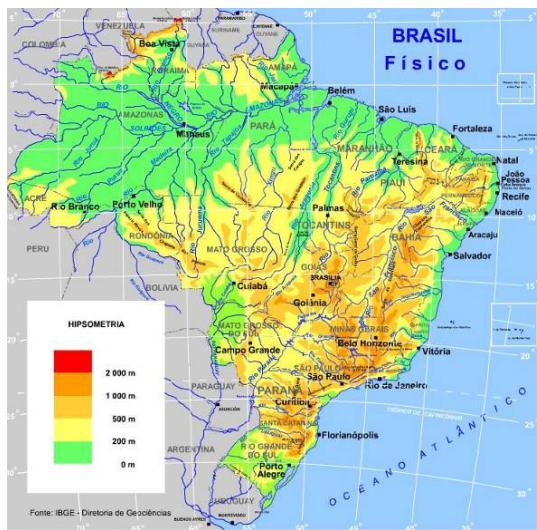


Ilustração 34: Relevo do Brasil. Fonte: [18]

A Ilustração 35 mostra as placas tectônicas existentes no mundo e, de acordo com ela, pode-se perceber que Portugal se localiza próximo de uma fronteira entre as placas euro-asiática e africana, enquanto que o Brasil localiza-se no centro da placa sul-americana, longe de sua fronteira, deste modo, Portugal possui uma atividade sísmica maior que a do Brasil. Porém, ambos possuem falhas geológicas que podem também provocar sismos.

Ilustração 35: Placas tectônicas. Fonte: <http://www.brasilescola.com/geografia/tectonica-placas.htm>. Acesso em 10/06/08.

Historicamente, Portugal sofreu abalos sísmicos muito maiores que o Brasil. O maior sismo inter-placas em Portugal atingiu 8,75 graus na escala Richter em 1755 e provocou um Tsunami de 15 metros na cidade de Lisboa, e o maior sismo intra placa ocorreu no dia 23 de abril de 1909 e atingiu Benavente (Ilustração 36), Vale interior do Tejo, com uma magnitude de 6,7 [22].



Ilustração 36: Sismo em Benavente 1909. Fonte [22]

Este país possui carta das máximas intensidades sísmicas observadas até a atualidade, a fim de estudar o seu risco no país.

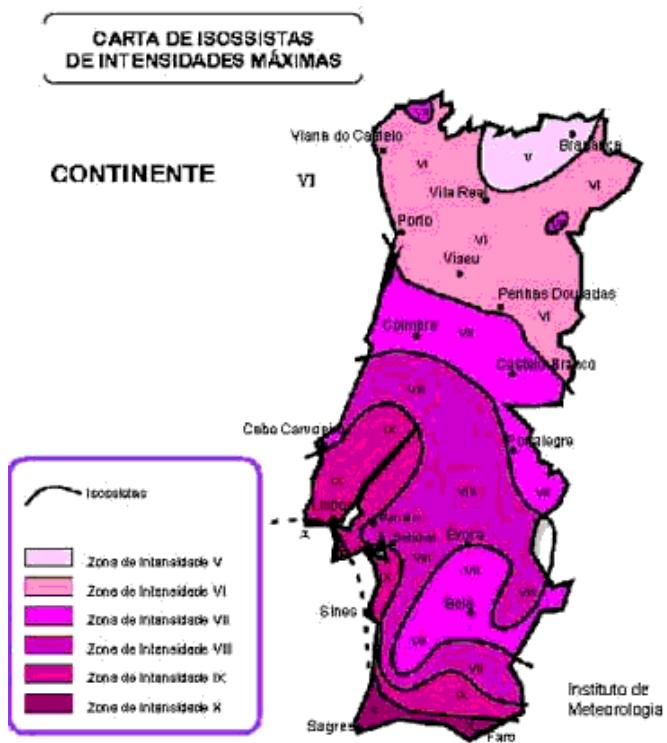


Ilustração 37: carta das máximas intensidades sísmicas. Fonte [22]

Apesar da pouca incidência, o Brasil possui sismos em geral superficiais e de baixa magnitude, sendo que o maior deles já atingiu 6,6 graus na escala Richter, mas que não provocou maior impacto na sociedade, pois ele ocorreu em uma região não habitada do estado de Mato Grosso [23].

Porém, ultimamente os abalos têm ocorrido em regiões populosas do Brasil, sendo que no final do ano de 2007 um terremoto ocorreu na cidade mineira de Itacarambi e derrubou 76 casas além de matar uma criança. No final de abril do presente ano, outro sismo ocorreu no país e pode ser sentido em São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná e Santa Catarina. O mapa da Ilustração 38 mostra as ocorrências de sismos no Brasil.

Tais fatos têm aumentado a preocupação a respeito do sismo no país; porém, o Brasil não possui laboratórios sismográficos suficientes para o estudo nacional, sendo que tal fato decorre da falta de investimento nestes estudos e nos equipamentos e a falta de preocupação nesta área devido à pequena incidência de sismo no país [24].

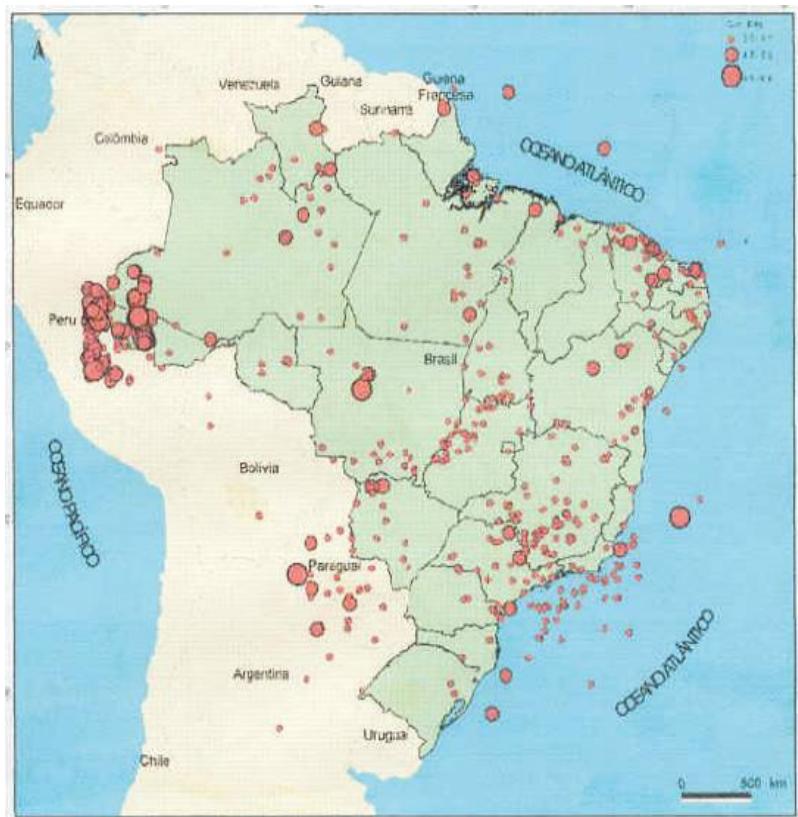


Ilustração 38: Mapa da sismicidade brasileira, com sismos de magnitude = 3.0, ocorridos no Brasil, desde a época da colonização até 2004. Fonte: http://www.defesacivil.ce.gov.br/folder_informativo.asp. Acesso em 02/06/08.

2.2 CLIMA

As coordenadas de latitude influenciam o clima de cada país, sendo que o de Portugal é Temperado Mediterrâneo, e o do Brasil, predominantemente tropical. Na Ilustração 39 pode-se verificar tal diferença e observar que o sul brasileiro possui semelhança com o clima português.

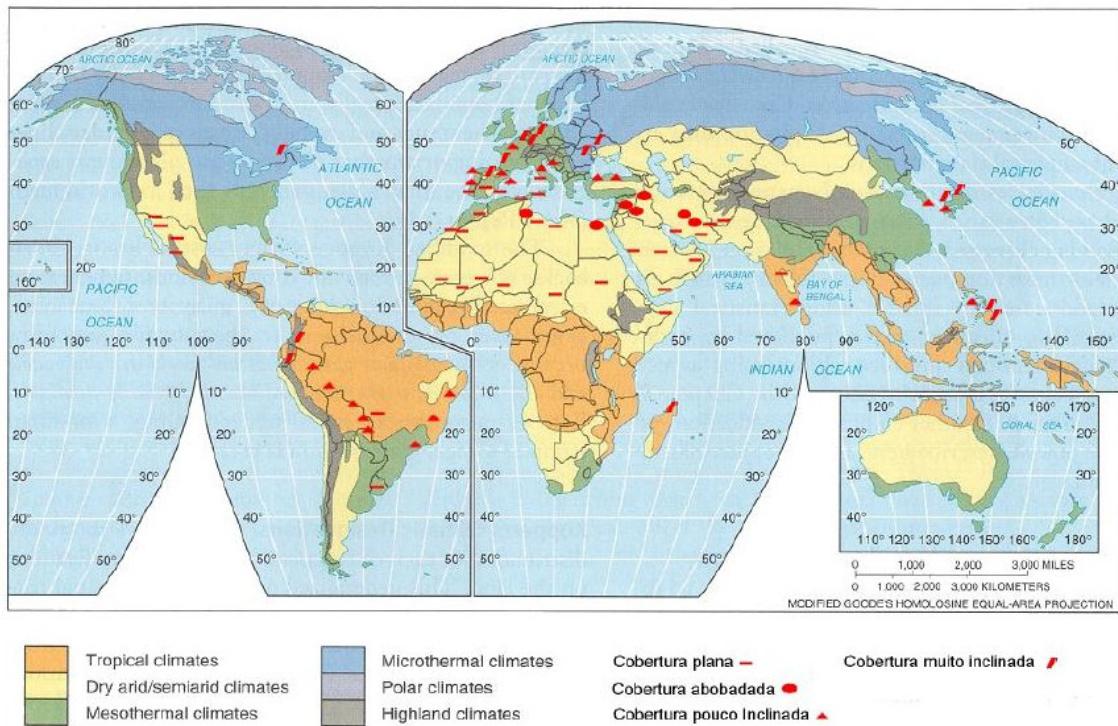


Ilustração 39: Classificação climática de Koppen e a distribuição dos tipos de telhado. Fonte: [25].

O clima desses dois países é influenciado pela maritimidade do Oceano Atlântico, sendo que no Brasil, há também considerável área que é influenciada pela continentalidade. Além disso, outros fatores influenciam o clima: as altitudes, as massas de ar e presença de vegetação.

Portugal Continental possui no verão um clima quente e seco, mais pronunciado nas regiões do Sul, e frio e úmido no inverno. As temperaturas médias no verão variam de 16°C na Serra da Estrela a 34°C na região Central e do Alentejo. Já os valores médios mínimos de temperatura em Portugal são de 2°C nas zonas montanhosas e 12°C no Algarve [21].

A pluviosidade média anual de Portugal é de 900 mm, sendo que os maiores valores ocorrem na região do Minho (3000 mm), e os menores em uma região restrita da Beira Interior (400 mm), sendo que no interior do Alentejo a pluviosidade chega a ser inferior a 600 mm [21].

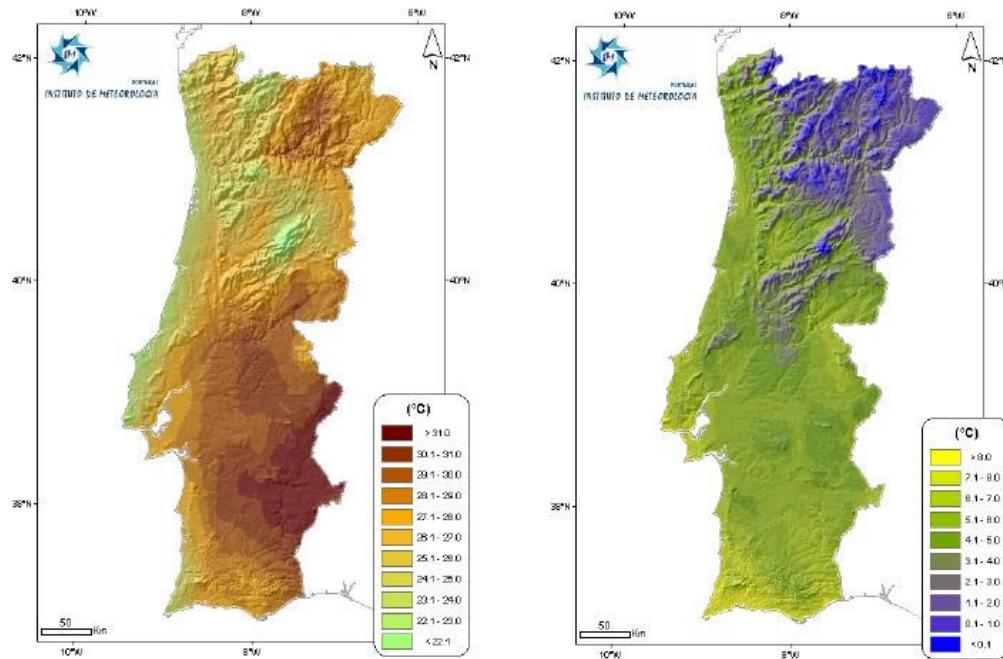


Ilustração 40: Temperatura máxima à esquerda e temperatura mínima à direita. Fonte: [21]

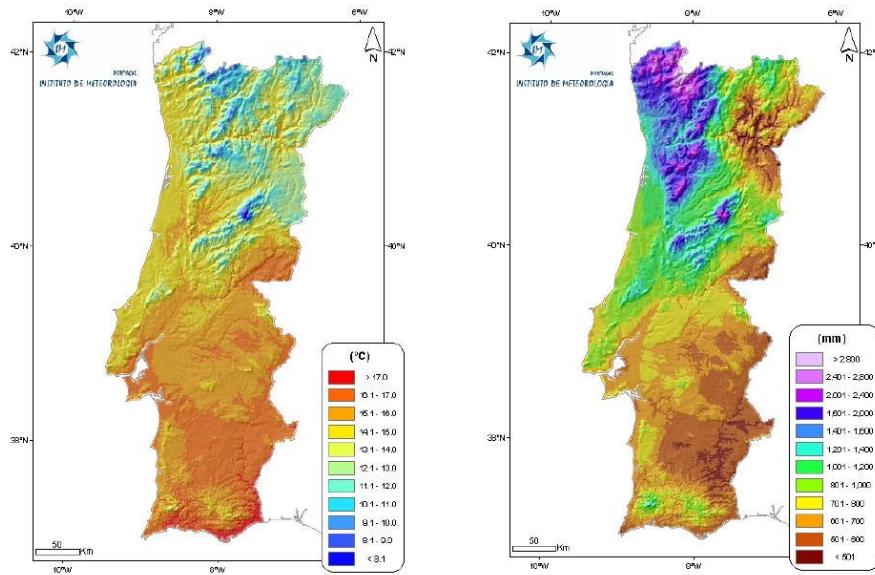


Ilustração 41: Temperatura média à esquerda e a pluviosidade à direita. Fonte: [21]

O clima brasileiro, de uma forma geral, é quente e úmido, sendo que a estação chuvosa e com maior temperatura é o verão (Ilustração 43). Porém, o clima varia de uma região para outra, devido o seu extenso território [26].

A região Norte possui a floresta Amazônica; é cortada pela linha do Equador e é predominantemente plana com baixas altitudes. Seu clima é quente e úmido, com temperaturas médias anuais que variam de 24° a 26°C e pluviosidade média anual que vai de 3.000 mm na foz do rio Amazonas, a 1.500 mm na direção NO-SE (Roraima a leste do Pará). O período de chuvas é em geral nos meses de verão, com exceção de Roraima que é influenciado pelo regime do hemisfério Norte [26].

A região Nordeste possui temperaturas médias anuais elevadas, entre 20° e 28°C. As temperaturas mínimas no inverno são de 12° e 16°C no litoral, sendo que nos planaltos as temperaturas mínimas são menores. A pluviosidade desta região é heterogênea, variando de 2.000 mm até valores inferiores a 500 mm no Raso da Catarina e na depressão dos Patos. No sertão, o índice pluviométrico é pequeno e o período chuvoso normalmente é de dois meses no ano, podendo até mesmo não ocorrer, causando, deste modo, as regiões secas [26].

O Centro-Oeste tem temperatura média anual de 22°C, sendo que a média das máximas do mês mais quente é de 30° a 36°C. Já a temperatura média das mínimas oscila entre 8° a 18°C. A pluviosidade varia de 2.000 a 3.000 mm no norte de Mato Grosso e 1.250 mm no Pantanal, sendo que o inverno desta região é muito seco [26].

O Sudeste é cortado pelo Trópico de Capricórnio e possui topografia bastante acidentada. A temperatura média anual varia de 18°C nas áreas mais altas como a serra da Mantiqueira a 24°C ao norte de Minas Gerais, sendo que as temperaturas médias máximas desta região podem chegar a 32°C, e as médias mínimas de 6°C a 20°C. A precipitação é elevada no oeste de Minas Gerais e no litoral, onde as chuvas são influenciadas pela serra do Mar, sendo que os índices anuais nestas regiões são maiores que 1.500mm. Os menores índices pluviométricos ocorrem nos vales dos rios Jequitinhonha e Doce, onde são registrados índices anuais em torno de 900 mm [26].

A região Sul é a que mais se assemelha a Portugal, pois seu clima é temperado com temperatura média anual entre 14° e 22°C, sendo que nos locais com altitudes acima de 1.100 m, cai para aproximadamente 10°C. Suas estações são bem definidas, verão quente com temperaturas médias máximas da zona planáltica entre 24° a 27°C e de 30° a 32°C no litoral, e inverno frio com temperaturas médias entre 10°C a 18°C. Nesta região pode nevar caso ocorra a invasão de massas polares. As chuvas ocorrem predominantemente no verão, e a pluviosidade média anual é de 1.250 a 2.000 mm, sendo superiores a estas no litoral do Paraná e oeste de Santa Catarina, e inferiores no norte do Paraná [26].

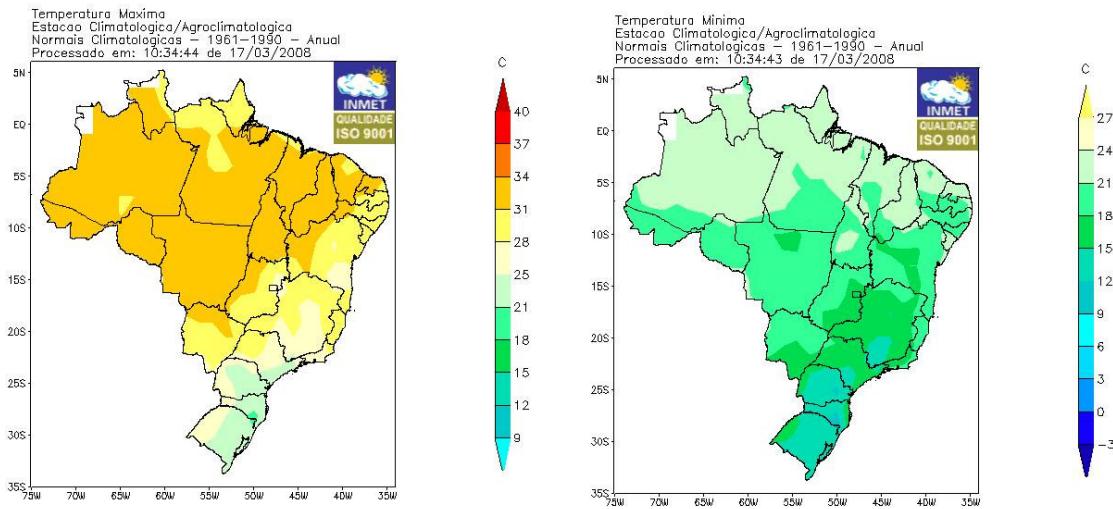


Ilustração 42: Temperatura máxima à esquerda e temperatura mínima à direita. Fonte: INMET

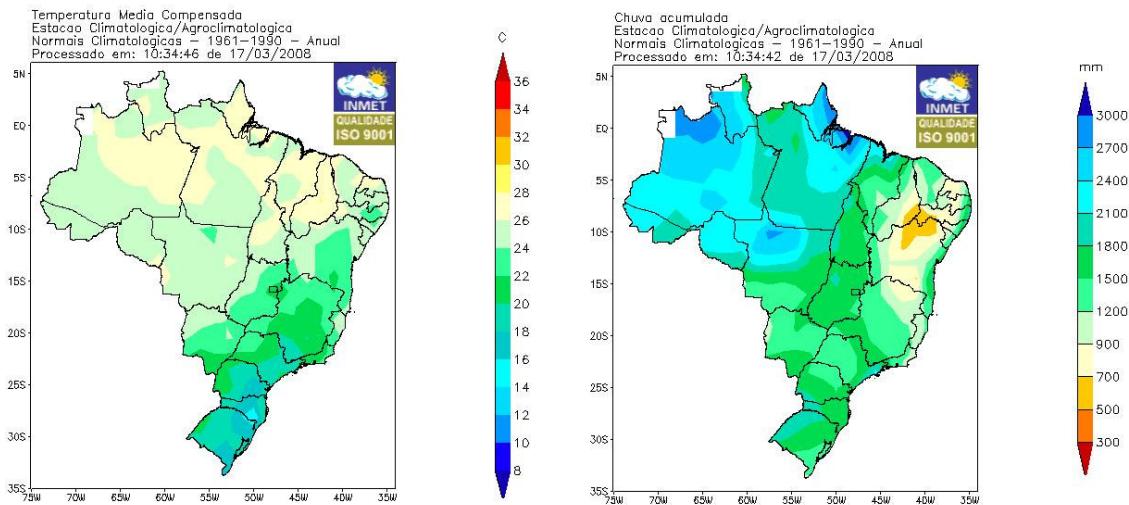


Ilustração 43: Temperatura média à esquerda e a pluviosidade à direita. Fonte: INMET

2.3 POPULAÇÃO

O Brasil possui 183.987.291 habitantes [18], o que corresponde a uma densidade demográfica de 21,61 hab./m², enquanto Portugal possui 1.0617.575 [24] correspondente a 114,92 hab/m².

Porém, a distribuição populacional nestes países não é homogênea e segue a densidade mostrada na Ilustração 44 e Ilustração 45, nas quais se pode verificar a maior concentração populacional desses dois países nas regiões litorâneas.

As regiões mais populosas no Brasil são Sudeste, Sul e Centro-Oeste, que, juntas, representam 64,3% da população total do país, sendo que somente a região metropolitana de São Paulo possui 10,5% do contingente populacional do Brasil [18].

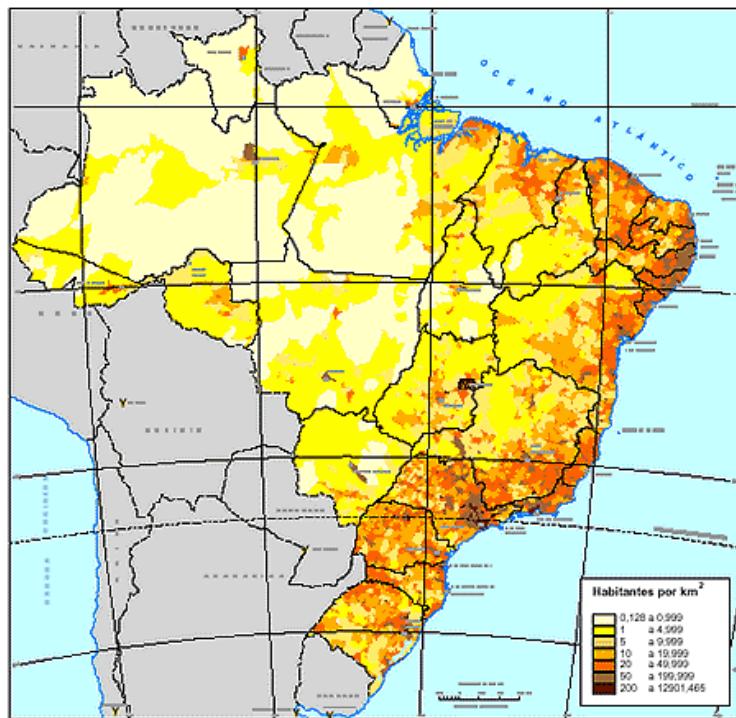


Ilustração 44: Densidade demográfica do Brasil. Fonte: IBGE

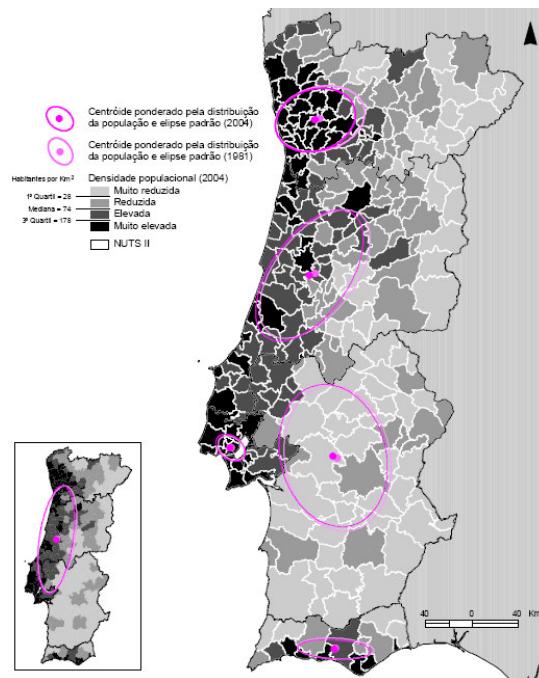


Ilustração 45: Densidade demográfica de Portugal. Fonte: [24]

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de Portugal é maior que o do Brasil (0,9 contra 0,79) [18].

A Ilustração 46 e Ilustração 47 correspondem à distribuição da população por faixa etária. Pode-se verificar que a população brasileira é mais jovem que a portuguesa, característica típica de país em desenvolvimento.

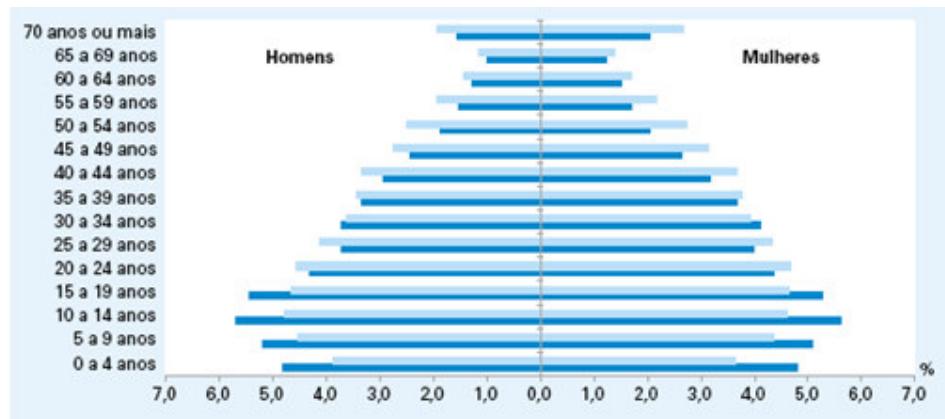


Ilustração 46: Distribuição etária, por sexo. Brasil. Fonte: [18]

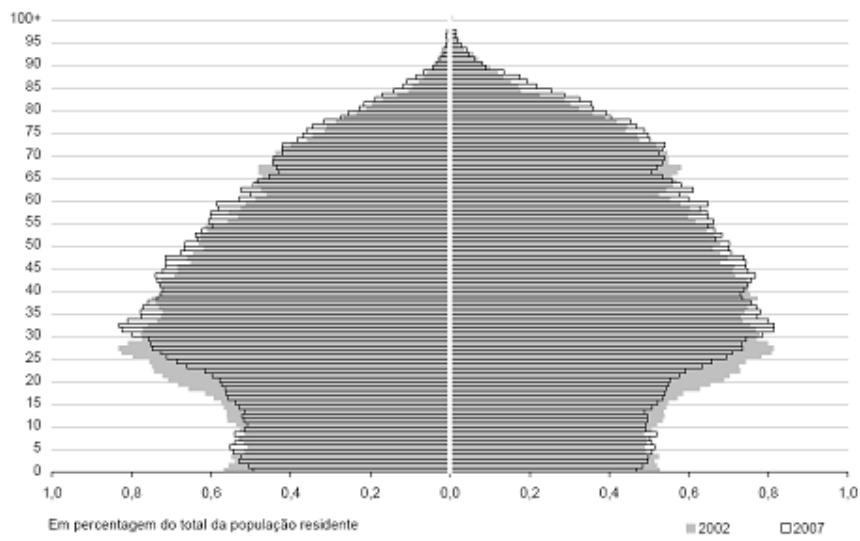


Ilustração 47: Distribuição etária, 2002 e 2007 de Portugal. Fonte: [16]

Para a melhor compreensão das influências portuguesas e dos outros povos no Brasil, deve-se entender a formação da sua população, constituída por diversas etnias devido à imigração que ocorreu no país em diferentes épocas da história, marcando a sua cultura. Porém, os primeiros habitantes do Brasil eram índios, os quais foram praticamente dizimados, restando hoje apenas milhares de pessoas com esta origem.

Os primeiros portugueses a colonizar o Brasil, nos séculos XVI e XVII, foram investidores em busca de lucro com a produção de açúcar nas regiões dos estados da Bahia e Pernambuco; degredados

a regiões mais interioranas, devido à migração internacional forçada pela coroa portuguesa; e fugitivos da perseguição religiosa como ciganos e cristãos novos. Com a descoberta de ouro em Minas Gerais e a revolução agrícola do Minho, muitos portugueses desempregados desta região imigraram para o Brasil entre 1701 e 1850, além de, neste período, desembarcar no Brasil uma elite portuguesa juntamente com a família real. Porém, foi no período compreendido entre 1851 a 1930 que houve maior fluxo de portugueses ao Brasil, principalmente de origem pobre devido ao grande crescimento demográfico de Portugal e à falta de emprego gerada pela mecanização agrícola [18].

A partir de 1930, começou a haver o declínio desta imigração devido ao envelhecimento da população portuguesa, à crise de 1929, à política brasileira de proteção ao trabalho nacional e à suspensão de viagens atlânticas em função da II Guerra Mundial. Porém, a imigração portuguesa foi retomada no fim de 1960 devido às revoltas das colônias portuguesas na África, os conflitos políticos internos e a expectativa de trabalho devido ao “Milagre Econômico” brasileiro [18].

Mas, durante 1981 a 1991 o quadro se inverteu, a imigração portuguesa praticamente acabou devido à integração europeia e o maior envelhecimento da população, sendo que no Brasil passou a existir o processo inverso, ou seja, a emigração, devido à crise econômica que teve [18].

Os portugueses são os maiores influenciadores na cultura brasileira, e até hoje se podem observar suas influências na arquitetura das construções de todo o Brasil (Ilustração 48).



Ilustração 48: Arquitetura Colonial Portuguesa em diferentes regiões do Brasil (continua).

- a) Rio Grande do Sul: <http://www.turismo.cacapava.net/rotgauctur/roteirobage.html>
- b) Paraty. Fonte: <http://www.gazetadascidades.com.br/cidades/paraty/pages/pontos.htm>
- c) Minas. Fonte: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?p=19000544>
- d) Goiás. Fonte: Imagem: www.altiplano.com.br

Acessos em 02/06/08

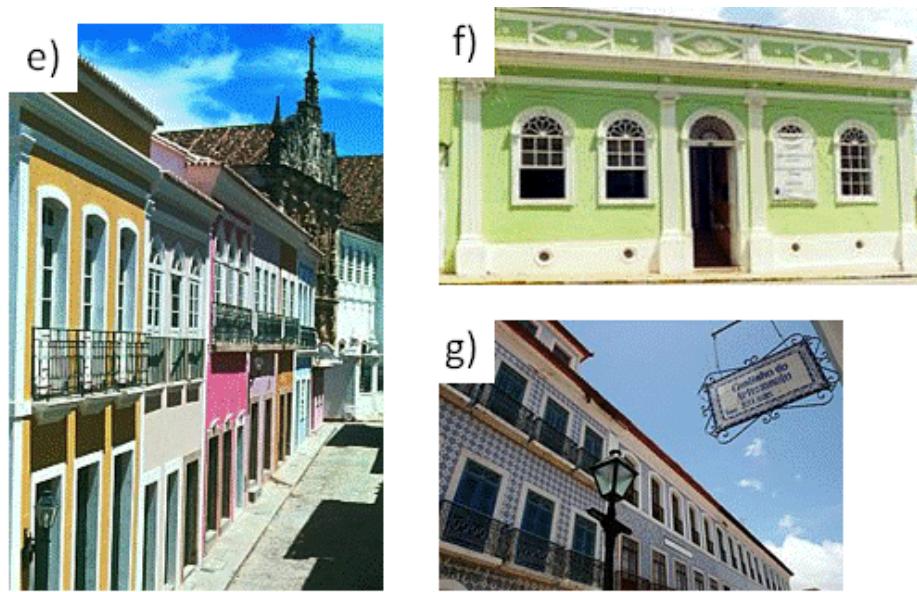


Ilustração 49: (continuação) Arquitetura Colonial Portuguesa em diferentes regiões do Brasil.

e) Salvador: Fonte: <http://guiaonde.uol.com.br/leiamais.asp?iddestaque=3884>

f) Itatiba SP. <http://guiaonde.uol.com.br/leiamais.asp?iddestaque=3270>

g) Maranhão - Fonte: <http://www.feriasbrasil.com.br/ma/saoluis/museudeartesvisuais.cfm>

Acessos em 02/06/08

Cerca de 5 a 6 milhões de africanos foram levados pelo tráfico negreiro ao Brasil para trabalharem como escravos para os colonos portugueses [18]. Esta população espalhou-se por todo o país, tendo influenciado muito a cultura brasileira, mas pouco em relação à arquitetura.

A partir do século XIX, ocorreu grande imigração espanhola devido à industrialização tardia do país, dos problemas econômicos gerados pela propriedade latifundiária e pela alta taxa de natalidade [18]. A presença desta imigração pode ser visualizada nas construções feitas, como mostra a Ilustração 50.



Ilustração 50: Centro Espanhol em Santos, 1895.

Fonte: <http://www.novomilenio.inf.br/santos/h0171f.htm>. Acesso em 02/06/08.

A imigração de europeus ocorreu principalmente após 1808, vésperas da independência, pois, durante a colonização, a entrada de estrangeiros no Brasil era proibida pela legislação portuguesa. Muitos suíços e alemães imigraram para o sul do Brasil em 1824, incentivados pela abertura dos portos às nações amigas [18]. A Ilustração 51 mostra a presença deste povo marcada na arquitetura de uma cidade de Santa Catarina.



Ilustração 51: Foto de Blumenau, cidade fundada em 1851 de colonização alemã. Fonte: <http://www.terrabrasileira.net/folclore/regioes/7tipos/alemasul.html>. Acesso em 02/06/08.

Com a abolição da escravidão, a imigração cresceu sensivelmente e entre 1890 e 1930 entraram cerca de 1,4 milhões de estrangeiros, principalmente italianos, para trabalharem no sul, nas lavouras de café de São Paulo e nas recentes indústrias do Rio de Janeiro e São Paulo [18]. Estes imigrantes influenciaram na arquitetura, principalmente de cidades do Rio Grande do Sul, conforme mostra a Ilustração 52.



Ilustração 52: Casas de madeira com arquitetura colonial italiana em Antônio Prado, RS. Fonte: <http://www.riogrande.com.br/turismo/antonioprado.htm>. Acesso em: 02/06/08.

Devido à Guerra Mundial e à crise japonesa, nos começo do século XX houve mais movimentos imigratórios ao Brasil, destacando-se os japoneses que imigraram principalmente para São Paulo, onde há o bairro japonês, como mostra a Ilustração 53 [18].



Ilustração 53: Bairro japonês na cidade de São Paulo.

Fonte: <http://www.estacaometropole.bravehost.com/liberdade.htm>. Fonte: 02/06/08.

A Ilustração 54 e Ilustração 55 mostram a percentagem do processo imigratório de estrangeiros que formam a população brasileira até o fim do século XX.

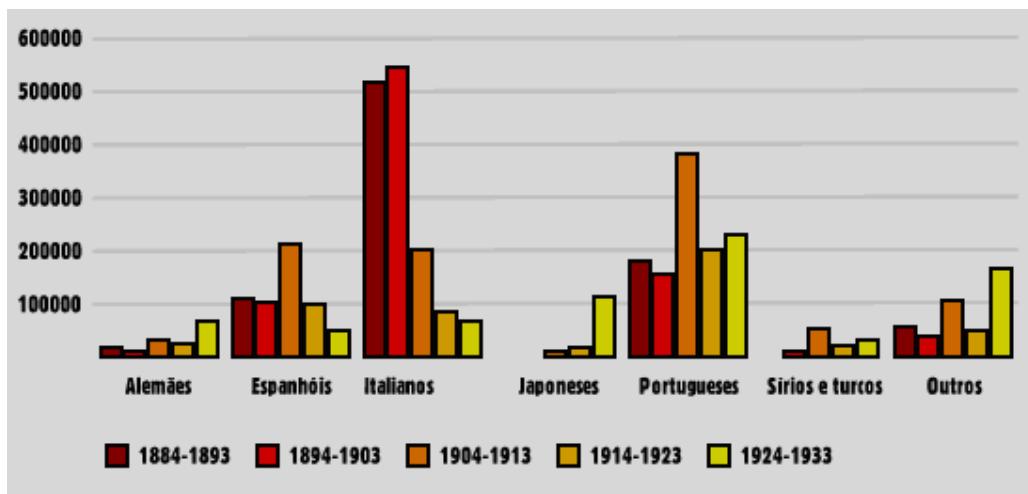


Ilustração 54: Imigração no Brasil, por nacionalidade. Períodos decenais: 1884-1893 a 1924-1933. Fonte: [18]

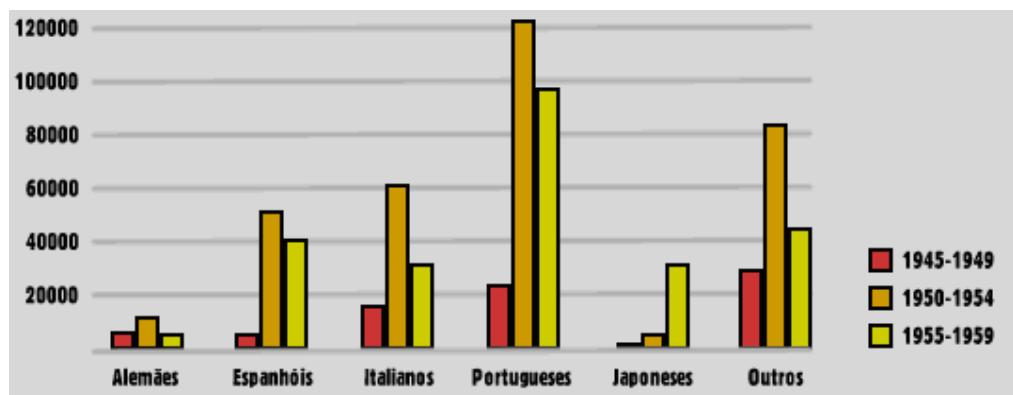


Ilustração 55: Imigração no Brasil, por nacionalidade. Períodos quinquenais: 1945-1949 a 1956-1959. Fonte: [18]

2.4 ECONOMIA

O PIB português é de 191.777 milhões de dólares, sendo 18.129 dólares o valor do PIB per capita. Apesar do PIB brasileiro ser maior, 1.067.803 milhões de dólares, o PIB per capita é menor que o português, 5.640 dólares (dados de 2006 [18]).

Porém, o PIB per capita não é distribuído homogeneamente nestes países, sendo que no Brasil concentra-se na região sudeste, sul e centro-oeste (conforme mostra a Ilustração 56), e em Portugal nas regiões litorâneas e central (Ilustração 57).

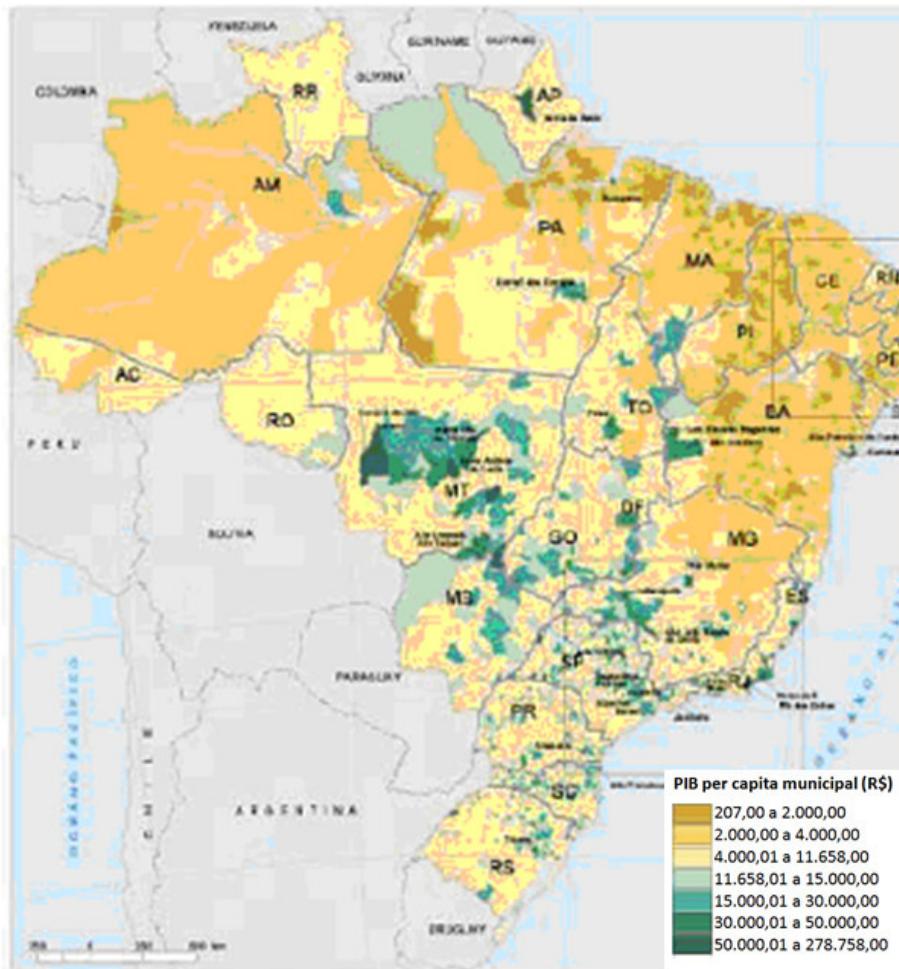


Ilustração 56: Produto interno bruto per capita municipal 2005. Fonte: [11]

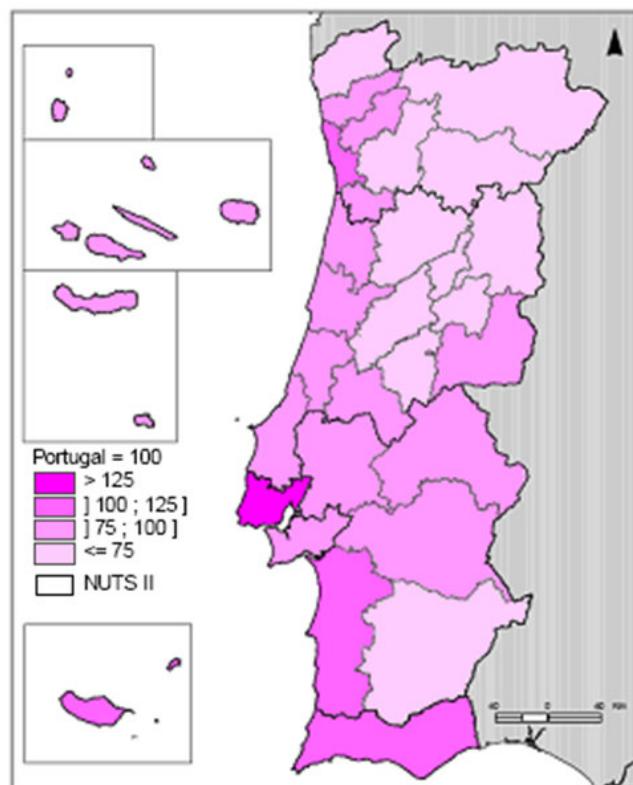


Ilustração 57: PIB per capita, por NUTS III, 2003. Fonte: [24]

As atividades econômicas e suas percentagens na economia global do país são mostradas na Ilustração 58 e na Ilustração 59, nos quais pode-se observar que a construção civil tem grande participação (de 5 a 8%).

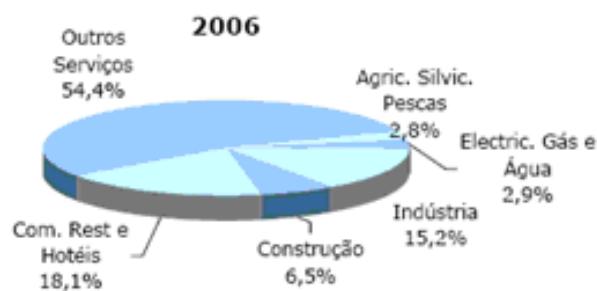


Ilustração 58: Estrutura do Valor acrescentado bruto (VAB) setorial de Portugal. Fonte: [24] - Contas Nacionais Trimestrais (Setembro 2007)

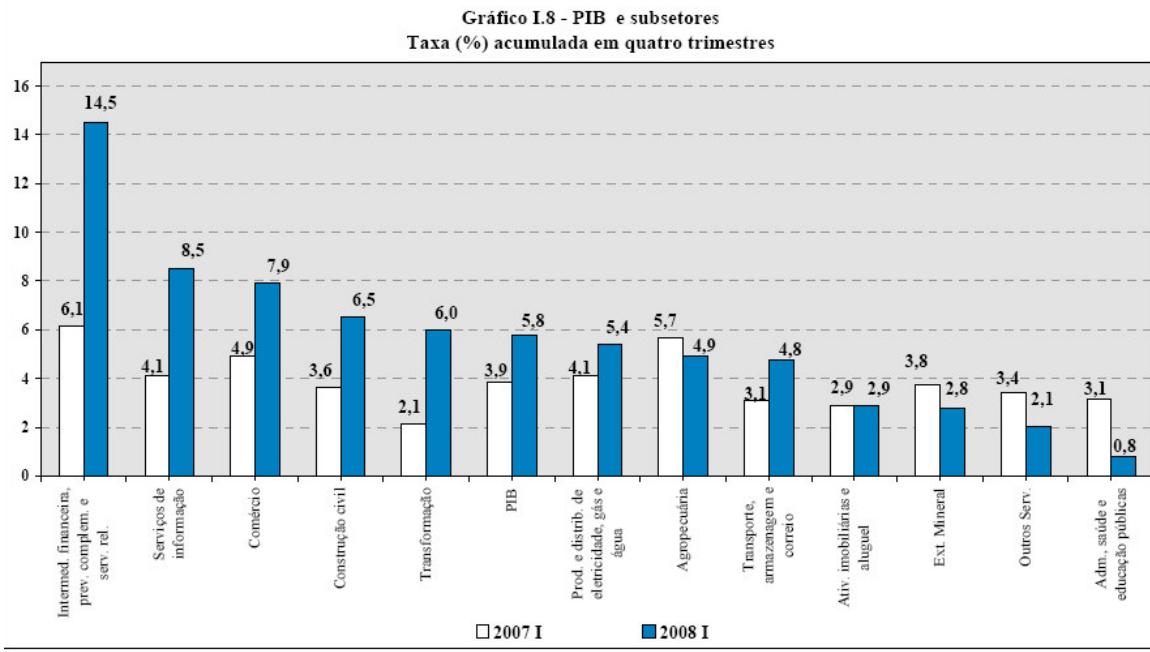


Ilustração 59: PIB brasileiro distribuído pelos subsetores. Fonte: [18]

Em Portugal o salário mínimo em 2008 era de 426,00 euros [27] , ou seja, aproximadamente 1250,00 reais e no Brasil, o valor do salário mínimo evoluiu de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Salário mínimo referente ao Município de São Paulo em reais.

Ano	Valor médio sem 13º (R\$)
2000	268,25
2001	290,36
2002	297,18
2003	299,83
2004	311,43
2005	334,56
2006	387,03
2007	408,33
2008	418,87

Fonte: [28]

Porém, o salário mínimo necessário para se viver no Brasil, conforme a Tabela 2 é muito maior que o nominal, o que gera pobreza e miséria no país.

Tabela 2: Salário mínimo necessário no Brasil

Data	Valor Nominal (R\$)
Jan-00	942,76
Jan-01	1036,35
Jan-02	1116,66
Jan-03	1385,91
Jan-04	1445,39
Jan-05	1452,28
Jan-06	1496,56

Fonte: [28]

Além deste agravante, o Brasil possui uma renda mal distribuída que varia de classe para classe e de região para região, sendo que a maioria da população não recebe um salário mínimo inteiro (Ilustração 60). Analisando-se Ilustração 61 pode-se verificar também que a pobreza se concentra na região Nordeste.

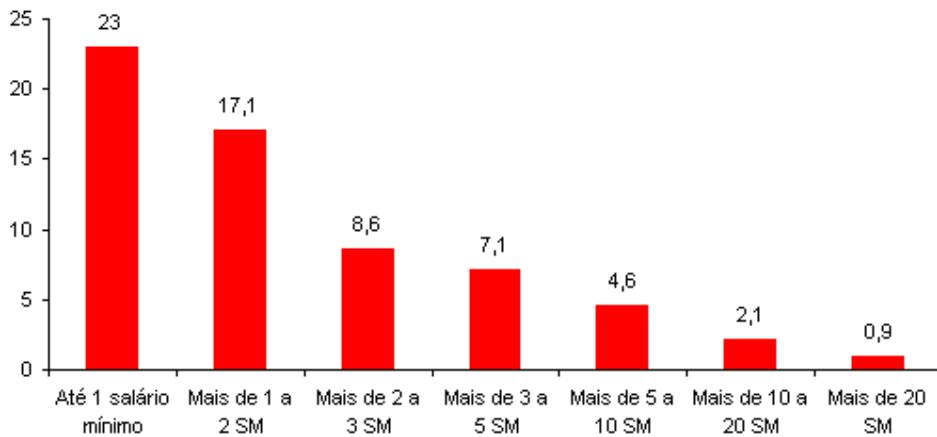


Ilustração 60: Distribuição da população de 10 anos ou mais de idade, ocupadas, segundo as classes de rendimento mensal de todos os trabalhos, em salários mínimos – Brasil – 2003. Fonte: [18].

