

Eventos meteorológicos cada vez mais frequentes e intensos e a necessidade de revisão de cálculos de vazão para instalações prediais de águas pluviais.

INTRODUÇÃO

Alterações no aumento de temperatura média dos oceanos produzem mudanças climáticas de grande intensidade, que podem ser percebidas com certa frequência no mundo.

Nas metrópoles as coberturas de edifícios já não suportam o volume da água proveniente de chuvas intensas. O depósito de lixo nas ruas, rios e terrenos, e a falta de serviço público de manutenção e limpeza do sistema de drenagem das cidades fazem com que as enchentes produzam efeitos cada vez mais arrebatadores.

Quanto às edificações, há a necessidade de revisão da norma ABNT NBR 10.844:1989 “Instalações Prediais de Águas Pluviais”, para aprimorar e considerar novos procedimentos e parâmetros de dimensionamento, visto que os índices pluviométricos atualmente empregados se encontram defasados. Índices atualizados podem ser obtidos a partir da fixação de valores adequados para a duração da precipitação e para a seleção do período de retorno, tomando-se por base dados pluviométricos locais, além de se levar em conta elementos construtivos característicos.

Além de alterações no período de chuva e seca, o físico Garcia do Instituto de Oceanografia da Universidade Federal do Rio Grande, aponta que tanto a elevação das temperaturas quanto do nível do mar alteram os eventos extremos, impactando áreas vulneráveis na costa brasileira, além de afetar diretamente as temporadas de chuvas no Brasil.

Os sinais são claros e a engenharia deve se manifestar e não ficar à margem dos problemas anunciados pelos especialistas no setor, devendo buscar soluções para evitar transtornos aos usuários de edifícios de várias destinações, sejam estes de uso residencial, comercial, industrial ou públicos.

1 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

No primeiro trimestre de 2010, o Centro de Gerenciamento de Emergências registrou em São Paulo um índice pluviométrico de 872,7 mm, considerado extremamente alto, sendo que três são os fatores considerados por especialistas para a causa: o fenômeno El Niño, concreto e umidade.

Segundo o jornalista Washington Novaes, é preocupante a informação contida no Plano de Drenagem da cidade de São Paulo de que esta só se livrará em 2040 das enchentes provocadas por chuvas. Só os rios Tietê e Pinheiros recebem mais de quatro milhões de metros cúbicos de sedimentos a cada ano, o que reduz suas capacidades de receberem as águas provenientes de chuvas fortes. A retirada desses sedimentos não ultrapassa um milhão de metros cúbicos por ano.

2 DETERMINAÇÃO DA CHUVA DE PROJETO

O dimensionamento dos diversos elementos constituintes de um sistema predial de águas pluviais é feito com base nas respectivas vazões de projeto, que dependem da quantidade de água interceptada pela edificação durante uma precipitação atmosférica. Entretanto, a chuva é um fenômeno natural variável no tocante à sua frequência, intensidade e duração.

Mesmo durante a ocorrência de determinada precipitação, as vazões decorrentes variam ao longo do tempo, pois seu valor apresenta três fases distintas: um rápido crescimento, um pico e um decréscimo.

As chuvas de interesse para a determinação das vazões de projeto de uma edificação são aquelas de curta duração e de elevada intensidade, que geram valores expressivos de vazão, tais como as “pancadas de verão”. Já as chuvas de duração prolongada costumam ser menos intensas.

“Quantidade de chuva” é a altura de água precipitada e acumulada sobre uma superfície plana e impermeável, avaliada mediante medidas realizadas em locais previamente escolhidos, por aparelhos denominados pluviômetros ou pluviógrafos.

Pluviômetro é um receptáculo que registra a altura da lâmina d’água coletada, em intervalos de 24 horas, expressa em milímetros de chuva, cujas informações são úteis para áreas da engenharia, tal como Agronomia.

Já para projetos de águas pluviais de sistemas prediais, os registros de chuvas de real interesse são os obtidos em

pluviógrafos dotados de agulhas registradoras, que permitem determinar os índices pluviométricos e os tempos em que ocorreram.

