

FENDILHAÇÃO DE PAREDES DE ALVENARIA DA FACHADA DE EDIFÍCIOS ASSOCIADA À OCORRÊNCIA DE INFILTRAÇÕES DE ÁGUA DA CHUVA

Cracking occurring in building external masonry walls associated with rainwater infiltration

José Luís Miranda Dias

Eng. Civil, Investigador Auxiliar, LNEC, Lisboa, Portugal, mirandadias@lnec.pt

SUMÁRIO: As anomalias relacionadas com a infiltração de água da chuva através das fachadas dos edifícios estão, em geral, associadas a problemas de desempenho cuja gravidade é dependente, entre outros factores, da intensidade da chuva batida pelo vento e incidente sobre essas fachadas. Nesta comunicação são discutidos alguns dos factores que mais influenciam a ocorrência de infiltrações de água da chuva, designadamente através da fendilhação existente em paredes de alvenaria da envolvente dos edifícios.

PALAVRAS-CHAVE: Paredes de alvenaria, Patologia

ABSTRACT: Defects related with the infiltration of rainwater through the facades of the buildings are, in general, related with problems of performance whose importance is dependent, among other factors, on the intensity of the rain driven by the wind and incident on those facades. In this paper, some of the factors that influence the infiltration of rainwater, especially, through the cracks in masonry walls of buildings envelope, are discussed.

KEYWORDS: Masonry walls, Pathology

1 INTRODUÇÃO

As paredes de alvenaria de edifícios estão sujeitas a diversos agentes externos entre os quais a acção da chuva incidente batida pelo vento. As consequências das anomalias causadas pela infiltração de água através das fachadas dos edifícios têm sido subestimadas devido ao facto de não comportarem, em geral, riscos de segurança para a construção, salvo em casos extremos de edifícios em avançado estado de degradação. Na realidade, a ocorrência de infiltrações de água traduz-se, com frequência, na necessidade de acções de reparação e de reabilitação com custos elevados, destinados a resolver os consequentes problemas de degradação dos elementos de construção da envolvente do edifício, em geral resultantes da humedificação dos materiais constituintes, e a corrigir eventuais deficiências funcionais dos edifícios ocasionadas por essas infiltrações, tais como a existência de inadequadas condições de habitabilidade e de danos no mobiliário do edifício.

A observação do comportamento da envolvente, em particular dos elementos verticais constituídos por paredes de alvenaria, mostra que a possibilidade de infiltração de água é maior nos casos em que estas apresentem fendilhação, muito embora ela possa também ocorrer, em geral com menor significado, em paredes intactas e/ou com juntas aparentemente bem executadas, devido às características de relativa permeabilidade da zona da envolvente exterior do edifício, designadamente as próprias paredes e as zonas de ligação destas com a caixilharia de vãos de janelas e portas.

Por outro lado, o surgimento de fendilhação em paredes está associado a diversos factores,

essencialmente relacionados com as características intrínsecas das paredes e com as acções a que elas estão sujeitas. Com efeito, a fendilhação em paredes de alvenaria está frequentemente relacionada com a ocorrência de deformações dos elementos confinantes de betão (em particular flechas excessivas ocorrentes nestes), com o efeito das variações de temperatura e da humidade, com assentamentos das fundações, etc, [1].

Na realidade, as paredes de alvenaria de blocos são constituídas por justaposição e interligação destes através de juntas verticais e horizontais, em geral, de argamassa de cimento e areia. Os blocos de alvenaria são geralmente realizados com base em materiais de reduzida capacidade resistente à tracção. As juntas de alvenaria, em regra, constituem planos de menor resistência e deformabilidade. Quando as paredes ficam sujeitas a cargas aplicadas ou a deformações impostas, os valores das tensões principais na parede evoluem até que se verificam determinadas condições limites, a partir das quais se manifestam fenómenos de fendilhação nas paredes de alvenaria.

Essa fendilhação pode ocorrer em revestimentos de paredes ou mesmo até interessar os respectivos blocos de alvenaria e, sobretudo, as juntas verticais e horizontais que, como se disse atrás, são particularmente susceptíveis à fendilhação. Naturalmente, que tal se traduz em incomodidade para o utente e em situações de deficiente aspecto estético, de isolamento acústico e de estanquidade ao ar e à água da chuva (no caso de paredes exteriores) da construção. É sobretudo este último aspecto, relacionado fundamentalmente com a infiltração da água da chuva ocorrente em paredes de alvenaria de fachada, particularmente através de fendas existentes nestas, que se pretende seguidamente desenvolver em pormenor.