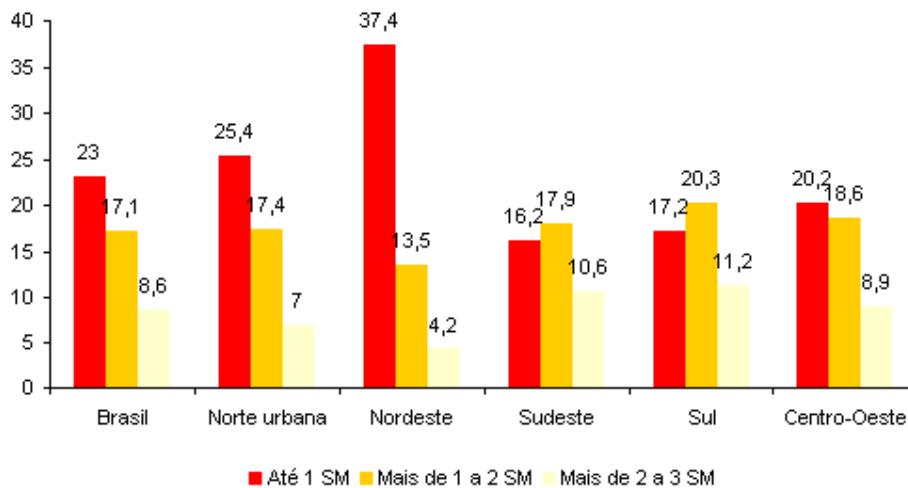


Ilustração 61: Distribuição das pessoas de 10 anos ou mais de idade, ocupadas, segundo as classes de rendimento mensal – Brasil e grandes regiões – 2003. Fonte: [18]

No Brasil, a atividade de construção na área imobiliária vem tendo grande avanço com o chamado Boom Imobiliário. Até o mês de Setembro de 2007, o PIB brasileiro aumentou 5,2% em relação ao ano anterior, sendo que, até este período, a economia teve 22 trimestres com variações positivas. Isto ocorreu devido à estabilização da economia e ao plano econômico federal de incentivo à construção civil, que provocou a expansão do crédito bancário, redução de juros e alongamento de prazos, e captações de recursos através de ofertas primárias de ações de grandes construtoras nacionais [29].

Este avanço gerou, em 2007, um aumento de novos empregos que corresponde a 12,22%, a maior taxa de crescimento entre 26 subsetores de atividade econômica. Em relação aos investimentos, 16,5 bilhões de reais foram financiados de Janeiro a Novembro via Sistema Brasileiro de Poupança em Empréstimo (SBPE), resultando em 177 mil unidades financiadas no Brasil [19].

Em Portugal, o setor da construção habitacional vem passando por mudanças. Acompanhando a tendência europeia, Portugal tem investido cada vez mais em reabilitação de habitações ao invés da construção de novas moradias. Em média, a atividade de reabilitação na Europa representa 45% do volume total do investimento em construção, enquanto em Portugal este valor é de 23%. Apesar de menor, esta porcentagem representa um crescimento relevante, pois em estimativas anteriores o investimento em reabilitação neste país era de 6 a 10%. [30]

Nos últimos 30 anos, o número de habitações duplicou em Portugal, deste modo este país possui o segundo maior índice da Europa em número de alojamentos por família (1,38). Porém, cerca de 544.000 habitações estão vagas, devido principalmente às más condições em que estes imóveis se encontram. É neste contexto que o governo português vem incentivando o investimento na reabilitação de imóveis ao invés da construção de outras novas moradias [31].

3

VEDAÇÃO VERTICAL DE PAREDES DE ALVENARIA

3.1 DEFINIÇÕES E CLASSIFICAÇÕES

A vedação vertical é o subsistema de um edifício que tem como objetivos compartimentar e definir os ambientes, controlar a ação de agentes indesejáveis, servir de suporte para instalações prediais e oferecer condições de habitabilidade para os usuários do edifício. Este subsistema é composto pelo vedo, revestimentos, aberturas e pelas esquadrias [1].

Parede é a denominação usualmente dada à envoltória externa, de compartimentação interna ou de separação. De acordo com as suas funções, ela pode ser classificada como [1]:

- De vedação (simples preenchimento): dimensionada apenas para suportar seu peso próprio e ações atuantes sobre ela;
- Estrutural (resistente em Portugal): dimensionada para suportar cargas verticais, além de seu peso próprio, ou seja, atua como estrutura portante do edifício;
- De contraventamento: resiste forças em seu plano.

As paredes podem ser classificadas, também, de acordo com os materiais constituintes [1]:

- Paredes de alvenaria: aquela que é formada por um conjunto coeso e rígido conformado em obra e feito de tijolos ou blocos unidos por argamassa (Ilustração 62 a);
- Paredes maciças moldadas no local: são aquelas que utilizam fôrmas laterais e moldadas no local com o emprego de diferentes materiais como concreto, solo cimento, taipa, entre outros (Ilustração 62 b);
- Paredes maciças pré-fabricadas: são aquelas constituídas por painéis pré-moldados ou pré-fabricados (Ilustração 62 c);
- Vedações leves de fachada: são aquelas que são obtidas por acoplamento a seco, são leves, modulares, descontínuas e estruturadas e podem ser removíveis ou desmontáveis. Exemplos: vedação em fachada cortina, em esquadrias ou em telhas (Ilustração 62 d);
- Divisórias leves: constituídos por painéis modulares (de gesso acartonado, placas cimentícneas e outros) e seus componentes com massa não superior a 60 kg/m², compartimentam ambientes e estendem-se do piso ao teto (Ilustração 62 e).

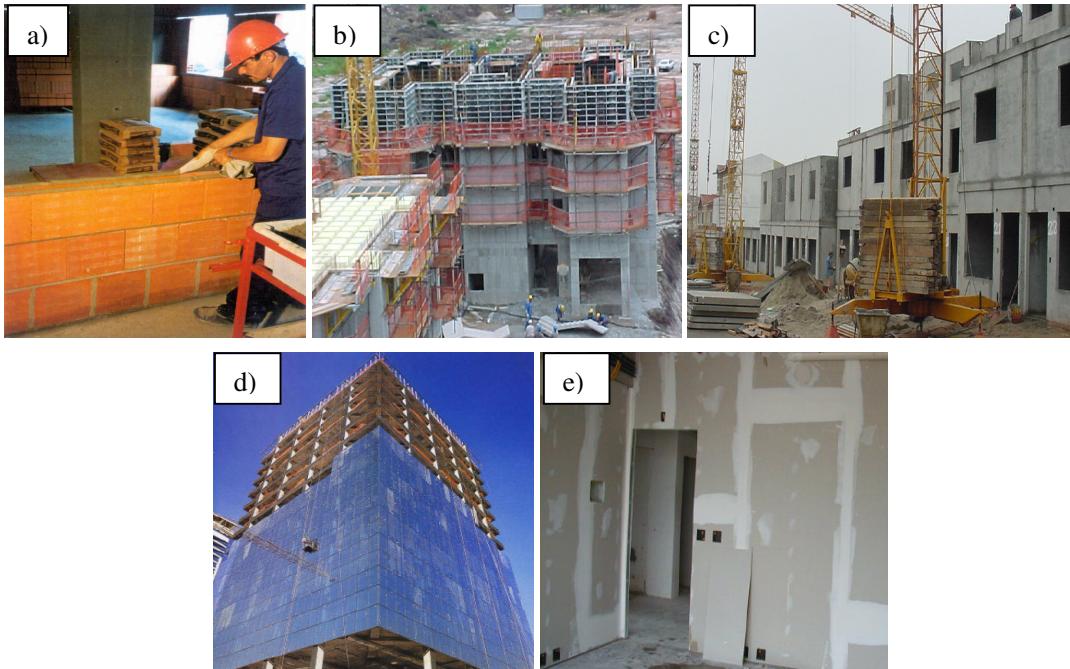


Ilustração 62: a) Parede de alvenaria. b) Paredes maciças moldadas no local. c) Paredes maciças pré-fabricadas. d) Fachada cortina. e) Divisórias leves de gesso acartonado. Fonte: [32]

O estudo do presente trabalho será focado nos vedos de alvenaria, ou seja, paredes de vedação compostas por blocos ou tijolos unidos por argamassa.

As alvenarias de vedação podem ser classificadas de acordo com diferentes enfoques [5]:

- Posição no edifício: distinguem-se as alvenarias externas ou de vedação de fachada, das alvenarias internas com a função de compartimentação;
- Componente: de bloco de concreto comum, de bloco de concreto leve, de bloco cerâmico, de bloco de concreto celular autoclavado, de pedra, de vidro, entre outros;
- Em relação à estrutura de concreto: alvenaria confinada, quando as paredes são limitadas por montantes ou cintas de concreto pouco armado, ou pela estrutura, surgindo tensões internas, e livres quando não possuem tais tensões.

Em Portugal, classificam-se ainda as paredes de alvenaria de acordo com os tipos de panos e de suas ligações [5], [10]:

- Parede simples com ou sem junta longitudinal: parede de pano único com ou sem juntas verticais contínuas no seu plano (Ilustração 63 a);
- Parede de dois panos: parede dupla sem caixa de ar, ou seja, possuem uma junta longitudinal preenchida com argamassa e os dois panos são amarrados por ligadores (Ilustração 63 b);
- Parede de face aparente: na qual as unidades da alvenaria de face à vista são ligadas às de tardoze (Ilustração 63 c);
- Parede dupla: parede composta por dois panos paralelos, ligados entre si por ligadores de paredes ou armaduras de assentamento, sendo que o espaço vazio entre os panos - a caixa de ar - pode ficar vazio ou preenchido total ou parcialmente por isolantes térmicos (Ilustração 63 d);

- Parede com juntas descontínuas: o assentamento é feito com juntas horizontais em duas faixas ao longo do bloco (Ilustração 63 e);
- Parede-cortina: possui fachada aparente, mas não é ligada a estrutura ou não contribui para a resistência da parede interior ou estrutura de suporte (Ilustração 63 f).

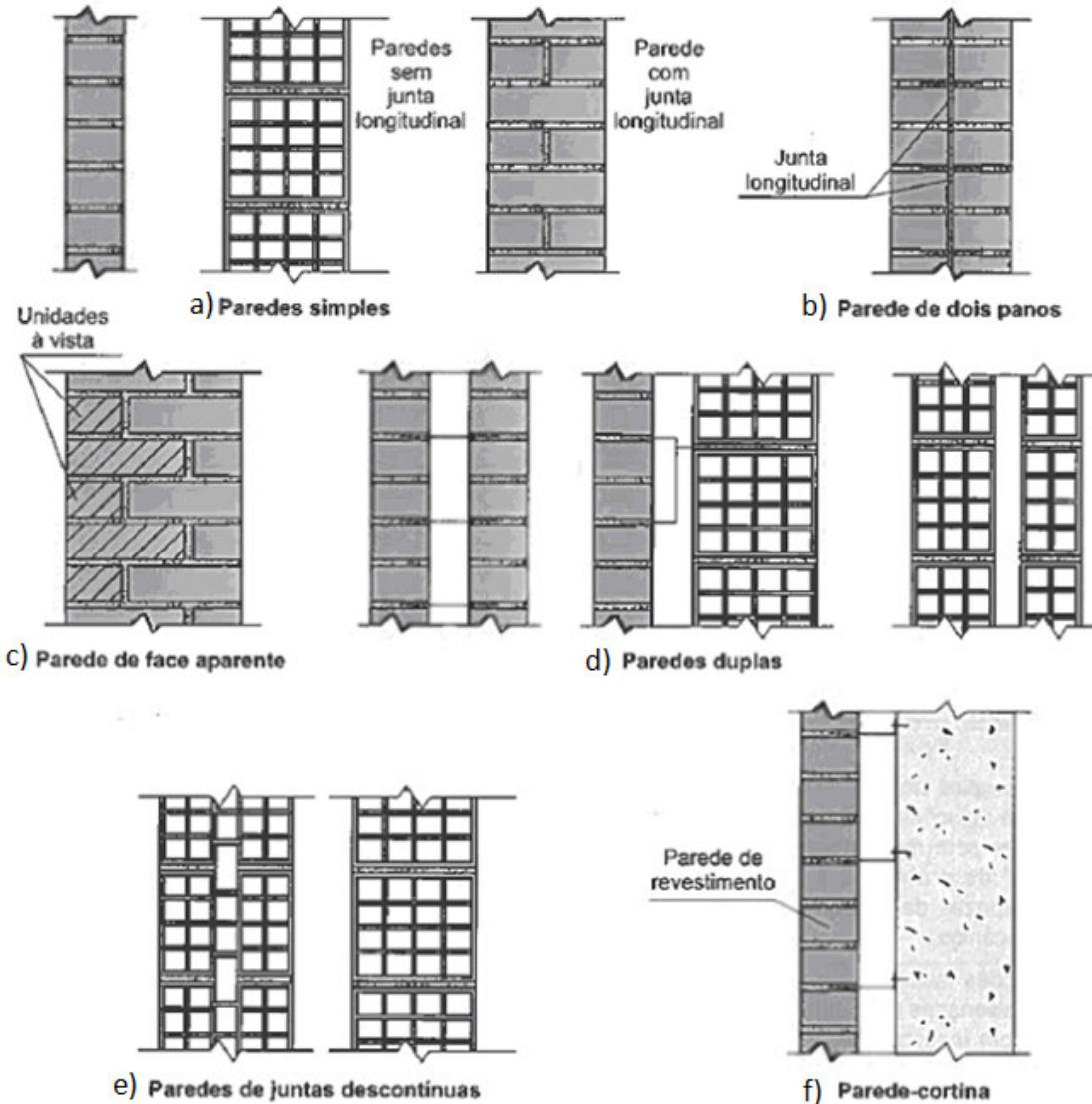


Ilustração 63: Tipos de paredes de alvenaria previstos no EC6. Fonte: [10]

No Brasil, a classificação acima não é totalmente corrente, pois não é usual neste país a utilização de paredes duplas, compostas e parede-contínua.

3.2 EXIGÊNCIAS FUNCIONAIS DAS PAREDES

As exigências funcionais das paredes podem ser divididas de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3: Exigências funcionais das paredes [5]

Segurança	Estabilidade
	Segurança ao fogo
	Movimentos das fundações
	Deformação estrutural
Adaptação a movimentos	Variações de temperatura
	Variações de umidade e volume
	Ação Química
Estanqueidade à água da chuva	
Durabilidade	
Conforto	Termohigrométrico
	Acústico
Adaptação a utilização	
Economia e produtividade	

3.2.1 SEGURANÇA [1], [5]

A segurança da alvenaria depende de sua estabilidade frente às solicitações e de sua segurança ao fogo.

3.2.1.1 Estabilidade

A estabilidade de uma parede depende de sua resistência mecânica frente às seguintes solicitações: peso próprio, cargas suspensas, choques, vento, deformação do suporte, ações térmicas (variação de temperatura e choque térmico), acidentais (sismo, incêndio) entre outros.

A resistência mecânica da parede possui relação com a resistência das juntas de argamassa de assentamento e, principalmente, com a resistência dos blocos de vedação. A estabilidade também depende da aderência do bloco à argamassa, da espessura e disposição das juntas, do tipo de fixação da parede de vedação à estrutura e das propriedades geométricas das paredes. Esta última determina a esbelteza da parede e a área da sua seção resistente.

3.2.1.2 Segurança ao fogo

Durante certo período de tempo de um incêndio, a parede deve continuar estável, íntegra e conservar suas características funcionais de isolamento térmico e estanqueidade a chamas e gases quentes. Além disso, os seus materiais constituintes devem ter propriedades que garantam a não propagação do fogo e não desenvolvimento de gases nocivos.

3.2.2 ADAPTAÇÕES A MOVIMENTOS [1], [5]

A movimentação de um edifício pode gerar tensões nas paredes que, caso não sejam absorvidas, provocam-lhe fissuras. As movimentações possuem diferentes causas, tais como:

3.2.2.1 Movimentos das fundações

Esta movimentação ocorre devido a assentamentos diferenciais provocados por fundações realizadas em solos heterogêneos, ou com diferentes compacidades, ou ainda com profundidades

diversas, e por tensões transmitidas ao solo devido à adoção de diferentes soluções de fundações. Há ainda movimentações devido a alterações das condições de umidade de solos argilosos.

Verifica-se a gravidade do assentamento diferencial pela distorção angular que provocam na estrutura, sendo que distorções da ordem de 1/300 podem provocar fissuras diagonais graves nas alvenarias.

Estas movimentações devem ser tratadas em projeto, adotando-se fundações e estrutura que resistam a elas, deve-se minimizá-las e atenuar suas ações em elementos construtivos de maior vulnerabilidade.

3.2.2.2 Deformação estrutural

As cargas externas provocam deformações na estrutura do edifício que solicitam as alvenarias, podendo lhes ocorrer fissuras. As deformações estruturais são mais elevadas, quanto mais esbelta for a estrutura, além disso, estas deformações em estruturas de concreto são amplificadas pelo efeito da fluência.

Para atenuar esta movimentação, deve-se limitar as flechas da estrutura, aumentar a capacidade de absorver deformação da parede, diminuir seu confinamento por adequado procedimento de fixação da alvenaria à estrutura, aumentar a rigidez da estrutura coplanar com as paredes, limitar o uso de zonas com balanço, construir a parede de alvenaria com diferença de tempo da execução da estrutura para que as deformações iniciais desta já tenham ocorrido.

3.2.2.3 Variações de temperatura

As movimentações causadas pela variação de temperatura são a retração (diminuição da temperatura) ou a dilatação térmica (aumento da temperatura) em função do valor da temperatura relativamente ao estado inicial da construção e podem ocorrer na própria parede ou na estrutura que a suporta, sendo que estes elementos podem ter dilatações diferenciadas provocando fissuras. Estas variações têm relação com a geometria da construção, condições de exposição e materiais constituintes e ocorrem no ambiente exterior, como gradientes entre o interior e o exterior, ou no próprio elemento.

Para amenizar estas movimentações podem-se adotar medidas cautelares como isolamento, sombreamento e uso de cores claras nas paredes exteriores, dessolidarizar as alvenarias das estruturas, aumentar a liberdade da construção prevendo juntas de dilatação, aumentar a capacidade das alvenarias resistirem a estas movimentações com uso de ligadores, armadura de juntas, travamento de cunhais, uso de revestimentos armados e confinando a alvenaria. Todas estas medidas devem ser estudadas de modo a não induzir outros problemas.

3.2.2.4 Variações de umidade e volume

As variações de umidade provocam alterações no volume de materiais porosos por variação higroscópica, sendo uma parcela reversível e outra irreversível. Assim, os materiais cerâmicos são propensos a expandir com o aumento da umidade, pois em seu fabrico (de acordo com o item 4.4) houve a queima do bloco e a consequente retirada de água interna. Já os blocos de concreto (item 4.3) possuem propensão a diminuir de volume, pois em seu fabrico há a adição de água que, aos poucos, é expelida ou reage com o cimento. Estas variações podem ser amenizadas se os blocos fornecidos à obra tiverem com a parcela mais relevante do movimento irreversível já ocorrido, além disso, deve-se

estocá-los em local seco e ventilado, evitar umedecer excessivamente o bloco durante o assentamento e executar os revestimentos da parede o mais tarde possível.

Outra variação volumétrica das alvenarias pode ocorrer nas ações de gelo/degelho, já que a água congelada possui maior volume e pode provocar fissuras. Para amenizar tal efeito, devem-se adquirir, em zonas que possuam temperaturas abaixo de zero grau, blocos que resistam a estas ações.

3.2.2.5 Movimentos por ação química

Os componentes e juntas de argamassa da alvenaria podem conter materiais que, por processos químicos, expandem. Este é o caso da corrosão da armadura em caso de alvenaria armada, ou da hidratação retardada da cal.

3.2.3 ESTANQUEIDADE À ÁGUA DA CHUVA [1], [5]

A estanqueidade de uma parede deve garantir que a água da chuva não degrade seus materiais constituintes, nem que a água penetre no interior do edifício. As características individuais dos componentes da alvenaria que influenciam nesta propriedade são a permeabilidade, a porosidade, a capilaridade e a própria estanqueidade das juntas de argamassa.

A penetração da água da chuva nos elementos é agravada pelo vento, pelas fissuras na alvenaria, materiais, espessura e exposição da parede e diferenças de pressão. A Ilustração 65 mostra os diferentes fenômenos físicos responsáveis pela penetração da água nas paredes.

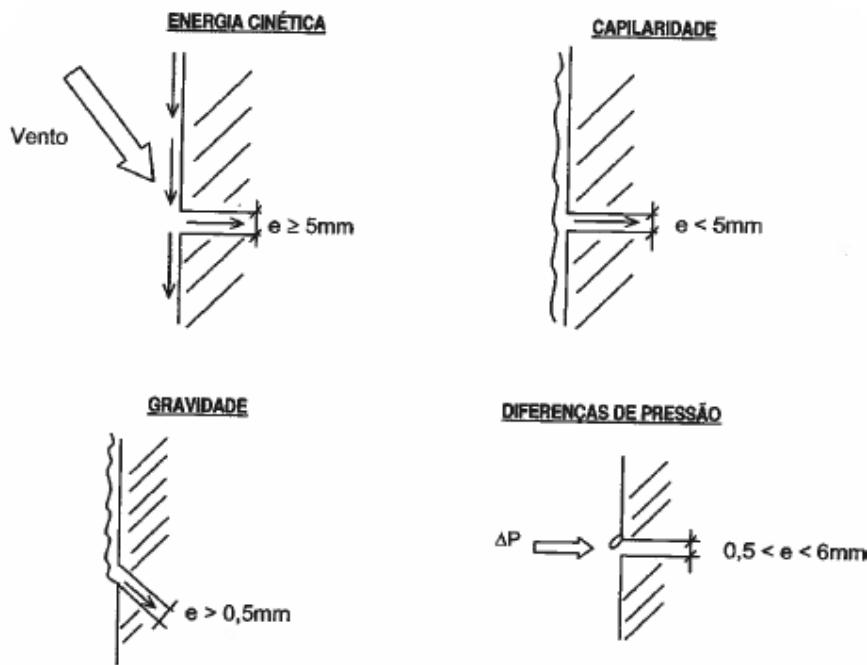


Ilustração 64: Fenômenos físicos de penetração de água nas paredes (continua). Fonte [20]

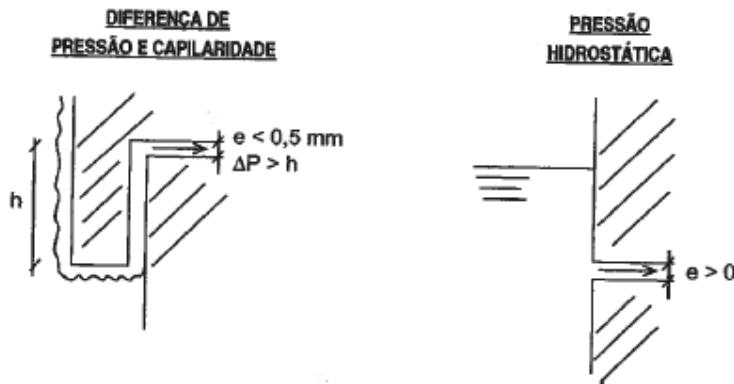


Ilustração 65: (continuação) Fenômenos físicos de penetração de água nas paredes. Fonte [20]

A fim de aumentar a resistência à penetração de água em uma parede, pode-se protegê-la com revestimentos de argamassa ou cerâmicos e adotar soluções arquitetônicas que minimizem a incidência direta da chuva e facilitem o escoamento da água como beirais, descontinuidade de panos da fachada, saliências para o afastamento da película de água, pingadeiras, entre outros.

3.2.4 DURABILIDADE [1], [5]

A durabilidade das paredes de alvenaria é expressa pela resistência aos agentes climáticos, aos movimentos da fachada, à erosão pelas partículas em suspensão no ar, aos agentes químicos do ar, à corrosão eletroquímica e aos agentes biológicos. Os fatores que a condiciona são a concepção em termos de estanqueidade e tipo de revestimento, qualidade de execução, bem como dos materiais utilizados e a compatibilidade física e química dos materiais.

Esta exigência pode ser quantificada em número de anos que a parede terá desempenho satisfatório de utilização, sendo que sua manutenção, inicialmente prevista, foi realizada.

3.2.5 CONFORTO [1], [5]

As paredes devem oferecer ao usuário condições de temperatura, de umidade relativa e de vento em níveis aceitáveis (conforto termo higrométrico) e redução de níveis de ruídos entre diferentes ambientes de acordo com exigências estabelecidas (conforto acústico).

3.2.5.1 Conforto termo higrométrico

É caracterizado pelo isolamento térmico que a parede deve possuir através da sua resistência à passagem do calor.

Esta exigência tem relação com as condições regionais e de implantação do edifício, já que o clima muda em diferentes locais, e que a localização das fachadas pode privilegiar a exposição ao Sol, bem como apresentar dispositivos que melhorem a ventilação e a renovação de ar.

O isolamento térmico pode ser feito com materiais isolantes, ou apenas com os elementos tradicionais da alvenaria (blocos e revestimento), desde que estes possuam condutibilidade térmica que atenda às exigências do conforto.

3.2.5.2 Conforto acústico

Refere-se à capacidade de isolamento das fachadas, sobretudo em regiões com poluição sonora. Já para paredes interiores, o isolamento deve garantir as necessidades de privacidade de cada ambiente.

3.2.6 ADAPTAÇÃO À UTILIZAÇÃO E À EXECUÇÃO [1], [5]

As paredes de alvenaria devem garantir superfície adequada para receber o revestimento previsto; assim, elas devem possuir rugosidade para a aderência do revestimento aderente e serem homogêneas.

Muitos elementos possuem interferência com a vedação vertical de alvenaria, como a estrutura, as esquadrias, caixas da persiana (estore) e as instalações; assim, deve-se projetar tal subsistema, de modo que esta integração seja facilitada.

Os blocos devem ser ergonômicos para facilitar seu manuseio durante a elevação das paredes, terem geometria que auxilie seu transporte e armazenamento e devem realizar arremates e integrar os elementos estruturais adequadamente.

Na execução, devem-se seguir os projetos adequadamente, respeitando as tolerâncias, reduzindo desperdícios e retrabalhos. Assim, os blocos devem ser protegidos de choques durante a obra, e os roços devem ser limitados.

3.2.7 ECONOMIA E PRODUTIVIDADE [1], [5]

Estas exigências estão relacionadas entre si, sendo que elas são atendidas através de um projeto adequado, onde sejam previstas e atendidas as exigências anteriores. Mas, para uma melhoria contínua dessas exigências, devem-se estudar os materiais e desenvolver novos sistemas que racionalizem ainda mais a vedação vertical de alvenaria.

4

COMPONENTE DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO: BLOCOS

O vedo de alvenaria é formado por um conjunto coeso e rígido conformado em obra e composto por tijolos ou blocos unidos por juntas de argamassa. Neste capítulo serão discutidas as propriedades dos blocos e tijolos.

Os blocos e tijolos correspondem a cerca de 85 a 95% da alvenaria, assim suas características são determinantes no desempenho das paredes [33]. As suas principais características são os materiais constituintes, geometria, características físicas e resistência mecânica. Para se ter uma idéias das características dos componentes brasileiros, apresenta-se, a título de exemplo, os componentes da Tabela 4, levando-se em conta que estes dados são apenas comparativos, devido à variação dos valores pela existência de diversos fabricantes e processos.

Tabela 4: Características de blocos de diferentes materiais

Características	Sílico-Calcário	Cerâmico	Concreto	Celular
Peso especif. (tf/m ³)	1,2- 1,8	1,2- 1,5	1,5	0,4- 0,6
Peso unitário* (kg)	10,2	7,2	13	2,5
Nº de peças (n/m ²)	12,5	12,5	12,5	12,5
Peso da alv. (Kg/m ²)	160	130	180	68
Condut. térmica (W/m.c)	0,99	1	1,74	0,16
Absorção de água (%)	14	25	10	10
Resist. à compr. (Mpa)	6	2,5	2,5	2,5
Absorção acústica (db)	50	48	51	46
Dilat. Térmica (*10 ⁻⁶ .c)	11	7	9	8
Atraso térmico (h)	4	4,5	4	5
Retr. Secagem ** (%)	0,01- 5	-	0,02- 6	0,02- 9
Resist. Ao fogo (h)	4	4	3	>4

* Tamanho do bloco: 14x19x39 (cm)

** Refere-se a alvenaria

Fonte: [34]

O tijolo é um componente da alvenaria cujas dimensões são menores que 300 mm no comprimento, 250 mm na largura e 120 mm na altura. Já o bloco possui diferente geometria, suas dimensões são maiores que o tijolo sendo que uma dimensão deve ser menor que 600 mm e outra menor que 300 mm para que possa ser assentado por um homem [33]. Para melhorar a denominação desses componentes, as características deste capítulo referentes aos blocos também deverão ser consideradas aos tijolos.

As características dos componentes de alvenaria são importantes na sua escolha. A redução do peso da parede representa uma vantagem econômica devido à diminuição da solicitação da estrutura existente, além disso, quanto mais leve for o bloco, mais facilidade o operário terá para manuseá-lo, aumentando assim, a produtividade da atividade de vedação [35].

Quanto menor a condutibilidade térmica e maior a absorção acústica, melhor será o conforto do edifício. A porosidade e a porcentagem de furação dos blocos também são determinantes para o conforto térmico, que será maior quanto maiores forem os valores destas características dos blocos, já que a condutibilidade do ar é menor que a da matriz do material [35].

A dilatação térmica deve ser considerada devido às movimentações térmicas do material que podem provocar problemas patológicos como o destacamento entre paredes com juntas a prumo ou da alvenaria com a estrutura [35].

A absorção de água é uma das propriedades mais importantes do bloco, pois influencia nas suas movimentações higroscópicas, provocando fissuras e destacamentos, além de influenciar a aderência bloco-argamassa, já que se a sucção inicial de água pelo bloco for muito rápida ou muito lenta, ele irá retirar a água da argamassa com uma velocidade inadequada ao desenvolvimento da aderência. Assim, em função das características de absorção dos blocos, deve-se dosar uma adequada argamassa de assentamento. No caso da sucção inicial do bloco ser elevada, pode-se empregar uma argamassa de assentamento com maior capacidade de retenção de água, ou molhar o bloco previamente, desde que ele não varie dimensionalmente para não aumentar seu potencial de retração na secagem [35]. A aderência também é influenciada pelas características superficiais do bloco, sendo que a argamassa de assentamento deverá se adequada à rugosidade do bloco de tal modo que ela penetre as reentrâncias permitindo o seu encunhamento na superfície do componente [1].

A parede de vedação deve suportar seu peso e de pequenas cargas de ocupação; assim, a resistência a compressão é determinante, sendo influenciada, principalmente, pela resistência dos blocos. Além disso, deve-se considerar a sua geometria para esta resistência e para outros atributos importantes, tais como a regularidade de dimensões para o correto assentamento, a ergonomia para a melhoria da produtividade, a “flexibilidade da parede” devido à definição da quantidade de juntas que auxiliam a absorção de movimentações e a coordenação dimensional dada pela compatibilidade dos tamanhos de blocos e de elementos estruturais [35].

Há ainda outras características importantes dos blocos como a resistência ao fogo, para não se deteriorar facilmente frente a um incêndio, e a resistência ao gelo em locais que podem ter temperaturas abaixo de zero grau, já que o congelamento da água provoca o aumento de seu volume e, quando ela estiver presente nos vazios do bloco, provocará tensões que poderão fraturar este elemento [35].

Em Portugal e no Brasil, os blocos mais usuais são o cerâmico, de concreto corrente, de concreto leve com argila expandida e de concreto celular autoclavado.

O Eurocódigo 6 possui as seguintes normas para os blocos de diferentes materiais:

- EN 771-1: blocos cerâmicos;

- EN 771-2: blocos sílico-calcários;
- EN 771-3: blocos de concreto (leves e correntes);
- EN 771-4: blocos de concreto celular autoclavado;

Os blocos de alvenaria em Portugal podem ser classificados em duas categorias de acordo com o controle da produção do fabricante. Assim, os blocos pertencentes à categoria I devem passar por um controle de qualidade que demonstre que a resistência média dos blocos tenha uma probabilidade de não atingir a resistência especificada à compressão menor que 5%, já os blocos da categoria II não cumprem o nível de confiança da categoria anterior; mas, o valor médio da resistência a compressão dos blocos devem estar de acordo com a parte aplicável da EN 771 [10].

O Brasil possui as seguintes normas para os diferentes tipos de blocos:

- NBR 7170: tijolo maciço cerâmico;
- NBR 15270: blocos cerâmicos;
- NBR 6136: blocos vazados de concreto simples;
- NBR13438: blocos de concreto celular autoclavado;
- NBR14974: bloco sílico-calcário para alvenaria;
- NBR10834: bloco vazado de solo-cimento;

A seguir, apresentam-se diferentes tipos de blocos a partir de seu material constituinte.

4.1 SÍLICO-CALCÁRIO

O processo de produção dos blocos sílico-calcários foi patenteado na Alemanha em 1880 e este processo consiste na moldagem de uma mistura de cal, areia fina quartzosa e água em prensa de alta pressão e posterior endurecimento em autoclaves. Estes blocos exigem argamassa especial devido às diferentes características de absorção de água e retração [36]. A Ilustração 66 mostra exemplos deste tipo de bloco.

No Brasil, estes blocos são mais utilizados em alvenaria estrutural, sendo que os blocos possuem resistência à compressão de 4,5 a 15 Mpa, com modulações de 12,5 e 20 cm. Há apenas um fabricante no Brasil e, por isto mesmo, seu uso é pouco difundido [36]. Em Portugal, a utilização deste material tem pouca expressão.

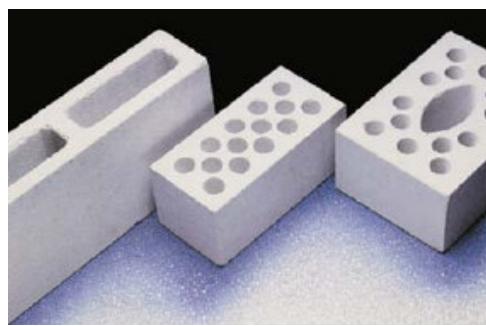


Ilustração 66: Blocos sílicos-calcários. Fonte: [33].

4.2 CONCRETO CELULAR AUTOCLAVADO

Os blocos de concreto celular autoclavado são feitos com cal, cimento, areia, materiais sílicosos e um agente expansor, usualmente o pó de alumínio, que cria uma multiplicidade de células de repartição uniforme. Estas células garantem a leveza do bloco que deve ser curado em uma autoclave

sob pressão de aproximadamente 10 atm. A massa volúmica aparente do bloco varia de 400 a 800 Kg/m³ [36].

As dimensões deste bloco são grandes, maior dimensão com até 60 cm no Brasil e até 76 cm em Portugal, mas ele pode ser cortado, lixado ou furado facilmente em obra (Ilustração 67), sendo que seu transporte e estocagem devem ser cuidadosos para não ocorrência de quebras. Outro aspecto físico deste bloco é a não presença de perfurações.

A resistência à compressão para alvenaria de vedação no Brasil deve ser de 2.5 MPa, e sua resistência térmica e ao fogo é maior que em blocos brasileiros de cerâmica e de concreto [36].



Ilustração 67: Blocos de concreto celular autoclavado. Fonte: [33].

4.3 CONCRETO

O bloco de concreto é constituído por cimento Portland, areia, brita fina, água e aditivos; porém, difere do concreto corrente devido à baixa dosagem de cimento e de água, dimensão limitada dos agregados, ser mais estável para desmoldagem imediata e massa volúmica menor (2100 kg/m³). Sua dosagem visa à economia de cimento, redução da retração e obtenção de concreto mais seco. As dimensões dos agregados são condicionadas pela espessura dos septos [5].

O processo de fabricação do bloco de concreto consiste na dosagem dos agregados e do cimento, adição de água, amassadura, preenchimento dos moldes de blocos, compactação por vibração, desmoldagem, cura em câmaras e armazenamento [5].

De acordo com Souza, 2002, [5] a norma Francesa NF P 14-304 especifica o bloco de concreto leve, o qual possui uma densidade de massa seca de concreto não superior a 1700 kg/m³. Os agregados leves podem ser: pedra-pomes, escórias e tufo vulcânico, vermiculita esfoliada, perlita expandida, argila expandida ou sintetizada, xisto expandido ou sintetizado, escórias de alto forno, cinzas volantes, escória de alto forno expandida, cinzas volantes expandidas, vidro expandido ou granulado de cortiça [5].

A maior causa dos problemas patológicos dos blocos cimentícios é a retração na secagem do bloco. Assim, deve-se fazer a cura deste elemento em câmara úmida a vapor, com tempo determinado, para evitar variações dimensionais durante sua vida útil [5].

Os maiores pólos de produtores de artefatos de cimento no Brasil são São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Bahia, Minas Gerais e Pernambuco, sendo que São Paulo detém 60% da produção Nacional [37]. Os blocos de concreto possuem, na sua grande maioria, a geometria da Ilustração 68.

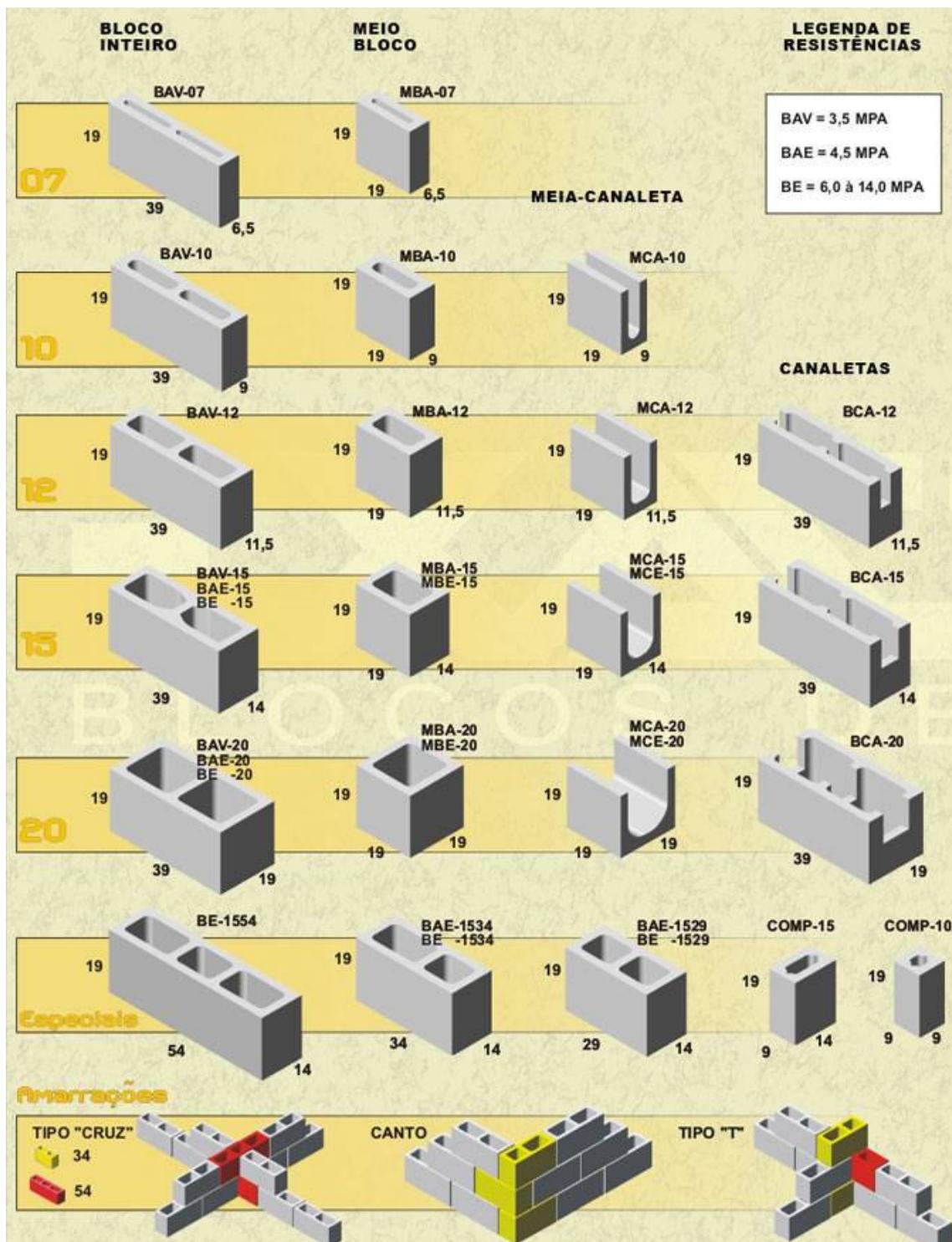


Ilustração 68: Formatos de blocos de concreto brasileiros. Fonte: <http://www.exactomm.com.br/produtos.php>. Acesso em 10/06/08.

Assim, pode-se verificar como vantagem deste tipo de bloco a furação vertical e ao tamanho destes furos, que facilita o embutimento de instalações por dentro dos blocos, sem necessidade de cortar as paredes.

De acordo com Sayegh, 2002, [36] os blocos de concreto sem função estrutural, de acordo com a antiga NBR 7173, devem ter uma resistência média mínima à compressão de 2,5 MPa, tolerância para dimensões nominais entre -2 e +3 mm. Além disso, de acordo com esta bibliografia, o PBQP-H (Programa brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat) estipulou metas para melhorar a qualidade dos blocos de concreto; assim, a ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) criou o selo de qualidade ABCP que caracteriza o bloco com avaliações do seu dimensionamento, homogeneidade, compacidade, existência de trincas e fissuras e a rugosidade superficial para a adequada aderência à argamassa.

De acordo com Souza, 2004, [5] a norma europeia que especifica os blocos de concreto (de agregados leves ou não) é a pr EN 771-3. Ela recomenda que os blocos possuam reentrâncias ou dispositivos de encaixe nas juntas. Com relação à geometria dos blocos, os septos devem apresentar espessuras mínimas de 20 mm ou 1,5 vezes a máxima dimensão do agregado, além disso as tolerâncias para as dimensões exteriores do bloco são mostradas na Tabela 5.

Tabela 5: Tolerâncias de dimensões exteriores segundo pr EN 771-3 [5]

Tolerância de dimensões exteriores (mm)		
Tipo de tolerância	Dimensão resultante da superfície do molde	Dimensão resultante do enchimento
Normal	4	5
Fina	2	3

A densidade de massa seca declarada pelo fabricante não deve ter diferenças maiores que 7,5% da do bloco. A resistência à compressão não deve ser inferior a 1,8 MPa. Na embalagem deverá conter a identificação do produtor e a data de produção [5].

A Ilustração 69 mostra algumas geometrias de bloco de concreto correntes em Portugal, nas quais se pode observar, diferentemente do que há no Brasil, a presença de encaixe permitindo evitar a junta vertical argamassada.

Dimensão e formas (comp. x alt. x esp.) (cm)	Peso aprox. (kg)	Furação (%)	Resistência à Compressão ⁽¹⁾ (MPa)
(50 ou 40) x 20 x30	20-29	45-65	3.5-4.5
	20-25	45-65	3.0-4.5
(50 ou 40) x 20 x25	15-22	40-50	3.0-4.5
	12-18	40-50	4-5
(50 ou 40) x 20 x12	12-15	40-50	4-5
	10-13	30-50	4-5
(50 ou 40) x 20 x8	8-12	30-50	4-6
	8-10	-	6-8
(50 ou 40) x 20 x5			

(1) Expressa em termos de área aparente, não normalizada por factores de forma

Ilustração 69: Características mais importantes dos blocos de concreto correntes em Portugal. Fonte: [15].

4.4 CERÂMICO

Tanto no Brasil [36], como em Portugal [15], os blocos cerâmicos detêm 90% do mercado de vedação. É por esta razão que o presente trabalho irá caracterizar mais especificadamente este material.

As principais vantagens do uso do bloco cerâmico para vedação vertical são a leveza deste componente, o bom isolamento térmico e acústico que proporciona à parede, facilidade de uso na construção racionalizada e no detalhamento dos projetos, diminuição de desperdícios na obra devido à utilização de poucos tipos de materiais (bloco, argamassa de assentamento e reboco), permite a utilização de componentes pré-moldados e, principalmente, possui baixo custo frente a outros materiais [10].

O bloco cerâmico é feito com dois tipos de argila a fim de minimizar a alteração desta matéria-prima natural ao longo do tempo. Deste modo, escolhem-se uma argila mais plástica e outra menos plástica que são dosadas a fim de se obter uma pasta com características constantes. A extração destas argilas ocorre em uma época mais seca e são depositadas ao ar livre em montes de camadas intercaladas para desagregar os materiais e homogeneizá-los [10].

O processo de fabricação do bloco cerâmico pode ser dividido nas seguintes etapas conforme mostra a Ilustração 70 [20]:

- Pré-preparação: os montes de argila são cortados verticalmente para se pegar as diferentes camadas intercaladas. A argila é doseada e passa por um laminador composto por dois cilindros metálicos em rotação e que destrói os torrões e reduz sua granulometria. Após passar pelo laminador, a pasta é armazenada em local fechado, abrigada das condições atmosféricas;
- Preparação: nesta fase a pasta passa por um segundo laminador e é amassada com água que garante condições homogêneas de umidade e plasticidade;
- Conformação: a pasta passa por fieiras que a moldam através de moldes com a forma negativa do bloco, pelo processo de extrusão. A seguir, o material é cortado na mesa de corte e armazenado em estantes;
- Secagem: o bloco é seco ao natural, ao tempo, ou artificial por 16 horas em câmaras com temperaturas que variam de 30°C a 70°C, as quais devem controladas a fim de minimizar a fissuração dos blocos. Este processo é importante para eliminar a água a fim de não prejudicar a cozedura, com menor consumo de energia, sem provocar empenos e fissuras nos blocos.
- Cozedura: os blocos são cozidos por cerca de 24 horas em fornos que possuem temperaturas de 800°C a 1000°C. As condições de cozedura devem ser controladas para se obter boa qualidade dos blocos.
- Paletização: os blocos são paletizados e embalados com filmes plásticos para facilitar o transporte.

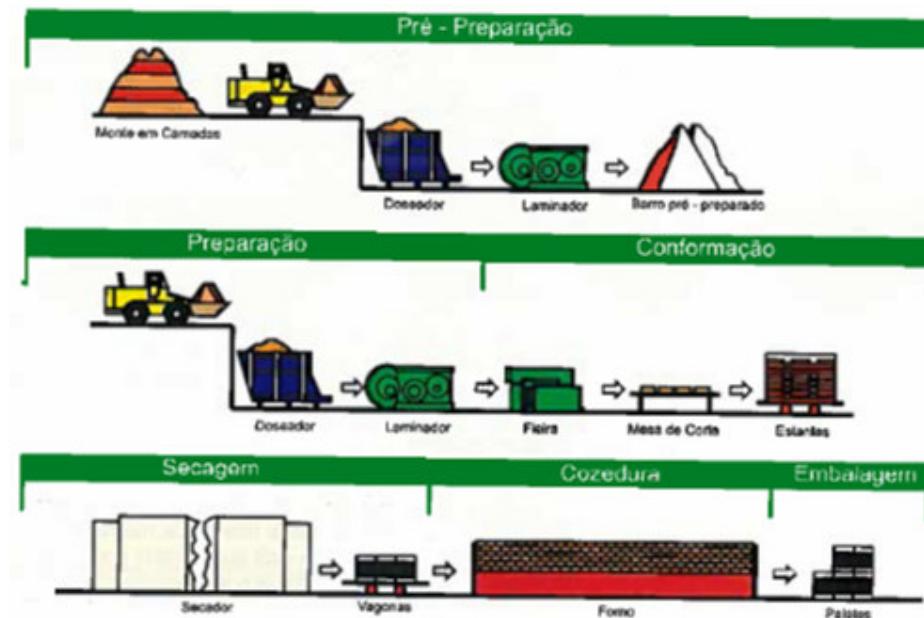


Ilustração 70: Fluxograma do processo de fabrico de tijolos. Fonte: [10].

Os materiais constituintes dos blocos cerâmicos formam uma microestrutura constituída por fases cristalinas predominantemente compostas por quartzo, e em menor escala, silicatos e alumino-silicatos, além da fase vítreia cujo teor aumenta com a temperatura de cozedura e é determinante na resistência do bloco, na diminuição da porosidade e na modelação dos próprios poros. A coloração avermelhada do bloco é determinada pela presença de Fe_2O_3 [3].

Algumas patologias podem ocorrer pela má fabricação do bloco cerâmico. Caso a argila ou a água da preparação sejam contaminadas, os blocos poderão apresentar eflorescências que são

manchamentos esbranquiçados resultantes da migração de sais solúveis até a superfície, além disso, o bloco com a argila mal queimada pode se deteriorar em presença de água [36].

A Tabela 6 mostra as características intrínsecas dos blocos cerâmicos.

Tabela 6: Características do material cerâmico [10].

Característica	Valores
Densidade de massa aparente	1800 - 2000 Kg/m3
Porosidade aberta	20 – 30 %
Absorção de água por imersão a frio	9 – 13%
Coeficiente de saturação	0,6 – 0,8
Absorção de água por capilaridade (1 min.)	11 g/dm2.min0,5
Condutibilidade térmica	1,15 W/m2K
Coeficiente de absorção da radiação solar	0,65 – 0,8
Dilatação térmica linear	3,5 – 5,8 x 10-6m/m. °C
Expansão por umidade	0,9 – 1,7 mm/m
Umidade em equilíbrio (20°C e 80% UR)	0,11%
Módulo de elasticidade longitudinal	8300 MPa
Coeficiente de Poisson	0,2

As características dos blocos com os formatos mais correntes em Portugal são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7: Características mais importantes dos tijolos cerâmicos correntes em Portugal [15].

	Dimensão e formas (comp. x alt. x esp.) (cm)	Peso aprox. (kg)	Furação (%)	Resistência à compressão ⁽²⁾ (MPa)
		7-11	55-70	1.9-3.9
	30 x20 x22 ⁽¹⁾			
		5-7	50-65	2.5-4.9
	30 x20 x15 ⁽¹⁾			
		4-6	50-65	2.8-5.2
	30 x20 x11 ⁽¹⁾			
		3.5-5.5	40-60	3.0-5.7
	30 x 20 x 9			
		3-5	40-60	3.7-7.0
	30 x 20 x 7 ⁽¹⁾			
		2-3	40-50	6.0-7.0
	30 x20 x4			
		1.5-2.5	25-40	8.0-9.5
	22 x11 x7 ⁽¹⁾			
		1.2-1.7	25-40	8.0-9.5
	22 x11 x5			
Sólido		2.5-3.5	-	17.0-48.0
	22 x11 x7 ⁽¹⁾			

(1) Dimensões de acordo com normalização portuguesa

(2) Expressa em termos de área aparente, não normalizada por factores de forma

No Brasil, os blocos utilizados correntemente na construção são parecidos com os portugueses: tijolos cerâmicos com furos horizontais. Porém; devido à racionalização da alvenaria, muitas empresas têm empregado o bloco cerâmico com furos na vertical (Ilustração 71) devido à sua maior resistência e, principalmente a sua capacidade de permitir a passagem de instalação através desses furos, evitando-se rasgos [12].