Tais equipamentos fornecem os seguintes dados:

- **Altura pluviométrica** (h): índice pluviométrico expresso em milímetros, que indica o volume de água precipitada por unidade de área horizontal.
- **Duração da precipitação** (t): período de tempo, contado desde o início até o final da precipitação, medido em minutos ou horas, que serve como referência para determinação da intensidade da precipitação.
- **Intensidade pluviométrica** (i): quociente ou relação entre a altura pluviométrica e a duração de uma precipitação, geralmente expressa em minutos/hora.

$$i = \frac{h}{t}$$

onde, h = altura pluviométrica(mm); t = duração da precipitação (h)
e i = intensidade pluviométrica (mm/h)

2.1 Período de retorno

É o número médio de anos sem que, para a mesma duração de precipitação, uma determinada intensidade pluviométrica seja igualada ou superada apenas uma vez. Para chuvas de uma mesma duração, quanto maior for o período de retorno, tanto maior será a correspondente intensidade pluviométrica.

Dessa forma, definir uma chuva de projeto, cujas vazões correspondentes são utilizadas para dimensionar os constituintes de uma instalação predial de águas pluviais, consiste em definir esses três parâmetros citados: duração da precipitação, intensidade pluviométrica e período de retorno.

2.2 Seleção do período de retorno

Período de retorno ou tempo de recorrência é o número médio de anos durante o qual se espera que a precipitação determinada seja igualada ou superada uma única vez.

Fixar um período de retorno para um dado projeto consiste em fixar certo número de anos durante os quais se espera que as instalações prediais se mostrem ineficientes apenas uma vez (por exemplo, com extravasamentos das calhas, acúmulo de água em terraços, pátios acima do esperado etc.).

A determinação da intensidade pluviométrica, para fins de projeto (a “chuva de projeto”) deve ser feita a partir da fixação de valores adequados para a duração da precipitação e seleção do período de retorno, tomando-se por base dados pluviométricos locais.

Assim, um tempo de recorrência muito grande gera o benefício de fornecer melhor informação sobre a máxima intensidade de chuva que uma instalação de águas pluviais pode suportar, em contrapartida, utiliza elementos de maiores dimensões, mais caros e com maior incidência de ociosidade.

Já um tempo de recorrência pequeno representa um sistema de águas pluviais de menor custo, mas sujeito a transbordamentos mais frequentes e diversas consequências para o conforto e habitabilidade.

Assim, a seleção do período de retorno deve ser econômica, mas feita com critério, pois há instalações cujo dimensionamento deve ser rigoroso quanto aos danos que extravasamentos de chuvas intensas críticas possam causar, ao passo que há situações, como pátios e terraços, em que certo acúmulo de água precipitada é tolerável.

Deste modo, a escolha e justificativa de determinado período de retorno para uma instalação estão ligadas a uma análise da economia e da segurança pretendidas para a obra.

Quanto maior for o período de retorno, maiores serão os valores das vazões de pico a escoar e mais segura e custosa será a obra.

Para edificações usuais em projeto é quase sempre impossível fazer um prévio cotejo realista entre os custos envolvidos nas instalações prediais de águas pluviais e os prejuízos previsíveis, de modo a se obter uma solução economicamente conveniente, com base no critério custo-benefício.

Em seu lugar, um critério racional para a seleção do período de retorno, a ser adotado para uma dada edificação é a determinação do nível de risco que se permite incorrer ao longo de sua vida útil (risco calculado), em relação à incapacidade temporária de suas instalações prediais de águas pluviais.

Para uma dada localidade em que o número de anos de registros pluviográficos é grande e supera o período de retorno que se pretende adotar, a recíproca do tempo de recorrência representa a probabilidade da ocorrência da chuva correspondente:

$$p = \frac{1}{T}$$

onde t = tempo de recorrência (anos) e p = probabilidade ou frequência de ocorrência

Exemplificando, se uma chuva intensa de 120 mm/h ocorre numa determinada região, com frequência de 1 vez, em média, a cada 10 anos, sua probabilidade de ocorrência, ou frequência, será de $p = \frac{1}{10} = 0,1$, ou seja, de 10% durante esse período.

2.3 Determinação da intensidade pluviométrica

Para a obtenção das vazões de projeto, que servem de base para o dimensionamento dos constituintes de uma instalação predial de águas pluviais é necessário o estabelecimento da intensidade pluviométrica da chuva de projeto, conhecida a duração da chuva ($t=5$ min) e o período de retorno ($T=1$, $T=5$ ou $T=25$ anos).

Isso pode ser feito a partir de dados pluviométricos da localidade onde se situa a edificação em projeto. Entretanto, esses dados são bastante escassos na maior parte do País e, mesmo em regiões onde a densidade de postos pluviográficos é satisfatória, verifica-se que os registros disponíveis carecem de tratamento sistemático que permita a sua pronta utilização.