2 INFILTRAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA ATRAVÉS DA ENVOLVENTE VERTICAL EXTERIOR DO EDIFÍCIO

2.1 Generalidades

A infiltração da água da chuva em paredes depende de vários factores, sendo alguns dos mais significativos essencialmente relacionados, por um lado com as características das paredes (comportamento sob a acção da humidade, etc), e por outro com a acção dos agentes externos, designadamente a chuva incidente em paredes, a intensidade do vento e a acção da gravidade.

Quando se inicia a precipitação e esta atinge a parede de um edifício, as primeiras gotas que nela embatem são rapidamente absorvidas por esta devido à porosidade dos materiais da respectiva zona superficial. Esse processo é contínuo até que a quantidade de precipitação que chega essa parede atinge um valor a partir do qual já não é possível a sua absorção completa, e a água passa, então, a escoar-se por gravidade ao longo da superfície da parede. A manutenção de uma incidência significativa de água da chuva na parede conduz, assim, à formação de um filme contínuo, por escorrimento abundante de água, com espessura crescente no sentido da zona superior para a base do paramento. Caso apenas existam na parede fendas muito ligeiras (abertura menor que 0,1 mm), o filme de água passa por elas sem as penetrar, mantendo-se a situação anterior em que a única parcela de água a ser absorvida pelas paredes é devida à capilaridade dos materiais constituintes da parede. Em qualquer dos casos, o vento associado à chuva incidente actua sobre a parede criando uma diferença de pressão entre esta e o filme de água. Deste modo, esse filme de água é, por esse efeito, forçado a penetrar na parede, sendo a parcela mais significativa da migração de água para o interior da parede, a

que se processa através de fendas com abertura significativa (superior a 0,1 mm), por onde o filme de água passa na sua trajectória descendente. Essas fendas localizam-se, com maior frequência, na zona das juntas verticais e horizontais de argamassa. Convém referir que, findo o período de precipitação, uma parte considerável da humidade absorvida pela camada superficial da parede se evapora por processo de secagem, cuja velocidade depende das condições climáticas (temperatura, humidade relativa do ambiente e vento).

No que se refere a paredes duplas, solução construtiva frequentemente utilizada em fachadas de edifícios, considera-se que a infiltração de água da chuva através das mesmas pode ser estudada segundo diversos aspectos: a quantidade de chuva incidente no edifício, que necessariamente depende da sua exposição; a capacidade do pano exterior em resistir à penetração de humidade evitando que esta se acumule na caixa de ar; a eficiência da caixa de ar, preenchida ou não com isolamento térmico, avaliada em termos de barreira contra a penetração de água; e o efeito de humidade no pano interior [4]. Estudos experimentais, em particular ensaios efectuados “in situ”, demonstraram que, numa situação de chuva incidente de forma contínua sobre o pano de alvenaria exterior, este permite, em geral, que uma parcela da água da chuva que atinge o paramento penetre com grande probabilidade através desse pano vindo a acumular-se na caixa de ar e sendo apenas parcialmente evacuada, posteriormente, para o exterior do edifício. Tal infiltração acontece quer no caso de paredes com deficiências tais como fendas ou vazios na argamassa, mas também em paredes com uma boa aparência externa e com o remate das juntas de argamassa cuidadosamente executadas. Em certos casos a humidade pode atingir o pano interior manifestando-se manchas de humidade localizadas no paramento interior desse pano.

Ultimamente, têm sido realizados estudos [9], com vista a obter um melhor conhecimento do comportamento de paredes duplas com caixa ar e com a presença, no respectivo pano exterior, de orifícios de ventilação (Pressure Equalized Rainscreen). Neste caso, a função primordial do pano exterior é a de proteger o pano interior da acção directa da chuva. A existência desses orifícios de ventilação permite reduzir o diferencial de pressão que se estabelece entre o exterior da parede e o seu interior quando a envolvente do edifício é sujeita a acção de vento forte. Essa redução de pressão é especialmente benéfica nos casos em que o vento esteja associado à chuva intensa, situação que, como se expôs atrás, propicia a ocorrência de infiltrações de água.