Blocos Cerâmicos para Alvenaria de Vedaçao

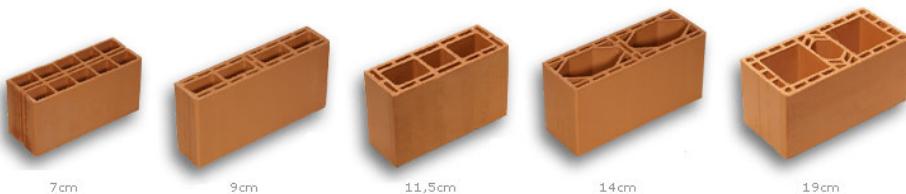


Ilustração 71: Geometrias de blocos cerâmicos brasileiros. Fonte:
<http://www.selectablocos.com.br/vedacao/vedacao.htm>. Acesso: 10/06/08.

No Brasil, os requisitos para os blocos cerâmicos de vedação vertical são expressos nas normas ABNT NBR 15270:1 Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação- Terminologia e requisitos; ABNT NBR 15270:3 Blocos para alvenaria estrutural e de vedação- Métodos de ensaio; e pela Portaria número 127 do INMETRO, de 29 de junho de 2005.

Já em Portugal, a especificação dos valores que os blocos cerâmicos devem atingir segue as normas NP 80 - Tijolos para Alvenaria. Características e ensaios; e a NP 834- Tijolos de barro vermelho para alvenaria. Formatos. A norma europeia que especifica as características e as tolerâncias admissíveis é a prEN 771-1 (“Specifications for masonry units-Part 1: Clay masonry units”) e os métodos de ensaios são determinados pelas normas da série EN 772.

A ABNT NBR 15270-1 (2005) [38] especifica que a verificação da norma deve ser feita por amostragem, assim, o lote possuirá no máximo 100.000 blocos, sendo que a amostragem terá 13 blocos retirados aleatoriamente.

4.4.1 ASPECTO E IDENTIFICAÇÃO

Os blocos cerâmicos devem ser verificados de modo a não apresentarem defeitos como quebras, fissuras, crateras, borbulhas, defeitos de planeza das faces e ortogonalidade, para que não prejudiquem o seu emprego na vedação.

De acordo com Dias [39], 2002, o toque sonoro quando o bloco é percutido por uma peça metálica é uma verificação que deve ser feita de acordo com a norma portuguesa NP80.

De acordo com a ABNT NBR 15270-1 (2005) [38], os blocos deverão obrigatoriamente ser identificados com o nome do fabricante e com suas dimensões, sendo que a norma portuguesa exige apenas a marca do fabricante visível no bloco.

4.4.2 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

A ABNT NBR 15270-1 (2005) [38] determina que a resistência à compressão (f_b) dos blocos com furos horizontais seja maior que 1,5 MPa e maior que 3,0 MPa para blocos com furos na vertical.

A resistência mecânica dos blocos em Portugal segue a norma NP 80 que determina seu valor de acordo com as classes de resistência, mostradas na Tabela 8.

Tabela 8: Classe de resistência segundo a NP 80 [39]

Classe	Valor mínimo (kgf/cm ²)	
	Tijolos furados	Tijolos maciços ou perfurados
A	45	140
B	30	100
C	15	70

4.4.3 DIMENSÕES

No Brasil, o módulo dimensional utilizado para os blocos é expresso pela letra M, e é usualmente definido com a dimensão de 10 cm, sendo que poderá haver submódulos de M/2 ou M/4. As dimensões padronizadas dos blocos cerâmicos são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9: Dimensões Padronizadas de blocos cerâmicos brasileiros. Fonte: [38]

Dimensões LxHxC Módulo Dimensional M= 10 cm	Dimensões de Fabricação (cm)			
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)	
			Bloco Principal	1/2 Bloco
(1M)x(1M)x(2M)		9	19	9
(1M)x(1M)x(5/2M)			24	11,5
(1M)x(3/2M)x(2M)			19	9
(1M)x(3/2M)x(5/2M)		14	24	11,5
(1M)x(3/2M)x(3M)	9		29	14
(1M)x(2M)x(2M)			19	9
(1M)x(2M)x(5/2M)		19	24	11,5
(1M)x(2M)x(3M)			29	14
(1M)x(2M)x(4M)			39	19
(5/4M)x(5/4M)x(5/2M)		11,5	24	11,5
(5/4M)x(3/2M)x(5/2M)		14	24	11,5
(5/4M)x(2M)x(2M)			19	9
(5/4M)x(2M)x(5/2M)	11,5		24	1,5
(5/4M)x(2M)x(3M)		19	29	14
(5/4M)x(2M)x(4M)			39	19
(3/2M)x(2M)x(2M)			19	9
(3/2M)x(2M)x(5/2M)	14	19	24	11,5
(3/2M)x(2M)x(3M)			29	14
(3/2M)x(2M)x(4M)			39	19
(2M)x(2M)x(2M)			19	9
(2M)x(2M)x(5/2M)	19	19	24	11,5
(2M)x(2M)x(3M)			29	14
(2M)x(2M)x(4M)			39	19
(5/2M)x(5/2M)x(5/2M)			24	11,5
(5/2M)x(5/2M)x(5/2M)	24	24	29	14
(5/2M)x(5/2M)x(5/2M)			39	19

NOTA: Os blocos com largura de 6,5 cm e altura de 19 cm serão admitidos somente em funções secundárias (como em "shafts" ou pequenos enchimentos)

As tolerâncias para as dimensões individuais de acordo com a dimensão efetiva, segundo a NBR 15270 [38], são de 5 mm para todas as dimensões do bloco. Porém, devem-se verificar também as tolerâncias de acordo com a média aritmética das amostras, ou seja, os valores de cada dimensão dos

blocos deverão ser somados e divididos pela quantidade de blocos. Assim, esta média deverá ser menor que 3 mm de variação dimensional.

De acordo com Dias, 2002 [39], a NP 834, os blocos portugueses normalizados e suas respectivas tolerâncias dimensionais são mostrados na Tabela 10, sendo que a Ilustração 72 mostra exemplos destes formatos de blocos.

Tabela 10: Dimensões segundo a NP 834

Formato	Comprimento (mm)		Largura (mm)		Altura (mm)	
	nominal	tolerância	nominal	tolerância	nominal	tolerância
22x11x7	220	± 6	107	± 4	70	± 4
30x20x7	295	± 7	70	± 4	190	± 5
30x20x11	295	± 7	110	± 4	190	± 5
30x20x15	295	± 7	150	± 5	190	± 5
30x22x20	295	± 7	220	± 6	190	± 5

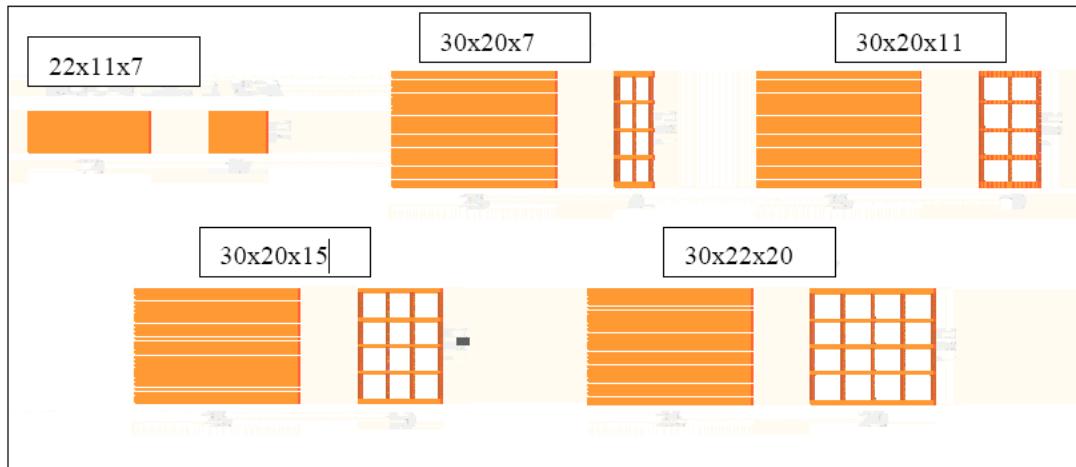


Ilustração 72: Formatos normalizados segundo a NP 80. Fonte: [39]

4.4.4 ESPESSURA DOS SEPTOS

A norma brasileira [38] determina que os septos interiores dos blocos de vedação tenham o valor mínimo de 6 mm e que seus septos externos tenham valor mínimo de 7 mm.

Os blocos em Portugal seguem o Eurocódigo 6 que determina o valor dos septos de acordo com o grupo que o bloco pertence, como apresenta a Tabela 11.

Tabela 11: Limites para blocos cerâmicos.

Grupo 1 (material indep.)	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
	Furos verticais		Furos horizontais
Volume de furos (% do volume total)	≤25	>25; ≤55	≥25; ≤70
Volume de qualquer furo (% do volume total)	≤12,5	Cada furo ≤1 Total de furos ≤12,5	Cada furo ≤1 Total de furos ≤12,5
Dimensão mínima dos septos	-	interno 5	externo 8 interno 3 externo 6 interno 6 externo 8
Espessura equiv. (% da largura total)	-	≥ 16	≥ 12 ≥ 16

Fonte: [40]

4.4.5 DESVIO EM RELAÇÃO AO ESQUADRO E PLANEZA DAS FACES (FLECHA)

A norma brasileira NBR 15270-1 [38] determina que o desvio máximo em relação ao esquadro é de 3 mm, e que a flecha do bloco possua valor máximo de 3 mm.

4.4.6 ÍNDICE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

No Brasil, a NBR 15270-1 [38] determina que o índice de absorção é verificado em 6 amostras de um lote, sendo que seu valor deve estar no intervalo de 8 a 22%, sendo que o ensaio para a determinação desta característica deve seguir a norma ABNT NBR 15270-3.

4.4.7 SAIS SOLÚVEIS E EFLORESCÊNCIAS

De acordo com Dias [39], 2002, a NP 80 estabelece que as eflorescências tenham área coberta do bloco cerâmico menor que 5 cm², e que o teor de sais solúveis seja inferior a 0,5% da massa do corpo de prova. Esta última característica também possui limites de acordo com a prEN 772-5, apresentados na Tabela 12, a qual especifica valores máximos de sais solúveis em água em diferentes situações. Assim, a situação S1 estabelece saturação prolongada com cimento resistente a sulfatos em alvenaria rebocada ou quando a alvenaria é protegida das condições atmosféricas por detalhes de projeto. A situação S2 possui situação de saturação prolongada com cimento Portland comum na argamassa, e a situação S0 ocorre em zonas completamente secas.

Tabela 12: Classificação dos teores de sais solúveis prevista na norma prEN771-1

Categoria	Porcentagem de sais solúveis em relação à massa não superior a:	
	Na ⁺ +K ⁺	Mg ²⁺
S0	requisitos não especificados	requisitos não especificados
S1	0,17	0,08
S2	0,06	0,03

Fonte: [39]

5

ARGAMASSA

De acordo com a norma ABNT NBR 13281 [41] argamassa é “uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânicos e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada)”.

5.1 CLASSIFICAÇÕES

As argamassas podem ser classificadas de acordo com o aglomerante [27.]:

- Argamassa de cal: cal e areia;
- Argamassa de cimento: cimento e areia;
- Argamassa mista ou composta de cal e cimento: cimento, cal e areia;
- Argamassa de gesso: gesso e areia.

Além disso, as argamassas podem ser classificadas de acordo com o uso:

- Argamassa de assentamento: produz as juntas da vedação vertical unindo os blocos e auxiliando-os a resistir principalmente esforços laterais. A argamassa de assentamento distribui uniformemente as cargas atuantes na parede pelos blocos e absorve as deformações a que a alvenaria estiver sujeita. Além disso, as juntas auxiliam a selar o conjunto contra a penetração da água das chuvas e agentes agressivos [1].
- Argamassa de revestimento: protege a alvenaria contra ações de agentes agressivos, além de auxiliá-la a cumprir funções como o isolamento termo-acústico e a estanqueidade à água e aos gases. Além disso, o revestimento regulariza a superfície da alvenaria, podendo ser o acabamento final ou receber outros revestimentos [43]

5.2 REQUISITOS DAS ARGAMASSAS

As argamassas devem possuir propriedades essenciais para que a vedação tenha o desempenho adequado. Estas propriedades se alteram de acordo com a variação dos seus constituintes.

As propriedades da argamassa no estado fresco são [42], [43]:

- Densidade de massa: relação entre a massa da argamassa e o seu volume, utilizada para sua dosagem;
- Teor de ar incorporado: quantidade de ar existente em certo volume.

-
- Trabalhabilidade: a argamassa é trabalhável quando pode ser facilmente distribuída ao ser assentada, não “agarra” à ferramenta quando está sendo aplicada, não segregá ao ser transportada, não endurece em contato com superfícies absorтивas e permanece plástica por tempo suficiente. Esta propriedade é de difícil mensuração, pois depende do pedreiro que irá utilizá-la e também das ferramentas de aplicação.
 - Capacidade de retenção de água: influi na trabalhabilidade e na resistência da argamassa, pois com capacidade de retenção de água adequada às condições de utilização é garantida a umidade da argamassa para que as reações de hidratação do cimento ocorram.
 - Aderência inicial: ancoragem da argamassa na base, com a entrada da pasta nos poros, reentrâncias e saliências dos blocos.
 - Retração na secagem: causa formação de fissuras e ocorre devido à rápida evaporação da água de amassamento da argamassa e pelas reações de hidratação.

As propriedades da argamassa no estado endurecido são [43]:

- Aderência: propriedade que a argamassa endurecida tem de se manter fixada ao substrato. Pode ser avaliada pela sua resistência à tração e ao cisalhamento. É tanto maior quanto maior for a extensão da argamassa ao substrato.
- Capacidade de absorver deformações: capacidade de, quando a argamassa estiver sob tensão, deformar-se sem que apresente fissuras que possam prejudicar o sistema.
- Resistência à mecânica: capacidade de resistir ações como a abrasão superficial, o impacto, a contração termo-higroscópica e peso de outros componentes (como dos blocos no assentamento).
- Permeabilidade: impedir a passagem de água, principalmente em revestimentos de fachada. Porém é importante que o revestimento seja permeável ao vapor para favorecer a secagem de umidade de infiltração.
- Durabilidade: período de uso da argamassa e reflete o seu desempenho.

A seguir serão apresentados os requisitos das argamassas de assentamento e de revestimento para os dois países em estudo.

5.2.1 ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO

5.2.1.1 Portugal

A argamassa de assentamento no estado fresco de Portugal deve atender aos requisitos da Tabela 13.

Tabela 13: Requisitos para as propriedades do produto no estado fresco e respectivas normas de ensaio. [44]

Propriedades	Normas de ensaio	Tipos de argamassa		
		Uso Geral G	Camada Fina T	Leve L
Tempo em aberto (min)	EN 1015-9	Valor declarado		
Teor de cloreto (%)	EN 1015-17	Valor declarado (não pode exceder 0,1%). Apenas nas argamassas em que seja relevante para o fim em uso.		
Ar contido (%)	EN 1015-7	Intervalo de valores declarados Apenas nas argamassas em que seja relevante para o fim em uso.		
Tempo de correção (min)	EN 1015-9	-	> Valor declarado	-

Os tipos de argamassas são definidos como [45]:

- Argamassa de uso geral (G): aquela que satisfaz às necessidades gerais, sem possuir necessidades especiais;
- Argamassa de alvenaria em camada fina (T): possui agregados com a máxima dimensão inferior ou igual a 2 mm;
- Argamassa leve (L): possui densidade após endurecimento inferior ou igual a 1300kg/m³.

No Brasil, o tempo em aberto é uma característica utilizada em norma apenas para as argamassas colantes. Porém na Europa, tal propriedade é empregada também para argamassas de assentamento e de revestimento.

As propriedades das argamassas no estado endurecido de Portugal estão na Tabela 14.

Tabela 14: Requisitos para as propriedades do produto endurecido e respectiva norma de ensaio. [44]

Propriedades	Normas de ensaio	Tipos de argamassa		
		Uso Geral G	Camada Fina T	Leve L
Resistência à compressão (classe)	EN 1015-11	M1 a Md (ver Tabela 15) Para as argamassas de desempenho. A resistência à compressão terá que ser superior à classe declarada.		
Resistência ao cisalhamento (N/mm ²)	EN 1052-3	Valor declarado. Para argamassas de desempenho a serem utilizadas em elementos sujeitos a requisitos estruturais.		
	EN 998-2 Anexo C	Valor declarado. Para argamassas de desempenho a serem utilizadas em elementos sujeitos a requisitos estruturais.		
Absorção de água (kg/(m ² .min ^{0,5}))	EN 1015-18	Valor declarado. Para argamassas de desempenho a serem utilizadas em exteriores com exposição direta (ex. paredes de tijolos à vista).		
Coeficiente de permeabilidade ao vapor de água (μ)	EN 1745	Valor tabelado. Para argamassas de desempenho a serem utilizadas em exteriores com exposição direta (ex. paredes de tijolos à vista).		
Densidade de massa (kg/m ³)	EN 1015-10	Intervalo declarado. Apenas nas argamassas em que seja relevante para o fim em uso.	Intervalo declarado = 1300	
Condutividade térmica (W/m.K)	EN 1745 Tabela A.12	Valor tabelado. Para argamassas a serem utilizadas em elementos sujeitos a requisitos técnicos.		
	EN 1745 Ponto 4.2.2	<Valor declarado. Para argamassas a serem utilizadas em elementos sujeitos a requisitos térmicos, especialmente no caso das argamassas leves.		
Reação ao Fogo (classe)	NP EN 13501-1	Classe declarada: - Argamassas, com % em massa ou em volume (a que for mais elevada) de matéria orgânica inferior a 1%, podem ser classificadas como classe A1, sem necessidade de efetuar qualquer teste. - Argamassas, com % em massa ou em volume (a que for mais elevada) de matéria orgânica inferior a 1%, devem ser classificadas de acordo com a NP EN 13501-1 e declaradas as respectivas classes de reação ao fogo.		

A Tabela 15 mostra as classes de resistência a compressão a 28 dias, de acordo com a norma europeia EN 998-2.

Tabela 15: Classes de resistência à compressão [44].

Classe	M1	M2,5	M5	M10	M20	Md
Resistência à compressão MPa	1	2,5	5	10	20	d

d é a resistência à compressão, superior a 25 MPa declarada pelo fabricante

As argamassas correntes em Portugal possuem relação água/aglomerante superiores a 1. Para a caracterização da argamassa, de acordo com a EN1015-11, faz-se ensaio a flexão com prismas de 40x40x160, sendo que, posteriormente, ensaiam-se à compressão as metades resultantes.

De acordo com Silva [10], 2000, o *Building Research Establishment* (BRE) recomenda que a argamassa de assentamento possua resistência à compressão de 2 a 5 MPa para construções de pequeno porte, já que argamassas muito fracas reduzem a durabilidade da parede e argamassas muito fortes, com elevada dosagem de cimento, podem provocar fissuração e dificuldades à parede em se adaptar a movimentos.

5.2.1.2 Brasil

No Brasil a norma NBR 13281 [41] possui requisitos gerais tanto para argamassa de assentamento quanto para a de revestimento, como mostra a Tabela 16.

Tabela 16: Exigências mecânicas e reológicas para argamassas [41].

Características	Classe	Limites	Método
Resistência à compressão (MPa)	P1	≤ 2,0	NBR 13279
	P2	1,5 a 3,0	
	P3	2,5 a 4,5	
	P4	4,0 a 6,5	
	P5	5,5 a 9,0	
	P6	> 8,0	
Densidade de massa aparente no estado endurecido Kg/m ²	M1	≤ 1.200	NBR 13280
	M2	1.000 a 1.400	
	M3	1.200 a 1.600	
	M4	1.400 a 1.800	
	M5	1.600 a 2.000	
	M6	> 1.800	
Resistência à tração na flexão (MPa)	R1	≤ 1,5	NBR 13279
	R2	1,0 a 2,0	
	R3	1,5 a 2,7	
	R4	2,0 a 3,5	
	R5	2,7 a 4,5	
	R6	> 3,5	
Coeficiente de capilaridade (g/dm ² .min ^{1/2})	C1	≤ 1,5	NBR 15259
	C2	1,0 a 2,5	
	C3	2,0 a 4,0	
	C4	3,0 a 7,0	
	C5	5,0 a 12,0	
	C6	> 10,0	
Densidade de massa no estado fresco Kg/m ²	D1	≤ 1.400	NBR 13278
	D2	1.200 a 1.600	
	D3	1.400 a 1.800	
	D4	1.600 a 2.000	
	D5	1.800 a 2.200	
	D6	> 2.000	

Características	Classe	Limites	Método
Retenção de água %	U1	≤ 78	NBR 13277
	U2	72 a 85	
	U3	80 a 90	
	U4	86 a 94	
	U5	91 a 97	
	U6	95 a 100	
Resistência potencial de aderência à tração (MPa)	A1	$< 0,2$	NBR 15258
	A2	$\geq 0,2$	
	A3	$\geq 0,3$	

O ensaio para determinação da compressão da argamassa no Brasil segue a norma ABNT NBR 13279 (2005) [46], a qual especifica que 3 corpos de prova de 4cm X 4cm X 16cm com idade de 28 dias devem, primeiramente, ser ensaiados à tração na flexão e as metades resultantes deverão ser, posteriormente, ensaiadas à compressão axial com carga de 500 ± 50 N/s.

Nos dois países em estudo, a propriedade de resistência à compressão da argamassa é considerada nas normas; porém, estudos demonstram que a resistência dela não é muito importante para a resistência final da alvenaria. A Ilustração 73 mostra que apesar da argamassa de dosagem 1:2:9 (cimento: cal: areia) possuir resistência à compressão 20% menor que a de dosagem 1:3 (cimento:areia), a alvenaria produzida por aquela argamassa terá uma diminuição de resistência à compressão inferior a 8% da alvenaria com a argamassa de 1:3 [42].

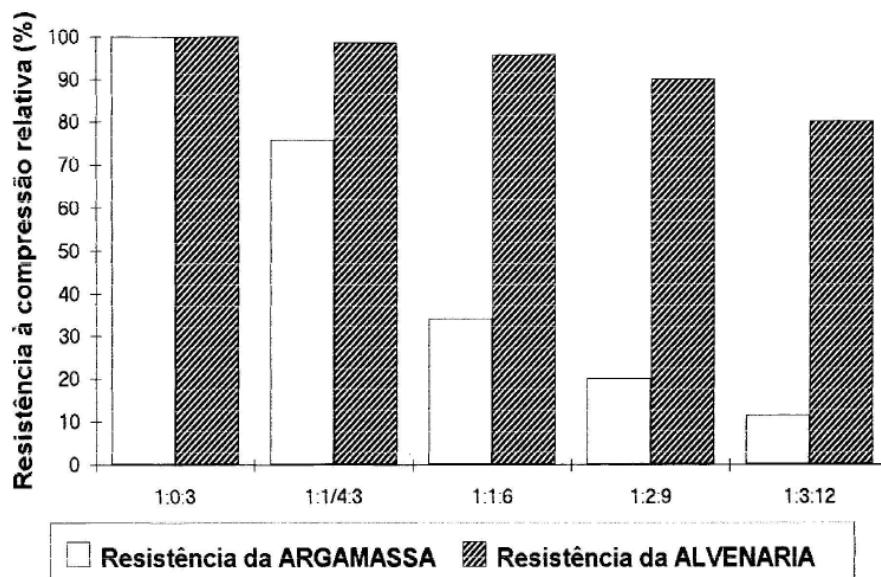


Ilustração 73: Resistência da alvenaria de acordo com a variação da resistência da argamassa. Fonte: [33]

5.3 ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

O revestimento de um edifício deve protegê-lo da ação das intempéries; assim, ele deverá ser estanque, possuir resistência mecânica adequada e assegurar o efeito estético da fachada [47].

A seguir serão apresentados valores indicativos que definem ou limitam os revestimentos a partir de dados normativos e outras referências.

5.3.1 PORTUGAL

A norma EN 998-1:2003 estabelece diferentes requisitos para o produto endurecido de diferentes tipos de rebocos, conforme a Tabela 17.

Tabela 17: Requisitos para as propriedades do produto endurecido e respectiva norma de ensaio [44]

Propriedades	Normas de ensaio	Tipos de Rebocos							
		Uso Geral GP	Leve LW	Colorido CR	Monomassa OC	Renovação R	Isol. Térm. T		
Massa Volúmica (kg/m ³)	EN 1015-10	Intervalo de valores declarados	= 1300	Intervalo de valores declarados					
Resistência à compressão N/mm ²	EN 1015-11	0,4 a >6,0	0,4 a 7,5	0,4 a >6,0		1,5 a 5,0	0,4 a 5		
Aderência (N/mm ²) e tipo de fratura	EN 1015-12	Valor declarado			-	Valor declarado			
Aderência após ciclos de cura (N/mm ²) e tipo de fratura	EN 1015-21	-			Valor declarado	-			
Absorção de água por capilaridade para rebocos exteriores (kg/(m ² .min ^{0,5}))	EN 1015-18	Valor médio de 0,4 a 0,2 ou não ser especificado			Valor médio de 0,4 a 0,2	0,3 kg/m ² após 24h	Valor médio de 0,4		
Penetração de água após ensaio de capilaridade (mm)	EN 1015-18	-			5	-			
Permeabilidade à água, após ciclos de cura	EN 1015-21	-		1 ml/cm ² após 48h	-				
Coeficiente de permeabilidade ao vapor d'água (μ) para rebocos exteriores	NP EN 1015-19	Valor declarado			15				
Condutividade térmica (W/m.K)	EN 1745	Valor tabelado				-			
	EN 1745	-				T1= 0,1 T2= 0,2			

Propriedades	Normas de ensaio	Tipos de Rebocos					
		Uso Geral GP	Leve LW	Colorido CR	Monomassa OC	Renovação R	Isol. Térm. T
Reação ao Fogo (classe)	NP EN 13501-1	Classe declarada: - Rebocos, com % em massa ou em volume de matéria orgânica inferior a 1%, podem ser classificadas como classe A1, sem necessidade de efetuar qualquer teste. - Rebocos, com % em massa ou em volume de matéria orgânica inferior a 1%, devem ser classificadas de acordo com a NP EN 13501-1 e declarada a respectiva classe de reação ao fogo.					

Os revestimentos de argamassa no estado fresco possuem os requisitos presentes na Tabela 18.

Tabela 18: Requisitos para as propriedades do produto em pasta [44]

Propriedades	Normas de ensaio	Tipos de reboco					
		Uso Geral GP	Leve LW	Colorido CR	Monomassa OC	Renovação R	Isol. Térm. T
Tempo em aberto (min)	EN 1015-9	Valor declarado. Apenas em rebocos que contenham aditivos para controlar a presa. Por exemplo, rebocos estabilizados.					
Ar contido (%)	EN 1052 7	Intervalo de valores declarados. Apenas em rebocos em que seja relevante para o fim em uso. Por exemplo, para rebocos projetados.					

Os tipos de reboco são definidos como [45]:

- Argamassa de uso geral (GP): aquela que satisfaz às necessidades gerais, sem possuir necessidades especiais;
- Argamassa leve (LW): densidade após endurecimento é inferior ou igual a 1300 kg/m³;
- Argamassa colorida (CR): pigmentada para uma função decorativa;
- Monomassa (OC): argamassa aplicada numa só camada e cumpre todas as funções de proteção e decoração, pois geralmente é colorida;
- Argamassa de renovação (R) é utilizada em alvenaria com presença de sais solúveis, pois ela possui elevada porosidade e permeabilidade ao vapor de água;
- Argamassa de isolamento térmico (T): possui propriedades específicas de isolamento térmico.

Assim, pode-se generalizar estes requisitos de acordo com o tipo de argamassa e o ambiente de acabamento conforme a Tabela 19.

Tabela 19: Resumo das características mínimas exigidas para argamassas de revestimento. [47]

Aplicações	Ambiente de aplicação	Tipos de acabamentos	Classificação segundo EN 998-1
Rebocos	Interior	Estanhado	CSI - W0 CSII - W0
		Camada de acabamento areado	CSII - W0
		Areado direto	CSIII - W0
	Exterior	Colagem de Cerâmicos	CSIV - W0
		Camada de acabamento areado	CSII - W1
		Areado direto	CSIII - W1
		Colagem ou fixação mecânica de cerâmicos ou rochas ornamentais	CSIV - W1
Monomassas	Exterior	Diversas texturas	CSIII - W2 CSIV - W2

As categorias que a norma EN 998-1 define estão na Tabela 20.

Tabela 20: Classificação para as propriedades do produto endurecido [44].

Propriedades	Categorias	Valores
Resistência à compressão a 28 dias	CSI	0,4 a 2,5 N/mm ²
	CSII	1,5 a 5,0 N/mm ²
	CSIII	3,5 a 7,5 N/mm ²
	CSIV	> 6 N/mm ²
Absorção de água por capilaridade	W0	Não especificado
	W1	c = 0,4 kg/(m ² .min ^{0,5})
	W2	c = 0,2 kg/(m ² .min ^{0,5})
Condutividade térmica	T1	0,1 W/m.k
	T2	0,2 W/m.k

Em Portugal, as argamassas devem ser reforçadas em pontos singulares do revestimento. Assim, entre dois paramentos, em reentrâncias ou em vãos abertos no suporte, deve-se fixar na parede uma proteção de cantoneira em PVC ou em perfil metálico tratado contra corrosão para posterior aplicação do revestimento. Além disso, em zonas heterogêneas de suporte revestidas em continuidade, nos vértices dos vãos, zonas fendilhadas do suporte ou naquelas que necessitam de camadas de rebocos mais espessas que as adjacentes, deve-se aplicar redes de fibra de vidro para reforço mecânico [47].

5.3.2 BRASIL

A NBR 13749 define que para cada tipo de aplicação há limites de resistência à tração como mostra a Tabela 21.

Tabela 21: Limites de Resistência à tração de argamassa de revestimento [48].

Local	Acabamento	Ra (MPa)
Interna	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,2$
	Cerâmica ou laminado	$\geq 0,3$
Externa	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,3$
	Cerâmica	$\geq 0,3$

Estes limites são importantes, pois se relacionam com uma propriedade fundamental do revestimento no estado endurecido, a sua aderência à base e também à sua resistência mecânica.

Com relação às propriedades de resistência à compressão, capacidade de retenção de água e teor de ar incorporado, seus valores para os revestimentos são os mesmos que para as argamassas de assentamento, conforme estabelece a norma 13281 mostrada no item anterior na Tabela 16.

De acordo com Sabbatini et al, 2006, a ABCP definiu parâmetros limites para as características da argamassa, a fim de auxiliar na sua escolha para aplicação de revestimento. Tais limites estão presentes na Tabela 22.

Tabela 22: Limites para características da argamassa de acordo com a ABCP [49].

Argamassa fresca	
Características	Parâmetros médios das pesquisas
Retenção de água (papel)	Mínimo 95% - não distingue argamassas
Retenção de água (funil)	Mínimo 80%; ideal acima de 85%
Teor de ar incorporado	5 a 23%
Argamassa endurecida	
Características	Parâmetros médios das pesquisas
Resistência à compressão (MPa)	3,0 a 4,0 (máx 5,0)
Resistência à tração (MPa)	acima de 1,2
Módulo de deformação (GPa) Poli	1,0 a 2,5 (máx 3,0)
Revestimento	
Características	Parâmetros médios das pesquisas
Resistência de aderência à base (MPa)	$> 0,3$ (atenção $> 0,5$)
Resistência de aderência superficial (MPa)	$> 0,5$ (atenção $> 0,7$)

Pode-se afirmar que as classificações normativas para argamassas da Europa e Brasil levam em conta as resistências das argamassas; porém, elas não indicam as aplicações dos diferentes tipos de argamassa; assim, tais normas são utilizadas apenas para controle industrial sem compromisso com os seus desempenhos na parede [50].

5.4 ESPECIFICAÇÃO E PRODUÇÃO DE ARGAMASSA

De acordo com o preparo da argamassa, a norma ABNT NBR 13529 [51] classifica as argamassas em três tipos:

- Argamassa dosada em obra: aquela em que a medição e a mistura de seus materiais constituintes ocorrem no canteiro de obras.
- Argamassa industrializada: aquela que a dosagem de seus materiais constituintes é controlada e feita em instalações próprias (indústrias) em estado seco e homogêneo, sendo que em obra o usuário apenas deve adicionar a quantidade requerida de água para proceder a mistura.
- Mistura semipronta para argamassa: mistura à qual se deve adicionar, em obra, aglomerantes, água e, eventualmente, aditivos.

Há ainda outro tipo de argamassa pouco utilizada no Brasil e em Portugal que é a argamassa estabilizada. Esta argamassa é totalmente produzida em indústria (dosada e misturada) e transportada por caminhões betoneiras. Através da introdução de aditivos retardadores de pega e incorporadores de ar, a argamassa é estabilizada podendo ser utilizada por períodos de até 12, 24 ou 32 horas [44].

Em Portugal a classificação das argamassas é semelhante à brasileira; porém, a chamada argamassa industrializada no Brasil corresponde a argamassa seca em Portugal.

O Gráfico 1 e o Gráfico 2 mostram as proporções dos tipos de argamassa de acordo com o preparo delas no Brasil e em Portugal.

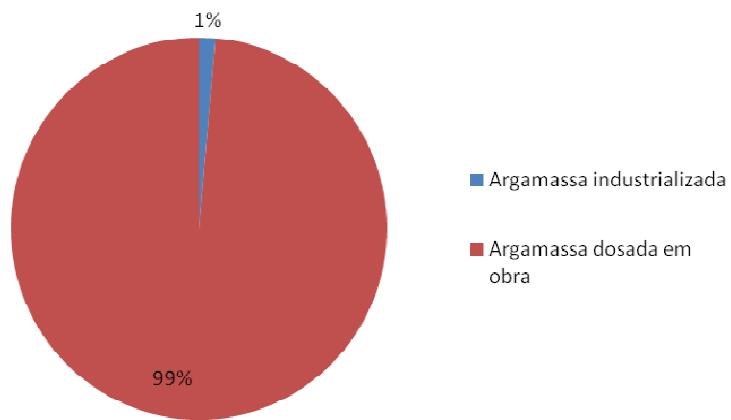


Gráfico 1: Proporções das argamassas produzidas no Brasil. Fonte: [52]

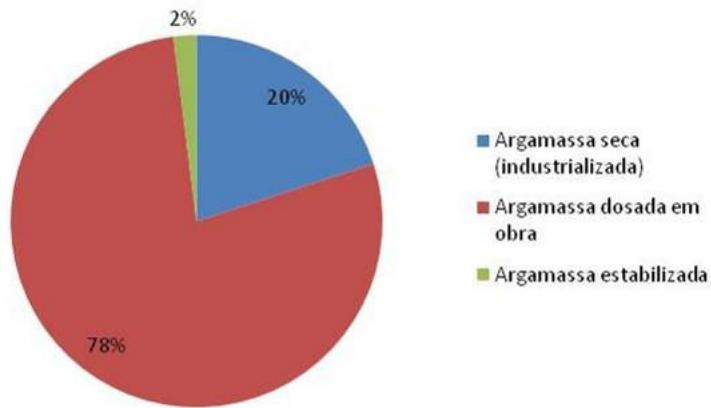


Gráfico 2: Proporções das argamassas produzidas em Portugal. Fonte [44]

A argamassa estabilizada é pouco produzida no Brasil, menor que a quantidade da argamassa industrializada que somente corresponde a 1% da produção brasileira. De acordo com os gráficos, percebe-se que Portugal possui maior industrialização na produção de argamassas que o Brasil.

A Tabela 23 descreve as atividades e equipamentos necessários para a produção dos tipos de argamassa [43].

Tabela 23: Atividades e equipamentos de produção das argamassa. [43]

Argamassa	Atividades	Equipamentos
Preparada em obra	Medição, em massa ou em volume, das quantidades de todos os materiais constituintes; transporte desses materiais até o equipamento de mistura; colocação dos materiais no equipamento; mistura.	Equipamento de mistura (betoneira ou argamassadeira); recipientes para a medição dos materiais (carrinhos-de-mão ou padiolas); pás; peneiras para eliminar torrões e materiais estranhos ao agregado.
Industrializada (fornecida em sacos)	Colocação da quantidade especificada do material em pó no equipamento de mistura, seguida da adição da água.	Argamassadeira e os recipientes para a dosagem da água.
Industrializada (fornecida em silos)	Medição mecanizada. Um equipamento de mistura pode ser acoplado no próprio silo ou um outro equipamento de mistura específico que, localizado nos pavimentos do edifício, efetua a mistura.	Equipamento de mistura específico e, no caso da argamassa em "via úmida", utiliza-se um compressor para transportá-la ao pavimento.

5.4.1 ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA

5.4.1.1 Especificação

A argamassa industrializada pode ser fornecida em sacos ou em silos. A produção em fábrica é semelhante para estes dois tipos, tanto no Brasil como em Portugal, conforme o esquema mostrado na Ilustração 74.

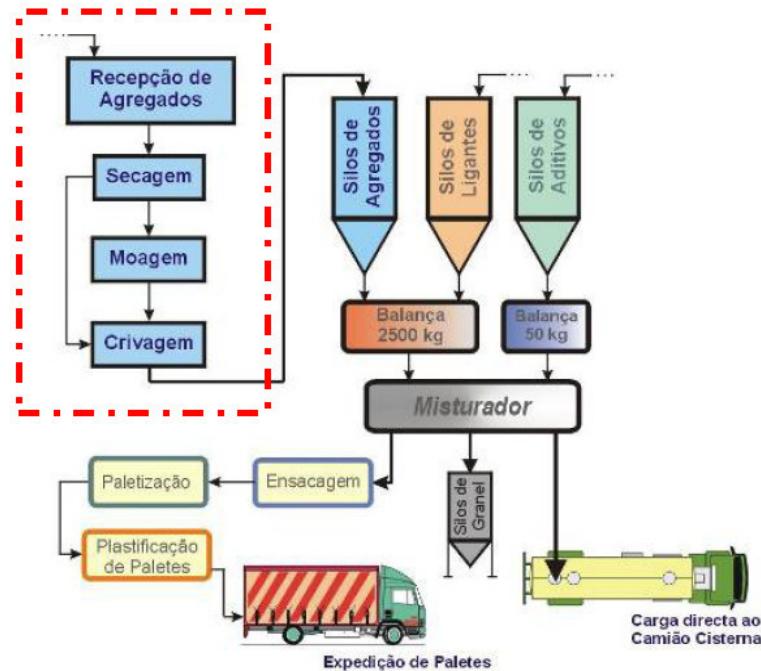


Ilustração 74: Esquema da fabricação de argamassas industrializadas. Fonte: [47]

As argamassas industrializadas são produzidas por processos industriais que apresentam uniformidade e repetem-se os traços baseados em resultados de pesquisas e possuem desempenho satisfatório na maioria das obras [53].

A Tabela 24 faz uma comparação da resistência à compressão de alguns produtores de argamassa industrializada ensacadas para assentamento de blocos cerâmicos no Brasil e em Portugal.

Tabela 24: Comparação da Resistência à compressão de argamassas de assentamento.

BRASIL			
Produtor	Nome da argamassa	Resistência à compressão (MPa)	Fonte
Quartzolit - Weber	Multimassa Super	5,5 a 9,0	www.weberquartzolit.com.br
Cimpor	Assentam. Cerâmico	2,5 a 4,5	www.cimpor.com.br
Qualimassa	Assentamento	1,0 a 3,0	www.portokoll.com.br
PORTUGAL			
Produtor	Nome da argamassa	Resistência à compressão (MPa)	Fonte
Cimpor	Assentamento de alvenaria	≥ 10	www.cimpor.pt
Secil	Alvenaria Corrente	≥ 10	www.secilmartinganca.pt
Maxit	Leca AM5	≥ 5	www.maxit.pt

Pode-se observar que as argamassas utilizadas em Portugal possuem, em geral, resistência maior que as do Brasil. Isso pode indicar uma proporção maior de cimento na argamassa

industrializada. Neste caso, estas argamassas podem ter maiores problemas de retração e também de fissuração, uma vez que tendem a ser mais rígidas.

A Tabela 25 e a Tabela 26 comparam a resistência à compressão de alguns produtores de argamassa industrializada em saco para revestimento no Brasil e em Portugal.

Tabela 25: Comparação de argamassas de revestimento interno.

BRASIL				
Produtor	Nome da argamassa	Resistência à compressão (MPa)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Fonte
Quartzolit - Weber	Multimassa uso geral	5,5 a 9,0	$\geq 0,3$	www.weberquartzolit.com.br
Cimpor	Revest 2 - Cerâmico	2,5 a 4,5	$\geq 0,3$	www.cimpor.com.br
Qualimassa	Revestimento Interno	4 a 6	$\geq 0,2$	www.portokoll.com.br
PORTUGAL				
Produtor	Nome da argamassa	Resistência à compressão (MPa)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Fonte
Cimpor	Reboco interior manual	≥ 6	-	www.cimpor.pt
Secil	RHP Interior Plus	-	$\geq 0,3$	www.secilmartinganca.pt
Maxit	Ip cinza	$\geq 2,5$	$\geq 0,2$	www.maxit.pt

Tabela 26: Comparação de argamassas de revestimento externo

BRASIL				
Produtor	Nome da argamassa	Resistência à compressão (MPa)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Fonte
Quartzolit - Weber	Multimassa uso geral	5,5 a 9,0	$\geq 0,3$	www.weberquartzolit.com.br
Cimpor	Revest 2 - Cerâmico	2,5 a 4,5	$\geq 0,3$	www.cimpor.com.br
Qualimassa	Revestimento Externo	5 a 7	$\geq 0,2$	www.portokoll.com.br
PORTUGAL				
Produtor	Nome da argamassa	Resistência à compressão (MPa)	Resistência de aderência à tração (MPa)	Fonte
Cimpor	Reboco exterior manual	≥ 6	-	www.cimpor.pt
Secil	RHP Exterior Plus	-	$\geq 0,3$	www.secilmartinganca.pt
Maxit	Ep cinza	$\geq 2,5$	$\geq 0,3$	www.maxit.pt

As tabelas indicam que as resistências à tração são semelhantes e atendem aos parâmetros que a NBR 13749 (Tabela 21) indica, com exceção da argamassa de revestimento externo da Qualimassa que possui resistência maior ou igual a 0,2 e não 0,3 MPa que a norma indica. As resistências à compressão das argamassas pesquisadas variam nos dois países, sendo que se o teor de cimento for alto devido ao aumento desta resistência, o revestimento pode ter problemas de retração, já que ao

endurecer, o revestimento terá menor capacidade de absorver deformações sem se romper devido ao alto módulo de elasticidade que possuirá [42].

5.4.1.2 Produção

A produção da argamassa industrializada em sacos pode ser manual ou mecânica, com o uso da betoneira (Ilustração 75 a) ou argamassadeira de eixo horizontal (Ilustração 75 b). O preparo pode ser feito próximo ao local de aplicação ou em central fixa.

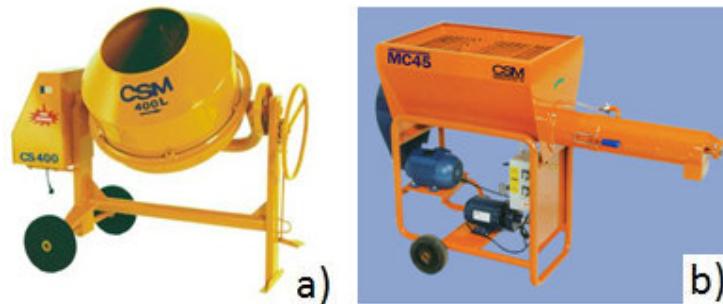


Ilustração 75: a) Betoneira. b) Argamassadeira. Fonte: www.csm.ind.br

Os silos com argamassa são transportados da usina à obra por caminhão. O preparo deste tipo de argamassa pode ser feito por “via úmida” ou “via seca”. No caso do primeiro sistema, a água é acrescentada aos materiais seco na saída do silo (Ilustração 76 a), já no sistema por “via seca”, a água é acrescentada no final do processo por um misturador (Ilustração 76 b).

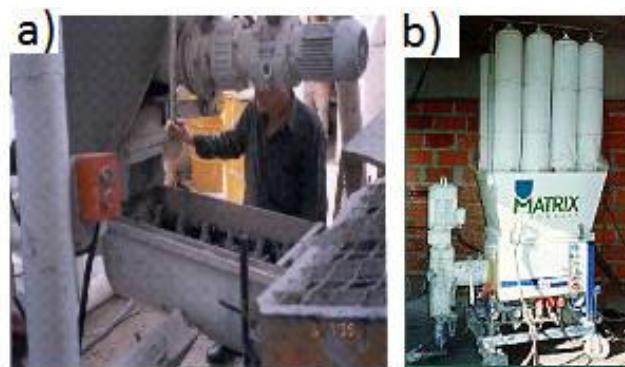


Ilustração 76: a) Saída da argamassa do silo em “via úmida” abastecendo o compressor b) Misturador de argamassa para via seca. Fonte: [53]

No sistema de “via úmida, o silo vazio deve ser trocado por um cheio (Ilustração 77 a), e no sistema de “via seca” o reabastecimento do silo é feito por caminhões graneleiros (Ilustração 77 b).



Ilustração 77: a) transporte do silo por caminhão. b) Caminhão graneleiro para reabastecer silo do sistema de "via seca". Fonte: [53]

5.4.2 ARGAMASSA PRODUZIDA EM OBRA

5.4.2.1 Especificação

Como mencionado, o Eurocódigo 6 possui uma classificação para as argamassas de acordo com a resistência à compressão. A Tabela 27 mostra as dosagens volumétricas de argamassas e suas respectivas classes de acordo com o Eurocódigo 6.

Tabela 27: Definições das classes de resistência das argamassas de assentamento segundo o EC6 e traços volumétricos propostos. [10]

Classes	Traço Volumétrico Aproximado			Tensão Mínima de Ruptura à Compressão aos 28 dias (MPa)
	Cimento	Cal Hidratada	Areia	
M20	(composição a confirmar por ensaios)			20
M15	1	0 - 1/4	3,0	15
M10	1	1/4 - 1/2	4,0 - 4,5	10
M5	1	1/2 - 5/4	5,0 - 6,0	5
M2	1	1/2 - 5/4	8,0 - 9,0	2,5

As dosagens utilizadas nas argamassas feitas em obra são muito diversificadas no Brasil e em Portugal. As tabelas 28, 29, 30 e 31 mostram dosagens de argamassa em Portugal e no Brasil de acordo com a bibliografia pesquisada.

Tabela 28: Dosagem para assentamento de alvenaria, segundo Paz Branco, LNEC - Portugal. [10]

Cimento Portland	Cal branca Hidratada em pó	Areia	Alvenaria de tijolo	
Partes	Partes	Partes	Parede interior	Parede exterior
	1	1,3	MB	B
	1	1,7	B	T
	1	2,0	B	F
1	1,5	3	ESP	MB
1	1,5	5	MB	B
1	2	6	B	T
1		5	B	T
1		4	MB	B
1		3,5	ESP	MB

F - Não recomendável, fraco

B - Bom, recomendável

ESP - Excessivo (só em casos especiais)

T - Tolerável em casos simples

MB - Muito bom

Tabela 29: Dosagens de argamassa para assentamento de tijolo e revestimento - Portugal [54].

	Cimento	Cal aérea	Areia
Assentamento tijolo	1		6
Reboco Interior	1	1	5
Reboco Exterior	1	3	7

Tabela 30: Dosagens correntemente empregadas no Brasil [42].

	Cimento	Cal hidratada	Cal em pasta	Areia
Assentamento bloco de concreto	1	1		6
	1			5
	1			6
	1			7
Reboco Interior			1	2
Reboco Exterior			1	3

Tabela 31: Dosagens indicadas pela antiga Norma NBR 7200/82 - Brasil [48]

Tipo de Argamassa	Cimento	Cal	Areia
Revestimento de paredes interno e fachada	1	2	9 a 11

Estas dosagens são usuais nestes países pela tradição construtiva, sendo que mesmo a dosagem indicada pela norma brasileira NBR 7200/82 não é mais definida na norma atual (de 1998). No Brasil, a dificuldade em normalizar as dosagens de argamassa ocorre devido à diversidade de agregados, aglomerantes, adições e aditivos no território nacional [50].

A comparação das diferentes dosagens pode ser feita de acordo com a quantidade de cal e cimento. A Tabela 32 mostra como as mudanças nos teores destes constituintes podem influenciar nas propriedades da argamassa.

Tabela 32: Variação das propriedades de uma argamassa com a alteração relativa de cimento e cal [53].

Propriedades	Aumento de cal
Resistência à compressão (E)	Decresce
Resistência à tração (E)	Decresce
Capacidade de aderência (E)	Decresce
Durabilidade (E)	Decresce
Impermeabilidade (E)	Decresce
Resistência à altas temperaturas (E)	Decresce
Resistências iniciais (F)	Decresce
Retração na secagem inicial (F)	Cresce
Retenção de água (F)	Cresce
Plasticidade (F)	Cresce
Trabalhabilidade (F)	Cresce
Resiliência (E)	Cresce
Módulo de Elasticidade (E)	Decresce
Retração na secagem reversível (E)	Decresce
Custos	Decresce
(E) Endurecido	(F) Recém fabricado

A quantidade de água para as argamassas é usualmente dosada pelo operário, a fim de que ela possua trabalhabilidade adequada na aplicação. Porém, o aumento deste constituinte pode comprometer outras propriedades da argamassa [53].

Em Portugal e no Brasil recomenda-se que a dosagem da argamassa seja feita empregando-se métodos tecnológicos, ou seja, que a comprovação do atendimento dos critérios de desempenho seja feita por meio de ensaios de comprovação. Este tipo de argamassa no Brasil é chamado de argamassa racionalizada ou experimentalmente dosada e no Eurocódigo tal argamassa é denominada como “designed mortars” [50].

A Ilustração 78 mostra a metodologia da dosagem racional da argamassa.

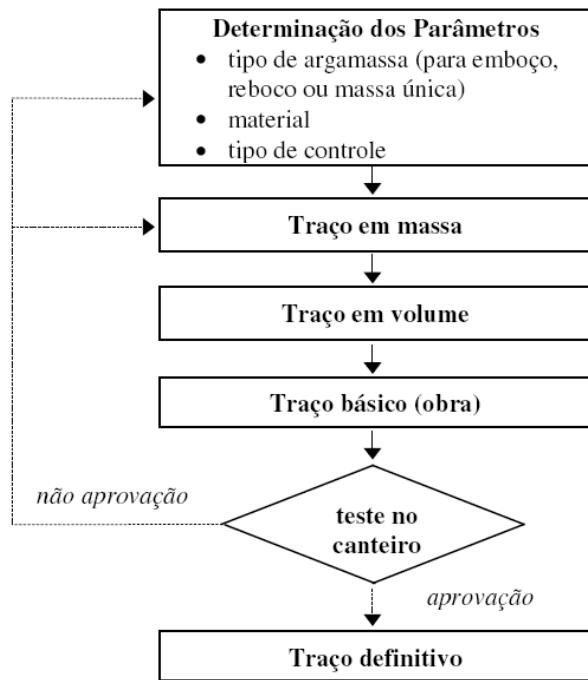


Ilustração 78: Metodologia de dosagem das argamassas. Fonte: [43]

Alguns ensaios de caracterização e avaliação de argamassas do Brasil são mostrados nas Ilustrações 77, 78, 79 e 80.