2.4 Dimensionamento de calhas

Não é raro ocorrer transbordamento de calhas em forros e lajes de teto quando ocorrem chuvas intensas. Conforme a intensidade e a duração da chuva, a água extravasada para dentro do ambiente pode representar sérios prejuízos e aborrecimentos para os seus usuários.

Profissionais especializados, com base em cálculos de engenharia e soluções provenientes do conhecimento técnico do funcionamento do sistema, podem propor medidas práticas que aumentem a capacidade de vazão do sistema predial de captação de águas pluviais, tais como: aumento da declividade das calhas e da capacidade de escoamento dos condutores verticais.

A eliminação de arestas e cantos no caminho da água de escoamento ajudará a eliminar o acúmulo de sujeiras e possíveis dificuldades de vazão.

No caso da existência de arestas, quanto maior for a vazão de água pluvial, maior será a espessura do anel líquido descendo dentro do condutor vertical e maior a quantidade de ar arrastado para o seu núcleo.

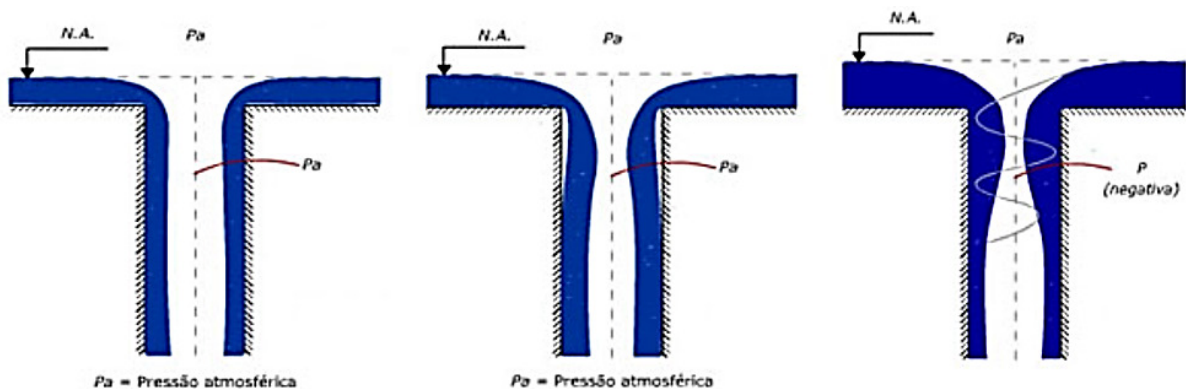


Figura 1 – Fluxo de Água dentro de Condutores

O ar ocupa espaço dentro do condutor vertical que poderia estar sendo utilizado para o escoamento de água pluvial, reduzindo a capacidade de esgotamento da calha.

Uma forma de evitar que o ar ocupe espaço significativo dentro do condutor vertical e a perda de energia de escoamento é a adoção de uma redução gradual da seção da embocadura do condutor vertical, o que é proporcionado pela interposição de um funil de saída, reduzindo muito o efeito desfavorável da aresta viva no fundo da calha. A medida de extensão e embocadura do funil deve ser superior a $\frac{4}{3}$ do diâmetro do condutor vertical, conforme indica a figura 2.

A tomada d'água em funil de saída também contribui para dificultar a formação de vórtice hidráulico na entrada do condutor vertical, mas, para isso, sua posição relativa no fundo da calha é de fundamental importância.

A distância da aresta do funil, na linha de encontro com a calha, até sua borda lateral, ou de fundo, quando o condutor vertical estiver alojado numa de suas extremidades, não deve ser maior do que as medidas **a** ou **b** indicadas na figura, para que não haja formação de vórtice hidráulico.

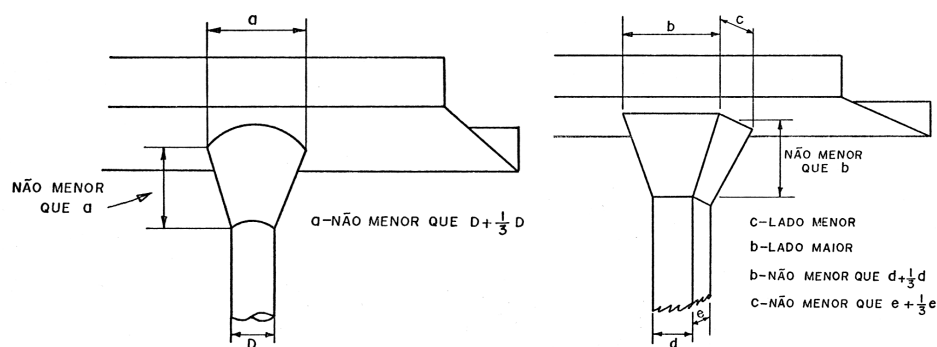


Figura 2 – Distância da Aresta do Funil

Já em calhas de beiral ou de platibanda com tomada d'água do condutor vertical em aresta viva, desprovida de funil, a distância da aresta até a borda da calha, ou sua extremidade, não deve ultrapassar o valor da dimensão correspondente do condutor para se evitar o vórtice.