2.2 Factores climáticos que condicionam a infiltração da água através da envolvente vertical do edifício

No estudo das situações de infiltração de água da chuva torna-se necessário o conhecimento dos dados climáticos relativos à zona onde se insere o edifício, designadamente o tipo de precipitação e o regime dos ventos. A forma de incidência da chuva batida pelo vento sobre a envolvente do edifício depende do tipo de movimento geral da água da chuva em torno do edifício, do fluxo do vento associado, da trajectória das gotas de água e da intensidade da referida chuva [8]. O movimento das gotas de água que atinge, em particular, as paredes da envolvente do edifício resulta da acção da gravidade e da pressão do vento, ou seja as trajectórias das gotas de água dependerão, essencialmente, da dimensão dessas gotas (valores que, nos casos que interessa considerar, variam entre 0,25 mm e 5 mm) e da velocidade do vento. As trajectórias das gotas de água de menor dimensão serão mais afectadas pela alteração local, junto do edifício, do regime de ventos (que é condicionado pela geometria geral do edifício) e mais sujeitas ao fenómeno de dispersão, [8]. A pressão do vento sobre

as paredes de fachada do edifício é, em particular, dependente da velocidade do vento, da configuração do edifício e de disposições construtivas previstas para as paredes.

A acção local da chuva batida pelo vento sobre a fachada de um edifício, é, em geral, mais intensa nas zonas dos bordos laterais e superior da fachada e sobretudo nos cantos superiores desta, e menos intensa na zona central inferior, [8]. Tal acção é, ainda, globalmente intensificada com o aumento da relação largura/altura do edifício. Por outro lado, com o aumento da velocidade do vento, as gotas de água apresentam um maior desvio em relação à horizontal e, por conseguinte, a sua incidência é maior sobre a superfície vertical das paredes de fachada.

Para simular a acção da água da chuva batida pelo vento sobre as paredes e avaliar as características de permeabilidade destas face à referida acção são realizados ensaios sobre provetes de alvenaria. As técnicas de ensaio para a determinação da permeabilidade à água da chuva de paredes são diversas, mas grande parte delas consiste na exposição de provetes de alvenaria, em câmara de ensaio, a acção de jactos de água com aplicação simultânea duma sobrepressão com vista a simular a acção da chuva batida pelo vento, e baseiam-se, em geral, em condições médias de exposição. Os valores típicos do caudal de água incidente e da sobrepressão no provete são respectivamente da ordem de 2,3 l/m² e de 480 Pa e correspondem à acção de precipitação de 140 mm/h acompanhada de vento de 100 km/h ou seja de 27,8 m/s. Para uma avaliação do comportamento das paredes, em face de condições específicas de severidade de exposição à água da chuva batida pelo vento de um determinado local, poderão eventualmente ser escolhidos outros valores mais apropriados para atender a essa situação particular.

A quantificação da chuva incidente sobre as paredes da fachada de edifícios enfrenta a dificuldade de se terem de considerar múltiplos factores entre quais se destacam: a zona climática definida em termos da chuva incidente e do regime dos ventos; a forma do edifício; a disposição das respectivas fachadas face à direcção predominante dos ventos; a topografia do local; e a rugosidade do terreno. Assim, embora se reconheça problemática a escolha de um parâmetro que permita, numa determinada zona climática, a quantificação totalmente satisfatória da chuva incidente sobre uma superfície vertical, o conceito de índice da chuva incidente (Driving Rain Index (m²/s) – DRI), proposto por Lacy [3], tem vindo a recolher a aceitação quase generalizada dos investigadores dedicados a estas matérias e tem sido melhorado gradualmente, mantendo-se, contudo, inalterado o conceito-base. O índice de chuva incidente sobre uma parede num determinado período de tempo é presentemente calculado através do somatório dos produtos obtidos para cada um dos intervalos de tempo elementares da quantidade de precipitação pela velocidade do vento e coseno do ângulo entre a direcção do vento e a normal à parede. O índice é calculado para cada uma das 12 direcções principais com azimutes entre 0° e 330° intervalados de 30°. Assume-se que o seu valor é proporcional ao total da quantidade de chuva incidente (l/m²), durante um ano, sobre uma parede que hipoteticamente estivesse voltada sempre para o vento, sendo fixada em 1965, por Lacy, a relação correspondente: 1 m²/s (DRI) \leftrightarrow 206 l/m² de quantidade de chuva incidente. Essa relação entre o valor do índice de chuva incidente e a do valor da quantidade de chuva que incide em superfície vertical foi estabelecida com base empírica e tendo em conta os registos disponíveis do vento e da precipitação em superfície horizontal (em campo aberto). Contudo, este índice suscita algumas objecções, quando se aplica a situações correspondentes a períodos de chuva de curta duração mas intensa e acompanhada por vento com baixa velocidade, situação onde apenas se poderá obter resultados aproximados, embora

se tenha reconhecido a utilidade para a quantificação da chuva incidente, em termos médios, de situações mais correntes.