Ilustração 79: Mesa de consistência ou abatimento do tronco de cone: utilizado para caracterizar as propriedades de fluidez e coesão. Fonte: [53]



Ilustração 80: Ensaio de retenção de água. Fonte: [53]



Ilustração 81: Resistência de aderência. Fonte: [49]



Ilustração 82: Painéis de revestimento. Fonte: [49]

Além de a argamassa atender aos requisitos das normas, é importante também atender às condições de exposição e execução, as características dos blocos para assentamento e da base para o revestimento, as interferências com outros subsistemas, as condições de produção e o custo. Além disso, o projeto da alvenaria tem grande importância para racionalizar a definição e execução da argamassa [43], [53].

5.4.2.2 Produção

A produção da argamassa pode ser manual ou mecânica, com uso de betoneira ou argamassadeira. Considerando a execução mecânica e a argamassa, pode-se preparar a argamassa mista (composta de cimento, cal, areia e água) de dois modos, considerando o tipo da cal e o preparo ou não da argamassa intermediária (composta por cal, areia e água), como mostram os esquemas da Ilustração 83 e Ilustração 84.

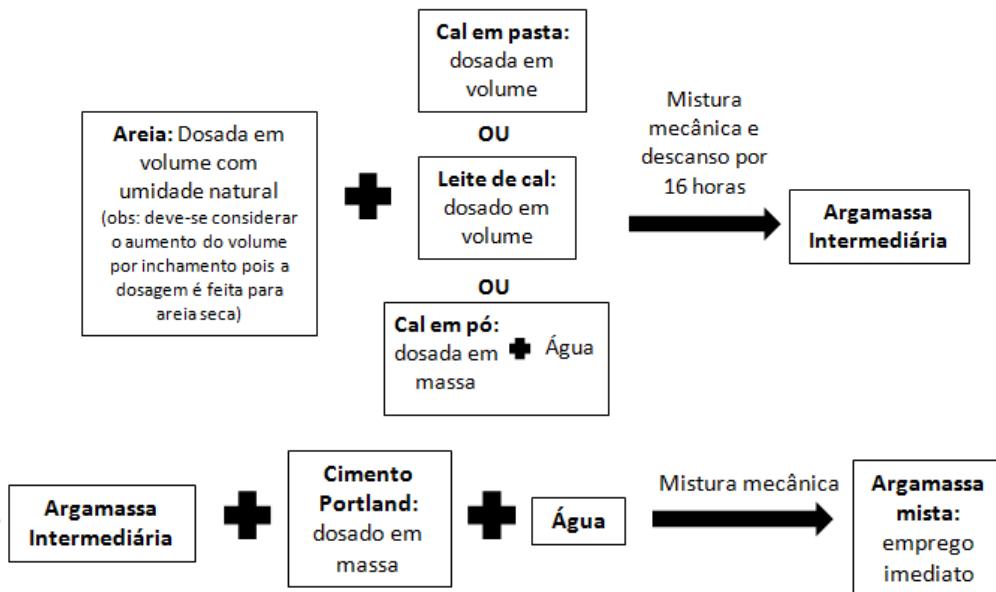


Ilustração 83: Esquema da produção de argamassa mista dosada em obra com anterior preparo da argamassa intermediária. Fonte:[53]



Ilustração 84 Esquema da produção de argamassa mista dosada em obra sem o preparo da argamassa intermediária. Fonte: [53]

Como as dosagens das argamassas são dadas em volume e, de acordo com a produção proposta, a dosagem da cal em pó e do cimento é em massa, pode-se fazer a conversão utilizando como referência os seguintes valores [53].

- Cimento: 1,1 – 1,2 kg/dm³
- Cal tipo CHI: 0,5 a 0,6 kg/dm³

-
- Cal tipo CHII ou III: 0,7 a 0,8 kg/dm³

O tempo de mistura não possui uma quantificação bem definida. Considera-se que deve-se misturar a argamassa até que ela fique homogênea e com consistência adequada. Normas americanas recomendam um tempo mínimo de mistura de 3 minutos [53].

No Brasil, para uma maior racionalização da produção da argamassa em obra, muitas construtoras montam uma central de dosagem de materiais e de produção de argamassa. Na central de dosagem, usualmente há a balança e um dosador volumétrico para a areia. Os materiais dosados são colocados em sacos com cores diferentes para caracterizar o constituinte, conforme mostra a Ilustração 85. A dosagem utilizada na obra é feita de maneira mais rápida, pois indica quantos sacos utilizará, facilitando e aumentando a velocidade da produção.



Ilustração 85: Dosagem de areia e seu posterior estoque em sacos coloridos. Foto: Eng. Maurício Bernardes, Construtora Tencnisa - Brasil.

6

CONCEPÇÃO E PROJETO DA VEDAÇÃO VERTICAL EM ALVENARIA

O projeto é uma etapa da produção da vedação vertical muito importante para a produtividade, qualidade e economia deste subsistema. Ele deverá especificar o atendimento às normas, os materiais e as técnicas a serem executadas para a realização desta atividade para que a alvenaria ocorra no planejamento previsto atendendo às exigências que lhe foram atribuídas.

6.1 EXIGÊNCIAS REGULAMENTARES

Neste item serão tratadas as exigências em que se verificam diferenças mais perceptíveis entre as regulamentações brasileiras e portuguesas.

Destaca-se, no Brasil, a existência de uma nova norma, válida apenas a partir de 2010, que é a NBR 15575 “Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos- Desempenho” sendo que as partes que consideram as paredes são Parte 1: Requisitos gerais [55] e a Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas [56].

Esta norma estabelece que as edificações devam atender ao nível mínimo (M) de acordo com os requisitos nela contidos. No caso do edifício ter uma melhor qualidade, são indicados mais dois níveis de desempenho, o intermediário (I) e o Superior (I). Esta avaliação de desempenho analisa a adequação ao uso de um sistema ou processo construtivo que cumpre uma determinada função, independentemente da solução técnica adotada [55].

De acordo com o pesquisador do Instituto de Pesquisa Tecnológicas (IPT) Mitsuo Yashimoto¹, “é obrigatório o atendimento do critério mínimo, porém; se o edifício for de alto padrão, legalmente ele deverá ter nível superior”.

No presente trabalho será feita a comparação de requisitos para os desempenhos: térmico, acústico, estrutural, estanqueidade e segurança contra incêndio.

6.1.1 DESEMPENHO TÉRMICO

O objetivo de melhorar o desempenho térmico de um edifício é oferecer aos seus usuários condições propícias de conforto térmico com eficiência energética.

Deve-se considerar neste item que as maiores perdas térmicas que ocorrem através da vedação vertical são causadas pela renovação do ar, pelos vãos envidraçados, pela cobertura e através de perdas

¹: Informações obtidas em entrevista realizada com o Pesquisador Mitsuo Yashimoto no dia 19/11/2008.

lineares devido ao contato da parede com o terreno e na sua ligação com outros elementos da envolvente (pontes térmicas lineares); no entanto, o desempenho térmico também depende do comportamento das alvenarias [57].

Como foi mostrado no capítulo 2 deste trabalho, além do clima de Portugal ser diferente do brasileiro, há diferenças de temperatura e umidade entre as regiões destes países. Assim, a verificação do conforto térmico será feita para cada região fazendo uso de análises portuguesas presentes no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (R.C.C.T.E.) [10] e brasileiras seguindo a NBR 15220-3 “Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social” [58].

Cada país foi dividido em zonas que possuíam características de umidade e temperaturas (médias, máximas e mínimas) semelhantes. O método para a classificação bioclimática dessas zonas foi baseado na carta bioclimática de Baruchi Givoni (Ilustração 86), mas com adaptações a fim de delimitar as zonas freqüentes a cada país.

ZONAS:

1. Conforto
2. Ventilação
3. Resfriamento
5. Ar condicionado
6. Umidificação
7. Massa Térmica/Aquecimento Solar
8. Aquecimento Solar Passivo
9. Aquecimento Artificial
11. Vent./Massa/Resf. Evap.
12. Massa/Resf. Evap.

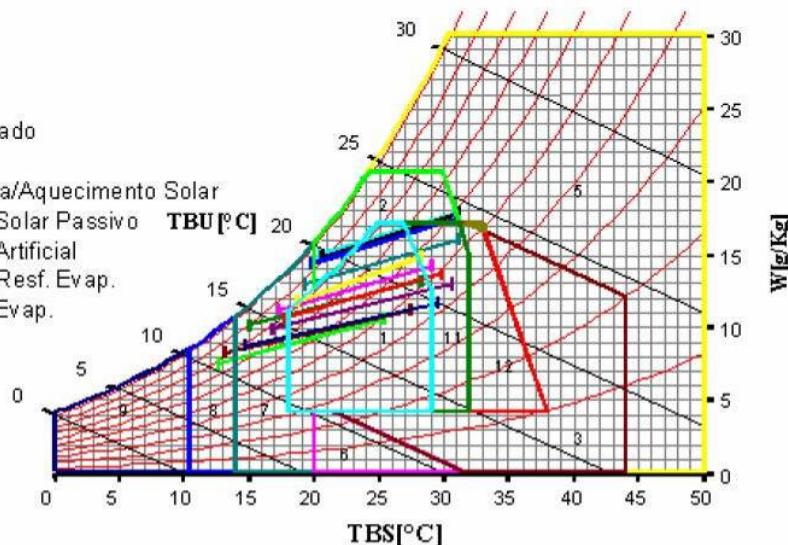


Ilustração 86: Carta bioclimática de Baruchi Givoni. Fonte: [43]

Sendo que o TBS é o valor da temperatura de bulbo seco, o TBU é a temperatura de bulbo úmido e o W é a umidade absoluta.

Para se determinar capacidade da parede transmitir o calor em função da Transmitância Térmica (U) ou coeficiente de transmissão térmica (K), pode-se utilizar a Equação 1.

Equação 1: Transmitância térmica.

$$K = U = \frac{1}{R_{si} + \sum_j R_j + R_{se}}$$

em que:

K é o coeficiente de transmissão térmica [W/m².°C];

U é a transmitância térmica ou coeficiente de transmissão térmica [W/m².°C];

R_{si} é a resistência térmica superficial interior [m².°C/W];

R_j é a resistência térmica da camada j [$m^2 \cdot ^\circ C/W$],

R_{se} é a resistência térmica superficial exterior [$m^2 \cdot ^\circ C/W$].

No Brasil, foram utilizadas mais duas propriedades da parede para caracterizá-la quanto ao seu comportamento térmico: o atraso térmico e o fator solar. O atraso térmico (ϕ) é o tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor. Já o fator solar (FS_o) é o quociente da taxa de radiação solar transmitida através de um componente opaco pela taxa da radiação solar total incidente sobre a superfície externa do mesmo [59].

6.1.1.1 Portugal

Em Portugal, o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (R.C.C.T.E.) normaliza as paredes para que elas atendam às exigências térmicas de acordo com a edificação e com sua localização. O primeiro regulamento de 1990 determinava que as soluções a serem adotadas para as paredes tivessem resistência térmica superficial interior menor ou igual a $0,12 m^2 \cdot ^\circ C/W$ e exterior menor ou igual a $0,04 m^2 \cdot ^\circ C/W$.

Assim, de acordo com a zona bioclimática da Ilustração 87, na qual o edifício será construído, os valores de referência e máximos admissíveis serão aqueles apresentados na Tabela 33.

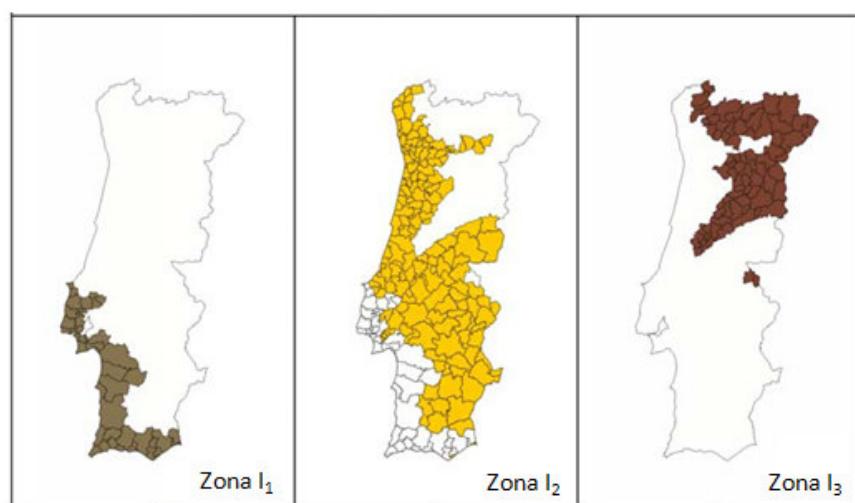


Ilustração 87: Zonas bioclimáticas em Portugal. Fonte [39]

Tabela 33: Valores de U máximos e admissíveis a partir do RCCTE 90 para as diferentes zonas climáticas [10].

	Zona Climática			
	I1	I2	I3	
U - Envolvente Exterior ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)	valor de referência	1,40	1,20	0,95
	máximo admissível	1,80	1,60	1,45
U - Envolvente Interior ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)	valor de referência	1,87	1,60	1,27
	máximo admissível	2,00	2,00	1,90

O valor máximo admissível tem como objetivo auxiliar o controle das condensações superficiais, enquanto o valor de referência é um indicativo sobre a qualidade mínima, do ponto de vista térmico, da envolvente dos edifícios [10].

A Ilustração 88 e a Ilustração 89 mostram exemplos de tipos de paredes típicas de Portugal que atendem às exigências do valor de referência de U (ou K).

Paredes Simples	Valor de Referência	Tij. 15 + 3 cm isol.	Valor de Referência	Tij. 15 + 3 cm isol.	Valor de Referência	Tij. 15 + 3 cm isol.
	$K_{ref} = 1.40$	$K = 0.75$	$K_{ref} = 1.20$	$K = 0.75$	$K_{ref} = 0.95$	$K = 0.75$
	Valor Máximo	Tijolo 22	Valor Máximo	Tijolo 22	Valor Máximo	Tij. 15 + 3 cm isol.
Paredes Duplas	$K_{max} = 1.80$	$K = 1.60$	$K_{max} = 1.60$	$K = 1.60$	$K_{max} = 1.45$	$K = 0.75$
	Valor de Referência	Tijolo 15 + 7	Valor de Referência	Tijolo 15 + 11	Valor de Referência	Tijolo 22 + 15
	$K_{ref} = 1.40$	$K = 1.27$	$K_{ref} = 1.20$	$K = 1.18$	$K_{ref} = 0.95$	$K = 0.91$
Paredes Duplas	Valor Máximo	Tijolo 11 + 7	Valor Máximo	Tijolo 11 + 7	Valor Máximo	Tijolo 11 + 7
	$K_{max} = 1.80$	$K = 1.45$	$K_{max} = 1.60$	$K = 1.45$	$K_{max} = 1.45$	$K = 1.45$
	Valor de Referência	Tijolo 15 + 7	Valor de Referência	Tijolo 15 + 11	Valor de Referência	Tijolo 22 + 15

Nota: Unidades de K - W/m².°C

Ilustração 88: Exemplos de paredes de alvenaria de tijolo da envolvente exterior que respeitam as exigências regulamentares. Fonte [10]

Paredes Simples	Valor de Referência		Valor de Referência		Valor de Referência	
	$K_{ref} = 1.87$	$K = 1.82$	$K_{ref} = 1.60$	$K = 1.43$	$K_{ref} = 1.27$	$K = 0.76$
	Valor Máximo		Valor Máximo		Valor Máximo	
	$K_{max} = 2.00$	$K = 1.82$	$K_{max} = 2.00$	$K = 1.82$	$K_{max} = 1.90$	$K = 1.82$
Paredes Duplas	Valor de Referência		Valor de Referência		Valor de Referência	
	$K_{ref} = 1.87$	$K = 1.30$	$K_{ref} = 1.60$	$K = 1.30$	$K_{ref} = 1.27$	$K = 1.15$
	Valor Máximo		Valor Máximo		Valor Máximo	
	$K_{max} = 2.00$	$K = 1.30$	$K_{max} = 2.00$	$K = 1.30$	$K_{max} = 1.90$	$K = 1.30$

Nota: Unidades de K - $W/m^2 \cdot ^\circ C$

Ilustração 89: Exemplos de paredes de alvenaria de tijolo da envolvente interior que respeitam as exigências regulamentares. Fonte [10]

De acordo com Silva et al [10], 2000, a norma EN-ISO 10211 define ponte térmica como a zona em que a resistência térmica é significamente alterada como ocorre nos encontros da alvenaria com os elementos estruturais ou nos contornos dos vãos. Assim, nestes locais há uma diminuição da resistência térmica, provocando a diminuição de temperatura superficial que pode resultar em condensações internas prejudiciais aos edifícios e o surgimento de bolores e fungos [10].

Nos locais onde as pontes térmicas ocorrem, cuidados especiais deverão ser tomados de tal forma que o fator de concentração de perdas, ou seja, o “quociente entre o valor médio pesado do coeficiente de transmissão térmica de uma zona da envolvente e o coeficiente de transmissão térmica da sua zona concorrente e que quantifica a influência das heterogeneidades nas perdas térmicas dessa zona da envolvente”, [10] não seja superior a 1,3. A fim de se corrigir os locais com ponte térmica para atender a esta exigência, pode-se adotar os procedimentos do item 6.2.2.

Apesar da maioria dos valores da Tabela 33 poder ser satisfeita com parede dupla sem isolamento, o uso deste elemento é usual em Portugal. Isto se deve ao nível de qualidade térmica exigido pelos usuários. O Laboratório de Física das Construções da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto publicou em uma Nota de Informação Técnica (NIT 001) a “Metodologia para Seleção Exigencial de Isolantes Térmicos” a qual exigiu a caracterização das soluções correntes de

paredes no país e a definição da resistência térmica do isolante em função do nível de qualidade térmica da parede [10]. Tal nível de qualidade é classificado de acordo com a Tabela 34.

Tabela 34: Níveis de qualidade de paredes [10].

Nível de Qualidade	$X = \frac{U}{U_{ref}}$
N1	$0,9 < X < 1$
N2	$0,7 < X \leq 0,9$
N3	$0,5 < X \leq 0,7$
N4	$X \leq 0,5$

Sendo U o valor da transmitância térmica dos elementos da envolvente e U_{ref} o valor da transmitância térmica de referência como mostrado na Tabela 33.

Este primeiro R.C.C.T.E. foi um marco na melhoria térmica dos edifícios. Porém, com a modernização, vêm ocorrendo neste país a maior utilização de climatização artificial através de aquecedores e ares-condicionados. Devido a este fato e aliado a normalizações internacionais para redução de energia (Protocolo de Quioto e a Directiva sobre o Desempenho Energético dos Edifícios da Comissão Européia), fez-se necessário a formulação de um novo Regulamento que foi aprovado em abril de 2006 [60].

Os valores máximos para os coeficientes de transmissão térmica para as paredes continuaram iguais ao antigo Regulamento; porém, os valores de referência mudaram para os indicados na Tabela 35 e correspondem a valores muito menores, a fim de se ter uma maior eficiência energética.

Tabela 35: Valores de U admissíveis a partir do RCCTE 2006 [57].

		Zona Climática		
		I1	I2	I3
U - Envoltório Exterior (W/m ² . °C)	valor de referência	0,70	0,60	0,50
U - Envoltório Interior (W/m ² . °C)	valor de referência	1,40	1,20	1,00

Nas zonas com pontes térmicas planas (“heterogeneidades construtivas e térmicas da envolvente nas quais se admite que o fluxo térmico é unidimensional e perpendicular à superfície” [57]) deve-se calcular o coeficiente de transmissão térmica U e seu valor não deve ser superior ao valor máximo da Tabela 35 nem superior ao dobro do valor de U da zona corrente da parede na qual a ponte térmica plana ocorre.

6.1.1.2 Brasil

Muitos edifícios brasileiros, mesmo em zonas diferentes, vêm sendo construídos com soluções semelhantes ou mesmo idênticas. Este fato foi identificado pelo estudo “Impactos da Adequação Climática Sobre a Eficiência Energética e o Conforto Térmico de Edifícios de Escritórios no Brasil” [61] o qual analisou edifícios de escritórios das oito zonas bioclimáticas brasileiras (Ilustração 90) e

conclui que as características comuns a estas zonas eram: “a forma retangular, que abrange cerca de 60% das edificações; o material das paredes, sendo este de blocos cerâmicos, diferenciando apenas a espessura da parede; quanto à cobertura, na grande maioria foi encontrada laje impermeabilizada ou protegida por cobertura de fibrocimento; e as aberturas, com sistema de abertura *maxim-air* e vidro transparente de 6 mm”. Como no Brasil há zonas com inverno frio e outras com verão e inverno quentes, verificou-se o baixo desempenho térmico das construções.

De acordo com o Relatório de Furnas [59], 2005, o Instituto de Pesquisa Tecnológicas (IPT) estabelece que as condições de conforto podem ser classificadas como A, B ou C. No verão, a edificação será do tipo A caso a temperatura do ar interior de um dia típico de verão seja menor ou igual a 29°C durante todo o dia, B caso o valor máximo diário da temperatura do ar interior não ultrapassar o valor máximo diário da temperatura do ar exterior, e C caso este valor for ultrapassado. Já para as condições de inverno, a edificação será do tipo A caso a temperatura do ar interno seja maior ou igual a 17°C durante todo o dia, tipo B caso o valor mínimo diário da temperatura do ar interior seja maior que 12°C, e C caso este valor seja menor que 12°C[59].

A norma brasileira que trata sobre desempenho térmico de edificações é a NBR 15220 [58], que tem aplicação nacional desde 30 de maio de 2005. A parte 3 desta norma visa estabelecer recomendações que confirmam conforto térmico às habitações unifamiliares de interesse social com eficiência energética, de acordo com o zoneamento bioclimático brasileiro definido nesta mesma norma e apresentado na Ilustração 90.

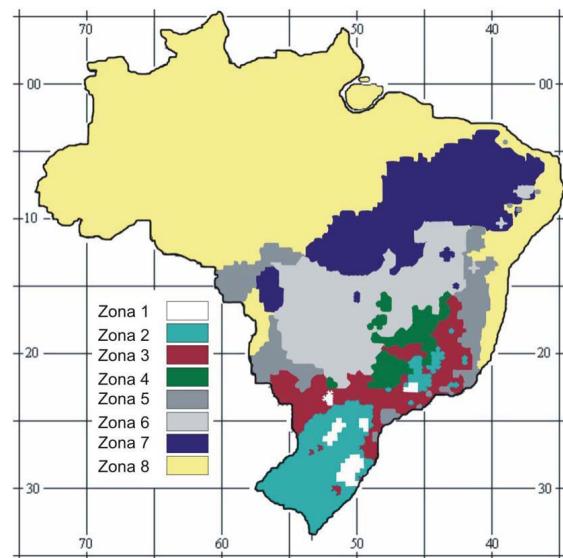


Ilustração 90: Zoneamento bioclimático brasileiro. Fonte: [61].

Nas zonas bioclimáticas 1 e 2, regiões mais frias do país, as paredes externas deverão ser leves, ($U \leq 3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, $\phi \leq 4,3$ horas e $FS_0 \leq 5\%$) e as paredes internas deverão conferir maior inércia térmica a fim de manter o interior da edificação aquecido, sendo que elas terão que ser pesadas, ou seja, $U \leq 2,2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, $\phi \geq 6,5$ horas e $FS_0 \leq 3,5\%$. Devido às baixas temperaturas dessas regiões, a arquitetura das edificações nestes locais deverá permitir a incidência de radiação solar pelas aberturas nos períodos frios. Estas aberturas deverão ter uma área maior que 15% e menor que 25% da área de piso, a fim de permitir ventilação adequada para estas regiões. Na zona 2, deverá haver ventilação cruzada durante o período de verão. Porém, nos dias mais frios, pode ocorrer destas medidas não serem

suficientes para o conforto térmico da edificação; deste modo, o uso de aquecimento artificial será necessário.

Nas zonas 3 e 5 as paredes externas deverão ser leves e refletoras com $U \leq 3,6 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, $\varphi \leq 4,3$ horas e $FS_o \leq 4\%$, já que o clima dessas regiões é mais ameno. As paredes internas dessas regiões, assim como nas zonas 1 e 2, deverão ser pesadas para manter o interior aquecido no inverno e, no verão, as edificações devem ter ventilação cruzada. As aberturas de ventilação deverão ser médias (área total de abertura entre 15% e 25% da área de piso). Porém, a região 3 é mais fria que a 5, assim, na primeira deve-se permitir a incidência de radiação solar pelas aberturas durante o inverno, sendo que na segunda deve-se sombrear tais aberturas.

As zonas 4, 6 e 7 são quentes e as paredes externas de suas construções devem ser pesadas, ($U \leq 2,2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, $\varphi \geq 6,5$ horas e $FS_o \leq 3,5\%$), para que o calor armazenado nelas durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite. Nestas regiões, o uso de vegetação, fontes de água ou outros recursos para melhorar o clima seco e quente são recomendados no verão, sendo que neste período a ventilação das habitações deve ser seletiva. As aberturas deverão ser sombreadas, médias para as zonas 4 e 6 e pequenas para a região 7 (área total de abertura maior que 10% e menor que 15% da área do piso). É recomendado para as zonas 4 e 6 que as paredes internas também sejam pesadas, e, para a zona 4 que é a mais fria, o aquecimento solar da edificação no inverno.

A zona 8 é a que engloba as regiões quentes e úmidas do Brasil. Nesta zona as paredes externas deverão ser leves refletoras com $U \leq 3,6 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, suas aberturas sombreadas e grandes (área total de abertura maior que 40% da área do piso) e a ventilação cruzada permanentemente.

Apesar de existir tal norma, ainda hoje muitas paredes não seguem estas recomendações, pois, até o momento, os seus valores são orientativos e não obrigatórios. Além disso, diferentemente de Portugal, no Brasil a utilização de isolamento térmico não é uma prática usual.

A nova norma NBR 15575 [55] e [56] possui atualizações em relação à atual de conforto térmico. Na nova foi avaliado o desempenho térmico dos edifícios tanto para as condições de verão como para a de inverno (Tabela 36 e Tabela 37).

Tabela 36: Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão [55]

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M (mínimo)	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$
I (Intermediário)	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^\circ\text{C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 1^\circ\text{C})$
S (Superior)	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4^\circ\text{C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^\circ\text{C}) \text{ e}$ $T_{i,min} \leq (T_{e,min} + 1^\circ\text{C})$
$T_{i,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;		
$T_{e,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;		
$T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;		
$T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;		

Tabela 37: Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno [55]

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas bioclimáticas 1 a 5*	Zonas bioclimáticas 6, 7 e 8
M	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 3^\circ C)$	
I	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 5^\circ C)$	Nestas zonas, este critério não precisa ser verificado.
S	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 7^\circ C)$	

$T_{i,min}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;

$T_{e,min}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;

Além disso, os valores de transmitância térmica para as paredes externas com desempenho mínimo das zonas climáticas já estudadas foram revisados, sendo que este coeficiente terá que ser tanto menor quanto mais fria for a região em estudo (Tabela 38). Incluiu-se nesta norma, também, limites para capacidade térmica das paredes com desempenho mínimo conforme a Tabela 39.

Tabela 38: Transmitância térmica de paredes externas [56]

Transmitância Térmica* U W/m ² .K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
$U \leq 2,5$	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$
	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$
α é a absorância à radiação solar da superfície externa da parede		

Tabela 39: Capacidade térmica de paredes externas [56]

Capacidade térmica (CT) kJ/m ² .K	
Zona 8	Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7
Sem exigência	≥ 130

A Ilustração 91 mostra alguns exemplos de materiais com seus respectivos valores da transmitância térmica e capacidade térmica.

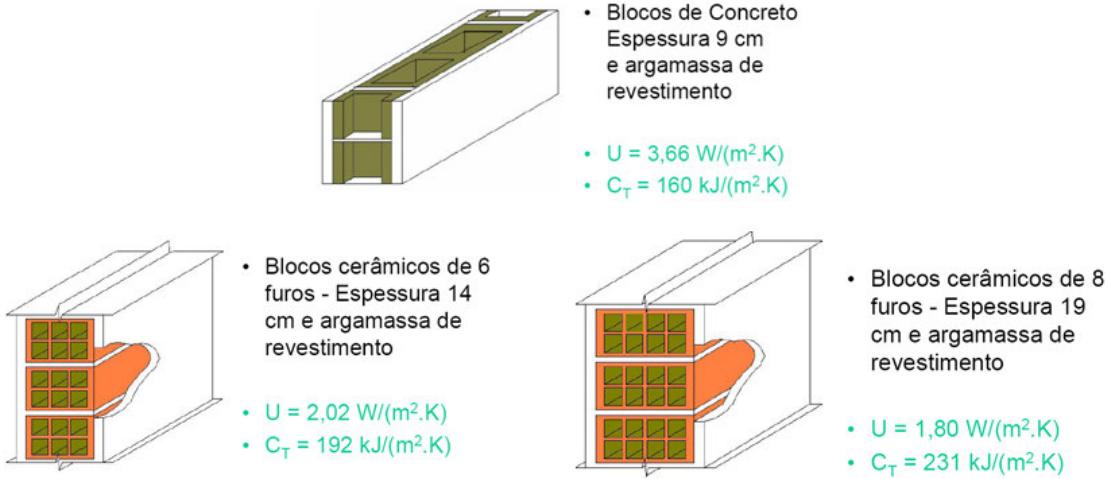


Ilustração 91: Exemplos de materiais constituintes das paredes com valores da transmitância térmica e capacidade térmica. Fonte: [62]

Com relação às aberturas e à ventilação, os limites também foram revisados de acordo com a Tabela 40 para um desempenho mínimo, sendo que seus sombreamentos devem ser feitos conforme os critérios do usuário. Este requisito só se aplica aos ambientes de longa permanência como salas, cozinhas e dormitórios.

Tabela 40: Áreas mínimas de aberturas para ventilação [18]

Nível de desempenho	Aberturas para ventilação A % da área do piso*		
	Zonas 1 a 6 Aberturas médias	Zona 7 Aberturas pequenas	Zona 8 Aberturas grandes
Mínimo	A \geq 8	A \geq 5	A \geq 15

* Nas zonas 1 a 6 as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de frio.

6.1.2 DESEMPENHO ACÚSTICO

6.1.2.1 Portugal

O Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE) de 11 de Maio de 2002 para os edifícios portugueses fornece índices de isolamento sonoro a sons de condução aérea [57]. O $D_{2m,n}$ é o índice referente as paredes exteriores, enquanto o D_n se refere às paredes de compartimentação. Assim, a Tabela 41 mostra os limites para estes índices em diferentes locais.

Tabela 41: Índices de isolamento sonoro a sons de condução aérea, normalizados ($D_{2\text{m},\text{n},\text{w}}$ ou $D_{\text{n},\text{w}}$) requeridos a paredes de edifícios de habitação e mistos [57]

Local emissor	Local receptor	Requisito
Exterior do edifício em zonas mistas		$D_{2\text{m},\text{n},\text{w}} \geq 33 \text{ dB}$
Exterior do edifício em zonas sensíveis		$D_{2\text{m},\text{n},\text{w}} \geq 28 \text{ dB}$
Compartimentos de uma habitação adjacente		$D_{\text{n},\text{w}} \geq 50 \text{ dB}$
Locais de circulação comum do edifício	Quartos ou zonas de estar da habitação	$D_{\text{n},\text{w}} \geq 48 \text{ dB}$
Caminho de circulação vertical, quando o edifício é servido por ascensores		$D_{\text{n},\text{w}} \geq 40 \text{ dB}$
Garagem de parqueamento automóvel		$D_{\text{n},\text{w}} \geq 50 \text{ dB}$
Locais do edifício destinados a comércio, indústria, serviços ou diversão		$D_{\text{n},\text{w}} \geq 58 \text{ dB}$

Zonas sensíveis são locais onde o uso do solo é destinado a habitações, escolas, hospitais ou similares e espaço de recreio ou de lazer, podendo ainda conter pequenas unidades de comércio e serviços que não funcionem no período noturno. Já nas zonas mistas, além de poder ter os usos do solo listados anteriormente, pode haver comércio e serviços [63].

A Tabela 42 auxilia indicando alguns valores para as vedações correntes.

Tabela 42: Valores indicativos estimados para o índice de isolamento sonoro a sons de condução aérea, R_w , de panos de alvenaria e de concreto [57]

Solução	Espessura nominal excl. revestimento (m)	Massa superficial (kg/m ²)	R_w (dB)
Alvenaria de tijolo cerâmico furado	0,22	220	44-48
Alvenaria de tijolo cerâmico furado	0,15	180	40-44
Alvenaria de blocos de concreto leve	0,20	190	41-45
Alvenaria de blocos de concreto normal	0,20	280	48-52
Parede dupla de alvenaria de tijolo cerâmico furado	0,11+0,11	225	41-44
Parede dupla de alvenaria de tijolo cerâmico furado	0,11+0,15	265	44-48
Parede dupla de alvenaria de tijolo cerâmico furado	0,15+0,15	305	45-49
Parede dupla de alvenaria de tijolo maciço (0,07 m) e cerâmico furado (0,15 m)	0,07+0,15	270	44-48
Parede de concreto armado	0,15	375	53-57

A conformidade do edifício pronto com este Regulamento deve ser verificada *no local*. Porém, o projeto deve apresentar um dimensionamento que indique esta conformidade.

6.1.2.2 Brasil

No Brasil a normalização atual em vigor a respeito do isolamento acústico é deficiente. Há duas normas, a ABNT NBR 10152 e a ABNT NBR 10151 que se referem aos valores em dB aceitáveis para ambientes externos em diferentes áreas de ocupação e para diferentes recintos de uma edificação. Porém, elas não tratam do isolamento a se realizar nas paredes para que os níveis sejam atendidos.

A ABNT NBR 15575 [56] possui requisitos para o isolamento acústico das paredes, porém é deficiente na consideração do local em que a construção está localizada, já que a única diferença entre o isolamento de uma vedação vertical em locais com níveis de ruídos diferentes é que em locais com vias de tráfego intenso (rodoviário, ferroviário ou aerooviário), o isolamento deverá ser feito acrescentando 5 dB no valor de referência, ou seja, deve-se utilizar o $Rw+5$ ou o $D_{2m, nT, w} +5$ ¹.

Nesta norma há valores obtidos através de métodos de laboratório e de campo. O método de laboratório determina o isolamento de elementos construtivos; porém, para se avaliar uma parede, deve-se ensaiar cada elemento e calcular o isolamento global do conjunto posteriormente.

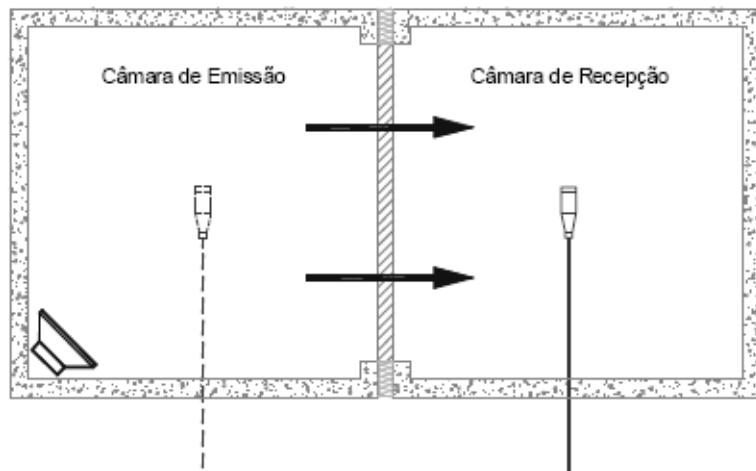


Ilustração 92: Medição, em laboratório, de Rw de um componente de edificação. Fonte: [64]

A partir deste método, definiram-se índices de redução sonora ponderados (Rw) para a fachada (Tabela 43) e entre ambientes (

Tabela 44) para os três níveis de desempenho.

Tabela 43: Índice de redução sonora ponderado da fachada, Rw , para ensaio de laboratório [56]

Elemento	Rw dB	$Rw+5$ dB	Nível de desempenho
Fachada	30 a 34	35 a 39	M
	35 a 39	40 a 44	I
	≥ 39	45	S

¹: Informações obtidas por e-mail com a Pesquisadora Elaine Lemos no dia 10/02/2009.

Tabela 44: Índice de redução sonora ponderado dos componentes construtivos, R_w , para ensaio de laboratório [56]

Elemento da edificação	R_w (dB)	Nível de Desempenho
Parede de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e de corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo.	35 a 39	M
	40 a 44	I
	≥ 40	S
Parede de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Parede entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	50 a 54	M
	55 a 59	I
	≥ 60	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação)	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S

Já o método simplificado de campo é realizado quando não há instrumentação necessária para medir o tempo de reverberação, ou quando as condições de ruído de fundo não permitem obter este parâmetro. Este método possibilita obter uma estimativa do isolamento sonoro global da vedação externa.

A partir deste ensaio, os valores recomendados para a diferença padronizada de nível ponderada a 2m ($D_{2m,nT,w}$) para a vedação externa de dormitórios são apresentados na Tabela 45.

Tabela 45: Valores recomendados da diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, $D_{2m,nT,w}$, para ensaios de campo [56]

Elemento	$D_{2m,nT,w}$ dB	$D_{2m,nT,w}$ +5 dB	Nível de desempenho
Vedação externa de dormitórios	25 a 29	30 a 34	M
	30 a 34	35 a 39	I
	≥ 35	≥ 39	S

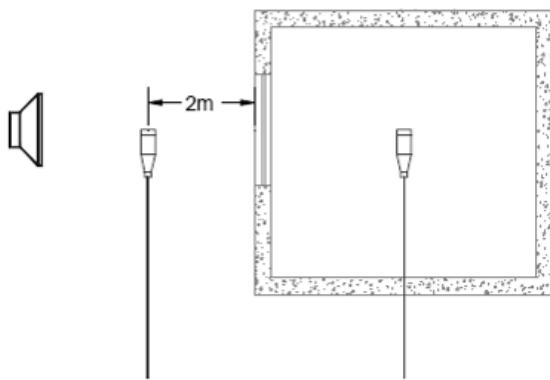


Ilustração 93: Medição, em campo, de $D_{2m,nT,w}$ da fachada de um edifício. Fonte: [64]

O $D_{nT,w}$ é a diferença padronizada de nível ponderada, onde as diferenças padronizadas são ponderadas e consolidadas em um único valor. A Tabela 46 apresenta os valores do $D_{nT,w}$ para o ensaio de campo entre ambientes.

Tabela 46: Valores recomendados da diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes, $D_{nT,w}$, para ensaio de campo [56]

Elemento	$D_{nT,w}$ dB	Nível de desempenho
Parede de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo.	30 a 34	M
	35 a 39	I
	≥ 40	S
Parede de dormitórios entre uma unidade habitacional e corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S
Parede entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥ 55	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de germinação)	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥ 50	S

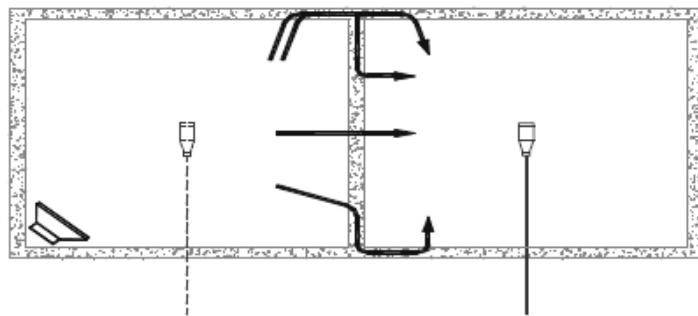


Ilustração 94: Medição, em campo, de $D_{nT,w}$ entre recintos de um edifício. Fonte: [64]

A Tabela 47 e Tabela 48 mostram valores típicos de isolamento sonoro representativos de duas configurações de alvenaria utilizadas comumente em construções brasileiras.

Tabela 47: Valores típicos de isolamento sonoro, obtidos em ensaio de campo. [64]

Descrição	Isolamento $D_{nT,w}$ (dB)
Bloco de concreto, $e=140\text{mm} + 10\text{mm}$ argamassa de cada lado	41
Bloco de concreto, $e=140\text{mm} + 5\text{mm}$ argamassa de cada lado	40

Tabela 48: Valores típicos de isolamento sonoro, obtidos em ensaio de laboratório. [64]

Descrição	Isolamento R_w (dB)
Bloco de concreto, $e=90\text{mm} + 15\text{mm}$ argamassa de cada lado	40 (-1:-4)
Bloco de concreto, $e=140\text{mm} + 15\text{mm}$ argamassa de cada lado	43 (-1:-4)
Bloco cerâmico, $e=90\text{mm} + 15\text{mm}$ argamassa de cada lado	38 (-1:-3)
Bloco cerâmico, $e=140\text{mm} + 15\text{mm}$ argamassa de cada lado	38 (0:-2)
Tijolo maciço, $e=100\text{mm} + 25\text{mm}$ argamassa de cada lado	45 (-1:-4)
Tijolo maciço, $e=200\text{mm} + 25\text{mm}$ argamassa de cada lado	52 (-1:-4)
Gesso acartonado, $e=73\text{mm}, + 2$ chapas	35 (-2:-7)
Gesso acartonado, $e=73\text{mm}, + 2$ chapas + lã de vidro	41 (-3:-10)
Gesso acartonado, $e=100\text{mm}, + 4$ chapas	45 (-2:-8)
Gesso acartonado, $e=73\text{mm}, + 4$ chapas + lã de vidro	49 (-2:-7)

6.1.3 DESEMPENHO ESTRUTURAL

Para avaliar a resistência das alvenarias há expressões empíricas obtidas a partir de ensaios, relacionando à resistência à compressão da alvenaria com a resistência da argamassa e dos elementos (Equação 2). Além disso, pode-se fazer análises experimentais da parede em laboratório (Ilustração 95 e Ilustração 97), ou até mesmo uma pré-avaliação em campo (Ilustração 96). Pode-se também, utilizar expressões da mecânica estrutural para estudar o comportamento desta vedação.

Equação 2: Resistência da alvenaria a cargas verticais [20]

$$f_k = k \times f_b^{0,7} \times f_m^{0,3}$$

Sendo que:

- f_k : em N/mm^2 , é a resistência da alvenaria;
- k : em $(\text{N/mm}^2)^{0,1}$, é uma constante, cujo valor é função das classes das unidades da alvenaria;
- f_b : em N/mm^2 , é a resistência dos elementos;
- f_m : em N/mm^2 , é a resistência da argamassa.



Ilustração 95: Resistência a compressão de alvenaria. Fonte: [33]

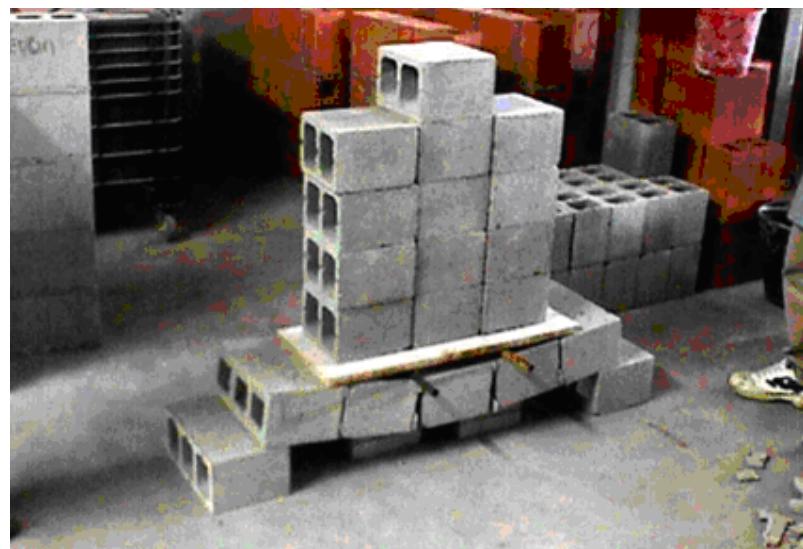


Ilustração 96: Avaliação da aderência dos componentes. Fonte: [65]

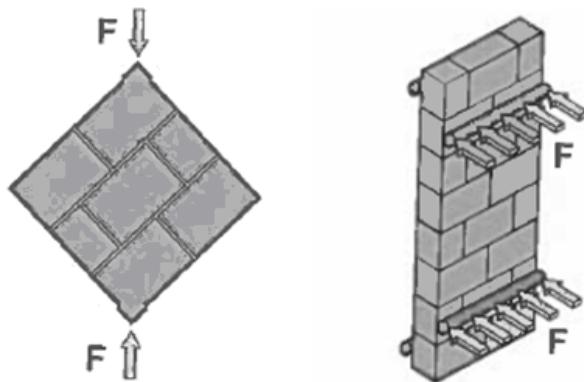


Ilustração 97: Avaliação das alvenarias por compressão diagonal e flexão perpendicular. Fonte: [10]

Em relação à estabilidade da alvenaria, em Portugal a verificação da esbeltez da parede deve ser feita. Assim, a esbeltez em planta do comprimento da parede em relação à sua espessura não deve ser superior a 50 (Ilustração 98- Planta); e a esbeltez corrente entre pisos de vedações de alvenaria e sua espessura não deve ser superior a 30 (Ilustração 98- Corte 1) [20].

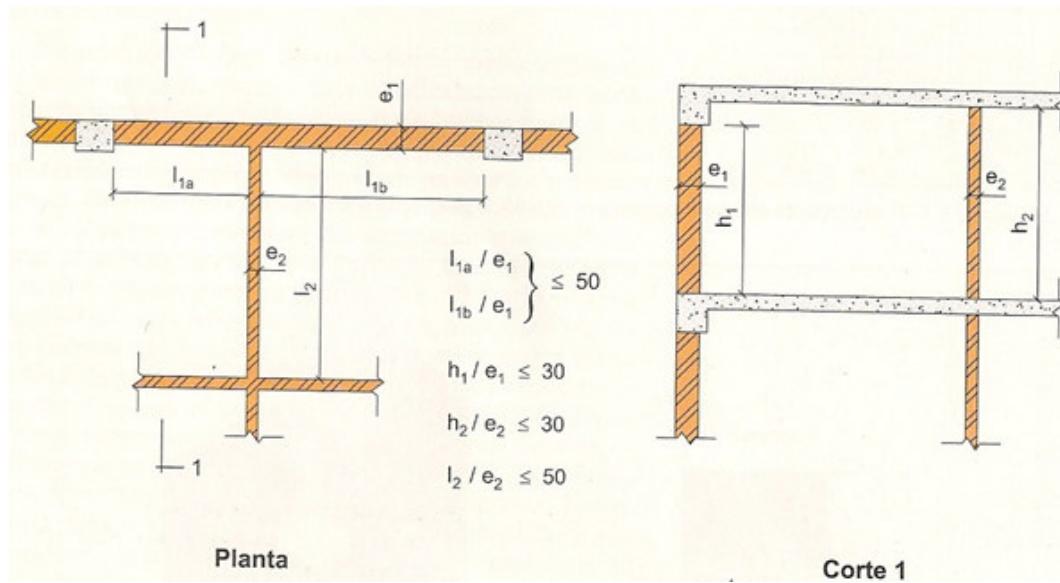


Ilustração 98: Avaliação da esbeltez de paredes e limites orientativos. [10]

Com relação às cargas solicitantes, a maior diferença em relação a este requisito é a verificação da parede em relação à solicitação do sismo, já que tal ação deve ser verificada em Portugal, mas não no Brasil. As verificações ao vento, ao peso próprio da parede, ao choque e às cargas provenientes de peças suspensas devem ser feitas nestes dois países.

As ações devido ao vento e ao sismo são, teoricamente, assegurados pela estrutura no caso em que a alvenaria é de vedação. Porém, a parede será solicitada ao corte pelo vento quando esta estiver ligada a estrutura. Além disso, o sismo induz forças horizontais nas paredes proporcionais ao seu peso e aos esforços resultantes das deformações que as vibrações horizontais e verticais desta ação provocam no edifício. Para melhorar a capacidade das paredes resistirem às ações do vento e do sismo, podem-se recomendar ligações rígidas à estrutura, preenchimento de juntas (horizontais e verticais), colocação de ligadores nas paredes e reforço dos bordos dos vãos.

Em Portugal, deve-se seguir o dimensionamento da estabilidade de acordo com o Eurocódigo 6, considerando a resistência à compressão das paredes devido às cargas de peso próprio e de cargas suspensas, a resistência à flexão perpendicular e cisalhamento devido ao sismo e ao vento, e verificações à flexão devido à deformação do suporte.

No Brasil, a norma ABNT NBR 15575-part 4 [56] contém os requisitos de segurança estrutural que devem ser verificados. Estes requisitos são: estabilidade e resistência estrutural dos sistemas de vedação interno e externo; deslocamentos, fissuração e deslocamentos nos sistemas de vedações verticais externas e internas; solicitações de cargas provenientes de peças suspensas atuantes nos sistemas de vedações externas e internas; impacto de corpo-mole nos sistemas de vedações verticais externas e internas; impacto de corpo mole nos sistemas de vedações verticais externas e internas- para casas térreas- com ou sem função estrutural; ações transmitidas por impactos nas portas; impacto de corpo duro incidente nos sistemas de vedações verticais internas e externas, com ou sem função estrutural; cargas de ocupação incidentes em guarda.

6.1.4 ESTANQUEIDADE

6.1.4.1 Portugal

Em Portugal não há uma norma que regulamente a estanqueidade da parede; assim, de acordo com Souza [5], 2002, este país verifica tal propriedade a partir da norma britânica BS 5628 (Tabela 49) ou fazendo uso da referência francesa DTU 20.1 (Tabela 50) as quais determinam a espessura mínima que a parede deve ter para as diferentes condições de exposição à chuva.

Tabela 49: Espessuras mínimas das paredes em pano único, segundo a BS 5628 [5].

Exposição à água incidente	Elementos cerâmicos e sílico-calcários		Elementos de concreto		
			Elem. De inverte correntes		Elem. Inertes leves e de concreto cel. Autoclavado
	Revest. Imperm.	À vista	Revest. Imperm.	À vista	Revest. Imperm.
Muito severa	Não recomendado. Utilização de revestimentos de estanqueidade				
Severa	328	Não rec.	250	Não rec.	215
Moderada/severa	215	-	215	-	190
Abrigada/Moderada	190	440	190	440	140
Abrigada	90	328	90	328	90
Muito abrigada	90	190	90	190	90
					190

Tabela 50: Espessura mínima de paredes “em osso”, em pano único, segundo o DTU 20.1 [5]

Situação da parede	Espessura mínima da parede “em osso”*					
	Tij. Maciço ou perfurado	Tij. Vazado (furação horizontal)	Bloco cerâmico perfurado	Bloco de concreto de inverte correntes	Bloco de concreto de inertes leves	Bloco de concreto celular autoclavado
Abrigada	220	225	200	200	225	200
Não abrigada até 6m	220	225**	200**	200**	225	200**
Não abrigada entre 6 e 18 m	220	275**	275**	275**	225	275**
Não abrigada entre 18 e 28 m	220	275**	325**	325**	225	275**
Não abrigada, isolada, junto ao mar, até 6m e com tradição de uso	220	275***	325***	325***	275***	275***

* Paredes obrigatoriamente revestidas
** Exceto junto ao mar
*** Exceto em frente ao mar (orla marítima)

Em função do índice de chuva incidente persistente do local (produto dos valores médios anuais de precipitação pela velocidade do vento e por um fator adimensional), o Engenheiro Vasconcelos Paiva propôs o zoneamento da Ilustração 99 [5].