Dessa forma, para que não ocorra o vórtice hidráulico, a tomada d'água do condutor vertical no fundo da calha deve situar-se o mais próximo possível de uma de suas bordas. Quando essa condição não for viável, então a tomada d'água deverá ser provida de ralo hemisférico, que garante admissão radial de água ao topo do condutor vertical.

2.4.1 Adoção de ralo hemisférico

Ralos hemisféricos são elementos de captação tubulares cilíndricos dotados de grelha hemisférica na parte superior, geralmente metálica ou plástica, posicionada ao fundo da calha, na embocadura do condutor vertical, dotado ou não de funil de saída.

Os ralos hemisféricos são adotados em locais onde os ralos planos podem sofrer obstruções como, por exemplo, acúmulo de folhas de vegetação, detritos etc, ou em situações específicas de projeto que precisem de escoamento de água de modo radial.

2.4.2 Adoção de bandeja pluvial na embocadura do condutor vertical

Bandejas pluviais são elementos de acumulação temporária

de água, destinados a receberem águas pluviais de calhas por deságue livre (queda livre) e mediante elevação da carga líquida em seu interior, conduzindo-as adequadamente a um condutor vertical. Elas sempre se situam na extremidade superior de um condutor vertical e propiciam a elevação da lâmina líquida para vencer a perda de carga que ocorre em sua embocadura, substituindo com vantagens o funil de saída.

O correto dimensionamento de uma bandeja pluvial é feito com base em cálculos de engenharia, a partir do conhecimento obtido em ensaios de laboratórios tecnológicos. Para um bom funcionamento, as bandejas pluviais devem apresentar:

- largura igual ou superior à da calha mais larga que nela descarregue;
- comprimento suficiente para receber todo o fluxo da calha, cuja extremidade deságua na bandeja como um vertedouro livre;
- bordo livre mínimo equivalente a $2/3$ da carga hidráulica (profundidade de lâmina) sobre a embocadura do condutor vertical.

CONCLUSÃO

Com base nos dados deste estudo, pode-se concluir que existe a necessidade da revisão da determinação da intensidade pluviométrica “I”, contida na ABNT NBR-10844:1989 “Instalações Prediais de Águas Pluviais”, devendo-se prever valores adequados para a duração de precipitação e o período de retorno, além de se

estabelecer parâmetros de detalhes construtivos para as bandejas e funis e seus respectivos materiais aceitáveis para tal finalidade.

Outrossim, a citada edição dessa norma técnica traz limitações e restrições que requerem revisão e atualização tecnológica, no tocante a condutores verticais, calhas, rufos, pingadeiras, escoamento não permanente e não uniforme, influência de curvas, bandejas pluviais, perdas de carga na admissão de água em ralos e grelhas instalados em pátios, limitação da altura de lâmina d'água, sistema sifônico, escoamento em superfícies horizontais e calhas sem declividade, bordo livre mínimo para calhas, entre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - NBR 10844:1989 – Instalações Prediais de Águas Pluviais.

Estação IAG/USP Disponível em
<<http://www.estacao.iag.usp.br/seasons/index.php>>. Acesso em
20.Jan.2014.

ECO. **Aquecimento Global.** Disponível em
<<http://tvcultura.cmais.com.br/reportereco/artigos/aquecimento-global>>. Acesso em 20.Jan.2014.

JN GLOBO. **Temporais serão mais frequentes no Brasil, prevê levantamento.** Disponível em <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2013/12/temporais-serao-mais-frequentes-no-brasil-preve-levantamento.html>>. Acesso em 15.Jan.2014.

OLIVEIRA, Neide. **Análise da evolução de eventos extremos de precipitação diária na cidade de São Paulo.** INMET-7º Disme/SP.

TAVARES. Ingrid. **“Desastres não são naturais, mas socialmente construídos”.** Disponível em <<http://noticias.uol.com.br/meio-ambiente/ultimas-noticias/redacao/2013/09/11/mudancas-climaticas-intensificam-desastres-naturais-no-brasil.htm>>. Acesso em 20.Jan.2014.