Nos casos em que interessa, para além da determinação da quantidade de chuva incidente anual expectável (através do DRI), avaliar a quantidade de chuva incidente que ocorre em períodos mais curtos de chuva e vento persistentes convirá adicionalmente recorrer ao conceito de índice de chuva incidente persistente, usualmente utilizado pelos investigadores dedicados a estas matérias [5]. Este índice, que permite avaliar o risco de infiltração de água da chuva através das paredes dos edifícios, é, em geral, definido, para cada uma das doze direcções principais, como o somatório dos índices de chuva incidente horários durante um certo período compreendido entre outros dois, com duração superior a 96 horas, nos quais os respectivos somatórios do índice de chuva incidente sejam inferiores a um limite previamente fixado.

2.3 Permeabilidade à água da chuva das paredes de fachada

Como atrás se referiu as infiltrações podem ocorrer através da envolvente exterior vertical do edifício, em particular em paredes de fachada não-fendilhadas, caso as características de permeabilidade dos elementos dessa envolvente, sejam particularmente favoráveis à migração de humidade por efeito da capilaridade dos materiais.

Convém referir que a questão mais geral da presença de humidade em paredes da envolvente do edifício está relacionada com a migração, no seio destas, da humidade que se processa: na fase de vapor através de fenómenos de difusão (de dentro para fora das paredes) e convecção; na fase líquida por acção da capilaridade e da gravidade; por existência de gradientes externos de pressão. As paredes são em geral compostas de diversas camadas de materiais diferentes, pelo que o conhecimento da forma de migração da humidade atrás referida passa pelo entendimento de três diferentes condições de continuidade: continuidade hidráulica, quando existe a interpenetração da estrutura porosa, situação que está associada à manutenção da pressão de capilaridade; contacto natural, se existe contacto entre materiais sem interpenetração da estrutura porosa e, por conseguinte, a pressão de capilaridade não se mantém; espaço de ar entre camadas, quando exista esse espaço de ar de poucos milímetros, sendo, neste caso, uma questão central a difusão do vapor no ar [7]. Saliente-se que a presença de humidade referida pode dever-se não só à chuva incidente mas também a fenómenos de condensação nas paredes.

Tendo em conta as características de permeabilidade das paredes mais correntes admite-se que, em geral, se verifica, em zona corrente da parede, uma diminuta migração de humidade por capilaridade para o interior destas últimas.

2.4 Infiltração de água da chuva através das fendas em paredes

Pretende-se, seguidamente, discutir alguns dos factores que maior influência exercem sobre o fenómeno da infiltração de água através das fendas em paredes. A investigação do comportamento das paredes face à chuva incidente implica o conhecimento dum número variado de parâmetros de influência como sejam as suas características construtivas, a sua eventual fendilhação, as respectivas condições de exposição, a sua idade, o tipo de registo dos dados da observação desse comportamento, as condições climáticas e as características de incidência da chuva batida pelo vento, em particular o período de duração da chuva e a direcção do vento em relação ao plano da parede, etc.

Estudos experimentais recentes têm vindo a salientar a importância decisiva, para a ocorrência de infiltração de água através das paredes, da presença de fendas provocadas, em particular, pela carga aplicada eventualmente sobre essas paredes, [10]. Referem, ainda, que a maior parcela de humidade infiltrada ocorre através da interface entre a argamassa e os blocos de alvenaria e, em muito menor grau, através dos blocos ou da argamassa das juntas. Verificou-se que, para provetes de betão sujeitos a um nível de carga da ordem de 40% da carga de rotura, apenas se registava uma variação muito ligeira da permeabilidade. Contudo, observou-se que à medida que a carga aplicada se aproximava da carga de rotura, a permeabilidade crescia fortemente, e que tal acréscimo dependia do tipo, número e estado de propagação das fendas, [10].

Selvarajah, [6], realizou um estudo experimental que visou simular a acção da água da chuva batida pelo vento sobre paredes de alvenaria simples fendilhadas. O dispositivo de ensaio, constituído por uma câmara fechada, permite determinar a velocidade de infiltração de água num provete com fenda sujeito a um caudal de água incidente e sobrepressão (pressão diferencial) variáveis. Os provetes ensaiados eram compostos por duas placas (extraídas de blocos de betão) com dimensões de 390mmx190mmx50mm e de 190mmx190mmx50mm, respectivamente no caso de fendas horizontais e verticais, unidas através de junta de argamassa de 10 mm de espessura. Após a cura dos provetes, as fendas foram materializadas através de aplicação de carga de corte por prensa mecânica. A espessura da fenda foi fixada mediante a colocação de espaçadores metálicos nas duas faces do provete e de cada lado da fenda. Do ponto de vista da infiltração de água através das fendas, consideraram-se, neste estudo experimental, como parâmetros fundamentais: a largura e orientação da fenda (larguras de 0,7 mm, 1,0 mm e 2,0 mm, e orientações vertical e horizontal); a pressão diferencial aplicada entre a face interior e a exterior do provete, simulando a acção do vento (valores ensaiados de 343 Pa, 490 Pa, 784 Pa, 980 Pa e 1176 Pa); e o caudal de água incidente (115,2 l/h, 132,0 l/h, 184,8 l/h, 240 l/h – escolheram-se valores tendo por base os valores máximos da quantidade de água da chuva batida pelo vento, durante um período de 6 minutos, registados em certas zonas da Austrália).