Ilustração 99: Zoneamento proposto para Portugal Continental em relação aos índices de chuva incidente persistente. Fonte: [5]

6.1.4.2 Brasil

No Brasil, para a verificação da estanqueidade da parede utilizam-se os requisitos presentes na norma NBR 15575- parte 4 [56].

As áreas molhadas de uma edificação são aquelas que em que há presença freqüente de água (box de banheiro, sacadas e áreas de serviço abertas), já as áreas molháveis são aquelas que eventualmente recebem respingos de água decorrente do uso ou chuva (banheiros, exceto o box, cozinhas, áreas de serviço fechadas) [56].

As paredes internas de paredes molhadas com presença de água durante 24 horas devem ter infiltração inferior a 3 cm^2 em uma área exposta com dimensões de 34cm x 16 cm. As paredes das áreas molháveis não devem apresentar umidade perceptível nos ambientes contíguos [56].

O ensaio para verificar o desempenho das paredes de fachada deve ser feito de acordo com a Tabela 51, sendo que a Ilustração 100 indica as regiões de exposição ao vento.

Tabela 51: Condições de ensaio de estanqueidade de sistemas de vedações verticais externas [56].

Região do Brasil	Condições de ensaio de paredes	
	Pressão estática Pa	Vazão de água L/m ² .min
I	10	
II	20	
III	30	3
IV	40	
V	50	

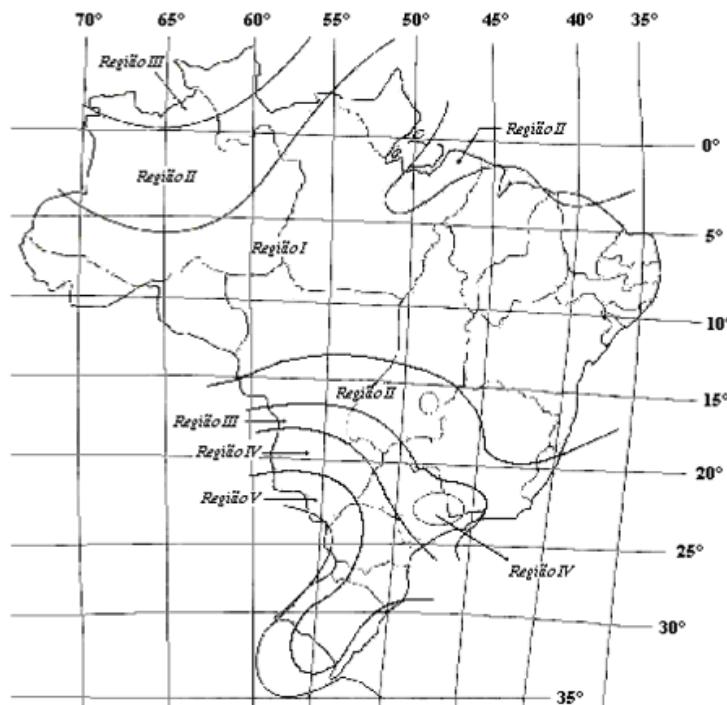


Ilustração 100: Condições de exposição conforme as regiões brasileiras. Fonte: [56]

De acordo com o ensaio da Tabela 52, verifica-se a área de mancha de umidade resultante para saber se a vedação atende os requisitos presentes na Tabela 52.

Além disso, para atender o nível mínimo, as paredes externas deverão permanecer estanque e não poderão apresentar infiltrações que proporcionem borrifamentos, ou escorrimientos ou formação de gotas aderentes na sua face interna.

Tabela 52: Estanqueidade à água de vedações verticais externas [56].

Edificação	Tempo de ensaio h	Percentual máximo da soma das áreas das manchas de umidade na face oposta à incidência da água, em relação à área total do corpo-de-prova submetido à aspersão de água, ao final do ensaio	Nível de desempenho
Térrea (só a parede de vedação)	7	10% sem manchas	M I; S
Com mais de um pavimento (só a parede de vedação)	7	5% sem manchas	M I; S
Esquadrias	Atender à ABNT NBR 10821		M

6.1.5 SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

6.1.5.1 Portugal [10]

O Regulamento de Segurança Contra Incêndio em Edifícios de Habitação (R.S.C.I.E.H. – DL 64/90 de 21 de Fevereiro) define as condições que os elementos construtivos devem respeitar para diminuir o risco de ocorrência e desenvolvimento de incêndio, facilitar a evacuação dos ocupantes e favorecer a intervenção dos bombeiros.

A reação ao fogo é um indicador do comportamento dos materiais ao fogo, apresentando-se, a seguir as diferentes classes para materiais:

- M0: material não combustível;
- M1: material não inflamável;
- M2: material dificilmente inflamável;
- M3: material moderadamente inflamável;
- M4: material facilmente inflamável.

A Tabela 53 apresenta as classificações de materiais de revestimento.

Tabela 53: Exemplos de classes de reação ao fogo de revestimentos de paredes. [10]

	Tipo de revestimento	Classe
	Argamassa ou estuque sem pintura	M0
	Argamassa ou estuque com pintura brilhante ($m= 0,35 \text{ Kg/m}^2$) ou baça (opaca) ($m< 0,73 \text{ Kg/m}^2$)	M1
Revestimentos aderentes	Argamassa ou estuque com pintura espessa ou revestimento pelicular ($m= 0,5 \text{ a } 1,5 \text{ Kg/m}^2$)	M2
	Pintura plástica espessa para paredes exteriores ($m< 1,5 \text{ a } 3,5 \text{ Kg/m}^2$)	M2
	Papel reforçado com tela ou juta de linho	M2-M1
	Aglomerado composto de cortiça ($e = 5\text{mm}$)	M3
	Aglomerado negro de cortiça ($e = 10\text{mm}$)	M4

	Tipo de revestimento	Classe
Revestimentos não aderentes	Tecidos ignifugados para cortinados e reposteiros	M2-M1
	Tecidos e fibras de vidro	M1-M0
	Derivados de madeira pintados e envernizados	M4
	Derivados de madeira ignifugados na massa (e= 16mm)	M2
	Derivados de madeira pintados ou envernizados com produtos agregados em ambas as faces (e = 5mm)	M2-M1

A Tabela 54 mostra as classes de reação ao fogo exigidas pelo regulamento de acordo com as características da parede.

Tabela 54: Exigências regulamentares de resistência ao fogo para paredes de alvenaria [10]

Características da parede	Tipo de edifício			
	Unifamiliar	h ≤ 9 m	9 < h ≤ 28 m	h > 28 m
Função suporte e compartimentação	CF 30	CF 30	CF 60	CF 90
Paredes de empêna	CF 60	CF 60	CF 60	CF 90
Paredes Interiores (separação entre habitações contíguas)	-	CF 60	CF 60	CF 60
Separação entre habitações e outros espaços:				
- Arrecadações (depósitos)	CF 60 – M0	CF 60 – M0	CF 60 – M0	CF 60 – M0
- Garagens individuais sem separação entre garagens	CF 60	CF 90	CF 90	CF 90
- Garagens individuais com separação CF30 entre garagens	-	CF 60	CF 60	CF 60
- Garagens coletivas	- M0	CF 90 – M0	CF 90 – M0	CF 90 – M0
Caixas de elevadores	-	CF 60 – M0	CF 60 – M0	CF 90 – M0
Caixas de escadas interiores (caminhos de evacuação)	CF 30	CF 60 – M0	CF 60 – M0	CF 90 – M0
Paredes de compartimentação corta-fogo (Apiso > 1250 m ²)	-	CF 60	CF 90	CF 90

De acordo a resistência ao fogo, em Portugal há as seguintes classes para paredes:

- Classe EF: (estável ao fogo), quando a parede cumpre função de suporte;
- Classe PC: (pára-chamas), quando se cumpre a exigência de estanqueidade, havendo ou não a exigência de função de suporte.
- Classe CF: (corta-fogo), quando cumprem as funções de estanqueidade e isolamento térmico havendo ou não a exigência de função de suporte.

Para estas classes há escalas, ou seja, a indicação do período de tempo em minutos para o qual é válida a qualificação atribuída ao elemento. Estas classes são: 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240, 360.

Como exemplo, uma parede de alvenaria com as classes CF 45; PC 60; EF 90; possui capacidade de isolamento térmico de 45 a 60 min após o início do fogo; deixa passar chamas e gases de 60 a 90 min.; e não desmorona antes de 1h:30min. após ter começado o incêndio.

A Tabela 55 mostra a classificação de paredes comuns de Portugal no que diz respeito à resistência ao fogo.

Tabela 55: Espessura mínima de paredes face às exigências contra incêndios. [10]

		Espessura mínima de paredes de alvenaria (cm)									
		Não-estruturais					Estruturais				
		CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF	CF
		30	60	90	120	180	30	60	90	120	180
Sem Reboco	Tijolo Maciço ou Perfurado	7	7	11	11	22	11	11	22	22	22
	Tijolo Furado	7	11	15	22	22	11	15	15	22	22
Com Reboco de Argamass a ou Gesso (e= 15mm)	Tijolo Maciço ou Perfurado	7	7	7	11	11	11	11	22	22	22
	Tijolo Furado	7	7	11	15	22	11	11	15	22	22

6.1.5.2 Brasil [66]

A norma NBR15575-1 [55] possui os critérios para a segurança contra incêndio de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, e indica as demais normas que contenham valores e ensaios específicos para estes critérios.

As exigências estabelecidas por esta norma têm como objetivo que nos edifícios exista baixa probabilidade de início de incêndio, proteção dos usuários e reduzidos danos à propriedade e à vizinhança do local de origem do incêndio.

A Tabela 56 possui os critérios para os materiais constituintes das paredes que devem ter as características de propagação de chamas controladas, de acordo com suas posições nos ambientes das edificações. O método para avaliação é o ensaio da norma NBR 9442- Determinação do índice de propagação de chamas pelo método do painel radiante.

Tabela 56: Critério relativo à propagação superficial de chamas. [66]

Elemento construtivo	Índices máximos de propagação superficial de chamas		
	Cozinhas	Outros locais dentro das habitações	Outros locais fora das habitações
Paredes	75	150	25

Para dificultar a propagação do incêndio para outras unidades, as paredes deverão atender às resistências ao fogo de acordo com a Tabela 57. A resistência ao fogo dos elementos construtivos deve ser comprovada pelo método da NBR 10636 – Determinação da resistência ao fogo de paredes e divisórias sem função estrutural.

Tabela 57: Critério relativo à resistência do fogo de elementos construtivos de compartimentação [66]

Elemento Construtivo	Resistência ao fogo (horas)					
	Sistema construtivo Tipo I			Sistema construtivo Tipo II		
	Isolamento térmico	Estanqueidade	Estabilidade	Isolamento térmico	Estanqueidade	Estabilidade
Paredes entre habitacões	1/2	1/2	1/2	1	1	1
Fachadas (excluindo portas e janelas)	1/2	1/2	1/2	1	1	1
Fachadas cegas	1/2	1/2	1/2	1	1	1

O sistema construtivo tipo I é aquele que possui uma massa equivalente em madeira incorporada ao elemento construtivo por unidade de área de piso como sendo menor que 5 kg de madeira/m². Para valores superiores ou iguais a 5 kg de madeira/m² o sistema construtivo será classificado como tipo II.

As seguintes medidas construtivas dificultam a propagação do incêndio a outras unidades habitacionais:

- Existência de portas tipo corta-fogo com resistência de fogo de $\frac{1}{2}$ hora nas entradas de unidades habitacionais em edificações multifamiliares;
- Distância mínima de 1,2m entre aberturas na fachada de pavimentos consecutivos;
- Distância mínima de 1,00 m entre aberturas na fachada de unidades habitacionais adjacentes;
- Os shafts devem ter selagem corta-fogo, no plano da laje, mínima de $\frac{1}{2}$ hora para sistemas do Tipo I e 1 hora para Tipo II;
- As portas de andar de elevadores devem apresentar resistência ao fogo de $\frac{1}{2}$ hora;
- Restringir a passagem do fogo através das junções entre a parede comum ás unidade germinadas e o piso, o forro, a cobertura e as fachadas.

Os materiais de revestimento, acabamento e isolamento termo-acústico presentes em paredes de fachadas deverão apresentar os índices máximos de propagação superficial de chamas presentes na Tabela 58, a fim de dificultar a propagação do fogo para outras unidades habitacionais. Estes materiais devem ser ensaiados e classificados de acordo com a NBR 9442 – Determinação do índice de propagação superficial de chamas pelo método do painel radiante.

Tabela 58: Critério relativo à propagação de chamas das fachadas e coberturas. [66]

Classe de edificação	Índice máximo de propagação superficial de chamas
	Fachada
Unifamiliares isoladas	75
Unifamiliares germinadas	25
Multifamiliares	25

Para facilitar a fuga dos usuários em caso de incêndio, os critérios a seguir devem ser adotados nos projetos:

- Existência de pelo menos 2 saídas nos cômodos (exceto banheiro), uma pode ser a janela, que possa ser aberta pelo interior da edificação sem o auxílio de ferramentas;
- Peitoril deve estar no máximo a 1,2 m acima do piso interno;
- Área mínima de 0,5m² da janela sem dimensão menor que 0,55m;
- Edificações unifamiliares com mais de 40m de área bruta deve ter 2 portas para o exterior, em fachadas distintas, com largura mínima de 0,7 m;
- Compartimentos devem ter portas, sendo que a cozinha e dormitórios devem estar separados entre si e do restante da habitação;
- Não devem existir frestas entre as paredes e pisos ou tetos que possibilitem a passagem de fumaça;
- Não deve existir comunicação livre entre cômodos ou habitações sobre as paredes, como ocorre na inexistência de forro ou espaços entre ligação parede-cobertura.

Os materiais de paredes devem ter características de desenvolvimento controlado de fumaça de acordo com sua posição na habitação. Os valores máximos de densidade ótica de fumaça estão presentes na Tabela 59 e o método para ensaio é o da norma ASTM E-662- *Specific Optic Density of Smoke Generated by solid Materials*.

Tabela 59: Critério relativo à densidade de fumaça máxima [66]

Elemento construtivo	Densidade ótica de fumaça máxima	
	Cozinhas	Outros locais dentro e fora das habitações
Paredes	300	450

6.2 PONTOS SINGULARES

Na construção das paredes, alguns pontos merecem maior atenção. Eles definem exigências que devem ser atendidas para a qualidade da vedação como um todo, já que nestes pontos há interferências entre diferentes elementos.

6.2.1 JUNTAS DE CONTROLE

A variação dimensional do pano exterior pode provocar fissuras junto às ombreiras (fecho da caixa de ar), ou junto aos elementos estruturais. Para amenizar tal problema, devem-se fazer juntas de dilatação ou utilizar armaduras metálicas como reforço.

Em panos exteriores muito extensos, as movimentações provindas de variações de temperatura ou umidade poderão provocar fissuras que podem comprometer a vida útil das paredes. Assim, deve-se prever juntas de controle em paredes de acordo com seu comprimento, material constituinte e condições ambientais para que o movimento relativo de uma parte da parede em relação a outra seja permitido, sem fissuração [1].

A Tabela 60 mostra os comprimentos máximos recomendados na Brasil para alvenarias de blocos cerâmicos e de concreto que não possuam encunhamento rígido e estejam em climas não severos.

Tabela 60: Comprimentos máximos para paredes sem juntas de controle [1]

	Largura do bloco	Paredes cegas	Paredes com aberturas
Blocos de concreto	9	8	6
	14	12	9
Blocos cerâmicos	9	10	7,5
	14	14	10,5

A partir destes valores, as paredes deverão ter juntas de controle, cuja localização deve ser projetada para que ela absorva as deformações; caso contrário, elas serão naturalmente conformadas sob forma de fissuras ou trincas. Estas juntas deverão garantir a regularidade, a deformabilidade e a estanqueidade da parede, sendo que seu preenchimento pode ser feito com material deformável (poliestireno ou poliuretano expandido, ou cortiça) e acabamento com selante ou mata-junta.

Há, também, outros casos em que se deverão adotar juntas de controle nas alvenarias, tais como na correspondência da junta existente na estrutura, na descontinuidade significativa na altura e espessura da parede e para locais onde há mudanças bruscas de seção.

6.2.2 CORREÇÃO DE PONTES TÉRMICAS

A correção de pontes térmicas é feita apenas em Portugal, pois no Brasil não é usual o uso de isolante térmico e a preocupação com o conforto térmico é menor.

Para atenuar o fenômeno de ponte térmica nos elementos estruturais, eles devem ser forrados com tijolos delgados, conforme mostra a Ilustração 101. Esse procedimento também favorece o revestimento, pois ele cobrirá apenas os elementos cerâmicos, que possuem mesmo coeficiente de dilatação [67].

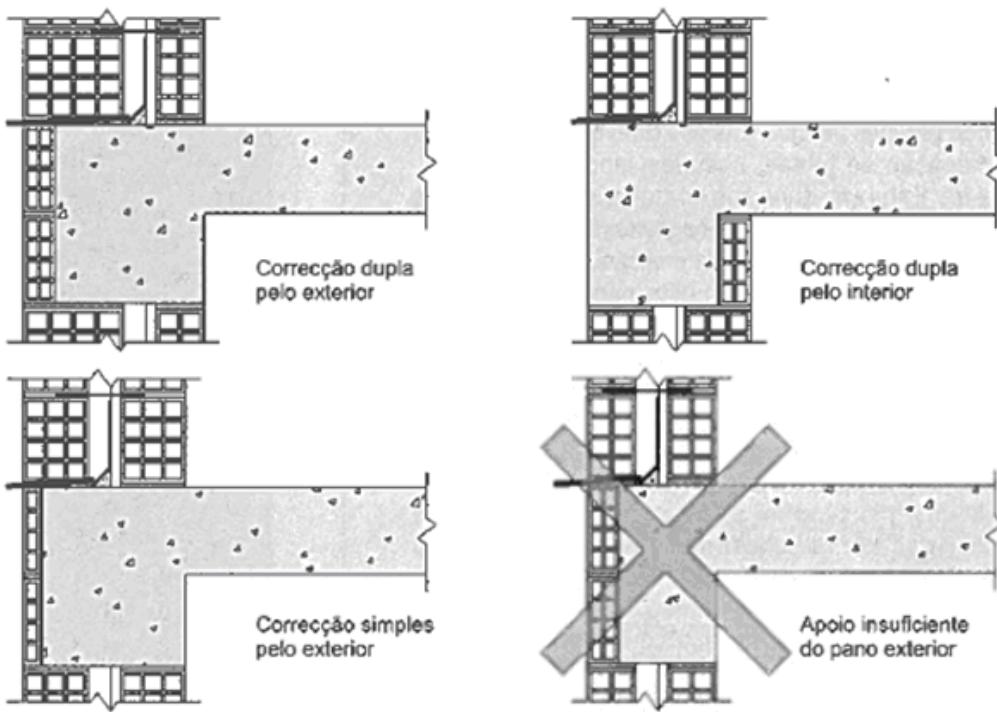


Ilustração 101: Exemplos de correção de ponte térmica pelo interior e pelo exterior. Fonte: [10]

A fim de se evitar as pontes térmicas no encontro da alvenaria com os vãos, deve-se fechar a abertura entre os dois panos da parede dupla com espuma de Poliuretano ou com madeira tratada (Ilustração 102 a). A pedra do peitoril também constitui uma ponte térmica que deve ser atenuada e para isto, é recomendado que se faça um peitoril cujo exterior seja de pedra e o interior de madeira (Ilustração 102 b). A caixa de estore que também é uma ponte térmica deve ser isolada na face superior e na face voltada para o interior do edifício, além disso, deve ter tampa de madeira (Ilustração 103) [51].

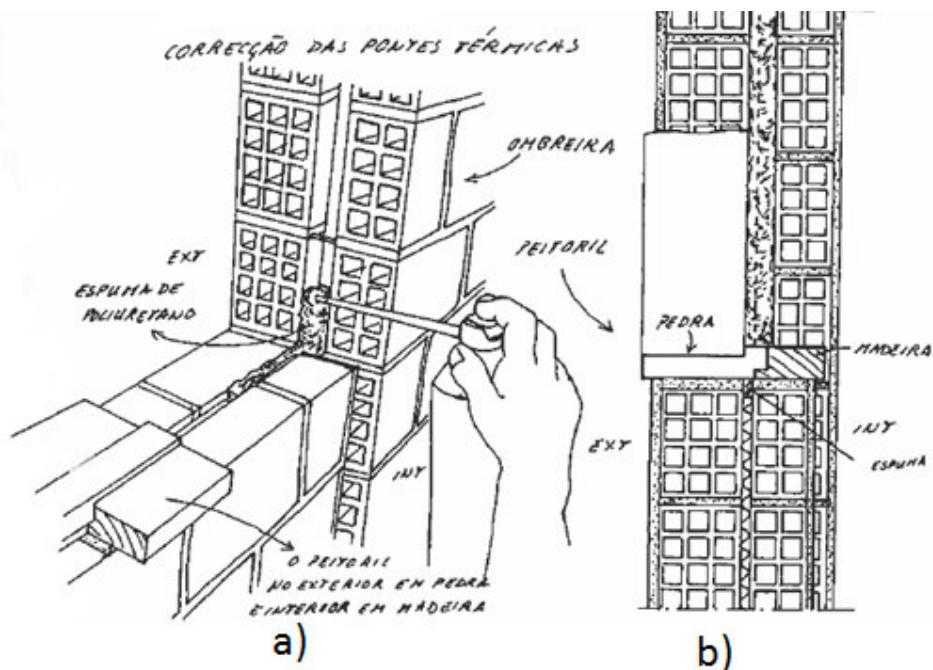


Ilustração 102: Correção de pontes térmicas no encontro com os vãos. Fonte: [67]

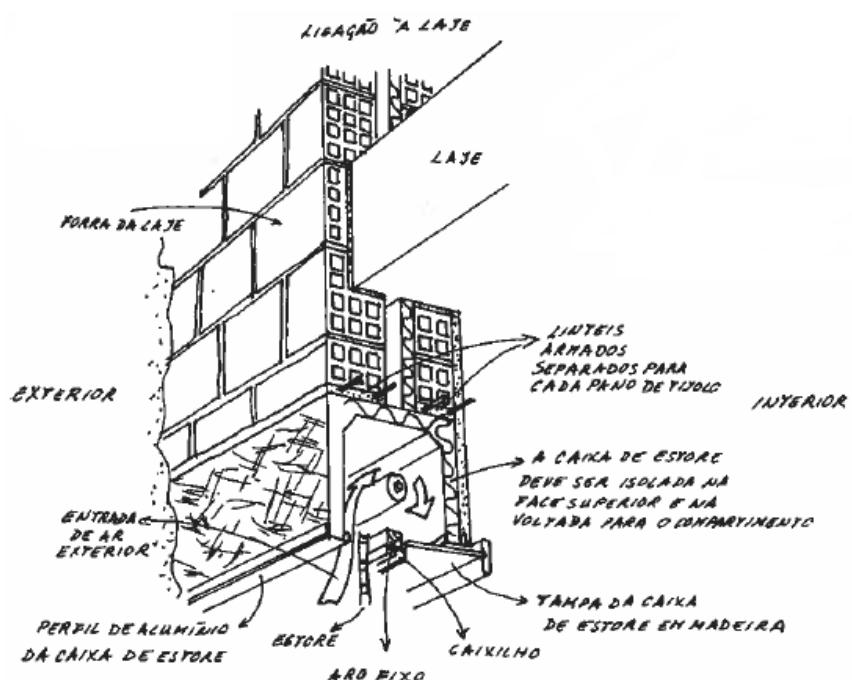


Ilustração 103: Correção de ponte térmica na caixa de estore. Fonte: [67]

6.2.3 CAIXA DE AR E CALEIRA

A caixa de ar e a caleira compõem a parede dupla que é usual apenas em Portugal.

Em um edifício há produção de vapor de água que deve sair para o meio exterior, o que pode provocar condensações abaixo da camada de acabamento, como a pintura, degradando-a. Assim, a caixa de ar é importante para definir o local de condensação da água, principalmente no caso em que há isolamento térmico presente em seu interior junto ao pano interno, pois, quando o vapor de água atravessar este isolamento, ele condensará nesta região. A distância mínima recomendada entre o pano interior e o exterior é de 2 cm, para se evitar a transmissão térmica por radiação; mas, deve-se ter no máximo 5 cm de distância para evitar a transmissão por correntes de convecção [67]. No fundo da caixa de ar deverá existir uma caleira para captar a água condensada que será conduzida por tubos de drenagem para o exterior, e acima dela deverão existir tubos de ventilação. A caixa de ar também possui a função de isolar termicamente e acusticamente a parede exterior.

6.2.4 LIGAÇÃO ENTRE OS PANOS EXTERIORES E INTERIORES

A solidarização dos panos que compõem a parede exterior é feita com o emprego de grampos ou armações metálicas, a fim de melhorar a estabilidade da parede; porém, tal procedimento não é freqüente nas obras de paredes duplas em Portugal [10]. A colocação de tal dispositivo é dificultada pelo correto posicionamento altimétrico das juntas horizontais de argamassa dos dois panos, já que a elevação deles ocorre de forma temporalmente defasada. Além disso, a utilização de ligadores dificulta a colocação de isolantes térmicos em placas na caixa de ar. Há diversos formatos de grampos que podem ser ajustáveis, com corte de ponte térmica e com reforço contra a ação sísmica (Ilustração 104).

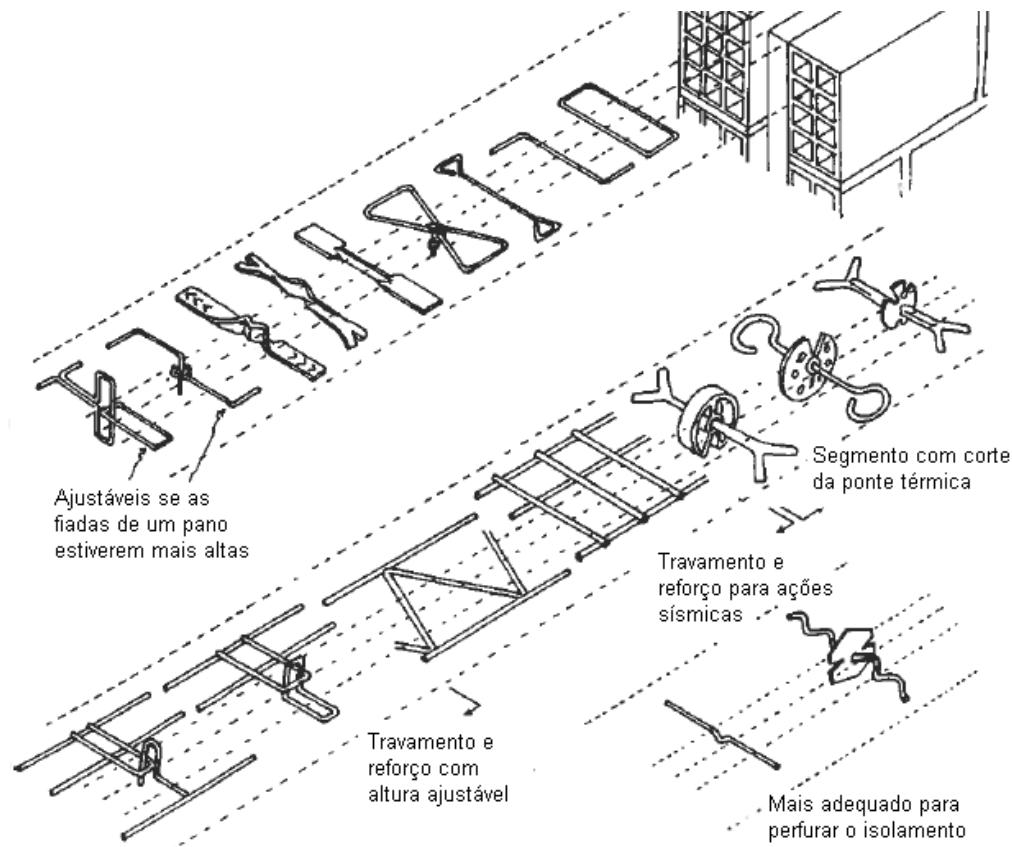


Ilustração 104: Tipos de ligadores. Fonte: [67]

Esta ligação é indispensável quando a espessura de um dos panos (principalmente o exterior) for reduzida, quando não há condições de estabilidade adequada para a parede ou quando os panos apresentam esbeltez importante. O número de ligadores é de 2 e 4 por m^2 , mas deve ser calculado de acordo com o Eurocódigo 6.

6.2.5 CUNHAIS

O cunhal é a ligação de duas paredes perpendiculares, conforme mostra a Ilustração 105. Estas zonas das paredes são sensíveis pela exposição de esforços exteriores como vento, incidência solar ou choques e pela concentração de deformações e esforços destas zonas devido a variações de temperatura, variações dimensionais e deformações do suporte [10].

Assim, em Portugal, os cunhais devem ser reforçados com armaduras nas juntas, ou materialização de montantes verticais ou ainda reforçar a alvenaria por espessamento. Além disso, é conveniente que a estrutura do edifício seja pouco deformável nesta zona [10].

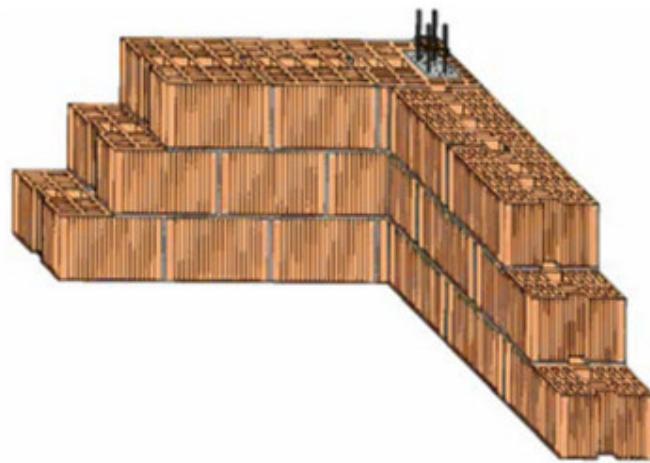


Ilustração 105: Exemplo de reforço de cunhais com concreto armado. Fonte: [10]

6.2.6 OMBREIRAS

Nas ombreiras (Ilustração 106) há concentrações de tensões devido à sua localização no vão de portas e janelas. Além disso, esta região da parede deve resistir a ações de fixação das esquadrias e das manobras produzidas por elas devidas aos choques que ocorrem no fechamento e abertura de janelas e portas.

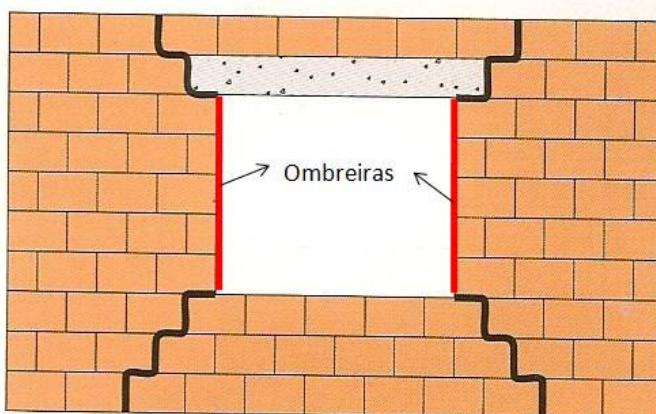


Ilustração 106: Localização das ombreiras no vão da esquadria. Fonte: [10]

Nas paredes externas, por se localizarem em uma interface de componentes diferentes, a ombreira é uma zona propícia para a entrada de água, assim, sua estanqueidade à água de chuva deve ser cautelosamente feita de forma conjugada com os revestimentos.

6.2.7 VERGAS E CONTRAVERGAS

Possuem como finalidade distribuir as tensões que tendem a se concentrar nos vértices dos vãos de portas e janelas. Além disso, as vergas (ou padieiras em Portugal) devem resistir a esforços de tração na flexão sendo que convém serem pouco deformáveis e que o seu apoio nas ombreiras seja suficiente para que as tensões introduzidas na parede sejam compatíveis com a sua resistência.

As dimensões recomendadas no Brasil para estes elementos serão calculadas de acordo com as cargas atuantes neles, com o comprimento da parede, as dimensões e localizações dos vãos nas paredes e tipos de alvenaria. A Tabela 61e a Tabela 62 mostram as dimensões recomendadas no Brasil para vergas e contravergas para paredes de até 8,0 m de comprimento. Para paredes com dimensões superiores, deve-se ter tratamento específico para cada caso. [68].

Tabela 61: Dimensões recomendadas para vergas. [68].

L_{\max} vāo (cm)	até 120	de 120 a 200	de 200 a 300
Apoio lateral $_{\min}$ verga (cm)	10	10	20
H verga $_{\min}$ (cm)	5	5	10
Armadura 2φ (mm)	5,0	6,3	(*)

observações:

- $e_{verga} = e_{bloco}$
- para aberturas com vāos maiores que 300cm, deve-se dimensionar a verga como viga.
- para vāos sucessivos deve-se adotar elementos contínuos.
- (*) para a definição da armadura deve-se fazer uma análise das cargas envolvidas.

Tabela 62: Dimensões recomendadas para contravergas. [68].

L_{\max} vāo (cm)	de 60 a 120	de 120 a 200	Acima de 200
Apoio lateral $_{\min}$ verga (cm)	30	45	60
H verga $_{\min}$ (cm)	5	5	10
Armadura 2φ (mm)	5,0	6,3	6,3

observações:

- $e_{contraverga} = e_{bloco}$
- para vāos sucessivos deve-se adotar elementos contínuos.
- para vāos inferiores a 60cm pode-se suprimir a contraverga.

Os valores recomendados deverão considerar ainda [1]:

- os vāos menores que 0,9 m de comprimento podem não necessitar de contraverga;
- o apoio mínimo de vergas e contravergas é 0,2 m,

-
- na ocorrência de vãos com distâncias inferiores a 0,6 m. deverá considerá-los como um único vão com verga contínua;
 - a seção transversal das vergas e contravergas será de no mínimo a dos blocos;
 - para portas com largura maior que 0,8 m., o apoio lateral da verga será o mínimo entre 0,2 m e a largura do bloco .

Em Portugal, é comum a existência de padieiras “travessas” com caixas de persianas (estore), sendo que tal concepção exige uma adequação diferenciada. Assim, além da distribuição de cargas para as ombreiras, a caixa de persianas deverá ter minimizada as suas pontes térmicas e acústicas, assegurar a estanqueidade ao ar e à água, sendo que deverá ter drenagem desta água caso haja sua entrada em casos de chuvas associadas ao vento ou de água que entra na caixa quando as persianas molhadas são enroladas [10].

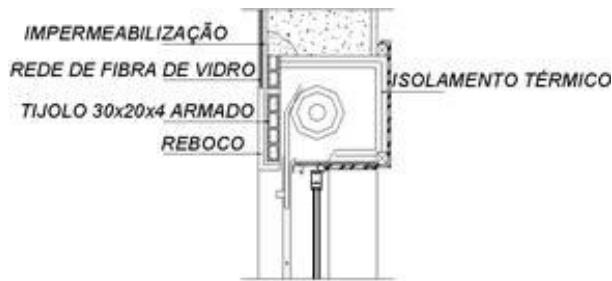


Ilustração 107: Caixa de persianas. Fonte: <http://www.ecocasa.org/projecto2.php?id=10>. Acesso em 15/06/08

6.2.8 FIXAÇÃO DAS PAREDES DE VEDAÇÃO À ESTRUTURA DE CONCRETO

No Brasil, as recomendações para o caso em que a alvenaria trabalha como travamento da estrutura, a ligação será rígida e a parede deverá ter resistência mecânica compatível com o esforço que a estrutura aplicará nela, de acordo com a rigidez de suas ligações. Neste caso, a ligação entre a alvenaria e a laje ou viga poderá ser feita com cunhas pré-fabricadas de concreto, tijolos cerâmicos inclinados ou argamassa expansiva. Nas ligações laterais aos pilares, serão utilizadas barras de aço [1].

Quando a alvenaria não funciona como travamento da estrutura e esta é altamente deformável, as juntas de fixação também deverão ser deformáveis para permitir a movimentação da estrutura sem produzir grandes esforços nas alvenarias. Como exemplo de junta deformável entre as paredes e as vigas ou lajes, pode-se citar argamassa de cal. Já no caso de estrutura pouco deformável e alvenaria que não irá travá-la, a fixação destes elementos poderá ser feita por uma junta de comportamento frágil, como por exemplo a utilização da argamassa utilizada na elevação da alvenaria [1].

As ligações laterais das alvenarias aos pilares são previstas em projeto e podem ser feitas com telas eletrossoldadas fixadas ao pilar por pinos (Ilustração 108 b) ou com um fio de aço liso na forma de “U”, denominado “ferro cabelo” (Ilustração 108 a), e que é ancorado em furos no pilar com materiais a base de epóxi [1].

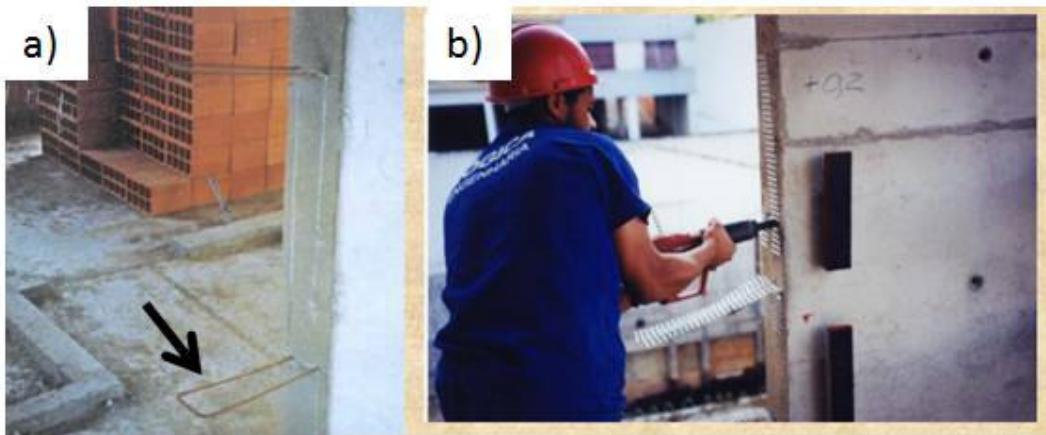


Ilustração 108: Reforços para ligação da alvenaria aos pilares. Fonte: [69]

6.2.9 PAREDES HIDRÁULICAS

Os cortes ou roços, como são denominados em Portugal, quando excessivos nas paredes podem comprometer sua estabilidade. Assim, deve-se dimensionar tais cortes, prever suas localizações, especificar o sistema de fixação das tubulações à parede e dos materiais e técnicas a serem utilizadas para a reconstituição da mesma.

Convém também adotar medidas que evitem estes cortes, como a utilização de duto para alojamento de canalizações (*shafts*), conforme mostra a Ilustração 109 a); e utilização de instalações aparentes (Ilustração 109 b).

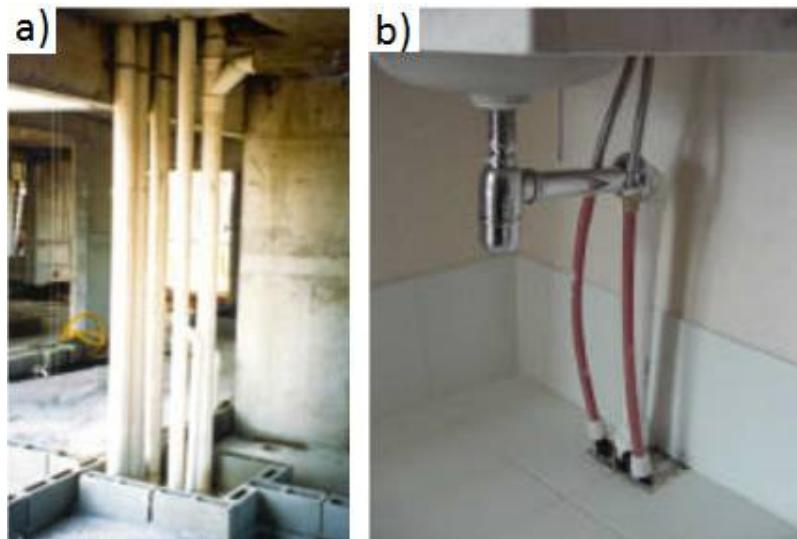


Ilustração 109: a) *Shaft*. b) instalação à vista. Fonte: [70]

No Brasil, o projeto de alvenaria possui plantas e elevações específicas para paredes em que há concentração de cortes, principalmente de tubulações com diâmetro maior que 75 mm para mostrar claramente a solução adotada. Neste país, muitas empresas vêm utilizando blocos cerâmicos que permitem a passagem de instalação através de furos verticais (Ilustração 110), evitando-se rasgos [8].

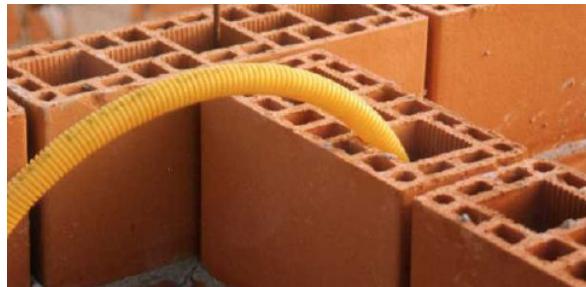


Ilustração 110: Bloco cerâmico que permite a passagem de eletrodutos. Fonte: [69]

6.2.10 PLATIBANDAS

As platibandas deverão ter o mesmo material das paredes, e deve-se verificar sua estabilidade devido à ação do vento. O detalhe construtivo mais relevante é sua ligação à estrutura da laje. As juntas verticais da alvenaria deste elemento devem ser preenchidas[1].

6.3 ISOLAMENTOS

Estes elementos são utilizados, de uma forma geral, em Portugal, sendo que existem diversos tipos de isolamentos e métodos de aplicação. No Brasil, os isolamentos têm sido utilizados nas vedações interiores quando é empregada a tecnologia de gesso acartonado.

A seguir são listados os isolamentos mais utilizados em Portugal, mostrando a aplicação deles, suas vantagens e desvantagens [67].

- Lãs de rocha e de vidro. Aplicação: junto ao pano interior, inserido na caixa de ar. Vantagens: resistência ao fogo; permeabilidade ao vapor de água, existência de várias densidades; bom isolante térmico e acústico. Comercializado em placas; rolos; flocos ou rama. Possui grande durabilidade, em presença de umidade não desenvolve fungos ou bactérias. Desvantagens: preço elevado, as fibras provocam irritação a pele e olhos fazendo com que este material não possa ficar exposto.
- Poliuretano projetado. Aplicação: junto ao pano interior na caixa de ar. Vantagens: fácil aderência ao suporte; melhora a resistência mecânica da superfície que recebe o isolante; reveste qualquer irregularidade e superfícies curvas. Desvantagens: aplicado por empresas especializadas; degrada-se quando exposto aos raios ultravioletas; é combustível; pode conter CFC's (clorofluocarbonetos).
- Aglomerado negro de cortiça. Aplicação: junto ao pano interior na caixa de ar ou aparente no interior da habitação; deve ser pintado com solução betuminosa a fim de prevenir aparecimento de bolores e fungos. Vantagens: pode ficar à vista; é ecológico, permeável ao vapor de água. Desvantagens: podem aparecer bolores e fungos; não resiste ao fogo; custo elevado; degrada-se com contato de água.
- Poliestireno extrudido ou expandido. Aplicação: Placas do poliestireno extrudido ou expandido - aplicadas junto ao pano interior na caixa de ar com buchas de plástico procedendo-se à furação com furadeira (berbequim) de coroa de borracha. Granulado de poliestireno expandido – aplicado na face do pano interior voltada para a caixa de ar com reboco hidráulico com 37% de granulado. Vantagens da placa: Reduzida absorção de água,

econômico, fácil de cortar e aplicar. Desvantagens: alto extingível; degrada-se com exposição aos raios ultravioletas; em contato com PVC ocorre uma migração dos plastificantes; o expandido diminui de volume com o tempo, material rígido.

- Poliuretano injetado: Aplicação: dentro da caixa de ar. Vantagem: permite a reabilitação de edifícios que continham apenas caixa de ar pela introdução de isolamento no interior das paredes. Desvantagens: execução por mão-de-obra especializada; cria pressões sobre os panos da parede, por preencher toda a caixa de ar; cria uma barreira à passagem de vapor.
- Filme alveolar: Aplicação: junto ao pano interior na caixa de ar; composto por filmes refletores que envolvem a tela de esponja. Desvantagens: as duas películas refletoras são fabricadas sobre um filme plástico que impede a passagem do vapor de água.
- Aglomerados hidráulicos de fibras de abeto (árvore conífera). Aplicação: junto ao pano interior na caixa de ar. Vantagens: pode ser aplicado no exterior, pois possui adequada resistência à água, à radiação solar, resistência mecânica; e pode substituir o pano interior se rebocado com gesso e armado com rede de fibra de vidro; adequado isolante acústico; funciona como painel de absorção sonora se aparente no interior.
- ETICS (*External Thermal Insulation Composite System*): Aplicação: pelo exterior da parede (simples ou dupla) de vedação e feita com placas de isolamento térmico que envolvem as paredes, inclusive estrutura, que são protegidas por uma camada de reboco com ligante sintético e armado com rede. Vantagens: eliminação de pontes térmicas; protege as alvenarias e estruturas das variações térmicas; melhor estanqueidade; caixa de ar terá função principal de isolamento acústico; isola as estruturas metálicas; permite isolar habitações em reabilitação sem os moradores precisarem mudar; pouco susceptível a fendilhação por isolar globalmente em termos térmicos e hidrófugos. Desvantagens: dispendioso, necessita de operários especiais; condensações ocorrem na superfície exterior, o que pode provocar manchas de pó ou fungos.

6.4 CONDICIONANTES DO PROJETO DE VEDAÇÕES DE ALVENARIA

Em Portugal não é usual realizar um projeto específico para a alvenaria. Neste país, a concepção das paredes está associada ao projeto de arquitetura e é da responsabilidade dos arquitetos, os quais não possuem conhecimentos aprofundados nas diferentes áreas que possuem interferências com a alvenaria [15].

Já no Brasil, particularmente no estado de São Paulo, muitas empresas vêm utilizando projetos para produção de vedações verticais, a fim de racionalizar a construção e melhorar a qualidade de seus produtos. Este projeto é feito por um número reduzido de escritórios e os projetistas têm como principal objetivo estudar e definir as tecnologias de produção da vedação vertical.

O projetista deverá conhecer e compatibilizar as atividades que possuem interferência, como a estrutura, instalações hidráulicas e elétricas, revestimentos e esquadrias, para que as paredes possuam adequado desempenho frente às condições ambientais [1].

No projeto de alvenaria racionalizada, faz-se necessário, inicialmente, analisar seus condicionantes, ou seja, os aspectos que influenciam as exigências das alvenarias.

6.4.1 PROJETO ARQUITETÔNICO [1]

Este projeto possui informações importantes para a execução das alvenarias, tais como: dimensões das paredes; dimensões internas dos ambientes; localização e dimensão dos vãos das

aberturas de portas e janelas; características dos revestimentos; detalhes construtivos da fixação das esquadrias e de peças suspensas; previsão de juntas de controle; tratamento de juntas nas interfaces dos vãos e paredes e nas ligações destas com a estrutura; detalhes arquitetônicos que interferem na alvenaria, tais como sacadas, beirais, platibandas, peitoris, reentrâncias e ressaltos.

O projeto de arquitetura, em zonas com alto índice pluviométrico, deve privilegiar soluções que minimizem a incidência direta da chuva e facilitem o escoamento da água como beirais, descontinuidade de panos da fachada, saliências para o afastamento da película de água, pingadeiras, entre outros. Além disso, é favorável que as cores das fachadas sejam claras a fim de diminuir a absorção de calor que gera movimentações das paredes.

6.4.2 PROJETO ESTRUTURAL [1]

Deste projeto deve-se verificar se a alvenaria se comportará como travamento da estrutura. Caso isso ocorra, a ligação da alvenaria na estrutura deverá ter elevado grau pelo emprego do encunhamento na parte superior entre a última fiada e a estrutura, e pela efetiva ligação nas laterais desta vedação com os pilares.

É desejável a coordenação modular entre a alvenaria e os elementos estruturais; porém, isso será conseguido apenas com boa compatibilidade entre estrutura e arquitetura e com a disponibilidade de blocos com dimensões certas para esta coordenação e que possuam padronização de dimensões.

6.4.3 PROJETOS HIDRÁULICO, ELÉTRICO E OUTROS [1]

Dos projetos de instalações prediais, deve-se identificar a locação dos eletrodutos, pontos de luz, tomadas, interruptores, quadros de medidores, instalações de incêndio, de gás, telefônicas, equipamentos especiais e tubulações de água (fria e quente) e de esgoto. Além disso, deve-se prever a utilização de kits hidráulicos e de “shafts” verticais.

É recomendado que os eletrodutos passem pelos furos dos blocos com furação vertical para evitar posteriores cortes na alvenaria. Os quadros de medidores podem ser feitos com o uso de gabaritos de madeira ou com pré-moldados de concreto durante a elevação da alvenaria.

Outro projeto que deve ser analisado é o de impermeabilização para verificar os locais que terão interferência deste subsistema com a alvenaria, a fim de fazer detalhes construtivos que orientem a execução (Ilustração 111).

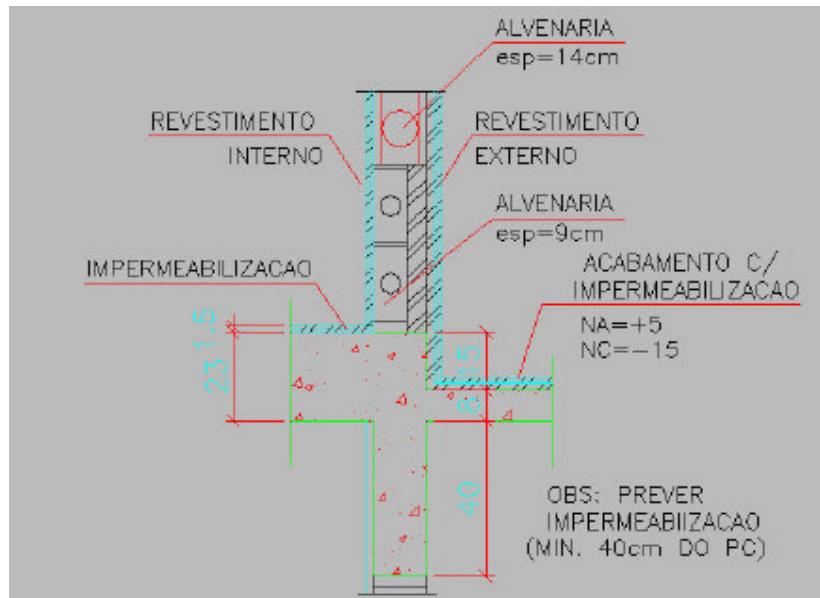


Ilustração 111: Detalhe executivo do projeto de vedação de alvenaria que mostra a interferência da alvenaria com a impermeabilização. Fonte: [69].