Os resultados dos ensaios mostram que o caudal de água infiltrada é claramente superior no caso de fendas horizontais face ao registado no das fendas verticais (fig. 1). No caso de fendas verticais, o caudal de infiltração é significativamente inferior para abertura de 0,7 mm face ao obtido para aberturas de 1mm e 2 mm (fig. 1). Existe uma tendência geral, com o crescimento da pressão diferencial, para o aumento da relação entre o caudal de infiltração e o caudal incidente (para um valor constante deste último de 240 l/h - fig. 2), embora para certos casos se verifique que se atinge um máximo dessa relação antes de se ter chegado ao valor máximo da pressão diferencial (caso da fenda hor. de 1,0 mm). Julga-se que isso esteja relacionado com a mudança do regime de fluxo de água ao longo da fenda para elevados valores da pressão diferencial. Para fendas verticais verifica-se, no caso do valor constante da abertura de fenda de 0,7 mm, um decréscimo da referida relação com o crescimento da quantidade de água incidente, para quase todos os valores da pressão diferencial (fig.3). Os resultados mostram uma tendência para um efeito dominante do caudal de água incidente sobre o caudal de água infiltrada através de fendas horizontais, quando comparado com o efeito exercido pela pressão diferencial (figs. 1 e 3).

Na escolha dos valores do caudal de água admitiu-se,[6], que a quantidade horária de água da chuva incidente sobre 1 m² de superfície de parede de 138,7 l/h seria equivalente a cerca de 140 mm/h de chuva, ou seja os valores escolhidos seriam correspondentes a 116,27

mm/h, 133,24 mm/h, 186,53 mm/h e 242,25 mm/h, valores, presumivelmente, superiores aos correspondentes às zonas climáticas do País sujeitas a uma elevada precipitação. A comparação plena dos valores não é possível atendendo a que os dados da precipitação disponíveis, (quadro 1), se referem a valores diários ou anuais, enquanto que os do citado estudo se referem a um período de 6 minutos de chuva intensa batida pelo vento. Refira-se que o RSA,[11], preconiza que os valores característicos da pressão dinâmica do vento, W_k , para uma grande parte do território (zona A) e no caso de um terreno de rugosidade tipo I (zona urbana), variem entre $0,7 \text{ kN/m}^2$ (700 Pa) para 0 metros de altitude e $1,54 \text{ kN/m}^2$ (1540 Pa) para 120 m; no caso de terreno de rugosidade tipo II (zona rural) admite-se que variem entre $0,9 \text{ kN/m}^2$ (900 Pa) e $1,86 \text{ kN/m}^2$ (1860 Pa). Refira-se que a relação admitida no RSA entre a velocidade do vento e a referida pressão dinâmica (dada pela expressão $W_k = 0,613 \cdot v^2$ - v em m/s e W_k em kN/m^2) conduziria, no caso dos valores escolhidos, no ensaio acima descrito, para a pressão diferencial (ou seja valores a variar entre 343 Pa e 1176 Pa, estando, pois, dentro da gama dos valores do RSA, acima referidos, da pressão dinâmica do vento), a valores da velocidade do vento de 100,7 Km/h; 121,7 Km/h ; 137,9 Km/h; 180,4 Km/h; 198,3 Km/h.

No que se refere à quantificação da chuva incidente sobre paredes, e tendo em conta o que atrás se disse sobre a relação proposta por Lacy (em 2.2), utilizou-se uma relação mais adequada ($1 \text{ m}^2/\text{s}$ (DRI) \leftrightarrow 150 l/m^2), válida para o País [5], para estimar os valores da quantidade de chuva incidente sobre uma superfície vertical, para 6 estações meteorológicas Nacionais, no período 1979-1990, tendo por base os valores disponíveis do índice de chuva incidente (fig. 4), e do índice de chuva incidente persistente susceptíveis de serem excedidos uma vez em três anos [5], que foram determinados através dos registos horários da precipitação e do vento obtidos para os diferentes azimutes (entre 0° e 330°). Os valores apresentados na figura 4 reflectem alguma diferença entre as distintas zonas climáticas do País, em particular a clara situação desfavorável, face à acção da chuva e do vento, das fachadas dos edifícios da cidade do Porto, quando comparada com a situação das cinco restantes cidades do País analisadas.