6.4.4 PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DO EDIFÍCIO [1]

O projeto de implantação indicará a orientação do edifício em relação à intensidade de insolação e em relação à exposição aos ventos. Assim, de acordo com estes fatores, serão necessários cuidados na execução e proteção das paredes, para que a cura das argamassas ocorra no tempo certo, de acordo com a condição ambiente da parede que pode ser diferente em função do seu posicionamento. Além disso, a maior insolação e incidência de água, facilitada pelos ventos, provoca movimentações das paredes e, por consequência, menor estanqueidade.

As condições desfavoráveis de exposição, condicionadas ao posicionamento do edifício, podem ser amenizadas com a proposição de detalhes arquitetônicos compatíveis.

6.4.5 CONDIÇÕES AMBIENTAIS [1]

O conhecimento de condições ambientais é importante para as paredes possam ser projetadas de modo que atendam às suas exigências, já que a temperatura, a umidade, o vento e os ruídos influenciam seus comportamentos.

6.4.6 INSUMOS DISPONÍVEIS [1]

Os insumos necessários à execução da alvenaria de vedação são os materiais, a mão-de-obra e os equipamentos, os quais dependerão de suas disponibilidades locais.

O projetista da alvenaria deverá especificar os materiais e componentes a fim de atender ao máximo número possível de exigências definidas em projeto. Com isto, estará atendendo o padrão de qualidade da obra e obedecendo as limitações econômicas do orçamento de obra. A partir das

características do bloco, defini-se a dosagem da argamassa que deverá fornecer a aderência adequada ao componente.

A mão-de-obra deve ser treinada para seguir corretamente as especificações de execução e para não desperdiçar material. Os maiores problemas de erros na execução devidos à mão-de-obra são erros na dosagem da argamassa, exceder o tempo de abertura da mesma em sua aplicação são os desníveis no prumo e no alinhamento da parede. Assim, é necessário que durante a execução seja feito controle efetivo. O projeto de alvenaria deve ser feito para que seja objetivo e claro para sua adequada interpretação durante a execução.

Para o adequado transporte de materiais, para o assentamento correto dos blocos, bem como para o controle na execução deverão ser previstos equipamentos adequados que auxiliem a correta execução destas atividades. Os equipamentos melhoram a produtividade da obra e devem ser requisitados de acordo com o planejamento da obra, a fim de garantir sua disponibilidade para os serviços de alvenaria.

6.4.7 PRAZOS E CUSTOS [1]

Estes fatores determinam a tecnologia, os materiais e o dimensionamento de equipes na execução de alvenaria de vedação.

É importante verificar os prazos e realizar um planejamento de obra que leve em conta a deformação da estrutura, de forma que esta não prejudique o desempenho da alvenaria.

6.5 APRESENTAÇÃO DO PROJETO PARA PRODUÇÃO DE VEDAÇÕES VERTICais EM ALVENARIA

Verificada as condições às quais as alvenarias estarão submetidas, deve-se compatibilizá-las a fim de definir os projetos executivos, o material e insumos a serem utilizados e o projeto de alvenaria.

Assim, as determinações dos projetos de arquitetura devem ser compatibilizadas com o de estrutura e de instalações; as características da alvenaria definirão seu revestimento; a estrutura definirá o confinamento da alvenaria; as condições de exposição e solicitação definirão as características das paredes. Estas compatibilizações sempre visam ao atendimento às exigências previstas, ao orçamento e ao planejamento [1].

Os projetos para a produção de alvenaria racionalizada não possuem normalização que os regulamentem, assim, os seus conteúdos e a sua apresentação variam de acordo com o escritório [1].

6.5.1 PLANTAS DE FIADAS [1], [11]

As plantas deverão ter escala compatível com o nível de detalhamento e os símbolos deverão ser identificados em uma legenda apresentada em um quadro. A escala usual é de 1:25 em folha A₀. A legenda é apresentada em forma de quadro e possui símbolos empregados no projeto (Ilustração 112 a).

As plantas de 1^a e 2^a fiadas devem apresentar a identificação, locação e dimensões de todas as paredes. As plantas de fiadas deverão locar os vãos de alvenaria destacando os pontos particulares que

serão detalhados especificadamente, como as extremidades dos vãos, os pontos de passagem de tubulações, encontros de paredes, localização de telas metálicas para amarração, espessura de juntas verticais de assentamento, entre outros detalhamentos. A Ilustração 112 b) mostra um exemplo de planta de 1^a fiada.

Em pavimentos com situações atípicas ou paredes que apresentam particularidades executivas, os detalhamentos deverão ser feitos mostrando suas diferenças em relação ás paredes do pavimento tipo.

Os eixos de referência deverão ser representados nesta planta, sendo que as paredes terão suas posições relativas a estes eixos, podendo também utilizar-se de eixos auxiliares para evitar distâncias grandes, que, durante a execução, podem gerar erros de locação.

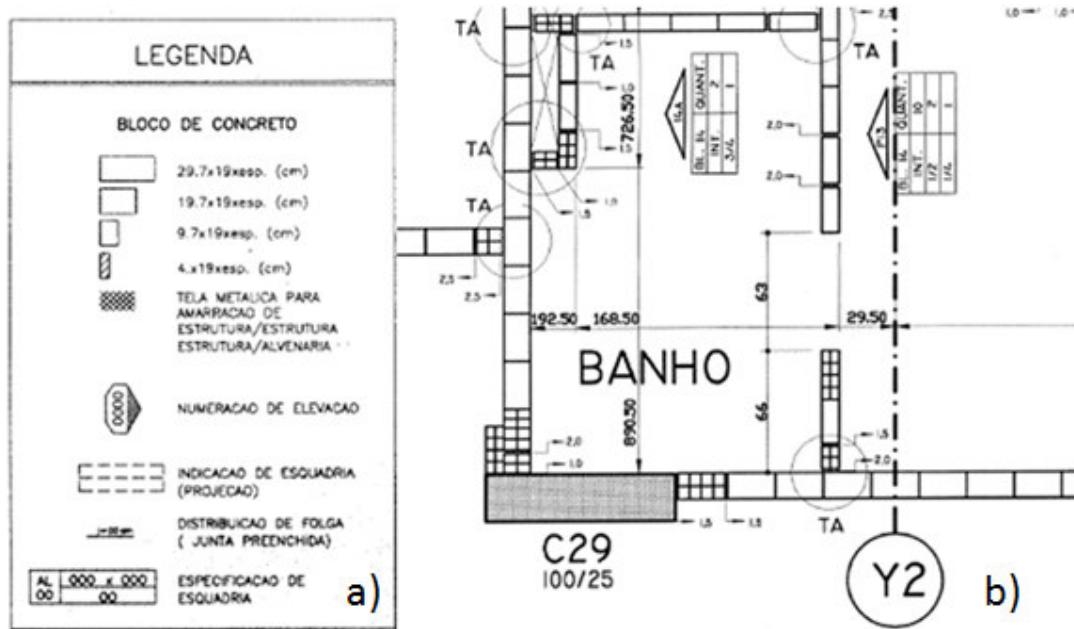


Ilustração 112: a) Legenda do projeto indicando a simbologia adotada. b) Recorte em planta da 1^a fiada, indicando o dimensionamento de vãos de portas, denominação e locação das paredes e destaque das situações particulares de execução. Fonte [11]

6.5.2 ELEVAÇÃO DE PAREDES [1], [71]

As elevações representadas como paredes em “osso” (sem revestimento ou “tosco”, em Portugal) em formato A₄ ou A₃ para, pelo menos, paredes atípicas como aquelas que suportarão sistemas prediais ou quadros elétricos, ou que irão conter esquadrias (Ilustração 113).

As juntas verticais e horizontais deverão ser mostradas nestes projetos; assim, as juntas verticais “vazias” serão diferenciadas das preenchidas. Estes projetos deverão conter o dimensionamento da junta horizontal do topo, sendo que a junta horizontal de base deverá ser dimensionada para nivelar a laje de piso e marcar a primeira fiada.

As elevações deverão conter as seguintes informações:

- As juntas verticais “vazias” serão diferenciadas das preenchidas;

- O dimensionamento da junta horizontal do topo, sendo que a junta horizontal de base deverá se dimensionada para nivelar a laje de piso e marcar a primeira fiada.
- O posicionamento de vergas e contravergas (os reforços dos vãos),
- Posicionamento das prumadas e ramais de instalações prediais;
- Posicionamento dos elementos de fixação da alvenaria à estrutura e de outros pontos singulares das paredes.

As ilustrações dos projetos de alguns escritórios associam as elevações às plantas de 1^a e 2^a fiadas.

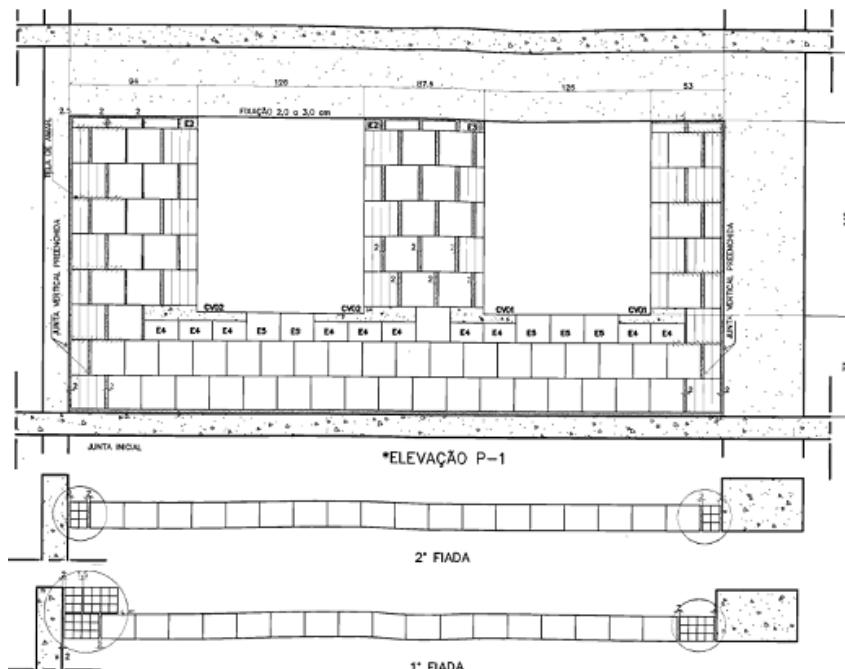


Ilustração 113: Elevação de paredes com diferenciação entre juntas verticais preenchidas e secas e com a indicação do posicionamento dos vãos de esquadrias e das contravergas de janelas. Fonte: [11]

6.5.3 DETALHES CONSTRUTIVOS DAS SOLUÇÕES TÍPICAS [11]

Os detalhes construtivos das soluções típicas servem de padrão para a obra, como por exemplo, a modulação horizontal das fiadas, fixação lateral e do topo das alvenarias às estruturas, sistemas de fixação de componentes dos demais subsistemas às alvenarias, tratamento das juntas de assentamento e das juntas de controle, entre outros.

Estes detalhes são apresentados nas primeiras páginas do caderno de elevações para orientação geral e referência das informações contidas nas elevações. A Ilustração 114 mostra um exemplo de uma solução típica.

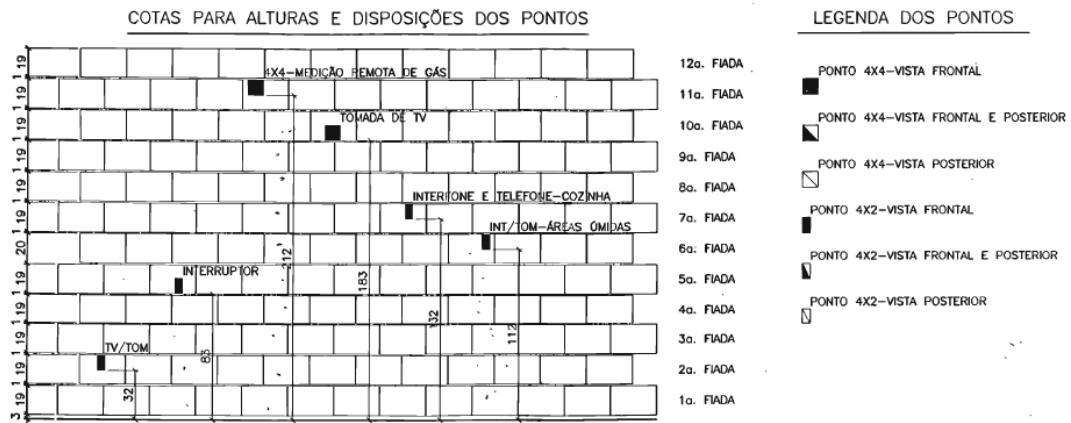


Ilustração 114: Solução típica do detalhamento construtivo, particularizando as alturas e disposições dos pontos elétricos. Fonte: [11]

6.5.4 DETALHAMENTO DE SITUAÇÕES ATÍPICAS [11]

As situações atípicas das vedações verticais de alvenaria são aquelas que caracterizam condições excepcionais como paredes sobre lajes em balanço, paredes muito longas ou com extremidades livres, paredes submetidas a vibrações contínuas ou quaisquer outras situações que possam gerar esforços intensos. Além disso, as paredes com detalhes específicos de instalações hidro-sanitárias e pluviais deverão ser detalhadas.

Os projetistas deverão fazer soluções construtivas diferenciadas a estas paredes, que serão apresentadas em escala de desenho compatível com a complexidade dos detalhes envolvidos e evidenciando as interferências entre os componentes de subsistemas distintos.

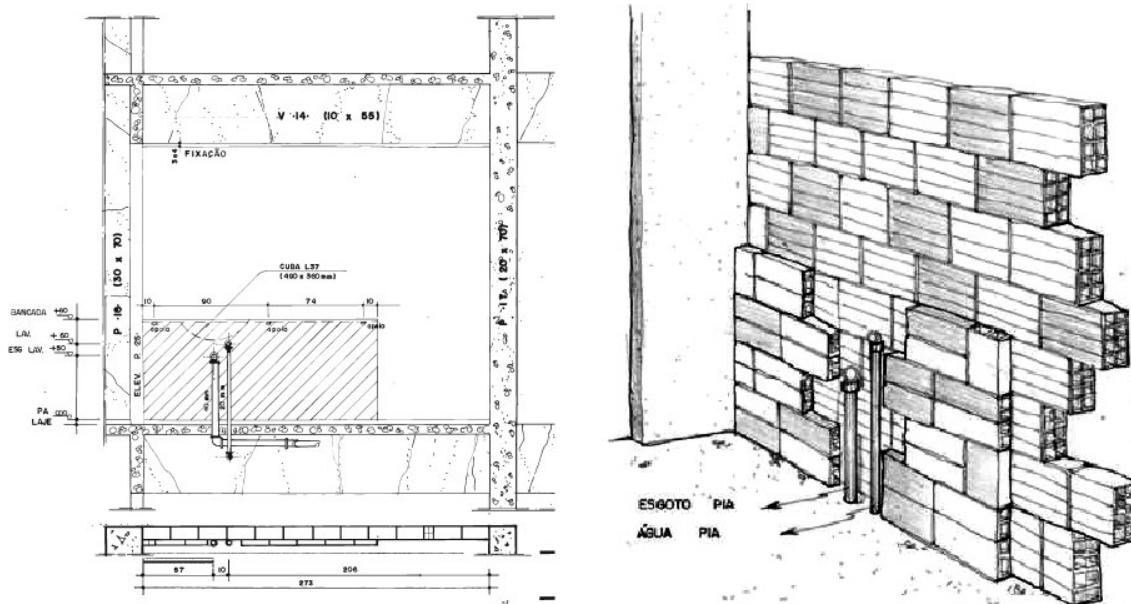


Ilustração 115: Perspectiva e elevação da solução construtiva definida para a parede contendo instalações hidráulicas e sanitárias. Fonte: [11]

6.5.5 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS COMPLEMENTARES [11]

As especificações técnicas serão apresentadas nas páginas iniciais do “Caderno de elevações das alvenarias” e deverão especificar:

- Os componentes da alvenaria (Ilustração 116);
- A argamassa de assentamento, forma de produção e de aplicação (Ilustração 116);
- A preparação da estrutura;
- As fixações laterais e superiores da alvenaria e dos componentes utilizados;
- Os componentes para amarração das paredes (Ilustração 116);
- Os pré-moldados (como vergas e contra-vergas), seus dimensionamentos e forma de produção;
- Definição da seqüência de execução das alvenarias de vedação e de fixação das mesmas à estrutura.

1 ESPECIFICAÇÕES:

1.1 BLOCOS PARA ALVENARIA DA TORRE E PROJEÇÃO DA TORRE NO EMBASAMENTO:

CONCRETO 'VEDAÇÃO'

Bloco 29,7 x 19 x e (9,14,19) Bloco 9,7 x 19 x e (9,14,19)
 Bloco 19,7 x 19 x e (9,14,19) Bloco 4,7 x 19 x e (9,14,19)

CONCRETO 'ESTRUTURAL'

Bloco 19 x 19 x e (9,14,19) Bloco 9,7 x 19 x e (9,14,19)
 Bloco 19 x 19 x e (9,14,19) Bloco 4,7 x 19 x e (9,14,19)

1.2 ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO:

- traço referência em volume úmido 1:1:8 (cimento portland : cal hidratada CH-I : areia média lavada de rio);

1.3 ARGAMASSA PARA CHAPISCO ROLADO:

- traço referência em volume úmido 1:4 (cimento:areia), com adição de adesivo PVA (Rodopás 503 D) na proporção 1:5 (adesivo:água);

1.4 APLICAÇÃO DO CHAPISCO ROLADO COM TIGRE rel. 1355;

1.5 ARGAMASSA PARA FIXAÇÃO SUPERIOR:

- traço referência em volume úmido 1:1:8 (cimento portland : cal hidratada CH-I : areia média lavada de rio) com adição de adesivo PVA (Rodopás 503 D) na proporção 1:15 (adesivo :água);

1.6 JUNTA HORIZONTAL : espessura de 10 mm;

1.7 JUNTAS VERTICais PARA BLOCOS DE CONCRETO DE MODULAÇÃO 29,7x19cm

Juntas verticais sem preenchimento da argamassa (junta seca). Juntas com grande abertura ($\geq 3\text{mm}$), deverão ser preenchidas (considerado em projeto variação do bloco de até 3mm)

1.8 JUNTAS VERTICais PARA BLOCOS DE CONCRETO DE MODULAÇÃO 39x19cm

Juntas verticais com preenchimento da argamassa (junta preenchida indicado em projeto)

1.9 AMARRAÇÃO ENTRE AS ALVENARIAS :

Tela metálica detsoldada galvanizada fabricação MORILAN, marca FAPOL , 1,24 kg/m²
 malha quadrada 10x10 mm, fio Ø 1,0 mm, cortada conforme detalhe.

1.10 AMARRAÇÃO ENTRE ALVENARIA X PILAR :

- a) Fixação da tela metálica nos pilares com ferramenta de açãoamento à pistão (HILTI/WALSYVA)
- b) Pino de aço carbono para fixação da tela metálica nos pilares (HILTI/WALSYVA)

2 PROCEDIMENTOS:

2.1 AMARRAÇÃO ENTRE ALVENARIAS:

- a) Colocação da tela metálica nas juntas de assentamento das ligações especificadas em planta e nas elevações;
- b) Preenchimento completo da tela com argamassa;
- c) Dimensões das telas conforme detalhe;
- d) Amostragem mínima entre blocos deve ser de $\frac{1}{4}$ do bloco.

2.2 LIGAÇÃO ENTRE ALVENARIA X ESTRUTURA:

- a) Uso de tela metálica quando indicado em planta e nas elevações, nas dimensões detalhadas;
- b) Preenchimento completo da junta entre alvenaria e pilar;
- c) Preparação das faces de pilares e vigas em contato com a alvenaria através de limpeza e chapiscamento com pelo menos 24 horas de antecedência;
- d) Preparação do chapisco roulado de modo a obter uma argamassa de consistência fluida, com diluição do adesivo PVA na água de amassamento. Aplicar em duas ou três demãos sobre a estrutura;
- e) Preenchimento completo da junta de fixação entre a alvenaria e a viga/laje com argamassa especificada, nas espessuras previstas no projeto.
- f) Nas paredes seguintes usar 'tela metálica':
- Sobre laje em balcão, mesmo com viga de borda;
- De comprimento superior a 12,0 m;
- Com comprimento entre 5,0 e 12,0 m, sobre elementos estruturais deformáveis;
- Trechos com extremidade livre;
- Vibração contínua;
- Paredes com extremidade superior livre(pilares, muros, etc.);
- Situações pouco comuns, que possam gerar esforços intensos na interface pilar/alvenaria.

25 JUL. 2000

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO	Projeto de Alvenaria de Vedação	DETALHES ESPECIFICAÇÕES	versão	versão	versão	versão	versão

Ilustração 116: Especificações dos blocos, argamassa de assentamento, argamassa para chapisco e ferramentas para aplicação, argamassa para fixação superior, dimensionamento e execução de juntas verticais horizontais, componentes para amarração entre alvenaria e entre alvenaria e pilar. Fonte: [11]

7

EXECUÇÃO E CONTROLE DA ALVENARIA DE VEDAÇÃO

7.1 COMPARAÇÕES DA EXECUÇÃO DA ALVENARIA

Neste capítulo serão comparadas as tecnologias de execução de vedação vertical de alvenaria adotadas em Portugal e no estado de São Paulo, Brasil. Foi escolhido este estado porque foi nele que se desenvolveu a segunda parte deste trabalho e é o maior mercado de construção civil do Brasil. Além disso, a racionalização da alvenaria de vedação foi desenvolvida e aplicada intensamente em São Paulo, sendo que o presente trabalho irá estudar esta tecnologia.

Em Portugal a tecnologia empregada usualmente nas paredes exteriores é a parede dupla com isolamento térmico na caixa de ar, e é crescente o emprego de medidas para correção de pontes térmicas. Será estudada também a tecnologia de paredes de fachada simples com emprego de isolamento térmico exterior que, atualmente, vêm sendo utilizado neste país [10].

Nos itens a seguir serão identificadas as diferenças observadas nas tecnologias de execução da alvenaria pesquisadas nas bibliografias de Portugal e Brasil.

7.1.1 PROGRAMAÇÃO DA ALVENARIA

A execução da estrutura precede o subsistema de vedação; porém, há prazos entre estes serviços que são definidos a fim de evitar o carregamento das alvenarias pela deformação da estrutura.

As estruturas de concreto armado deformam-se; inicialmente, devido ao seu peso próprio e ao peso das paredes. Assim, recomenda-se que a execução da alvenaria seja iniciada quando uma parcela significativa destas deformações já tenha ocorrido para impedir que as ações provocadas por estas deformações sobre as paredes não prejudiquem seus desempenhos [1].

A programação feita para a execução da alvenaria é diferente em Portugal e no Brasil, conforme os tópicos a seguir:

- Portugal: o planejamento mais recomendado é a execução da alvenaria depois de concluída a estrutura e de cima para baixo; porém, tal programação pode ser antieconômica, já que estes serviços estão no caminho crítico da construção. Assim, a alternativa usual é a execução piso sim piso não (Ilustração 117 a), ou começando do 3º para o 1º, depois 6º para o 4º e assim sucessivamente (Ilustração 117 b) [10].

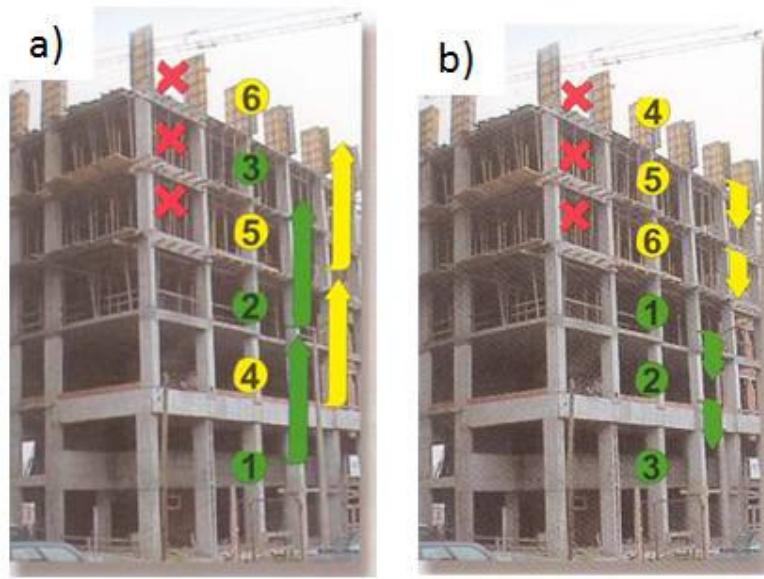


Ilustração 117: Execução da alvenaria piso sim piso não (a), e começando do 3º para o 1º, depois 6º para o 4º e assim sucessivamente (b). Fonte [20]

- Brasil: assim como em Portugal, o ideal seria realizar a alvenaria depois de concluída a estrutura, porém, para a construção não ser antieconômica, os prazos mínimos recomendados para a execução da alvenaria devem ser concretagem do pavimento realizada há pelo menos 45 dias; retirada total do escoramento do pavimento há pelo menos 15 dias; e que o piso superior não possua escoramento [1].

7.1.2 MARCAÇÃO

A atividade de marcação da alvenaria consiste na locação das paredes pela execução da primeira fiada. As condições de início desta atividade são: liberação da estrutura; limpeza do local; chapiscamento da estrutura que terá contato com a alvenaria; a produção da argamassa para assentamento; definição das galgas (fasquias) ou dos escantilhões; posicionamento dos dispositivos que irão proporcionar a ligação do pilar à alvenaria (como “ferro-cabelo” ou telas metálicas eletrossoldadas) [1].

As diferenças na marcação da alvenaria observadas nos países em estudo são:

- Portugal: neste país, normalmente, não há projeto específico para a marcação da primeira fiada, sendo que esta é feita com base em projeto de arquitetura, o qual não possui a modulação nem a distância das paredes em relação ao eixo de referência, há apenas as cotas das paredes.
- Brasil: a marcação da 1ª fiada, especificamente nas grandes construtoras de São Paulo, é feita com base em projeto (Ilustração 118), no qual há a modulação dos blocos a serem utilizados, bem como, a distância de cada parede em relação aos eixos de referência do edifício, os quais devem estar previamente materializados no pavimento.

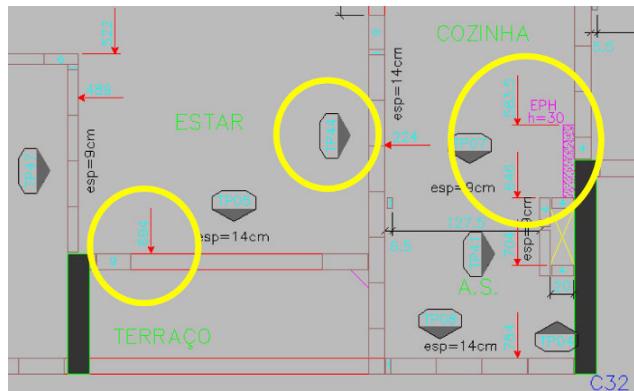


Ilustração 118: Projeto de marcação da primeira fiada. Fonte: [69]

7.1.3 ELEVAÇÃO

A diferença observada na definição das galgas (fasquias) são:

- Portugal: é usual fazer “fasquias” que são as marcas de cada fiada na estrutura, sendo que o número de fiadas em uma parede é determinado por tentativas sucessivas com fita ou compasso, uma vez que não se tem o projeto da alvenaria. Os condicionantes da determinação do número de fiadas são o pé-direito do pavimento e a altura do peitoril da janela e da verga da porta [10].
- Brasil: o projeto de alvenaria racionalizada possui uma folha que mostra a elevação de cada parede ou ao menos a elevação típica (Ilustração 119); assim, o executor possui informações sobre o número de fiadas a realizar e suas alturas. Com base neste projeto, define-se a galga com o auxílio da mangueira ou aparelho de nível [1].

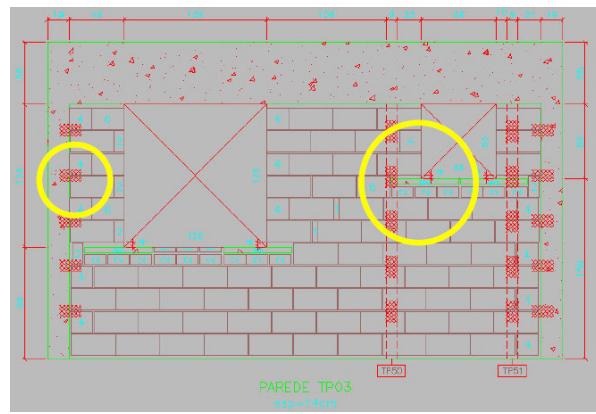


Ilustração 119: Projeto da elevação de uma parede. Fonte: [69]

As demais diferenças na execução da elevação serão discutidas em diferentes atividades: execução das juntas verticais e das juntas horizontais e a definição e reforços dos vãos.

7.1.3.1 Juntas verticais

- Brasil

As juntas verticais das paredes de alvenaria no Brasil devem ser preenchidas na execução da primeira e última fiadas, em paredes que contenham instalações hidráulicas com concentração de cortes na alvenaria e em paredes com panos de grande dimensão (maior que 10 m). Nas demais situações, pode-se realizar o não preenchimento das juntas verticais (Ilustração 120), pois além de economizar material, permite melhor desempenho de absorção de deformações intrínsecas e extrínsecas que podem ocorrer nas paredes[1].

Porém, de acordo com o Professor e projetista Luiz Sérgio Franco¹, atualmente a maioria das grandes construtoras paulistas usam esta junta preenchida na fachada e em paredes entre duas habitações, pois assim a parede terá melhor desempenho acústico.

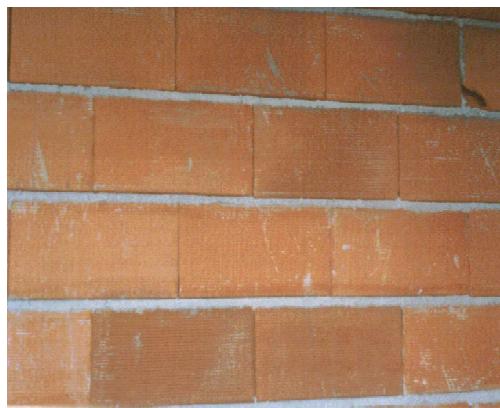


Ilustração 120: Parede sem preenchimento da junta vertical. Fonte: [69]

- Portugal

Apesar da pouca contribuição da argamassa das juntas verticais à resistência à compressão das paredes, estas juntas argamassadas têm grande influência na resistência ao cisalhamento. Assim, como Portugal possui risco sísmico, neste país é desejável o preenchimento de todas as juntas [10].

7.1.3.2 Juntas Horizontais

- Brasil: neste país há grande utilização de blocos (de concreto e cerâmico) com furação vertical. Assim, é usual a aplicação de argamassa em forma de dois cordões longitudinais nas extremidades dos blocos. Tal aplicação pode ser feita com a utilização de colher de pedreiro, meia cana, bisnaga (Ilustração 121 a) e palheta (Ilustração 121 b). [1].

¹: Informações obtidas em entrevista realizada com o Professor Luiz Sérgio Franco no dia 17/11/2008.



Ilustração 121: a) Cordões de argamassa feitos com bisnaga. b) Palhetas. (Fonte: [72])

- Portugal: neste país há poucos blocos com furos verticais de grande dimensão, deste modo é usual a aplicação de argamassa em toda a face superior do bloco com o uso da colher de pedreiro, conforme mostra a Ilustração 122 [10].



Ilustração 122: Elevação de parede em Portugal com uso de colher de pedreiro. Fonte: Camila Kato

7.1.3.3 Definição e reforços dos vãos

- Portugal: é feita com uso de moldes ou pré-aros e apenas a execução da verga é usual neste país, sendo que a caixa de estore (caixa localizada na parte superior da janela e em seu interior é armazenada a persiana) pode também desempenhar a função deste elemento, desde que tenha resistência mecânica adequada [10], [73].

Como em Portugal é usual o emprego de blocos cerâmicos com furação horizontal, na execução dos vãos e dos cunhais deve-se preencher tais furos ou cortar os blocos de modo que ele possa ser assentado com os furos voltados para a vertical. Tais práticas são importantes para isolar termicamente este ponto e evitar a passagem da água de chuvas pelos furos. [10].

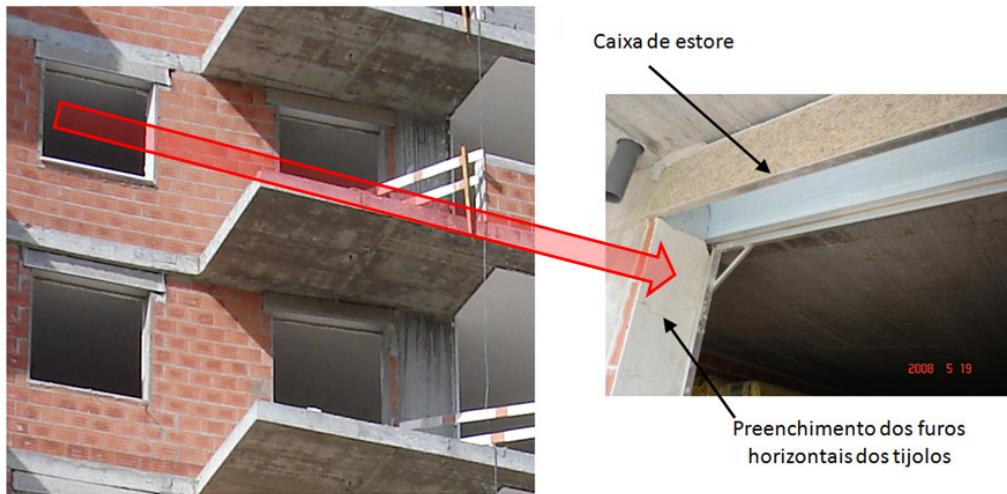


Ilustração 123: Detalhe do preenchimento com argamassa dos furos na lateral do vão e a caixa de estore.
(Fotos: Mércia Barros)

- Brasil: para a definição de vãos, é comum o uso de gabaritos metálicos (Ilustração 124 a) e de contramarcos pré-moldados de concreto (Ilustração 124 b). Há ainda, empresas que utilizam batentes metálicos envolventes que se tornarão peças definitivas no edifício (ação 12 c).



Ilustração 124: Elementos que definem vãos de esquadrias - a) Gabarito metálico; b) Contramarco . C) Batentes envolventes.

Neste país a execução de vergas e contravergas pode ser feita com elementos pré-moldados de concreto (Ilustração 125) ou pode ocorrer durante a elevação com o emprego de blocos canaleta preenchidos com concreto ou utilizando formas de madeira, sendo necessário nestes casos, o escoramento da verga [1].



Ilustração 125: Vergas pré-moldadas de concreto. Fonte: [72]

7.1.4 FIXAÇÃO

- Portugal

A execução da fixação da alvenaria é feita com neoprene em tubo, tira de poliestireno expandido (Ilustração 126), ou com argamassa, sendo que a junta deve ter aproximadamente 1 cm para não ocorrer problemas de estabilidade. A recomendação portuguesa é a de que este serviço seja feito quando pelo menos 50% de todas as elevações de alvenarias estiverem finalizadas, sendo que a execução deste serviço deve ser feito, preferencialmente, de cima para baixo. Além disso, é recomendado que a fixação ocorra após 14 dias da execução da última fiada [10], [67].



Ilustração 126: Fixação da alvenaria com poliestireno expandido

- Brasil [1]

A fixação da alvenaria na laje ou na viga é feita de modo que ela não receba acréscimo de solicitações devido ao seu aperto contra a estrutura. Assim, as recomendações brasileiras são de que a fixação seja feita por um único oficial pedreiro utilizando a mesma argamassa de assentamento ou, preferencialmente, por uma de menor rigidez e maior potencial de aderência. Nos casos em que a estrutura é muito deformável, recomenda-se que o material a ser utilizado seja a espuma de poliuretano, devido a sua elevada capacidade de absorver deformações (Ilustração 127).

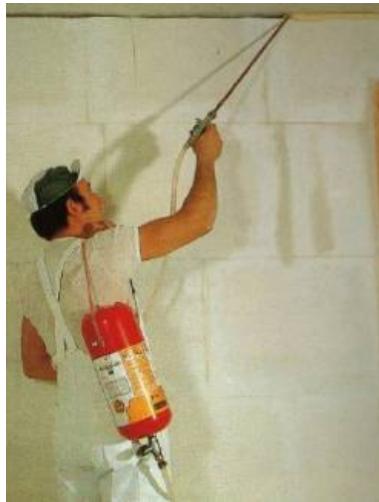


Ilustração 127: Fixação com espuma de poliuretano. Fonte: [72]

O preenchimento da junta deverá ser completo na altura e de no mínimo 70% na largura da parede. Além disso, o ideal é que o preenchimento desta junta seja feita com uma bisnaga. A execução pode ser realizada em uma face primeiro e depois na outra, sendo que no caso das paredes externas, o preenchimento da face externa deverá ser feito quando do preparo da base para o recebimento do revestimento de fachada e, preferencialmente, com pelo menos 3 dias de antecedência à execução do revestimento.

A fixação deverá ser feita após 30 dias da execução da alvenaria do último de quatro pavimentos, além disso, deverá ter sido concluída a elevação da alvenaria de pelo menos três pavimentos acima. Há limitações diferenciadas para a fixação da alvenaria do último lote de pavimentos, pois usualmente está no caminho crítico da obra; assim, a execução deste serviço deverá ser feita quando a elevação do último pavimento tenha sido feita há pelo menos 30 dias, além disso, o telhado e o isolamento térmico da laje de cobertura deverão estar concluídos.

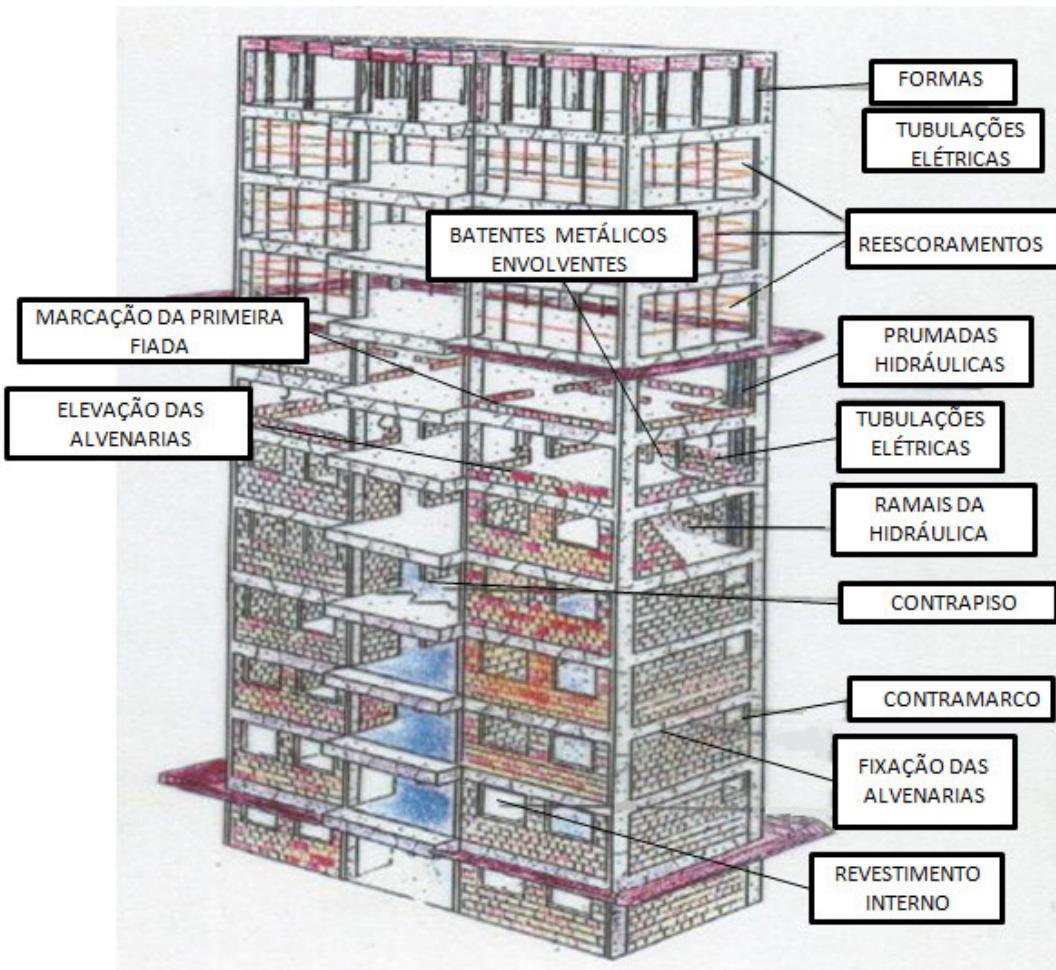


Ilustração 128: Exemplo do planejamento da execução de um edifício de acordo com uma grande construtora brasileira. Fonte: [72]

7.2 PAREDES DUPLAS [10], [67],[74]

Em Portugal, as paredes exteriores correntes são constituídas por dois panos de alvenaria cerâmica com caixa de ar entre eles. Como esta solução não é empregada em São Paulo, e nem mesmo no Brasil, a seguir será descrita a execução deste tipo de parede, considerando-se somente as recomendações portuguesas.

Primeiramente, são feitos serviços anteriores à execução da alvenaria propriamente dita; assim, são realizados a marcação de cotas dos pavimentos nos pilares, a verificação do alinhamento dos elementos estruturais, o chapiscamento dos pilares, a colocação das barras de espera na estrutura quando previstos em projeto para a ligação da alvenaria (Ilustração 129) e a marcação do alinhamento das paredes.

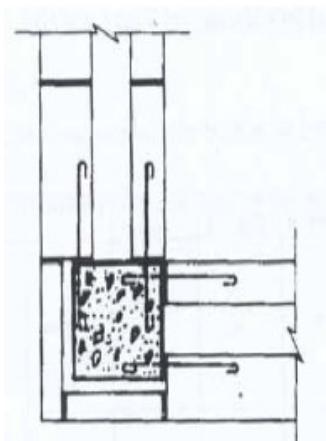


Ilustração 129: Barras de espera chumbadas previamente ao pilar, a fim de se fixar a alvenaria neste elemento.

Fonte: [75]

Durante a execução da primeira fiada de alvenaria da parede, deve-se inserir os tubos de drenagem salientes para o exterior e espaçados de 2 metros (Ilustração 130). Estes tubos conduzirão a água condensada na caixa de ar para o exterior da edificação. Estes tubos deverão estar, inicialmente, tapados com rolha ou papel para evitar sua obstrução.



Ilustração 130: Tubo de drenagem. Fonte: [10]

Na execução da primeira fiada são evidenciadas a posição dos vãos e os ângulos. Primeiramente esta fiada é feita para o pano exterior, sendo que os blocos deverão estar com 2/3 de sua espessura apoiado na laje, pois este pano deverá se alinhar com a forra que cobrirá a laje, as vigas e os pilares. A Ilustração 131 mostra um corte da parede dupla com detalhe da forra de uma viga e a Ilustração 132 mostra o tijolo usado nesta forra.

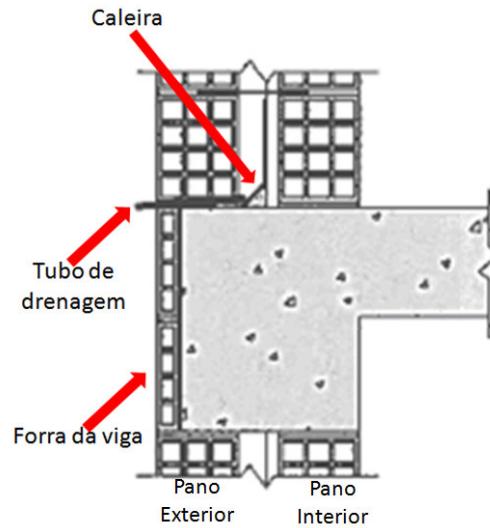


Ilustração 131: O Pano exterior deverá estar com, no mínimo, 2/3 de sua espessura apoiada na laje. Fonte [10]



Ilustração 132: Tijolo utilizado na forra. (Foto: Mercia Barros)

Posteriormente, é feita a elevação da parede exterior com o auxílio dos prumos. A junta horizontal deve ser completamente preenchida com argamassa, ocupando-se toda a face superior do bloco, o qual deverá ser sempre molhado para não absorver a água da argamassa. Para a fixação lateral do bloco, deve-se “chapar” a argamassa nesta face. Após o correto posicionamento do bloco, remove-se o excesso de argamassa nas laterais do pano. A Ilustração 133 mostra a elevação da parede com uso de prumo.



Ilustração 133: Elevação da parede. Fonte: [10]

Durante a elevação da alvenaria deve-se colocar os grampos de ligação e realizar a forra de lajes e vigas com a utilização, normalmente, de tijolos com 4 cm de espessura. Deverá ser continuamente verificada a verticalidade do pano.

O pano interior é iniciado com a execução de sua primeira fiada. Antes da sua elevação, deve-se executar a caleira na caixa de ar que irá conduzir a água para os tubos de drenagem e apoiar as placas de isolamento. A caleira (conforme a Ilustração 134) é feita de argamassa revestida com emulsão betuminosa, com o formato de meia-cana, com uma curvatura adequada para o escoamento da água para os tubos de drenagem. Como anteriormente salientado, a distância mínima entre o pano interior e o exterior deve ser de 2 cm para evitar a transmissão térmica por radiação, mas deve ter no máximo 5 cm de distância para evitar a transmissão por correntes de convecção [67].



Ilustração 134: Execução da caleira. Fonte: [10]

Antes da elevação do pano interior, retiram-se as tampas dos tubos de drenagem e coloca-se uma forra de papel para proteger a caleira da queda de argamassa, conforme mostra a Ilustração 135. Para a retirada posterior desta forra, deve-se deixar aberturas provisórias na 1^a e 2^a fiadas. Ainda antes da elevação, devem ser colocados os isolamentos rígidos apoiados na caleira, sendo que seus afastamentos do pano exterior podem ser feitos com o uso de espaçadores, atravessando-os com os grampos de ligação ou através de calços colados à placa [10].

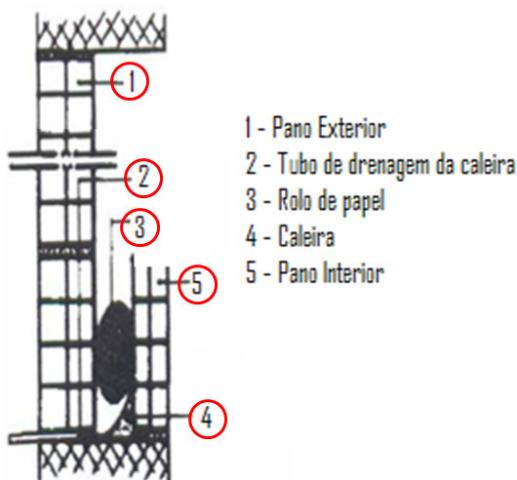


Ilustração 135: Execução do pano exterior, detalhe da forra de papel para proteger a caleira. Fonte: [75]

Segue-se, então, a elevação do pano interior da parede dupla fixando os grampos de ligação, os quais deverão ter ligeira inclinação para a parede exterior ou serem dotados de pingadeira. O detalhe 5 da Ilustração 136 mostra a localização de um grampo de ligação.

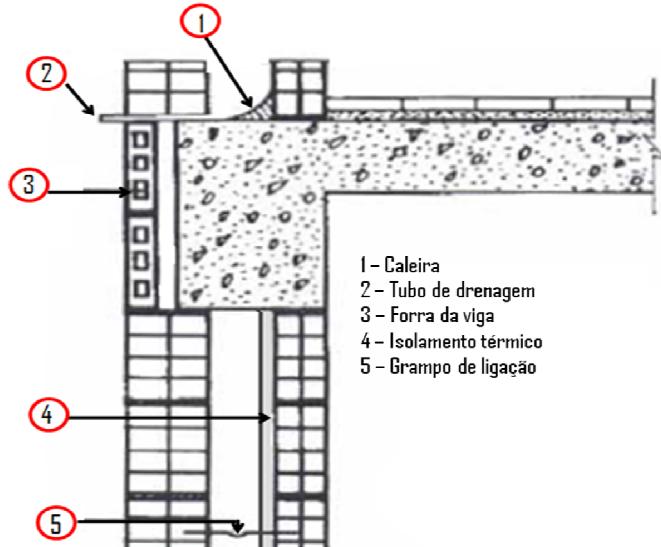


Ilustração 136: Corte da parede dupla. Fonte: [75]

Após a elevação da parede interior, deve-se retirar a forra de papel e assentar os blocos das aberturas feitas na 1^a e 2^a fiadas. Além disso, devem ser verificados o alinhamento das fiadas, a verticalidade, a planicidade e a ortogonalidade das paredes, seu alinhamento com a estrutura, o aspecto geral das juntas, bem como suas dimensões, o completo preenchimento das juntas verticais de ligação à estrutura e prumo.

A fixação da alvenaria pode ser feita com a utilização de um tubo de neoprene, com tira de poliestireno expandido ou com argamassa.

Foi exemplificada a execução da parede dupla pelo interior com isolamento rígido. Porém, tal execução também pode ser feita pelo exterior com uso de andaimes, ou seja, primeiro executa-se o pano interior e depois o exterior, sendo que este procedimento é favorável nos casos em que o isolamento é projetado (Ilustração 137). Além disso, há a possibilidade da execução simultânea dos dois panos, o que facilita a aplicação dos grampos, mas apresenta maior dificuldade de execução.



Ilustração 137: Parede dupla com tijolo à vista executada pelo exterior e isolamento térmico de poliuretano projetado. Fonte: www.pombalinjecta.com acesso no dia 09/ 02/ 2009.

7.3 ISOLAMENTOS [10]

No item 6.3 listaram-se os tipos de isolamentos utilizados em Portugal. A aplicação destes materiais na caixa de ar é realizada de modo diferenciado no caso de materiais rígidos, flexíveis, a granel ou injetados. Além disso, o isolamento pode ser aplicado pelo exterior ou interior da parede dupla.

7.3.1 MATERIAIS RÍGIDOS

A aplicação deste tipo de isolamento foi exemplificada no item 7.2; porém, alguns cuidados adicionais devem ser tomados nesta execução.

Os isolamentos rígidos apresentam-se como placas rígidas de espessuras que variam de 3 a 5 cm. Eles devem ser imputrescíveis, indeformáveis e ter reduzida absorção de umidade devido à possibilidade de o pano exterior ter baixa estanqueidade.



Ilustração 138: Métodos para auxiliar a fixação dos isolamentos rígidos, sendo E o pano exterior e I o pano interior. Fonte: [10]

As placas na caixa de ar devem estar aprumadas e, com o auxílio de espaçadores, calços ou fixadores, ficar encostadas no pano interior, sem que exista juntas abertas entre os isolamentos. Para evitar a circulação de ar e facilitar a aplicação do isolamento.

7.3.2 MATERIAIS FLEXÍVEIS

Os isolamentos flexíveis são deformáveis e possuem, geralmente, formato de manta, que pode ser cortada com a altura da parede a isolar. Eles possuem aplicação similar ao isolamento rígido; porém, a ordem de execução da parede deve ser primeiro o pano interior e após o pano exterior, para uma melhor colocação e garantia das exigências citadas no item anterior.



Ilustração 139: Isolamento flexível utilizado na parede de divisa entre duas habitações. Fonte: Camila Kato

7.3.3 MATERIAIS PROJETADOS

A projeção de compostos sintéticos para isolar termicamente uma parede possui como vantagens a capacidade de aderência destes materiais, a impermeabilidade à água e o resultado de uma camada com poros fechados que cobre todas as irregularidades da parede, garantindo a continuidade do isolamento, o que torna o sistema de isolamento térmico mais eficaz.

Porém, assim como no caso de materiais flexíveis, a projeção só poderá ser feita no caso em que a parede dupla seja executada pelo exterior, empregando-se andaimes. Além disso, este método apresenta a dificuldade de garantir uma espessura uniforme em toda a parede.



Ilustração 140: Isolamento de poliuretano projetado. Fonte: www.pombalinjecta.com acesso no dia 09/02/2009.

7.3.4 MATERIAIS A GRANEL

Consiste no preenchimento total da caixa de ar por materiais isolantes a granel. Este preenchimento pode ser feito em etapas ou antes da execução da última fiada.

Este tipo de isolamento não é usual, pois possui dificuldades como garantir o completo preenchimento da caixa de ar, garantir que o material não seja absorvente e nem se compacte ou adense com o tempo, ou que diminuiria o volume do isolamento, além da dificuldade em impedir a obstrução do tubo de drenagem pelo material, ou sua saída através dele.

7.3.5 MATERIAIS INJETADOS

Este método consiste na injeção de espumas industriais na caixa de ar, geralmente realizado para reabilitação de edifícios.

As limitações do sistema é a garantia do completo preenchimento, a insensibilidade à ação da água e verificação de características físicas e químicas como a estabilidade dimensional e a eventual liberação de gases nocivos resultantes dos solventes ou agentes expansores.

7.3.6 ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR

Este isolamento é considerado como o mais eficaz devido à elevada inércia térmica e redução das pontes térmicas. Devem ser duráveis e resistentes às intempéries, pois funcionam como revestimentos da fachada. As técnicas mais empregadas são:

- Isolamento térmico pelo exterior composto por placas rígidas de revestimento independente, com caixa de ar (“bardage”). Neste isolamento as placas são fixadas sobre uma estrutura secundária independente colocada sobre a parede, sendo que entre estes elementos existirá uma caixa de ar.
- Revestimento sintético delgado armado sobre isolamento térmico. Este isolamento, também conhecido como ETICS (*External Thermal Insulation Composite System*), exige a regularidade da superfície do suporte para a fixação das placas. O isolante térmico é fixado à parede com aplicação de cola ou com auxílio de fixações mecânicas. Sobre o isolante é aplicada uma camada de base de revestimento mineral ou mista que é armada, normalmente, por uma tela de fibra de vidro protegida contra a ação de ácalis. Esta armadura ficará coberta pelo material da camada de base e, sobre ele, aplica-se o revestimento final. A Ilustração 141 mostra as diferentes partes constituintes deste revestimento.

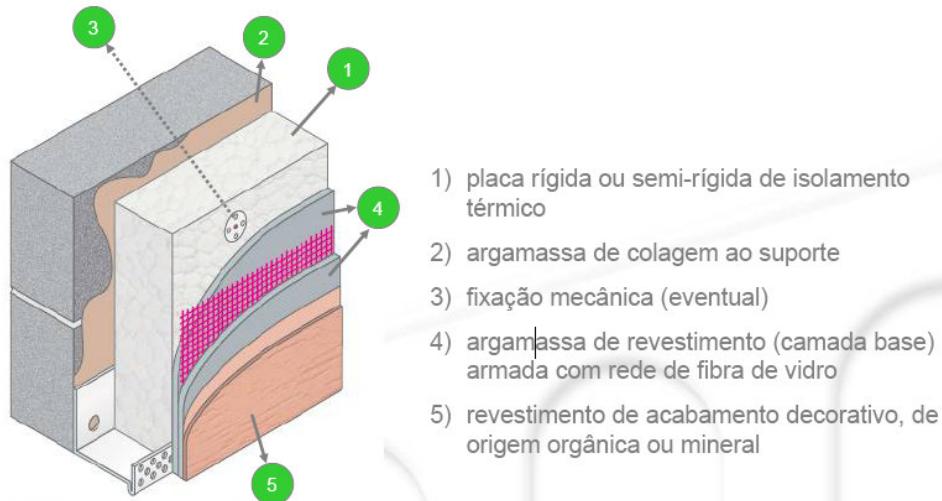


Ilustração 141: Esquema de uma parede com revestimento ETIC. Fonte: [76]

7.4 INTERAÇÃO COM AS INSTALAÇÕES

Neste item serão discutidas as principais diferenças na execução das instalações elétricas e hidráulicas.

7.4.1 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS [1], [77], [10]

- Brasil

Estas instalações, executadas de acordo com a racionalização da alvenaria no Brasil, são embutidas nos furos verticais dos blocos. Além disso, a passagem dos eletrodutos para a posição certa da parede em um pavimento é feita pelo posicionamento destes elementos durante a concretagem da laje, ou seja, os eletrodutos são embutidos no concreto da laje.



Ilustração 142: Embutimento dos eletrodutos na laje e sua passagem nos furos dos blocos. Fonte: [77]

Para racionalizar ainda mais a execução, construtoras tem feito a colocação das “caixinhas elétricas” através de seu prévio embutimento nos blocos em centrais do canteiro (Ilustração 143), ou através da utilização dos chamados blocos elétricos que possuem previsões para estas instalações,

conforme a Ilustração 144 mostra. As localizações dos eletrodutos e dos blocos com “caixinhas” elétricas são previstas nos projetos de vedações em alvenaria.



Ilustração 143: Embutimento das “caixinhas elétricas” nos blocos. Fonte: [72]

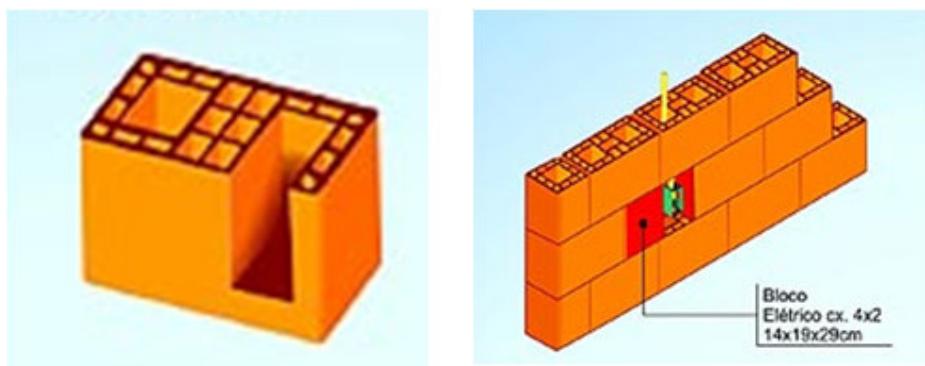


Ilustração 144: Bloco elétrico. Fonte: www.ceramicacanella.com.br Acesso dia 09/02/2009.

Outra solução utilizada nas instalações elétricas é a quadro de luz pré- moldado, conforme mostra a Ilustração 145.



Ilustração 145: Utilização de pré-moldado na caixa de luz. Fonte: [77]

- Portugal

As instalações elétricas de Portugal muitas vezes são embutidas no contrapiso; assim, sua passagem pela parede é feita de baixo para cima. A execução é feita, primeiramente, com a marcação

da passagem dos eletrodutos, cortes na alvenaria para a colocação deles e posterior preenchimento com argamassa.

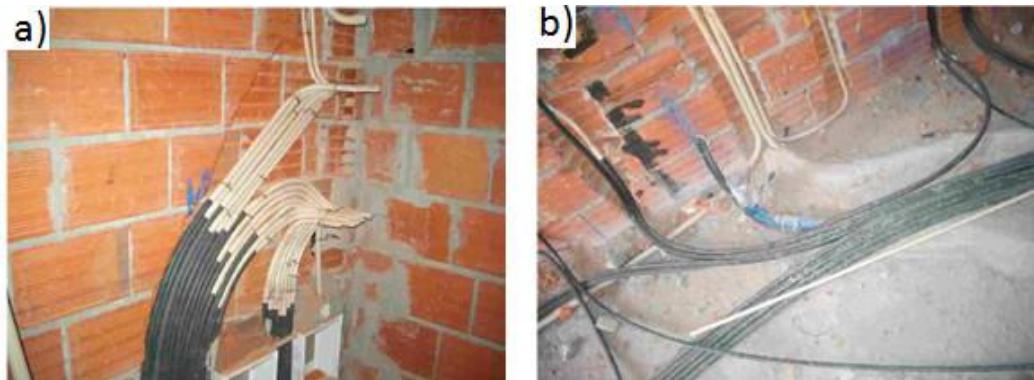


Ilustração 146: a) Convergência de eletrodutos para instalação de quadro elétrico. b) Embutimento de instalações no contra piso. Fonte: Almeida, Bruno et al. construlink.com

Outra diferença que pode ser notada é o material dos eletrodutos, já que em Portugal é comum a utilização de eletrodutos (tubos) semi-rígidos.



Ilustração 147: Tubo Jotagris ‘Erfe’ da JSL – Material elétrico. Fonte: <http://jsl.lvengine.com> – último acesso: 02/01/2009

7.4.2 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS [1], [70], [10]

- Brasil

As instalações hidráulicas são, normalmente, feitas com cortes da alvenaria com serra elétrica, de acordo com o posicionamento previsto no projeto de alvenaria. Após a colocação das tubulações, os cortes são preenchidos com argamassa e, no caso de cortes maiores, é necessário colocar pedaços de blocos e posteriormente, seu preenchimento com argamassa.

Porém, estes cortes devem ser evitados para racionalizar a execução, melhorar a estabilidade da parede e diminuir a geração de entulhos. Deste modo, pode-se executar “shafts” que concentram as prumadas e, consequentemente, as tubulações hidráulicas. Este tipo de solução construtiva pode ser “visitável” (Ilustração 148 a) e “não visitável” (Ilustração 148 b).

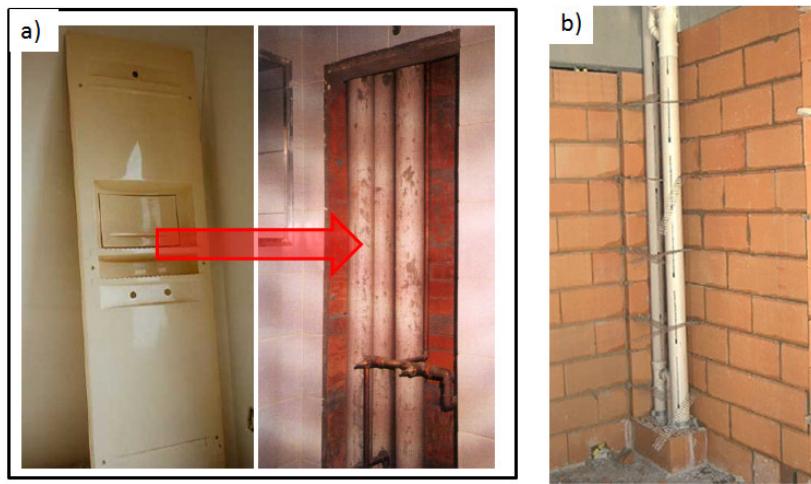


Ilustração 148: a) “shaft” visitável; b) “shaft” não-visitável. Fonte: [70]

Outra solução empregada é o embutimento das tubulações em forros, conforme a Ilustração 149 mostra.



Ilustração 149: Embutimento das instalações hidráulicas no forro. Fonte: [70]

Assim como nas instalações elétricas, há blocos especiais que permitem a passagem de tubulações pelos furos destes blocos, evitando cortes na alvenaria (Ilustração 150).

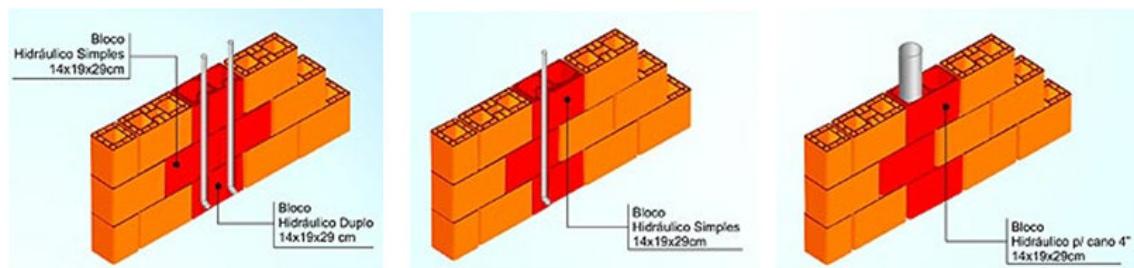


Ilustração 150: Blocos especiais para instalações hidráulicas. Fonte: www.ceramicacanella.com.br Acesso dia 09/02/2009.

Outras soluções racionalizadas para as instalações hidráulicas são a utilização de “kits” para os ramais, que são montados em centrais do canteiro e podem ser pré-testados, e utilização de tubulações aparentes ou com carenagem (Ilustração 151).



Ilustração 151: Exemplo de uso de carenagem em tubulações hidráulicas. Fonte: [70]

- Portugal

A execução da instalação hidráulica em Portugal é similar à do Brasil; porém, como não há projetos de alvenaria, a localização dos tubos deve ser feita a partir da compatibilização dos projetos de arquitetura e hidráulica, sendo que a passagem destes tubos é indicada com a marcação do trajeto na parede.

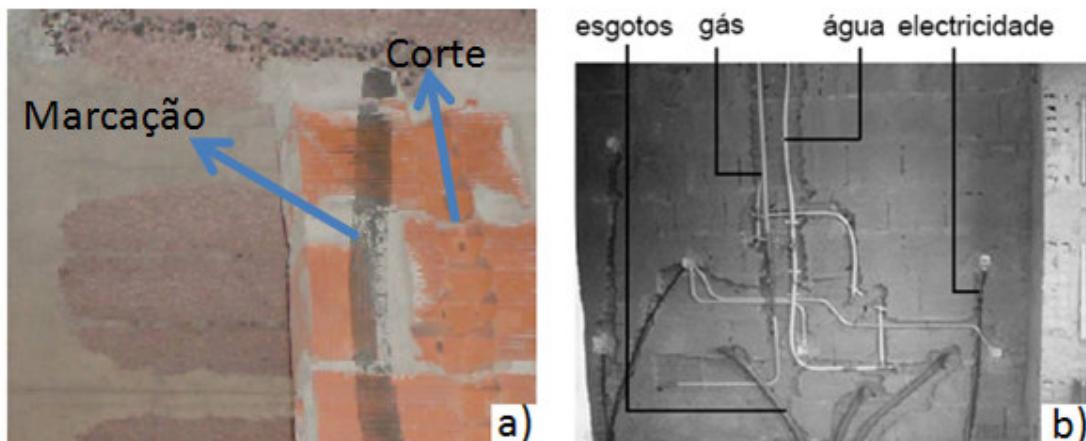


Ilustração 152: a) Marcação e corte da parede. b) Cortes feitos para diferentes tipos de instalações. (Fonte: [78]).

Neste país é comum o uso de tubos em Polietileno Reticulado (PEX), que são flexíveis e permitem seu embutimento no pavimento.

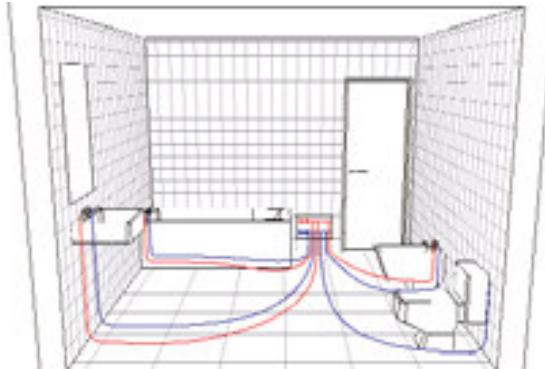


Ilustração 153: Embutimento de PEX no pavimento. Fonte: EPAL – Regras básicas para uma boa instalação de abastecimento de água potável. Disponível em: WWW.epal.pt – Último acesso: 10/12/2008

7.5 CONTROLE DA EXECUÇÃO DA ALVENARIA

A racionalização da produção da vedação de alvenaria pode ser obtida empregando-se três ações fundamentais: a elaboração de um projeto, a correta execução e o controle da produção [12].

Para que o controle seja eficaz deve-se capacitar as pessoas a realizarem tal serviço. Além disso, é importante definir uma metodologia contendo [12]:

- a definição das responsabilidades no processo de produção e controle;
- diretrizes do acompanhamento dos serviços;
- mecanismos de recebimento de cada atividade;
- definição de tolerâncias para aceitação dos serviços;
- parâmetros para correções das não conformidades;
- o método de circulação das informações decorrentes do processo de controle;
- modo como o controle subsidiará novos projetos.

O controle a ser realizado na alvenaria de vedação pode ser feito de acordo com as verificações e critérios de avaliações mostrados nas Tabelas 65, 66 e 67.

Tabela 63: Verificações e critérios de avaliação - FASE DE MARCAÇÃO. Fonte: [79]

Item de verificação	Metodologia e critério de avaliação
	Verificar se as indicações para colocação de ferros-cabelo (ou telas metálicas eletrossoldadas) e preenchimento de juntas verticais estão definidas.
Condições para o início da marcação	<p>Observar a transferência dos eixos da estrutura, com uma tolerância de $\pm 2\text{mm}$.</p> <p>Assegurar a limpeza do andar (remoção de gastos, pregos da estrutura, aços de amarração de pilares e vigas, poeira e materiais soltos).</p> <p>Checar a execução do chapisco com 72 horas de antecedência.</p>
	Averiguar a transferência das cotas de nível, com uma tolerância de $\pm 2\text{mm}$.
Limpeza e umedecimento da fiada da marcação	Verificar a remoção de poeira e o borrifamento de água, com uma broxa, na fiada de marcação.

Item de verificação	Metodologia e critério de avaliação
Distribuição e assentamento de blocos	<p>Certificar-se da conformidade com o projeto, atentando para a espessura das juntas entre blocos de extremidade e peças estruturais, com uma tolerância de ± 3 mm. As juntas entre blocos intermediários devem ter de 3 mm a 8 mm.</p> <p>Atentar para que os blocos sejam assentados em pé e preenchidos com argamassa.</p>
Alinhamento	Avaliar o alinhamento das paredes com uma régua de alumínio com nível bolha acoplado - a bolha deve encontrar-se entre as linhas.
Nivelamento	Averiguar o nivelamento da fiada de marcação com uma régua de alumínio com nível bolha acoplado - observar se a bolha permanece entre linhas.
Esquadro	Verificar o esquadro dos ambientes por intermédio de um esquadro de alumínio (60 x 80 x 100 cm), admitindo um desvio máximo de 2 mm na ponta do maior lado.
Vãos de portas	Verificar a abertura do vão conforme o projeto, com uma tolerância de ± 5 mm.

Tabela 64: Verificações e critérios de avaliação - FASE DE ELEVAÇÃO [79]

Item de verificação	Metodologia e critério de avaliação
Condições para o início da elevação	<p>Verificar se a marcação está totalmente concluída.</p> <p>Conferir as galgas marcadas nos vãos.</p> <p>Checar se os ferros-cabelos (ou telas metálicas eletrossoldadas) estão posicionados nos locais previstos</p> <p>Assegurar que os blocos estejam distribuídos nos andares.</p> <p>Averiguar se a argamassadeira, os caixotes e cavaletes estão preparados.</p> <p>As prumadas hidráulicas devem ser executadas, mas não antes da marcação.</p> <p>Verificar a fabricação das vergas e contravergas.</p> <p>Verificar a aplicação da argamassa nas duas laterais dos blocos.</p>
Aplicação da argamassa	<p>Durante a execução do serviço, verificar o correto uso dos equipamentos, principalmente da bisnaga e/ou desempenadeira para a aplicação da argamassa.</p> <p>Averiguar, com uma trena metálica ou com um metro articulado, a espessura das juntas horizontais conforme o projeto de alvenaria, admitindo uma tolerância de ± 3 mm.</p>
Item de verificação	Metodologia e critério de avaliação
Prumo e Planicidade	Verificar com a elevação à meia altura após a retirada do andaime, utilizando uma régua de alumínio com nível de bolha acoplado - a bolha deve estar entre as linhas.
Aspecto geral	Avaliar, visualmente, observando a regularidade da parede; a limpeza de rebarbas de argamassa; o preenchimento das juntas verticais quando necessário; a colocação de reforços metálicos nos locais previstos; possíveis falhas nas juntas horizontais e a abertura para fixação, com 15 mm a 35 mm de espessura.
Posicionamento de "caixinhas"	Verificar o posicionamento das "caixinhas" de elétrica segundo o projeto, com atenção especial para o alinhamento horizontal entre elas, admitindo uma tolerância máxima de 3 mm.
Vãos de portas e janelas	<p>Verificar a abertura do vão em conformidade com o projeto, admitindo uma tolerância de ± 5 mm.</p> <p>Averiguar o assentamento das vergas e contravergas.</p>

Tabela 65: Verificações e critérios de avaliação - FASE DE FIXAÇÃO [79]

Item de verificação	Metodologia e critério de avaliação
Condições para o início da fixação	<p>Verificar a execução da estrutura de dois a três pavimentos acima do qual será feita a fixação - em se tratando do último pavimento, deve-se aguardar um mínimo de sete dias para sua fixação.</p> <p>Averiguar a execução da alvenaria do maior número possível de pavimentos, sem fixação.</p>
Fixação das paredes internas	Checkar, visualmente, o total preenchimento do vão que deve cobrir toda a largura do bloco.
Fixação de paredes de fachada	Verificar se o preenchimento pelo lado interno do andar atinge pelo menos dois terços da espessura dos blocos. O terço restante deve ser preenchido com a mesma argamassa de fixação utilizada internamente. Esta verificação deve ser feita durante a execução do chapisco da fachada.

8

ESTUDO DE CASOS

A execução da alvenaria será estudada de acordo com obras visitadas em Portugal e em São Paulo. Em Portugal foi visitada apenas uma obra devido ao pouco tempo disponível. No Brasil, foram estudadas obras de grandes construtoras, em São Paulo, através de um processamento de 11 trabalhos de 2008 da disciplina de “Tecnologia de Edifícios 2”, cujos resultados encontram-se sintetizados no ANEXO 2. Além disso, serão apresentadas as características de produção da obra Well, que a autora do presente trabalho visitou em 2007.

8.1 BRASIL

A partir do estudo feito sobre as obras de São Paulo, verificou-se que as construções possuem paredes simples sem quaisquer tipos de isolamento. Os trabalhos também mostraram que as obras estão utilizando o projeto para a produção da alvenaria de vedação vertical.

Os blocos mais utilizados têm sido os cerâmicos (seis obras) e de concreto (cinco obras) com furação vertical, sendo que a escolha, de acordo com o projetista Luiz Sérgio Franco¹, é feita, geralmente, a partir da parceria da construtora com a fabricante de blocos.

Para racionalizar a construção, muitas construtoras têm utilizado centrais para a pré-fabricação de peças, como as vergas e contra-vergas pré-fabricadas de concreto, conforme a Ilustração 154 a) mostra. As centrais são utilizadas também para a pré-colocação da caixa elétrica no bloco (Ilustração 154 b) e a montagem de “kits” hidráulicos para instalações que se repetem. Estes elementos são previstos em projeto e a sua pré-fabricação aumenta a produtividade da obra.

¹: Informações obtidas em entrevista realizada com o Professor Luiz Sérgio Franco no dia 17/11/2008.

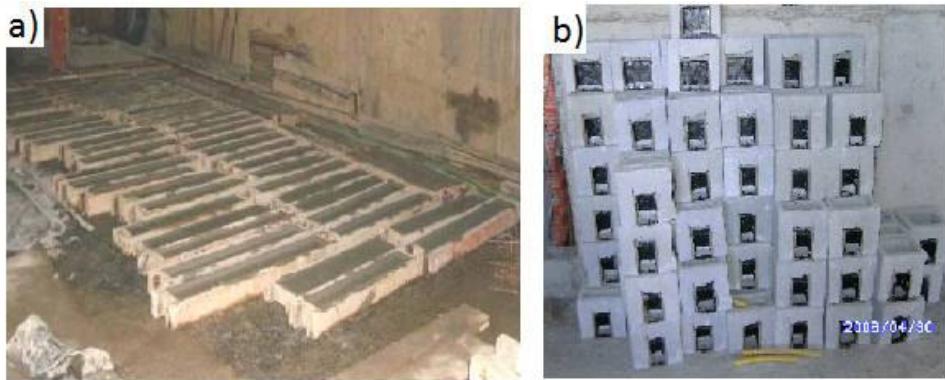


Ilustração 154: a) Central de Produção de vergas (Fonte: Carolina Chaves e Diego Gazolli). b) Embutimento de caixinhas elétricas à direita (Fonte: André Sandor B. K. Sonoski, Danielle F. Morais de Melo, Frederico Abdo de Vilhena)

Em relação à escolha da argamassa de assentamento, seis obras utilizaram argamassa feita em canteiro e cinco delas, argamassa industrializada ensacada (Ilustração 155). Normalmente, a escolha por argamassa feita em obra dependerá da realização de estudos sobre o seu traço para que ela possua as características adequadas ao uso. Assim, nos casos em que não foi feito este estudo, o mais usual é a escolha por argamassa ensacada.



Ilustração 155: Argamassa ensacada. Fonte: Bruno Boldrini de Carvalho Coelho, Felipe Boldrini de Carvalho Coelho, Fabio Yabeku Takey

Há ainda obras que possuem a central de dosagem de argamassa (Ilustração 156), onde o material necessário para a argamassa é estocado e separado em sacos de cores diferentes e pesos diferentes, de forma a facilitar a execução pelos funcionários.



Ilustração 156: Dosagem dos constituintes da argamassa (Foto:Camila Kato).

No caso de a obra separar os materiais da argamassa em sacos coloridos, sua dosagem pode ser fornecida de acordo com a quantidade de cada saco, conforme mostra a Ilustração 157



Ilustração 157: Dosagem da argamassa de acordo com quantidade de sacos de cores e constituintes diferentes.

Fonte: Carolina Chaves e Diego Gazolli.

Nas obras pesquisadas a argamassa era feita mecanicamente com uso de argamassadeira (Ilustração 158 a) ou betoneira (Ilustração 158 b).



Ilustração 158: a) Argamassadeira (fonte: André Sandor B. K. Sonoski, Danielle F. Morais de Melo, Frederico Abdo de Vilhena). b) Betoneira (Foto: Camila Kato)

Para uma maior aderência entre a alvenaria e a estrutura, é feita uma escovação desta com uma escova de aço e seu chapiscamento. No encontro entre a alvenaria e os pilares, são fixadas telas eletrossoldadas (Ilustração 159) que ligarão os blocos aos pilares a fim de evitar a fissuração da parede.



Ilustração 159: Telas metálicas eletrossoldadas em pilares com chapisco. Fonte: Camila Kato

A limpeza do pavimento, a materialização dos eixos de referência do edifício e a molhagem da superfície do pavimento são tarefas preliminares à execução da primeira fiada. Os eixos são materializados com a sua marcação no pavimento, conforme mostra a Ilustração 160, e eles serão a referência da locação de cada parede, ou seja, cada uma terá uma posição de acordo com os eixos X e Y do edifício.



Ilustração 160: Materialização dos eixos ortogonais previamente definidos no projeto de alvenaria, coincidente com os eixos definidos para os demais projetos do edifício (arquitetura, estrutura e sistemas prediais). Fonte: Camila Kato

O projeto de alvenaria determina como será a disposição dos blocos na execução da primeira fiada. Esta atividade é feita, geralmente, por equipes especializadas, as quais marcam no contrapiso a posição das paredes a partir dos eixos de referência (Ilustração 161 a). Os blocos são posicionados e executa-se a primeira fiada (Ilustração 161 b).

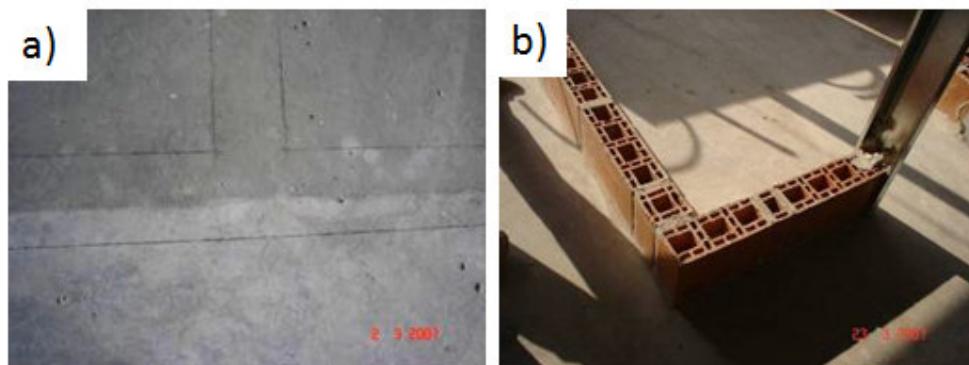


Ilustração 161: Marcação da localização da parede e primeira fiada. Fonte: Camila Kato

Dos trabalhos estudados, apenas em sete deles foi identificada a ferramenta utilizada para a aplicação da argamassa. Deste modo, os números de obras por tipo de ferramenta utilizada são: quatro obras utilizaram bisnaga (Ilustração 162 a); duas obras utilizaram colher de pedreiro (Ilustração 162 b) e; uma obra utilizou palheta. A bisnaga e a palheta são ferramentas que melhoram a produtividade de execução da junta horizontal, pois formam o cordão de argamassa.



Ilustração 162: a) Uso da bisnaga (Fonte: Chaves e Diego Gazolli). b) Uso da colher de pedreiro. (Fonte: Camila Kato)

Para o auxílio da elevação da alvenaria, a maioria das construtoras utilizou escantilhões (Ilustração 163 a), e gabaritos para a marcação dos vãos das esquadrias. Alguns trabalhos relataram o uso de batentes envolventes metálicos (Ilustração 163 b) que auxiliam na marcação do posicionamento das portas.



Ilustração 163: a) Colocação do escantilhão (Fonte: Bruno Donadio, Luiz Guilherme Aires Bolognini, Paulo André Gil Boschiero). b) Batentes envolventes de alumínio

Foram utilizadas vergas e contra vergas (Ilustração 164) para resistir às tensões provocadas pelos vãos das esquadrias. Quando a janela se localiza embaixo de uma viga, é desnecessária a utilização de vergas.



Ilustração 164: Uso de contraverga na janela. Fonte: Camila Kato

Na maioria das obras estudadas, a fixação da alvenaria da última fiada na viga ou laje foi feita com argamassa aplicada com bisnaga (Ilustração 165). As condições para execução desta etapa da vedação vertical, de acordo com as informações relativas às obras Villaggio Panamby, Porto e Life in, eram que 3 andares acima deveriam ter a alvenaria elevada e que a fixação deveria ser feita após 21 dias da execução da elevação da alvenaria do pavimento. Nas obras Avant Garden e Riservato realizava-se a fixação de cima para baixo. A espessura da junta da fixação era, geralmente, de 2 cm.



Ilustração 165: Fixação com argamassa à esquerda (Fonte: Chaves e Diego Gazolli).

As instalações elétricas eram primeiramente embutidas nas lajes, conforme mostra a Ilustração 166.



Ilustração 166: Posicionamento dos eletrodutos na forma da laje. Fonte: Diego Souza, Guilherme Corsini e Juliana Ortona

Os eletrodutos foram posicionados por dentro dos vazios verticais dos blocos (Ilustração 167 a). Em algumas obras utilizaram-se blocos elétricos que auxiliam a colocação das caixinhas elétricas (Ilustração 167 b).

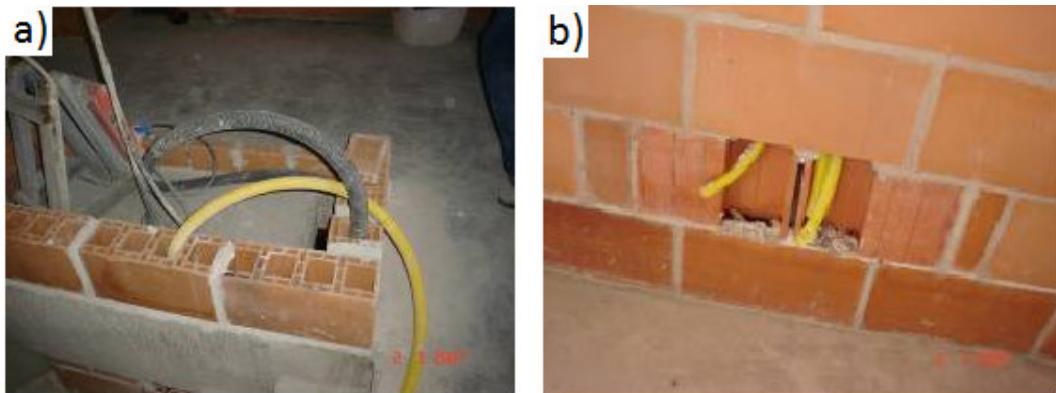


Ilustração 167: a) Passagem de instalações elétricas pelo furo vertical do bloco. b) Uso de bloco elétrico para facilitar a execução da caixa elétrica. Fonte: Camila Kato

A execução da instalação hidráulica é feita com a marcação prevista em projeto. A localização das instalações hidráulicas é marcada com lápis na alvenaria. O operário corta com uma serra disco esta alvenaria no local marcado e coloca as tubulações e registros. Após o correto posicionamento das instalações, deve-se fixá-las preenchendo os cortes com argamassa (Ilustração 168 a).

Os shafts são muito usuais nas instalações hidro-sanitárias (Ilustração 168 b); eles diminuem a interferência das tubulações com a alvenaria, sendo que são, normalmente, feitos no boxe de banheiros e próximo ao tanque da lavanderia, onde há concentrações de tubulações.



Ilustração 168: a) Cortes da alvenaria para instalações hidráulicas. b) Execução de shaft. (Fonte: Chaves e Diego Gazolli)

As tubulações de esgoto foram embutidas em forros, conforme mostra a Ilustração 169.



Ilustração 169: Embutimento de instalações hidráulicas no forro. Fonte: Camila Kato

Para racionalizar a execução, também foi verificado que duas obras estudadas utilizaram “kits” para ramais de instalações hidráulicas.

8.2 PORTUGAL

Em Portugal, foi estudada a obra “Portas da Avenida” (Ilustração 170) que possuía paredes externas simples com isolamento térmico feito pelo exterior, juntamente com o revestimento.



Ilustração 170: Empreendimento Portas da Avenida. Fonte:
http://www.habiserve.com/catalogo/detalhes_produto.php?id=32. Acesso em 02/06/08.

Esta obra foi realizada pela HABISERVE e é formada por 3 edifícios num total de 200 apartamentos. São 600 T1 (1 andar + térreo), 56 T2 (2 andares + térreo), 60 T2 duplex e 24 T3 (3 andares + térreo).

As paredes exteriores eram simples compostas por tijolos cerâmicos com 22 cm e furação horizontal, sendo que eram executadas pelo interior do pavimento.

As paredes interiores possuíam diferentes tipologias dependendo de suas localizações. As paredes internas de um apartamento eram simples e feitas com tijolos cerâmicos de 7 ou 11 cm (Ilustração 171).



Ilustração 171: Paredes internas do apartamento. Fonte: Camila Kato

Na separação de cada apartamento com a área comum foram utilizados blocos térmicos de concreto com 20 cm, furação vertical e encaixe (Ilustração 172).



Ilustração 172: Utilização de blocos térmicos com encaixe. Fonte: Camila Kato

Já nas alvenarias que separam os apartamentos, foram realizadas paredes duplas sendo um pano com tijolo cerâmico de 12 cm e outro com vazado de concreto de 10 cm e, na caixa de ar, foi colocada lã de rocha como isolamento acústico (Ilustração 173).



Ilustração 173: Parede dupla com isolamento de lã de rocha. Fonte: Camila Kato

Nestes prédios havia uma junta de dilatação localizada entre diferentes apartamentos. A parede neste local era parede dupla com tijolo de 11 cm e outra com tijolo de 15, sendo que na caixa de ar foi posicionada lá de rocha com 4 cm.

As juntas horizontais e verticais de argamassa tinham de 1 a 1,5 cm de espessura, sendo que nos blocos com encaixe não há junta vertical. A argamassa utilizada nesta obra era a LENA 510, pré-dosada e armazenada em silos (Ilustração 174 a). O material era bombeado e, no equipamento de mistura (Ilustração 174 b), era acrescentada a água automaticamente. As características desta argamassa nos seus diferentes estados são:

- Estado seco: tamanho máximo do grão 2 mm.
- Estado fresco: água de amassadura: 13,3%. Massa volúmica: 1700 - 2000 Kg/m³. Ar contido: 15 - 20%;
- Estado endurecido: Resistência: M5. Tempo em aberto: 360 – 480 min. Densidade de massa: 1650 – 1950 Kg/m³;



Ilustração 174: a) Silo com argamassa pré-dosada, b) equipamento de mistura. Fonte: Camila Kato

A execução das paredes internas iniciaram-se após 4 semanas da concretagem da laje, ou seja, após a retirada do reescoramento (1 semana com escoramento total + 3 semanas com reescoramento), sendo que a parede exterior pode começar antes deste período.

Primeiramente, fez-se a marcação da posição das paredes com giz, seguida da aprovação junto ao arquiteto. Aplicou-se uma fina camada de argamassa para regularização e, nas paredes interiores, foi colocada cortiça com 5mm abaixo da primeira fiada, para isolamento térmico e acústico entre os pavimentos. Após isto, foi assentada a primeira fiada de todo o pavimento.

Para maior resistência da alvenaria, devido a deformação da laje, foi feita a colocação de duas barras (varões) de aço com 8 mm de diâmetro acima da 1^a fiada (Ilustração 175).



Ilustração 175: Varões sobre a primeira fiada. Fonte: Camila Kato

A elevação da parede tinha um auxílio de escantilhões para sua verticalidade e fio de pedreiro que define a altura da fiada (Ilustração 176). Seu controle de execução era feito por amostragem, sendo verificado o prumo, a planicidade com régua, o nível e alinhamento com bolha de ar e régua, e o esquadro nos cantos.



Ilustração 176: Elevação da alvenaria com utilização de fio de pedreiro e prumo. Fonte: Camila Kato

A ligação superior da alvenaria com estrutura foi feita com 1 cm de poliestireno expandido (Ilustração 177). Já na ligação da parede com os pilares foram colocados grampos metálicos a cada 3 fiadas.



Ilustração 177: Ligação da alvenaria com a viga através de poliestireno expandido. Fonte: Camila Kato

Os cortes na alvenaria desta obra foram feitos com serra de disco e seu preenchimento, com argamassa (Ilustração 178). A determinação do vão da janela foi feita com um molde de madeira, que auxiliava a moldar o vão com argamassa. Já a determinação do vão da porta foi feita durante a elevação da alvenaria, não sendo utilizado um equipamento auxiliar.



Ilustração 178: Roços. Fonte: Camila Kato

A parede exterior possuía um isolamento pelo exterior (ETICS do sistema CAPOTTO). Este sistema consistia em uma placa de esferovite (poliestireno expandido) colada na parede com argamassa, sendo que sua execução foi feita exteriormente ao edifício utilizando-se andaimes. Sobre esta placa aplicou-se a massa “adesan” e depois colocou-se uma malha de fibra de vidro. Sobre esta malha aplicou-se novamente a massa “adesan” e depois se fez o acabamento com pintura. Este sistema é contínuo, cobre a alvenaria e a estrutura. A Ilustração 179 mostra a execução deste isolamento.



Ilustração 179: Colocação do isolamento térmico (ETICS). Fonte: Camila Kato

Nesta obra não havia projeto de alvenaria, sendo que sua marcação era feita com base no projeto de arquitetura, as esquadrias eram posicionadas pelas plantas de toscos (representação de paredes sem revestimento), os cortes se basearam nas medidas dos projetos hidráulicos, de eletricidade e de telecomunicação, e o isolamento térmico e acústico foram feitos de acordo com os projetos de comportamento térmico e acústico, respectivamente.

9**CONCLUSÃO****9.1 QUANTO À CONSECUÇÃO DO OBJETIVO**

O presente trabalho possui informações que comparam a construção de vedações verticais em alvenaria entre os edifícios produzidos em Portugal e no Brasil. Foram discutidos o projeto, o planejamento e a execução de tal atividade, de acordo com a bibliografia disponível e por meio de estudo de casos. Além disso, foram abordados tópicos sobre os subsistemas que interferem na execução da alvenaria ou que sofrem a sua interferência, quais sejam: estrutura de concreto armado; esquadrias; revestimentos; sistemas elétricos e hidro-sanitários. Contudo, não foi possível discutir com profundidade tais subsistemas, limitando-se apenas aos aspectos que mais influenciam o processo de produção da alvenaria.

9.2 QUANTO ÀS DIFICULDADES ENCONTRADAS

Muitas foram as dificuldades enfrentadas durante a elaboração deste trabalho. A maior delas foi a busca por informações de um dos países estudados quando a autora não residia nele. Para superar esta dificuldade, foi consultada a bibliografia existente na internet e os orientadores auxiliaram na obtenção de informações, passadas por meio de e-mails. Apesar disso, muitas informações sobre a construção portuguesa não foram encontradas; assim, este trabalho possui um foco maior na tecnologia empregada no Brasil.

Outra dificuldade enfrentada foram as visitas às obras para o estudo de casos, pois o tempo da elaboração deste trabalho era limitado. No Brasil, para suprir esta dificuldade, foram catalogados trabalhos sobre obras de São Paulo que fazem parte da disciplina “Tecnologia da Construção Civil I, ministrada no curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica. Em Portugal, apenas uma obra pôde ser estudada.

9.3 QUANTO ÀS PRINCIPAIS DIFERENÇAS ENTRE OS DOIS PAÍSES

As principais diferenças verificadas no processo de produção da alvenaria de vedação vertical são relacionadas aos seus componentes, às suas exigências, à tecnologia empregada, e à racionalização da alvenaria, no que diz respeito ao projeto e execução.

Os blocos portugueses de concreto, além de serem maiores, possuem encaixes que permitem o não preenchimento da junta vertical da alvenaria, pois este mecanismo garante a ligação entre os blocos e dificulta a entrada de água, implicando em maior economia de argamassa. No entanto, em

Portugal estes blocos têm seu uso limitado a algumas situações específicas como subsolos,; enquanto no Brasil são largamente utilizados na produção da unidade habitacional.

Em relação aos blocos cerâmicos, os mais utilizados como vedo vertical na produção das edificações em si são tijolos com furos horizontais, tanto em Portugal quanto no Brasil. Porém, atualmente, grandes empresas brasileiras estão utilizando blocos cerâmicos com furos na vertical, a fim de racionalizar a alvenaria pela passagem das instalações elétricas nestes furos, evitando rasgos e cortes que prejudicam a estabilidade da parede e geram resíduos.

Em relação à argamassa, percebeu-se que o processo de sua industrialização no Brasil é menos intenso que em Portugal. No Brasil a produção de argamassas no canteiro de obras, a partir de materiais brutos ainda é muito intensa. As normas técnicas destes países levam em conta diversas características, sendo comum a classificação pelas resistências das argamassas; porém, elas não indicam as aplicações dos seus diferentes tipos. Assim, tais normas são utilizadas apenas para controle industrial, sem compromisso com o seu comportamento na parede [50].

O Brasil, antes de 2008, era deficiente nas regulamentações normativas referentes ao conforto; porém, a norma NBR15575 [56] auxilia a concepção dos edifícios e de suas alvenarias, pois possui requisitos específicos, incluindo os requisitos térmicos e acústicos, para o desempenho das paredes. Esta norma, apesar de estar destinada somente a edifícios com até cinco pavimentos, possui diferentes níveis de desempenho sendo que o nível mínimo deverá ser atendido nas construções. Os níveis intermediários e superiores, apesar de não obrigatórios por norma, deverão ser atendidos em edifícios de padrões superiores por uma questão legal devido ao mercado mais exigente que atendem¹.

Apesar de o Brasil possuir diferentes tipos de clima, as construções de edifícios possuem as mesmas características [80], não sendo usual a utilização de isolamentos térmicos, o que pode implicar no desconforto e na ineficiência energética, principalmente nas regiões quentes que exigem o uso de equipamentos para esfriamento dos ambientes e nas zonas frias que exigem o uso de aquecedores. Segundo o pesquisador Mitsuo Yashimoto¹, esta homogeneização das soluções construtivas deve-se à influência do mercado e, como São Paulo é o maior mercado brasileiro, as tecnologias utilizadas neste estado acabam por definir as tecnologias utilizadas no restante do país.

Espera-se que com a nova norma de desempenho [56] as construções atendam às exigências térmicas diferenciadas de acordo com as macro regiões. Porém, esta norma não é tão exigente quanto o regulamento de Portugal, já que este país é mais frio que o Brasil e que a norma portuguesa atende, além do conforto dos usuários, às exigências de eficiência energética do Protocolo de Kyoto, o que não ocorre no Brasil, onde a norma é focada apenas no conforto¹.

A construção de paredes duplas em Portugal é consequência da preocupação térmica. Este tipo de parede não é usual no Brasil devido aos motivos mencionados anteriormente; mas, em Portugal é o tipo de parede mais utilizado. A parede dupla possui a facilidade de se poder incorporar, na caixa de ar formada pela justaposição dos dois panos de alvenaria, isolamentos térmicos, acústicos e de proteção ao fogo. Esta tecnologia tem sido muito utilizada tanto nas paredes de fachada como entre as separações de habitações ou entre um apartamento e a área comum do edifício. Porém, a utilização de paredes duplas na fachada vem diminuindo com a adoção de isolamentos pelo exterior, já que este tipo de isolamento atenua as pontes térmicas usualmente formadas no encontro da alvenaria com a estrutura.

Em relação às exigências, também pode ser observada diferença na estabilidade das paredes, pois Portugal exige a resistência ao sismo, já que este país sofreu grandes abalos sísmicos e encontra-se em zona de maior risco. Isto também interfere na execução da parede, pois em Portugal é

¹: Informações obtidas em entrevista realizada com o Pesquisador Mitsuo Yashimoto no dia 19/11/2008.

obrigatório o preenchimento de juntas verticais nos casos em que os blocos não possuam encaixes entre si; deste modo, os esforços horizontais são transferidos de maneira mais uniforme pelos elementos de alvenaria.

O projeto de alvenaria de vedação não é uma ferramenta usual em Portugal. A execução deste serviço geralmente é feita apenas com base em projetos de arquitetura, sem detalhes, o que gera resíduos durante a construção e, posteriormente, algumas patologias, principalmente em pontos singulares das paredes onde há interferências com outros subsistemas da obra. No Brasil, sua adoção está sendo feita por grandes e médias construtoras a fim de racionalizar o serviço, reduzindo custos e melhorando a qualidade da obra e do empreendimento.

Tomando-se como referência a execução racionalizada da vedação vertical em alvenaria feita no Brasil, podem-se verificar importantes pontos que diferenciam da execução feita em Portugal: marcação das paredes feita com base em projeto e nos eixos de referência do prédio, o que gera redução nas espessuras de revestimentos; aplicação da argamassa com ferramentas que diminuem o consumo de material e a geração de resíduos; uso de componentes pré-fabricadas como as vergas e contravergas; dosagem de materiais em centrais de produção buscando a racionalização do processo de execução, entre outros.

Na elevação de paredes, é usual que as obras brasileiras façam o assentamento da alvenaria executando dois cordões de argamassa na junta horizontal, mesmo se o bloco possui furos na horizontal. Tal técnica, além de minimizar o consumo de material, auxilia na estanqueidade da parede, pois, na maioria das vezes, não há continuidade da argamassa do exterior para o interior. Esta técnica não é utilizada em obras de Portugal onde os blocos são assentados utilizando-se a colher de pedreiro e preenchendo-se toda a largura do componente.

Os sistemas prediais elétricos e hidro-sanitários também são feitos de modo diferente nos países em estudo. No Brasil é usual que os eletrodutos sejam, primeiramente, embutidos na concretagem das lajes e, posteriormente, passados pelos furos verticais dos blocos. Em Portugal, é comum o embutimento das instalações no contrapiso (lá chamada de betonilha). Além disso, neste país utilizam-se materiais não freqüentes nas obras do Brasil: o PEX nas instalações hidráulicas e o eletroduto semi-rígido nas instalações elétricas.

Considerando-se estas principais diferenças, pode-se concluir que o foco de construção é voltado às diferentes exigências da população, as quais são diretamente ligadas às condições físicas e econômicas do local de construção. Assim, como o Brasil é um país cuja população tem pouco poder de compra, a tecnologia de construção é focada na redução de custos com adoção de soluções que racionalizem a construção evitando a geração de desperdícios. Isto é muito importante não apenas para a economia gerada, mas também para a melhoria da qualidade da obra e a sua sustentabilidade pela redução da geração de resíduos.

Além disso, é importante adaptar a construção ao clima e às condições locais para oferecer maior conforto ao usuário e minimizar a utilização da energia, gerando também, maior economia e sustentabilidade durante a vida do edifício, já que a geração deste recurso afeta o meio ambiente. Esta preocupação com conforto e economia energética é intensa em Portugal, sendo que neste país a Regulamentação nesta área é precisa e obrigatória. No Brasil, estas questões ainda são deixadas em um plano secundário; mas certamente deverá haver mudanças de comportamento num curto espaço de tempo.