Note-se que a quantidade de precipitação num certo ano pode afastar-se significativamente da registada no ano anterior e dos valores médios das décadas anteriores. Assim, de acordo os dados do Instituto de Meteorologia no período de Setembro 2000 a Agosto 2001 a quantidade de precipitação esteve acima dos valores médios do período 1961-90 em quase todo o território (com excepção da região de Faro que esteve um pouco abaixo dos valores normais – quadro 1). Pela análise da figura 4, verifica-se que a quantidade de chuva incidente durante esses períodos apresentou-se concentrada especialmente entre os azimutes 180° e 300° . Semelhante constatação pode ser obtida com base nos valores calculados correspondentes ao índice de chuva incidente persistente acima descrito (valor máximo calculado da ordem de $52,5 \text{ l/m}^2$, na cidade do Porto e no azimute 300°). Tal leva a supor que serão, em geral, as fachadas viradas a Poente as mais expostas a chuva incidente acompanhada de vento forte, o que se conjuga negativamente com o facto da fendilhação resultante dos efeitos da temperatura ser mais expressiva precisamente na zona Poente do edifício, em especial junto à zona da cobertura. De facto, a zona superior das fachadas é, em geral, mais sujeita à acção da água da chuva, circunstância que conjugada com a eventual fendilhação intensa dessa zona, devido aos efeitos relacionados com as deformações térmicas, podem configurar uma situação potencialmente favorável à ocorrência de infiltrações significativas de água.

Para concluir, refira-se que, nas condições de aplicação satisfatória dos índices acima referidos e devidamente corrigidos para a situação das paredes reais através de relações

fiáveis, julga-se possível, estudar a correspondência entre a chuva incidente determinada com base em informação meteorológica e ensaios em modelos reduzidos, tendo em vista a analisar, de forma adequada, as anomalias relacionadas com infiltrações de água em edifícios ocorrentes através da fendilhação em paredes de alvenaria.

Quadro 1 – Valores da precipitação em 6 estações meteorológicas Nacionais nos períodos de Set. 2000/Agosto 2001 e Set. 2001/Agosto 2002 – dados extraídos do “site” do Instituto de Meteorologia

Local (Ano de início da série)	Ano 2000/01 (Ano 2001/02)			Valores Normais 1961-1990	Valores Extremos da Precipitação (mm)					
	Total Anual (mm)	Máximo Diário			Média Anual	Máximo Anual		Mínimo Anual		Máximo Diário (desde 1941)
		Precipit. (mm)	Dia Mês	Precipit.		Ano	Precipit.	Ano	Precipit.	Dia Mês Ano
Bragança (1941)	1458 (545)	79 (33)	7/12 (23/1)	743	1540	1943	361	1945	185	20/1 1941
Vila Real (1941)	1912 (648)	78 (43)	21/3 (23/1)	1112	2012	1966	511	1949	106	29/1 1948
Porto - Serra do Pilar (1863)	2337 (870)	108 (61)	21/3 (22/10)	1265	2444	1877	589	1953	108	21/3 2001
Coimbra-Cernache (1941)	1519 (569)	64 (38)	27/1 (18/10)	1016*	1729	1966*	459	1949*	79	30/12 1961*
Lisboa-Geofísico (1871)	1015 (529)	53 (52,6)	23/11 (29/10)	751	1424	1877	328	1945	96	19/11 1983
Évora (1871)	868 (489)	70 (36,2)	7/2 (23/1)	625	1225	1877	321	1876	104	4/10 1944
Faro (1965)	445 (607)	66 (60,0)	22/12 (18/12)	523	1157	1990	208	1983	158	14/10 1989