É importante equilibrar o conceito da racionalização da alvenaria juntamente com a adaptação das paredes às condições locais. O Brasil poderia exigir maior eficiência energética para as

construções de alto padrão, um nicho de mercado em que o usuário teria condições de comprar a tecnologia e a execução de isolamentos; além disso, há uma tendência do poder de compra da população brasileira aumentar, o que pode induzir as pessoas a priorizarem o conforto e o desempenho energético de suas habitações. Espera-se que isso ocorra, num futuro próximo, pela obrigatoriedade da aplicação da nova norma. Em Portugal, seria importante a maior racionalização da alvenaria com a adoção de projetos que auxiliassem a execução de pontos singulares das paredes, a fim de minimizar os problemas patológicos e os resíduos gerados na construção.

Espera-se que, futuramente, as alvenarias de vedação não sejam vistas apenas como coadjuvante na construção de edifícios. Seu papel, apesar de não estrutural, é fundamental para o desempenho da construção; portanto, falhas em sua concepção e execução provocam desconforto, desperdícios e patologias resultando em redução da durabilidade do edifício como um todo e em impactos ao meio ambiente.

Referências Bibliográficas

- [1] Sabbatini, F.H.; Franco, L. S.; Barros, M. M. S. B. *Tecnologia de Vedações Verticais*. Apostila da disciplina de Tecnologia da Construção de Edifícios I, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.
- [2] Lourenço, P.B. *Concepção e Projecto para Alvenaria*. Seminário sobre Paredes de Alvenaria, Eds. P.B. Lourenço e H. Sousa, Universidade do Minho, Guimarães, p. 77-110 (2002).
- [3] Oliveira, P. R. A. *Exemplos de Utilização de Alvenaria Estrutural*. Relatório de Projecto Individual. Escola de Engenharia da Universidades do Minho, 1999.
- [4] Pereira, Sofia P. L. *Comportamento da Alvenaria de Pedra ao Esforço de Corte*. Relatório de Projeto Individual. Universidade do Minho, 2003.
- [5] Sousa, H. J. C. *Construções em Alvenaria*. Apostila da disciplina de Tecnologias da Construção em Alvenaria, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2002.
- [6] Santos, Ana Maria. *Resistência das Alvenarias à Compressão*. Tese de Licenciatura em Engenharia Civil. Universidade do Minho, 1998.
- [7] Ferreira, R.H. *Conhecer o Tijolo para Construir a Arquitectura*. Seminário sobre Paredes de Alvenaria, Eds. P.B. Lourenço e H. Sousa, Universidade do Minho, Guimarães, p. 111 -132 (2002).
- [8] Lourenço, P. B. et al. *Possibilidades actuais na utilização da alvenaria estrutural*. Paulo B. LOURENÇO Seminário sobre Paredes de Alvenaria. (eds.), 2007
- [9] Mateus, J. M. *Técnicas Tradicionais de Construção de Alvenarias: a Literatura Técnica de 1750 a 1900 e o seu Contributo para a conservação de Edifícios Históricos*. Livros Horizonte, Lisboa, 2002.
- [10] Silva, J. Mendes et al. *Manual de Alvenaria de Tijolo*. APICER, Coimbra, 2000.
- [11] Silva, M. M. A.; Sabbatini, F.H. *Conteúdo e Padrão de Apresentação dos Projetos para a Produção de Alvenarias de Vedações Racionalizadas*. Boletim Técnico da Escola Politécnica BT/PCC/446, Universidade de São Paulo, 2007.
- [12] Barros, M. M. S. B. *O Processo de Produção das Alvenarias Racionalizadas*. Seminário de Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais. Anais, São Paulo, EPUSP/ PCC, 1998.
- [13] Obra de Aleijadinho: representante do barroco brasileiro. Disponível em: www.suapesquisa.com/barroco. Acesso em: 28/06/2008.
- [14] *A influência dos estilos arquitetônicos franceses nas construções do Rio e São Paulo nos séculos passados* [S.N]. Revista França-Brasil, órgão de divulgação da Câmara de Comércio França-Brasil. Disponível em <http://www.netflash.com.br/alliance/Apoio/diplomacia10-arquiteturabr.htm>. Acesso em 15/05/08.

-
- [15] Sousa, H. J. C. *Alvenarias em Portugal Situação Actual e Perspectivas Futuras*. Seminário sobre Paredes de Alvenaria, Eds. P.B. Lourenço e H. Sousa, Universidade do Minho, Guimarães, p. 17- 40 (2002).
- [16] Silva, R. C. et al. *Alvenaria Racionalizada*. Como Construir – Revista Téchne. Disponível em: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/112/artigo31744-1.asp> . Acesso em 02/06/2008.
- [17] Sabbatini, F. H. *Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia*. São Paulo, 1989. Tese de Doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- [18] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 10/06/08.
- [19] Portal do Governo. Disponível em <http://www.portugal.gov.pt/Portal/PT/Portugal>. Acesso em 22/05/08.
- [20] Câmara Portuguesa de Comércio no Brasil. Disponível em www.brasilportugal.org.br/ce . Acesso em 27/05/08.
- [21] Instituto de Meteorologia de Portugal (IM).Disponível em <http://www.meteo.pt>. Acesso em 18/05/08.
- [22] Autoridade Nacional de Proteção Civil. *Os Sismos em Portugal Continental*. Disponível em: <http://www.proteccaocivil.pt/PrevencaoProteccao/RiscosNaturais/Sismos/Pages/EmPortugalContinental.aspx>. Acesso em 22/05/08.
- [23] Freitas, E. *Terremotos no Brasil*. Disponível em <http://www.brasilescola.com/brasil/terremotos-no-brasil.htm>. Acesso em 22/05/08.
- [24] Instituto Nacional de Estatística (INE). Disponível em <http://www.ine.pt>. Acesso em 28/05/08.
- [25] Shalders, A. N. *Regulamentação de Desempenho Térmico e Energético de Edificações*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo, 2003.
- [26] Machado, M. *Climas que ocorrem no Brasil*. Disponível em: <http://www.brcactaceae.org/clima.html>. Acesso em 19/05/08.
- [27] Barcelos, A. *Salário mínimo sobe para 426 euros em 2008*. Disponível em: <http://jpn.icicom.up.pt> . Acesso em 02/06/08.
- [28] Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. Disponível em: www.dieese.org.br . Acesso em 10/01/09.
- [29] Banco de Dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção. *Construção: Cenário e Perspectivas*. Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). Brasília, 2007.
- [30] Pereira, V. S. *Tendências na Reabilitação de Fachadas – a contribuição da indústria de materiais de construção*. Workshop: O Habitat do Futuro inserido no patrimônio construído – desafios e oportunidades para o sector da reabilitação. Aveiro, 2006.
- [31] Portal do Governo. Programa do XVI Governo Constitucional. Habitação. Disponível em: www.portugal.gov.pt . Acesso em 07/02/09.
- [32] Sabbatini, H. F. et al. *Aula 18: Vedações verticais – Conceitos Básicos*. Tecnologia da Construção de Edifícios I, Escola Politécnica da USP, maio/2007.

- [33] Sabbatini, H. F. et al. *Aula 19: Vedações verticais – Blocos e Argamassas*. Tecnologia da Construção de Edifícios I, Escola Politécnica da USP, maio/2007.
- [34] Lersc, D. *Racionalização construtiva em alvenaria de vedação*. Trabalho de Conclusão de Curso, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2005.
- [35] Thomaz, E.; Helene, P. *Qualidade no Projeto e na Execução de Alvenaria Estrutural e de Alvenarias de Vedações em Edifícios*. Boletim Técnico da Escola Politécnica BT/PCC/252, Universidade de São Paulo, 2000.
- [36] Sayegh, S. *Blocos em Carreira*. Téchne, Julho/2002. Disponível em <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/64/artigo32457-1.asp>. Acesso em 05/05/2008.
- [37] Inmetro. Bloco Cerâmico. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/tijolo.asp#marcas>. Acesso em 05/05/08.
- [38] Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Componentes cerâmicos- Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos*. NBR 15270-1. 2005.
- [39] Dias, A. B. *Construção em Tijolo Cerâmico: das Exigências Normativas do Produto à Prática de Aplicação*. Seminário sobre Paredes de Alvenaria, Eds. P.B. Lourenço e H. Sousa, Universidade do Minho, Guimarães, p. 41- 64 (2002).
- [40] Lourenço, P. B. *Dimensionamento de Alvenarias Estruturais*. Relatório 99- DEC/E-7. Universidade do Minho, 1999.
- [41] Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos*, NBR 13281. 2005.
- [42] Sabbatini, H. F. *Argamassas*. Notas de aula da disciplina Materiais de Construção Civil 1 – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1981.
- [43] Maciel, L. L.; Barros, M. M. S. B.; Sabbatini, H.F. *Recomendações para a execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos*. Apostila – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.
- [44] Paulo, R. S. V. M. N. *Caracterização de Argamassas Industriais*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, 2006.
- [45] Silva, M. *Certificação de Produtos – Argamassas para Construção*. 1º Congresso Nacional de Argamassas de Construção, Lisboa, 2005.
- [46] Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da resistência à tração na flexão e à compressão*, NBR 13279. 2005.
- [47] Duarte, C. et al. *Argamassas de Reboco, Monomassas e ETCS*. Monografias sobre Argamassas de Construção. Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas de Construção (APFAC), Lisboa.
- [48] Carasek, H. Argamassas. In. *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais – Volume II*. p. 863-904. IBRACON, 2007.
- [49] Sabbatini, H. F.; Barros, M. M. S. B. *Aula 7: Revestimentos Verticais – Características de produção da argamassa*. Tecnologia da Construção de Edifícios II, Escola Politécnica da USP, 2006.
- [50] Selmo, S. M. S. et al. *Propiedades e especificaciones de argamassas industrializadas de múltiplo uso*. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, BT/PCC/310, Universidade de São Paulo, 2002

-
- [51] Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas*, NBR 13529. 1995.
- [52] Compora, F. Apresentação: *Tektónica 2008 – APFAC*. Seminário Argamassas Fabris em Português: os dois lados do Atlântico. Lisboa, 2008.
- [53] Sabbatini, H. F. et al. *Empacotando Paredes*. CD-ROM , Volume 2 da Série Empacotando Edifícios. Frigeri & Szlak Comercial, Ltda, Editora Pini, São Paulo, 1998.
- [54] Martins, J. G.; Assunção, J. S. *Materiais de Construção – Argamassas e Rebocos*. Série Materiais, Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2004.
- [55] Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais*, NBR 15575-1. 2008.
- [56] Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas*, NBR 15575-4. 2008.
- [57] Santos, C. P. *Evolução das Soluções de Paredes Face a Novas Exigências Regulamentares*. Seminário sobre Paredes de Alvenaria, Eds. P.B. Lourenço e al., Universidade do Minho, Guimarães, p. 41- 64. 2007.
- [58] Associação Brasileira de Normas Técnicas. Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, NBR 15220-3. 2005.
- [59] Furnas Centrais Elétricas S.A. *Avaliação de Sistemas Construtivos e Estabelecimento de Requisitos para Edificações Térreas com Paredes de Concreto Celular Autoclavado*. Relatório DCT.T.15.006.2005-RO. Caixa Econômica Federal, 2005.
- [60] Freitas, V. P. *Implicações Construtivas do Novo RCCTE na Concepção de Paredes de Alvenaria*. Seminário sobre Paredes de Alvenaria, Eds. P.B. Lourenço e al., Universidade do Minho, Guimarães, p. 87- 102 (2007).
- [61] Lamberts, R.; Ghisi, E.; Ramos, G.; *Impactos da Adequação Climática Sobre a Eficiência Energética e o Conforto Térmico de Edifícios de Escritórios no Brasil*. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico- Departamento de Engenharia Civil. Florianópolis, 2006.
- [62] Vittorino, F. *Desempenho Térmico e Lumínico de Edifícios Habitacionais – Discussão da proposta de normalização*. Apresentação em CD-ROM: Seminário Habitação Desempenho e Inovação Tecnológica. IPT, São Paulo, 2005.
- [63] Agência Portuguesa do Ambiente. Disponível em www.apambiente.pt . Acesso em 11/01/09.
- [64] Barry, P. J. *Desempenho Acústico em Edifícios Habitacionais*. Texto em CD-ROM: Seminário Habitação Desempenho e Inovação Tecnológica. IPT, São Paulo, 2005.
- [65] Sabbatini, H. F.; Barros, M. M. S. B. *Aula 20: Vedações Verticais – Blocos e Argamassas*. Tecnologia da Construção de Edifícios I, Escola Politécnica da USP, 2006.
- [66] Berto, A. F. *Avaliação de Desempenho de Segurança contra Incêndio em Edifícios Habitacionais de Pequeno Porte*. Texto em CD-ROM: Seminário Habitação Desempenho e Inovação Tecnológica. IPT, São Paulo, 2005.
- [67] Mascarenhas, J. *Sistemas de Construção: II- Paredes: paredes exteriores (1^a parte)*. Livros Horizonte, Lisboa, 2003.

- [68] *Diretrizes para Elaboração do Projeto*. Tecnologia da Construção de Edifícios I, Escola Politécnica da USP.
- [69] Sabbatini, H. F.; Barros, M. M. S. B. *Aula 23: Vedações Verticais – Projeto de Vedação em Alvenaria Racionalizada*. Tecnologia da Construção de Edifícios I, Escola Politécnica da USP, 2005.
- [70] Sabbatini, H. F.; Barros, M. M. S. B. *Aula 28: Sistemas Prediais*. Tecnologia da Construção de Edifícios I, Escola Politécnica da USP.
- [71] Peña, M. D.; Franco, L. S. *Método para elaboração de projeto para produção de vedações verticais em alvenaria*. Boletim Técnico da Escola Politécnica BT/PCC/363, Universidade de São Paulo, 2004.
- [72] Sabbatini, H. F.; Barros, M. M. S. B. *Aula 22 e 23: Vedações em Alvenaria – Execução Racionalizada*. Tecnologia da Construção de Edifícios I, Escola Politécnica da USP, 2006.
- [73] Martins, J. G. *Alvenarias – Condições Técnicas de Execução*. Série Materiais, Universidade Fernando Pessoa, Porto.
- [74] Henriques, F. M. A. *Paredes Duplas. Concepção e Critérios de Estanqueidade*. Comunicação ao Congresso Nacional da Construção, Lisboa, 2001.
- [75] Lança, Pedro. *Processos de Construção*- Capítulo 8: Paredes. Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Beja.
- [76] Pereira, Vasco. *O sistema ETICS como técnica de excelência na reabilitação de edifícios da segunda metade do século XX*. 2º Congresso Nacional de Argamassas de Construção. Lisboa, 2007.
- [77] Sabbatini, H. F.; Barros, M. M. S. B. *Aula 30: Sistemas elétricos e de comunicação*. Tecnologia da Construção de Edifícios I, Escola Politécnica da USP.
- [78] Abreu, R.; Martínez, M. *Estruturas Betonadas in Situ*. Programa Operacional Sociedade da Informação. Instituto Superior Técnico de Lisboa – DECivil.
- [79] Souza, R.; Mekbekian, G. *Qualidade na Aquisição de Materiais e Execução de Obras*. Pini, São Paulo, 1996.
- [80] Lamberts, R et al. *Impactos da Adequação Climática Sobre a Eficiência Energética e o Conforto Térmico de Edifícios de Escritórios no Brasil*. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico – Departamento de Engenharia Civil. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Florianópolis, 2006.

ANEXO 1: GLOSSÁRIO

Apesar de a língua dos países estudados ser a mesma, muitos termos utilizados na construção de ambos são diferentes. Assim, este capítulo tem como objetivo auxiliar a compreensão de tais termos.

Termos Brasil-Portugal

- A - Alvenaria de vedação: é a alvenaria com função de simples preenchimento.
- Aparente: à vista
- C - Canteiro de obras: estaleiro.
- Concreto: betão
- Contraverga: Viga de concreto usada sob a janela para evitar fissuração da parede.
- G - Galga: determinação da altura das fiadas de alvenaria nos pilares (fasquia).
- O - Osso: tosco. Utilizado para designar plantas de elevação de paredes que não mostram o revestimento, apenas a estrutura e a alvenaria.
- V - Vedaçao vertical: subsistema que se refere as paredes.
- Vedaçao Horizontal: subsistema que se refere aos pavimentos (como o contrapiso, revestimento do piso, etc.) e aos forros.
- Verga: Padieira. Viga que apóia a continuação das paredes sobre portas e janelas.

Termos Portugal-Brasil

- A - À vista: aparente.
- B - Betão: Concreto.
- C - Caleira: meia cana feita de argamassa na base da caixa de ar para melhor conduzir a água que ali se deposita para o tubo de drenagem.
- E - Estaleiro: canteiro de obras
- F - Fogo: habitação
- Fasquias: determinação da altura das fiadas de alvenaria nos pilares (galga).
- R - Roço: Corte que é feito nas paredes para a instalações de sistemas prediais (tubulações, eletrodutos, etc.).
- T - Tosco: osso. Utilizado para designar plantas de elevação de paredes que não mostram o revestimento, apenas a estrutura e a alvenaria.

ANEXO 2: LEVANTAMENTO DE OBRAS - BRASIL

1. Obra: Villaggio Panamby

Construtora: Gafisa S/A

Integrantes do grupo: Bruno Boldrini de Carvalho Coelho, Felipe Boldrini de Carvalho Coelho, Fabio Yabeku Takey

Projeto	
Item	Informações
Blocos	Concreto de vedação
Argamassa	Argamassa industrializada (marca e especificações não identificadas)
Execução	
Item	Informações
Interferências com outros subsistemas	Instalações hidráulicas: uso de kits adquiridos de empresas homologadas; instalações elétricas: os eletrodutos devem ser embutidos nos furos verticais dos blocos; Estrutura: para obter maior aderência, deve-se escovar os elementos estruturais que terão interface com a alvenaria, e aplicar chapisco rolado, além disso, a alvenaria será fixada à estrutura através de telas eletrossoldadas.
Ferramentas utilizadas	Escantilhão metálico; conjunto de gabarito para vãos de portas e janela; esquadro de 1,20 por 0,80m de alumínio; gabarito para fixação de telas; cunhas de madeira; linha de nylon; marretas 0,5 à 5,0 Kg, entre outros.
Transporte	Grua e cremalheira.
1a fiada	A junta da primeira fiada deve apresentar espessura mínima de 10mm, já que o nivelamento da parede ocorre na mesma. Esta marcação deverá ser feita após a liberação da laje que deverá estar molhada para o início desta atividade.
elevação	As juntas horizontais devem se encontrar dentro de uma espessura de 10 +/- 5mm,
fixação	As juntas do encunhamento são feitas com bisnaga de napa de modo a preencher totalmente o espaço entre a alvenaria e a estrutura, com espessuras entre 15 e 30 mm, respeitando uma carga de 3 pavimentos acima e, sempre que possível, após o prazo de 21 dias.
Juntas verticais	As juntas verticais devem ser preenchidas e respeitar um espaçamento entre 10 a 25 mm, sempre de forma homogênea, com um detalhe para juntas intermediárias, que variam de 10 a 15 mm.
	A marcação deve respeitar a transferência dos eixos estruturais, com uma tolerância de +/- 5 mm de desvio.
Controles	Após execução dos eixos de referência, deve-se verificar os através de uma planta de conferência por pavimento, vista por um supervisor da GAFISA.
	A elevação segue a modulação de projeto, com tolerância de +/- 3 mm em relação ao pé direito, utilizando um esquadro, evitando fissuras e trincas quando em contato com a estrutura.

2. Obra: Porto Pinheiros

Construtora: Gafisa S/A

Integrantes do grupo: Herbert R. Castro Gomes, Pedro de Stéfani Nogueira, Sérgio Adriano Buono Jr.

Projeto	
Item	Informações
Há projeto de vedações?	Sim
Blocos	<p>Blocos de concreto. No recebimento, há verificação visual de trincas, quebras, superfícies irregulares, deformações e não uniformidade de cor. Rejeitam-se os blocos que apresentarem defeitos visuais no ato da descarga, separando-os do restante do lote. Porém, como a entrega é em pallets, muitas vezes não é possível efetuar a inspeção visual no ato da descarga, então o engenheiro esclarece ao fornecedor que a inspeção será realizada posteriormente, mesmo na sua ausência. Os blocos rejeitados são quantificados, para reposição ou desconto no pagamento. O fornecedor envia para a obra o certificado de garantia que vale para cada entrega ao longo da obra.</p>
Argamassa	<p>A argamassa de assentamento e de revestimento era moldada in loco e utilizava o cimento tipo CP II F 32, cal tipo CH I, areia lavada natural. No preparo utilizava-se argamassadeira mecânica para garantir a homogeneização da mistura e dosador mecânico para possibilitar a correta dosagem da areia. A proporção dos constituintes era: 1 saco de cimento com 50 Kg: 1 saco de cal hidratada com 20 Kg: Areia ensacada com 20 Kg. A quantidade de água variava de acordo com ponto de utilização da massa monitorado pelo próprio oficial-pedreiro.</p>
Execução	
Item	Informações
Interferências com outros subsistemas	<p>Instalações hidráulicas: uso de kits adquiridos de empresas homologadas; Instalações elétricas: O eletricista acompanha a elevação e a passagem dos eletrodutos pelos blocos. Em seguida, é feita a locação das posições das caixinhas na alvenaria, que é cortada com serra o para a saída do eletroduto na posição correta, sendo que a caixinha deve ser colocada em prumo e nivelada. São verificados a integridade da alvenaria e laje, posicionamento das caixas e quadros e elétricos e proteção das caixinhas e quadros.; Estrutura: para obter maior aderência, deve-se escovar os elementos estruturais que terão interface com a alvenaria, e aplicar chapisco rolado, além disso, após 72 horas da aplicação do chapisco rolado, são fixadas telas eletrossoldadas a cada 40 cm, respeitando os detalhes do projeto</p>
Ferramentas utilizadas	Argamassadeira com capacidade de 450L, Nível a laser, Réguas de nível, Esquadro, Trena e Fio de Prumo, Suporte para Bandejas, Colher, Desempenadeira, Martelo, entre outros.
Transporte	Grua e cremalheira.
1a fiada	A partir dos eixos, marca-se e nivela-se a primeira fiada de acordo com o projeto, sempre atentando aos contatos entre viga e alvenaria e alvenaria externa e interna, onde há mudança de blocos, e verificando as tolerâncias. Para a execução da primeira fiada, um operário molha a superfície, aplica a argamassa e posiciona os blocos, conferindo o alinhamento, os vãos de porta e o nivelamento com o RN.
elevação	Posiciona-se os cantilhões nas extremidades do trecho de alvenaria garantindo que estão no prumo. Quando chega nas três últimas fiadas, verifica-se a espessura da junta de encunhamento, de 1,5 a 3 cm.

Execução	
Item	Informações
fixação	Encunho provisório com cunhas de madeira, encunhando definitivamente somente os shafts. O encunhamento definitivo é liberado respeitando o prazo mínimo de 21 dias e a carga de três andares acima com alvenaria executada
Juntas verticais	Na interface da alvenaria com a estrutura, preenche-se as laterais dos blocos com argamassa utilizando a bisnaga e assenta-se os blocos, respeitando uma junta de 10 mm. As juntas verticais intermediárias são preenchidas nas paredes internas e externas com espessura de 1 e 1,5 cm.
Controles	Primeira fiada: A locação da parede em relação à linha de eixo, com tolerância de 5 mm para as paredes internas e 10 mm para as paredes externas em relação à viga; Nivelamento da primeira fiada usando o nível alemão; Esquadros com tolerância de 30 mm

3. Obra: Allori Vila Romana

Construtora: Cyrela Brazil Realty

Integrantes do grupo: Bruno Donadio, Luiz Guilherme Aires Bolognini, Paulo André Gil Boschiero

Projeto	
Item	Informações
Há projeto de vedações?	Sim
Blocos	Blocos cerâmicos de 19cmx39cm, ou de mesma família de acordo com projeto de vedação e nos shafts, blocos de concreto celular
Argamassa	A argamassa é misturada no próprio pavimento, utilizando-se de uma argamassaderia com a seguinte proporção: 1 saco amarelo de cimento (doseados através de determinações da construtora): 1 saco de 5,5 de cal: 2 sacos preto de areia fina (doseados através de determinações da construtora).
Execução	
Item	Informações
Interferências com outros subsistemas	Instalações elétricas: Embutimento de caixinhas elétricas nos blocos
Planejamento	5 dias por pavimento
1a fiada	Nos dois primeiros dias é feita a locação das paredes e a primeira fiada por uma equipe de marcação, operários mais especializados, com a supervisão do encarregado.
elevação	Existe um gabarito para cada parede, assim o alinhamento dos blocos é perfeito e igual para todos os andares.
Controle	Encarregado que faz a verificação final da primeira fiada de alvenaria, preenchendo uma tabela que receberá o visto do engenheiro

4. Obra: Flora Aclimação

Construtora: Cyrela Brazil Realty

Integrantes do grupo: Diego Lembo Souza, Guilherme Pinheiro Corsini, Juliana Bianchini Ortona.

Projeto	
Item	Informações
Há projeto de vedações?	Sim
Blocos	<p>Blocos Cerâmicos: 19 x 19 x 39 (inteiro e 1/2) e 14 x 19 x 39 (inteiro e 1/2)</p> <ul style="list-style-type: none"> · Cimento Ribeirão
Argamassa	<ul style="list-style-type: none"> · Cal CH-I fornecida pela Supercal · Areia (média e fina) fornecida pela Pontual
Execução	
Item	Informações
Interferências com outros subsistemas	<p>Para as instalações elétricas, são passados os conduítes por dentro dos blocos de alvenaria, e instaladas previamente as caixas elétricas. Nas instalações hidráulicas são feitos vários shafts</p> <ul style="list-style-type: none"> · Colher de pedreiro · Caixote de massa com suporte · Linha de Nylon trançado · Réguas técnicas de 2 m · Esquadro · Trena Starrett de 30m metálica · Prumo de face · Trena individual de 5m · Argamassadeira · Carrinho para transporte de massa · Carrinho para transporte de blocos · Andaimas metálicos · Nível de bolha · Giz de cera ou lápis de carpinteiro para marcação <p>Betoneiras, misturadores de argamassa, andaimes, balancins, entre outros.</p>
Transporte	Cremalheira e mini grua
1a fiada	<p>É feita a materialização dos eixos com fios de nylon e com marcações no piso, que, sendo aprovado por algum encarregado, ocorra colocação dos blocos de extremidades e, em seguida, a execução da primeira fiada.</p>
Elevação	Com a primeira fiada feita, começa a elevação da alvenaria com o ajuste do prumo.
Controles	<p>Durante a execução da elevação o controle de nível e prumo é feito pelos próprios funcionários.</p> <p>Ao término da ultima fiada é realizada uma avaliação pelos estagiários, que pode aprovar ou não a alvenaria.</p>

5. Obra: Rochaverá Corporate Towers

Construtora: Método Engenharia

Integrantes do grupo: Fernanda Varella Borges, Luiza Junqueira de Aquino, Renata Gama F. Guimarães.

Projeto	
Item	Informações
Há projeto de vedações?	Sim
Blocos	A vedação das torres é, em sua maior parte, de gesso acartonado. As fachadas são de vidro laminado e granito incorporado. Porém, foram utilizados blocos de concreto celular no último pavimento, devido à sua leveza, apenas para fechamento de algumas áreas técnicas. No pavimento tipo, os blocos de concreto foram usados somente para proteção e fechamento de shafts de extração de fumaça, além das paredes de escadas. Nos subsolos, foram usados blocos de concreto para vedação vertical.

Execução	
Item	Informações
Interferências com outros subsistemas	Estrutura: chapisco rolado de todas as partes de vigas, lajes e pilares às quais a alvenaria entrará em contato e uso de telas eletrossoldadas.
Ferramentas utilizadas	Betoneiras, serras elétricas, a régua de nível bolha, escantilhões, bisnaga entre outros.
Transporte	Elevador de obra, guras
1a fiada	Após revisão do projeto e a conferência de nível da laje, tem início a fase de demarcação da alvenaria. Primeiro marcam-se os eixos de referência com a demarcação da alvenaria feita com o próprio bloco que será empregado na elevação. Após a definição do espaçamento entre os blocos, os blocos da extremidade são fixados e consequentemente o restante da primeira fiada de todas as paredes.
elevação	Sempre que o alinhamento estiver definido, podem-se assentar todos os blocos da fiada, passando-se, a seguir, para a fiada superior. A argamassa da junta horizontal é aplicada de modo a constituir dois cordões contínuos, um em cada extremidade do comprimento da parede. Esse procedimento é feito com uma bisnaga.
fixação	A fixação da alvenaria é posteriormente realizada com o uso da bisnaga.
Controle	Para que haja qualidade de produção de argamassa, a construtora faz a observação da dosagem e tempo máximo para aplicação após a mistura, além de checar se o assentamento das unidades está correto (aprumado, nivelado e alinhado). A verificação do nivelamento da fiada e do desempenho do painel é feita empregando-se régua com nível bolha.

6. Obra: Campo Belíssimo

Construtora: Even S/A

Integrantes do grupo: Eduardo Maal, Letícia Baldo

Projeto	
Item	Informações
Há projeto de vedações?	Sim
Blocos	Foram utilizados blocos de concreto vazados. Sua estocagem é feita em áreas protegidas das intempéries do ambiente, através de pilhas que não ultrapassam 1,50m, e sua verificação é feita pela empreiteira com critério próprio, no recebimento.
Argamassa	A argamassa utilizada é a Votomassa Assentamento Estrutural, adequada para o assentamento de blocos de concreto. Esta argamassa é estocada no subsolo, isolada dos outros materiais, em área protegida do ambiente.
Execução	
Item	Informações
Interferências com outros subsistemas	Fixação de reforço metálico da alvenaria em pilares. A instalação das tubulações e conduites são feitas nos blocos vazados, e os cortes, na vertical e previstos em projeto, são cobertos com argamassa.
1a fiada elevação	A 1a fiada é executada após a limpeza do pavimentos da marcação dos eixos.
	Elevação da alvenaria com base no projeto.

7. Obra: Campo Belíssimo

Construtora: Even S/A

Integrantes do grupo: Eduardo Maal, Letícia Baldo

Projeto	
Item	Informações
Há projeto de vedações?	Sim
Blocos	Foram usados blocos de concreto, que serão cortados na própria obra para a inserção das caixas de luz e outros aparelhos. As dimensões dos blocos variam conforme o projeto de alvenaria e são: - espessura de 07 cm, bloco inteiro, 1/2 bloco, 1/4 bloco e 1/8 bloco; - espessura de 09 cm, bloco inteiro, 1/2 bloco, 1/4 bloco e 1/8 bloco; - espessura de 11,5 cm, bloco inteiro, 1/2 bloco, 1/4 bloco e 1/8 bloco; - espessura de 14 cm, bloco inteiro, 1/2 bloco, 1/4 bloco e 1/8 bloco; - espessura de 19 cm, bloco inteiro, 1/2 bloco, 1/4 bloco, 1/8 bloco, canaleta e 1/2 canaleta.
Argamassa	A argamassa será industrializada, de resistência média de 2 MPa.
Execução	
Item	Informações
Interferências com outros subsistemas	As instalações prediais são feitas depois da execução da alvenaria, cortando-se os blocos já assentados

Execução	
Item	Informações
Transporte	Grua e cremalheira.
1a fiada	Locação das paredes e execução da primeira fiada de todas as paredes por um operário experiente
elevação	Elevação com o auxílio do escantilhão. O procedimento de assentamento é de responsabilidade do operário encarregado. Os blocos já vêm cortados, mas não na ordem ou quantidade certa para execução
Controle	Verificação de prumo pelo mestre de obras. Utilização de fichas de verificações para o controle.

8. Obra: Riservato Alto da Lapa

Construtora: Rossi

Integrantes do grupo: André Sandor B. K. Sonoski, Danielle F. Morais de Melo, Frederico Abdo de Vilhena

Projeto	
Item	Informações
Há projeto de vedações?	Sim
Blocos	O bloco de concreto rende mais porque a mão-de-obra executa a alvenaria mais rapidamente. É o mais resistente de todos e o desperdício causado pelas quebras do material é muito inferior ao tijolo baiano. Além disso, é preciso menos argamassa de assentamento e camadas mais finas de reboco, principalmente nas paredes internas. Mas, entre todas as opções, é o que oferece menor conforto térmico. Para a alvenaria são utilizados blocos de 9, 11, 14, 19 cm da empresa PRESTO e são todos modulados conforme estabelecido em projeto, que são feitos pela empresa ADDOR.
Argamassa	Toda a argamassa utilizada na obra é feita no próprio local e possui um traço de 1:0:3, não havendo portanto um silo de produção de argamassa terceirizada.
Execução	
Item	Informações
Interferências com outros subsistemas	Conforme a alvenaria vai se erguendo os sistemas prediais vão sendo levantados, e cada passo da alvenaria em conformidade com o projeto de modulação, que já deve ter sido compatibilizado com os demais sistemas. Há ainda a utilização de telas galvanizadas de modo a se auxiliar na fixação dos blocos.
Transporte	Os blocos são recebidos em palets para facilitar o transporte através da grua, porém quando esta está sendo utilizada em outro serviço, como concretagem, os blocos são transportados pela cremalheira. Os blocos são descarregados na frente da obra e assim que chegam são levados para o pavimento onde serão utilizados.
1a fiada	O procedimento de levantamento da alvenaria se inicia ainda com as escoras de vigas e lajes presentes no pavimento, com a marcação da localização de cada uma das vedações a serem erguidas partindo do referencial. Realizada a marcação é feita uma vistoria e conferência destas medidas realizadas sempre na companhia de um eletricista que acompanha todo o processo de modulação de modo a se garantir o local certo dos conduítes

Execução	
Item	Informações
fixação	O encunhamento é feito de cima para baixo, de modo à se garantir que se ocorra a deformação da estrutura antes da modulação dos blocos e que as cargas possam ser transmitidas das regiões superiores para as inferiores sem que ocorra problemas de fissuração nos blocos.
Controle	Todos os materiais recebidos passam por um processo de verificação de qualidade e uma ficha de controle é preenchida para cada material. Todos os serviços de execução são controlados através da utilização de fichas de verificação. Os serviços são conferidos por um estagiário da Rossi, além disso, há uma empresa contratada apenas para fazer as verificações.

9. Obra: Up Vila Mariana

Construtora: Barbara Engenharia e Construtora

Integrantes do grupo: Anderson Agena Nakazone, Antonio Jorge Abrahão, Luiz Augusto Canito Gallego de Andrade

Projeto	
Item	Informações
Há projeto de vedações?	Sim
Blocos	A obra utiliza como vedação vertical paredes de blocos de concreto. Esses blocos são comprados em tamanhos diversos, mas tudo como prevê o projeto de alvenaria. Os blocos são fornecidos pela empresa Presto e a resistência é de 2,5 MPa.
Argamassa	A argamassa é comprada ensacada da empresa Cimpor em sacos de 20 kg . O traço da argamassa era: 1 (CP-32) : 1 (cal) : 6 (areia).
Execução	
Item	Informações
Interferências com outros subsistemas	Sobre o local onde será fixada na estrutura a parede de blocos de concreto foi aplicada uma argamassa de cimento e areia com traço 1:4 em volume e aditivo a base de PVA na proporção 1 para 8. Este chapisco é executado em 3 demãos. Nas paredes de alvenaria, as tubulações passam dentro dos vãos dos blocos de maneira a se evitar ao máximo possível cortar os blocos. Quando não é possível, os blocos são cortados com um equipamento chamado esmerilhadeira que é uma máquina de corte pequena.
Transporte	Crema
1a fiada	Primeiramente é feita a transferência dos eixos das paredes do pavimento inferior para o pavimento onde as vedações serão executadas. Este serviço é executado cuidadosamente pelos pedreiros de marcação e seus ajudantes. Os blocos da primeira fiada têm seus vãos preenchidos com argamassa para melhorar sua fixação, pois estes servirão como referência para a execução do resto da parede.
elevação	Todo o serviço de elevação da parede de blocos é realizada por pedreiros de elevação e seus ajudantes. O processo de marcação e elevação é realizado primeiramente nas paredes perimetrais e depois nas paredes internas.
fixação	O espaço restante entre a parede e a estrutura, é preenchido com argamassa.
Juntas verticais	Cada camada de blocos é assentada com argamassa apenas na horizontal, para fixação. Os blocos da ultima fiada tem suas juntas verticais preenchidas para melhorar sua fixação.

Execução	
Item	Informações
Controle	<p>Antes de serem iniciadas as vedações verticais deve-se verificar os seguintes itens: o pavimento deve ter sido concretado a pelo menos 45 dias, as escaras devem ter sido retiradas do pavimenta a pelo menos 15 dias e o escoramento da laje do pavimento superior deve ter sido totalmente retirado.</p> <p>O local onde será executada a vedação deve ser limpo e as superfícies do local devem ter sido preparadas para receber a alvenaria. Os alinhamentos das paredes com as faces dos pilares e vigas e a ortogonalidade das paredes devem ser sempre verificados durante a sua execução.</p>

10. Obra: Life In

Construtora: Eleplan Engenharia e Comércio Ltda.

Integrantes do grupo: Anderson Agena Nakazone, Antonio Jorge Abrahão, Luiz Augusto Canito Gallego de Andrade

Projeto	
Item	Informações
Há projeto de vedações?	Sim
Blocos	<p>Não há uma preocupação com a proteção contra umidade, os blocos são estocados sem nenhuma proteção contra as intempéries (sem lona de proteção ou algum outro tipo de cobertura) e também não existe nenhuma proteção em relação ao contato com o solo. De acordo com o fornecedor, os blocos cerâmicos possuem compressão mínima de 4,5 Mpa e tração mínima de 0,45 MPa. Os tipos utilizados foram: Bloco Cerâmico de 9x19x19cm de comprimento, 14x19x39cm de comprimento, 19x19x39cm de comprimento. Na execução da alvenaria o encarregado da instaladora deve estar acompanhando a execução da 1ª fiada, principalmente em áreas frias (banheiros e cozinhas) e verificando a sua perfeita saída pelo eixo da parede. Acompanhar a seqüência do serviço de vedação e marcar pontos de saída (esgoto, alimentador AF, ralos no piso prumadas alimentadoras).</p>
Argamassa	Argamassa Utilizada: marca Sipo, ensacado no peso de 40kg, utiliza-se para assentamento, revestimento e massa de parede ou a moldada in loco.
Execução	
Item	Informações
Interferências com outros subsistemas	<p>o Aplicar o chapisco rolado na estrutura, para sua perfeita aderência frente a alvenaria e, no momento de elevação, fixar as telas eletrosoldadas com o finca-pin (hilti). Realizar o corte de blocos para passagem das caixinhas de tomada e interruptor. - Na execução da alvenaria o encarregado da instaladora deve estar acompanhando a execução da 1ª fiada e verificando a perfeita saída de conduites pelo eixo da fiada. Após isto acompanhar a seqüência do serviço de vedação e marcar ponto de interruptores e tomadas.</p>
Ferramentas utilizadas	Trena de 5m, nível bolha, brocha, colher, paleta, prumo de face e centro, esquadro, lápis. Escantilhão metálico, masseira metálica ou misturador, andaime, nível alemão, carregador de blocos, carrinho de mão, serra makita, Finca-pin (maquina).
Transporte	Cremalheira

		Execução
Item		Informações
1a fiada		Iniciar a marcação das parede através dos eixos – possuir em mãos o projeto de vedação. Para a 1 ^a fiada deve-se: molhar ou lavar a superfície, colocar a argamassa com colher de pedreiro, posicionar os blocos, verificar os vão de portas, não encher os blocos com massa.
elevação		Antes da elevação deve-se disponibilizar todos os blocos para o andar. Posicionar o escantilhão nas extremidades dos trechos de alvenaria, verificando seu prumo. Preencher as laterais dos blocos com argamassa de assentamento com a paleta ou bisnaga. Junta de assentamento deve ser de aproximadamente 10 mm.
fixação		Para liberar o encunhamento definitivo se obedece a prazo técnico de 21 dias após execução e carga de três andares acima com alvenaria executada.
Juntas verticais		Preencher juntas verticais na espessura de 1,0 a 1,5 cm.
Controle		<p>Conferir o alinhamento e os esquadros entre paredes. Os serviços de vedação são controlados por parte do mestre obras, a qual o mesmo inspeciona</p> <p>Os seguintes pontos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Juntas verticais e horizontais - Aspecto visual, sem fissuras, trincas no encontro com a estrutura. - Verificação esquadro e prumo de face. <p>Critérios de verificação por parte do encarregado de escritório para com os blocos cerâmicos: aspectos visuais livres de fissuras, trincas, e arestas vivas; devem trazer gravados em alto ou baixo relevo as dimensões de largura, altura e comprimento; verificar suas dimensões com trena e esquadro.</p> <p>o Conferir a marcação da 1^a fiada, tendo como critério nivelamento com relação ao nível acabado do piso – usar nível alemão. Dimensão das paredes verificando tolerâncias com equipamentos (trena, prumo de face, linha).</p>

11. Obra: Avant Garden Moema

Construtora: Tecnisa S/A

Integrantes do grupo: Carolina Chaves Barbosa, Diego Gazolli Yanez

		Projeto
Item		Informações
Há projeto de vedações?		Sim
Blocos		<p>Todos os blocos possuem identificação pelo seu tamanho, espessura e especialidade (normal ou especial). Cerâmicos de resistência 4,5 MPa, da empresa Gresca. Baías fazem a separação de cada tipo de bloco. tem blocos de vários tamanhos, variação de 2 a 39 cm de comprimento, que evitam a divisão dos blocos na obra e consequentemente diminuem desperdícios e aumentam a limpeza. Os blocos são de diferentes tamanhos e espessuras, a obra utiliza as espessuras de 9, 11,5, 14 e 19 cm de vários tamanhos que são identificados no projeto de alvenaria (módulos de 5 cm) , além dos blocos especiais de elétrica e hidráulica.</p>

Projeto	
Item	Informações
Argamassa	<p>O cimento chega através de pilhas de sacos de 50kg, depois ocorre a pesagem desse material, que pode variar dependendo da argamassa que será feita com o cimento. Após a pesagem o cimento fica armazenado em sacos plásticos abertos de no máximo 3 sacos de altura e enfileirados entre si. areia é pesada e estocada em sacos plásticos enfileirados. Em cada pavimento (frente de trabalho) fica localizada uma central de produção de argamassa. Os sacos são identificados em códigos próprios da construtora, para serem utilizados na central de produção. O traço padrão para alvenaria de assentamento é:</p> <p>1 : 0,69 : 8,25 (cimento : cal : areia, em massa) Traduzido, para as seguintes unidades, à equipe de produção: 1 saco amarelo de cimento = 8 kg + 1 saco de cal = 5,5 kg + 2 sacos de areia (tarja preta) = 33 kg cada A pesagem é realizada pela empresa responsável pela alvenaria.</p>
Execução	
Item	Informações
Interferências com outros subsistemas	<p>Utilização da tela metálica para a solidarização entre a alvenaria e a estrutura. preparação da estrutura para receber a alvenaria, feita com uma argamassa leve, através de um rolo, essa técnica é conhecida como chapisco rolado. Antes do chapisco, coloca-se pequenos pedaços de fita adesiva para demarcar e manter sem chapisco o local onde serão chumbadas as telas metálicas. depois de terminado o assentamento de todas as paredes, as tubulações de hidráulica e as caixinhas elétricas são colocadas, para isso os blocos especiais são cortados utilizando uma makita. Após a colocação da tubulação hidráulica os vãos são fechados utilizando a mesma argamassa do assentamento.</p>
Ferramentas utilizadas	<p>A trena é utilizada para medir a distância entre os eixos principais e as faces, início e término das paredes e esquadrias. Os esquadros verificam a ortogonalidade dos eixos e das paredes. Lápis de carpinteiro é utilizado para fazer a marcação das portas e paredes. Escantilhões são utilizados para o nivelamento e alinhamento das paredes de forma prática para o pedreiro, eles são colocados na marcação da alvenaria. Fio de prumo utilizado junto com o escantilhão no alinhamento e nivelamento dos blocos posteriores a 1ª fiada. Pistola utilizada para chumbar as telas metálicas na estrutura. Argamassadeira utilizada para preparar as argamassas. Pá de pedreiro é utilizada no assentamento dos blocos e no acabamento da alvenaria (excesso de argamassa). Bisnaga, utilizada para colocar a argamassa entre os blocos. Esse equipamento tem a vida útil pequena, sendo trocado a cada 4 pavimentos.</p>
Transporte	Mini - grua e elevador cremalheira
Planejamento	<p>Inicialmente antes da montagem dos fundos de laje, é feita uma marcação do posicionamento das paredes na própria fôrma, através de pequenas ranhuras. Após a retirada dos fundos de laje, uma pequena marcação aparece no concreto endurecido. os eixos principais do edifício são materializados novamente com linha ou arame, estes são arcados no piso com a ajuda de lápis de pedreiro e um pedaço de madeira regular. Com esses mesmos equipamentos e uma trena são demarcadas todas as paredes no piso. Depois da marcação são colocados os escantilhões que serão utilizados durante a elevação da alvenaria.</p>

		Execução
Item		Informações
1a fiada		<p>após feito o desenho das paredes, a primeira fiada é assentada verificando alinhamentos e nivelamentos de todos os blocos. Durante essa etapa, as telas metálicas também são chumbadas na estrutura com a ajuda de pistolas de pressão. São colocadas as tubulações de hidráulica coletivas, como tubos de queda e condutores verticais. Durante a etapa de marcação e assentamento da primeira fiada utiliza-se a planta de modulação do edifício.</p>
elevação		<p>com a ajuda do caderno de elevações, o pedreiro assenta as outras fiadas da vedação. Já neste instante, ele também passa os eletrodutos internamente às paredes, através dos furos dos blocos. Também são colocados os batentes metálicos (utilizados somente nas áreas coletivas) e as vergas. Através do escantilhão locado anteriormente, o pedreiro utiliza fio de prumo como base para o nível e alinhamento dos blocos. Primeiramente se coloca a argamassa, que se encontra na mesa de apoio, para o preenchimento horizontal utilizando a bisnaga, depois assenta os blocos da fiada, utilizando a pá de pedreiro, e posteriormente faz o preenchimento vertical entre os blocos, também com a bisnaga. O acabamento é feito com a pá de pedreiro. Se houver necessidade de telas metálicas entre as paredes, é durante essa etapa que essas são colocadas. O fio de prumo é realocado a cada fiada terminada.</p>
fixação		<p>Argamassa de fixação: a argamassa de fixação possui o traço: 1 saco de argamassa F11 + 1 galão de Rhodopás A-503 diluído em água (1 : 6 – aditivo : água). A última etapa da alvenaria é a fixação dela na estrutura, para isso, utiliza-se uma argamassa mais flexível evitando fissuras na alvenaria. A argamassa é colocada com a bisnaga no espaço entre a estrutura e a alvenaria. Existem vários detalhes importantes referentes a que estágio da obra deve ser realizada a fixação da alvenaria, como por exemplo: a fixação deve ser feita de cima para baixo.</p>
Controle		<p>Somente o controle dimensional é concretizado na obra. Esse controle é realizado através do enfileiramento dos blocos e posterior medição, também é realizado o controle da espessura do septo. A quantidade de blocos enfileirados e a tolerância permitida são baseadas na norma NBR15270 (Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação). Além do ensaio dimensional realizado na obra também é realizado o ensaio a compressão no laboratório de tecnologia da Tecnisa. A aderência entre o bloco e a argamassa foi ensaiado no laboratório da Tecnisa (ensaio de tração), na obra também é realizado o ensaio de tração na flexão de um prisma com 5 blocos. Conferência da posição das paredes, realizado em 100% da alvenaria pelo estagiário. Conferência do nível e alinhamento de algumas paredes, pelo estagiário. Elevação: Conferência de prumo e alinhamento de uma amostra, locação de eletrodutos e dos batentes metálicos. Conferência da locação exata das caixinhas de elétrica e das instalações hidráulicas e de gás. Conferência da fixação da alvenaria realizada pelo estagiário.</p>

12. Obra: Well

Construtora: Tecnisa S/A

Integrantes do grupo: Adriana Capelo Rodrigues, Camila Seiço Kato, Thiago Freitas da Silva

Ano de execução do trabalho: 2007

Projeto	
Item	Informações
Há projeto de vedações?	Sim
Blocos	Blocos cerâmicos da Gresca e de concreto da Glasse.
Argamassa	O material necessário para a argamassa é estocado é separado em sacos de cores diferentes e pesos diferentes, de forma a facilitar operação dos funcionários. O traço (Cimento: cal: areia) era 1: 1,5: 7,5. A quantidade de água era para obter trabalhabilidade com a bisnaga.
Execução	
Item	Informações
Interferências com outros subsistemas	O concreto é chapiscado para dar maior aderência ao revestimento. Colocam-se telas para solidarizar a alvenaria com os pilares. Para a execução das instalações na alvenaria, marca-se com lápis o local onde vão ser colocadas as instalações hidráulicas. Após isto, o operário corta esta alvenaria no local marcado e coloca as tubulações e registros. Após o posicionamento certo das instalações, deve-se fixá-las com o preenchimento dos vazios com uma argamassa. Os eletrodutos são passados pela alvenaria modular durante a sua elevação, até o local previsto em projeto. A caixa elétrica tem sua localização prevista em projeto, onde anteriormente foi colocado um bloco elétrico. Este bloco é quebrado para a colocação da caixa elétrica, que é posteriormente chumbada. Depois de já ter feito o revestimento deste bloco elétrico, coloca-se a tomada.
Ferramentas utilizadas	Betoneiras, nível laser, · Escantilhões, dosadores , régua de nível, trena, esquadros de alumínio, régua de alumínio, fio de nylon, bisnagas e colheres;
Transporte	Cremalheira. O transporte horizontal da obra é feito com carrinhos porta pallets, para os blocos de alvenaria, jericas, para a argamassa e carrinho de mão para areia e brita.
1a fiada	No contrapiso são marcados os eixos para locação da alvenaria. As alvenarias são posicionadas e é executada a primeira fiada.
elevação	Os blocos são assentados e deixa-se um espaço entre as vigas e a alvenaria para que as deformações iniciais da estrutura não ponham as paredes em carga. Utilizam-se blocos cerâmicos assentados com argamassa de cimento, areia e cal utilizando-se para tanto de uma bisnaga dosadora. Quando há janelas, são colocadas contra-vergas apenas, pois a janela sempre está embaixo de uma viga, sendo desnecessária a utilização de vergas (exceção são as janelas dos sanitários) para as portas, são usadas vergas apenas no primeiro e no último andar, já que nos tipos são utilizados batentes envolventes. No subsolo, destinado à garagem, é utilizado bloco de concreto aparente, pois é uma solução que não requer revestimento de gesso.
fixação	O espaço deixado entre a alvenaria e as vigas será preenchido com argamassa.
Juntas verticais	Preenchidas

Item	Execução	Informações
Controle	<p>Todos os materiais têm um Controle de Qualidade de Material (CQM), que é uma ficha preenchida com as especificações do material, itens a verificar (amostragem, método, critério de aprovação), nota fiscal, fornecedor e data de entrega. A verificação de posicionamento da alvenaria é feita pela primeira fiada. São medidas as distâncias dos eixos em relação à fiada e verifica-se o esquadro. No final da elevação, são verificados a distorção do encunhamento, a modulação de $\frac{1}{2}$ bloco e o prumo da parede.</p>	