* Os valores normais e extremos até 1994 referem-se a Coimbra-Geofísico

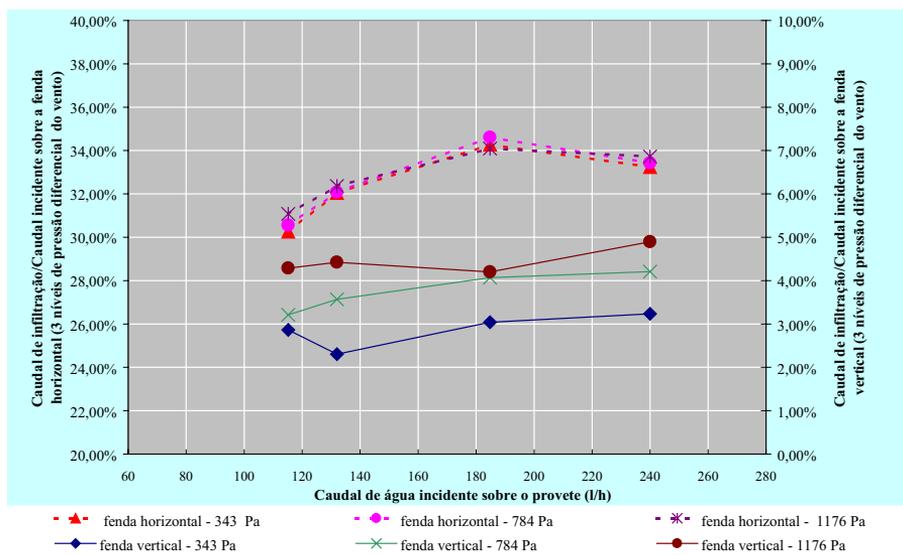


Fig. 1 – Relação entre o caudal de água incidente sobre o provete de alvenaria e o caudal de água infiltrada através da fenda para 3 diferentes níveis da pressão diferencial (em função do referido caudal de água incidente)

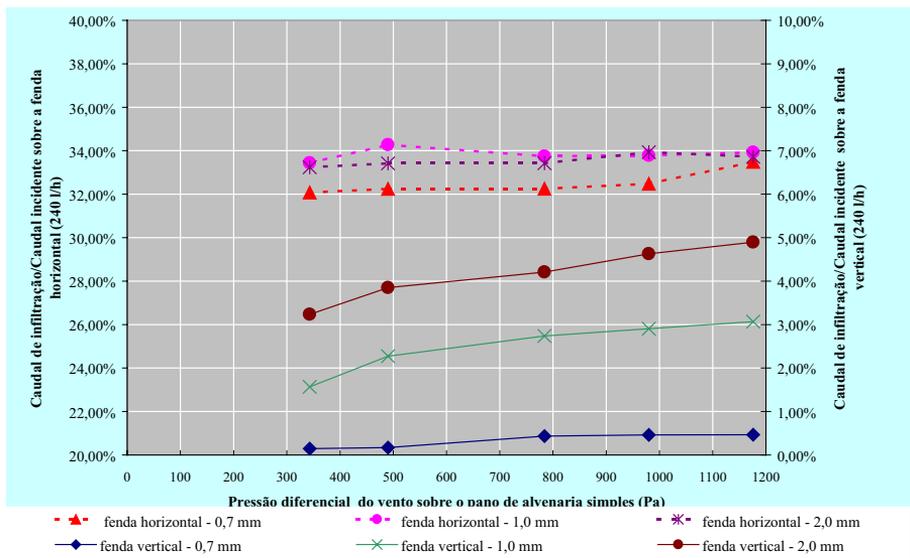


Fig. 2 – Relação entre o caudal de água incidente sobre o provete de alvenaria e o caudal de água infiltrada através da fenda para 3 diferentes níveis da respectiva abertura e para um valor constante de 240 l/h do caudal incidente (em função da pressão diferencial do vento)

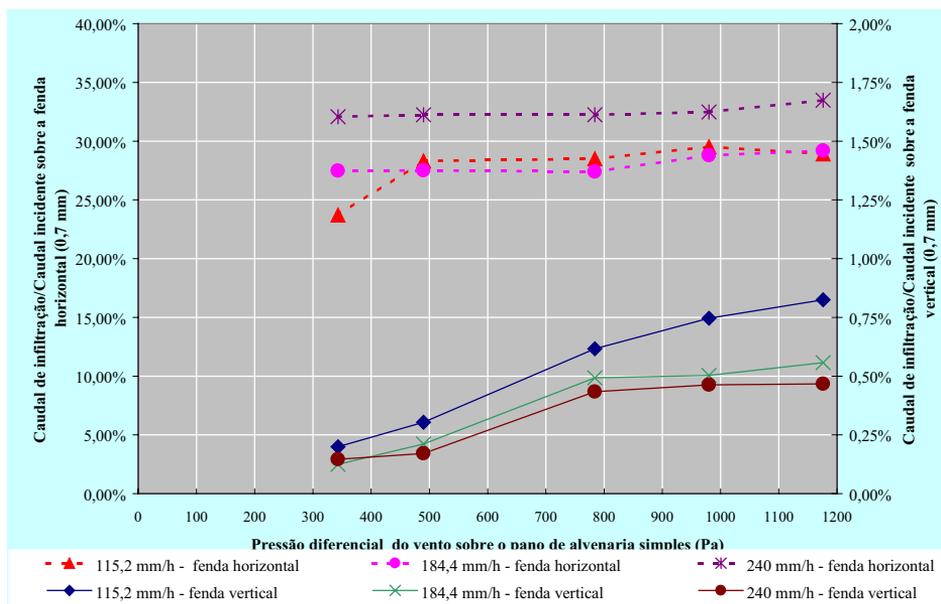


Fig. 3 – Relação entre o caudal de água incidente sobre o provete de alvenaria e o caudal de água infiltrada através da fenda para 3 diferentes níveis do caudal incidente e para um valor constante de 0,7 mm da abertura da fenda (em função da pressão diferencial do vento)

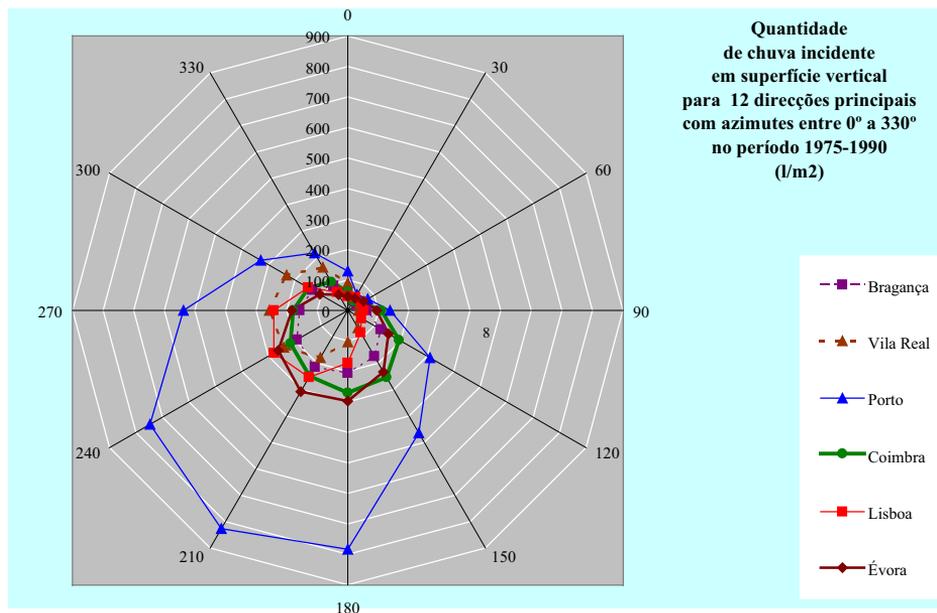


Fig. 4 – Quantidade de chuva incidente em superfície vertical com base nos valores do índice de chuva incidente (m^2/s) relativos a 6 estações meteorológicas Nacionais, [5], e determinados através dos registos horários da precipitação e do vento obtidos para os diferentes azimutes

REFERÊNCIAS

1. CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION (CSTC) - *La fissuration des maçonneries*. Note d'information technique n° 65, Bruxelles, CSTC, Mars, 1967.
2. PAIVA, J. V. - *Humidade em paredes*. Tese para especialista do LNEC. Lisboa, LNEC, 1967.
3. LACY, R. E. - *An index of exposure to driven rain*. Building Research Station (BRS), 1971. Digest 127.
4. NEWMAN, A. J. - *Rain penetration through masonry walls- Diagnosis and remedial measures*. Building Research Establishment, Report, Garston, 1984.
5. HENRIQUES, F. A. - *Acção da humidade em paredes. Formas de manifestação, critérios de quantificação e análise de soluções de reparação*. Lisboa, LNEC, 1993. INCE 4. Tese.
6. SELVARAJAH, S.; JONHSTON, A. J. - *Water permeation through cracked single skin masonry*. Building and Environment, Vol. 30, N° 1, pp. 19-28, 1995.
7. FREITAS V. P.; ABRANTES, V.; CRAUSSE, P. - *Moisture migration analyses in building walls- Analysis of the interface phenomena*. Building and Environment, Vol. 31, N° 2, pp. 99-108, 1996.
8. CHOI, E. C. C. - *Wind-driven rain on building faces and the driven-rain index*. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 79, pp. 10-122, 1999
9. KUMAR, K. S. - *Pressure equalization of rainscreen walls: a critical review*. Building and Environment, Vol. 35, pp. 161-171, 2000.
10. TAIT, C. J.; KHALAF, F. M.; KERMANI, A. - *Review of water ingress characteristics of stressed masonry*. Journal of Materials in Civil Engineering, September/October, 2001.
11. PORTUGAL (Leis, decretos-leis, etc) - *Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA)*. Decreto-lei n° 235/83, de 31 de Maio de 1983. Lisboa, Imprensa Nacional-Casa da Moeda, EP, 1986.