



XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

INFLUÊNCIA DA PERIODICIDADE DE DADOS NA DETERMINAÇÃO DO ICDD EM PORTO ALEGRE

ZUCCHETTI, Lais (1); MASUERO, Ângela Borges (2); LOREDO- SOUZA, Acir Mércio (3)

(1) NORIE/ PPGEC/ UFRGS, (51) 3308 3518, e-mail: laiszucchetti@yahoo.com.br, (2) NORIE/ PPGEC/ UFRGS, e-mail: angela.masuero@ufrgs.br (3) LAC/PPGEC/ UFRGS, e-mail: acir@ufrgs.br

RESUMO

A deterioração dos elementos externos das edificações está associada com as condições ambientais nas quais elas se inserem, dentre estas, a chuva dirigida apresenta papel importante, visto que é considerada a principal fonte de umidade externa que afeta a durabilidade e o desempenho higrotérmico das fachadas das edificações. A chuva dirigida é um fenômeno caracterizado pela ação conjunta da precipitação e do vento, e na construção civil, um dos indicativos para determinar este fenômeno denomina-se índice de chuva dirigida, entretanto, quem fornece informações sobre a direção da chuva é o índice de chuva dirigida direcional. A determinação destes parâmetros é realizada através da aplicação de fórmulas empíricas, existentes na literatura internacional. Os dados empregados são oriundos de estações meteorológicas que disponibilizam arquivos climáticos com dados mensais, diárias e horárias. Desta forma, o objetivo deste trabalho é avaliar a influência da periodicidade dos dados na determinação do índice de chuva dirigida direcional, no período de 2002 a 2011, utilizando informações mensais, diárias e horárias, provenientes da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia de Porto Alegre. A partir deste estudo identificou-se que a utilização de dados com diferentes periodicidades de tempo influenciam na determinação das direções de maior risco à exposição à chuva dirigida, ou seja, quanto mais próximos forem os intervalos de coleta dos dados maior é a dispersão das direções de incidência da chuva dirigida. Quando são empregados dados diárias ou médias mensais a tendência é a concentração do índice de chuva dirigida em determinadas direções. Contudo, mesmo com o emprego de dados com diferentes periodicidades, a chuva dirigida apresentou em Porto Alegre, de forma geral, entre os anos de 2002 e 2011, um nível mais acentuado de influência no quadrante Leste/ Sul, representando maior risco à incidência de chuva dirigida para as fachadas que estão orientadas nesta direção, sendo assim, elas demandam maior atenção com relação à sua proteção da ação da água da chuva.

Palavras-chave: Índice de chuva dirigida direcional, Periodicidade de dados, Durabilidade de fachadas de edificações.

ABSTRACT

The deterioration of the building external elements is associated with the environmental conditions in which they are located, among these; the driving rain plays an important role, since it is considered the major humidity source affecting the durability and hygrothermal performance of building facades. The driving rain is a phenomenon characterized by the joint action of rain and wind, and in the civil engineering, one parameter to characterize this phenomenon is called directional driving rain index, , which provides information about the rain direction. The determination of these parameters is performed by applying empirical formula, existing in the international literature. The data used are from weather stations that provide weather information with daily and hourly data. Thus, the aim of this study is to analyze the influence of the data periodicity in determination of the directional driving rain, in the period 2002 to 2011, using monthly, daily and hourly information, provided by the National Institute of Meteorology weather station located in Porto Alegre. From this study it was found that the use of data with different time periodicity influence in determining the directions of greatest risk for exposure to

driving rain, in other words, the greater proximity between the intervals of data collection reflects in greater dispersion of the driving rain directions. When daily data or monthly averages are employed the tendency is the driving rain index agglomeration in certain directions. However, even with the use of different periodicities data, the driving rain in Porto Alegre, in general between the years 2002 and 2011, presented a more pronounced level of influence in the quadrant East/South, representing the highest risk of incidence of driving rain for facades that are oriented in that direction, so they require more attention with regard to its protective action of wind driving rain.

Keywords: *Directional driving rain index, Data frequency, Building facade durability.*

1 INTRODUÇÃO

A deterioração dos elementos externos das edificações está associada com as condições ambientais nas quais elas se inserem, dentre estas, a chuva dirigida apresenta papel importante, visto que é considerada a principal fonte de umidade externa que afeta a durabilidade e o desempenho higrotérmico das fachadas das edificações (CHOI, 1999; BLOCKEN; CARMELIET, 2004).

A chuva dirigida é um fenômeno caracterizado pela ação conjunta da precipitação e do vento, e na construção civil, o indicativo para determinar este fenômeno denomina-se índice de chuva dirigida, entretanto, quem fornece informações sobre a direção da chuva é o índice de chuva dirigida direcional. Sendo assim, dentre os fatores relevantes que determinam a quantidade de chuva que incide nas fachadas de uma edificação estão a posição das fachadas das edificações e as características da precipitação, que englobam dentre outros aspectos a velocidade e direção do vento, bem como o tamanho das gotas de chuva e sua intensidade (CHOI, 1994; BLOCKEN; HENS; CARMELIET, 2002).

O estudo da chuva dirigida na engenharia civil é dividido, basicamente, em duas partes: a quantificação de cargas de chuva dirigida e o estudo da resposta da edificação a estas cargas (BLOCKEN; CARMELIET, 2004). Com relação à quantificação dos valores de chuva Blocken e Carmeliet (2004) identificaram a utilização de três métodos principais: os experimentais, os numéricos e os semi-empíricos.

Desta forma, neste trabalho será abordada a determinação das direções de chuva dirigida, a partir da quantificação do índice de chuva dirigida, na cidade de Porto Alegre, entre os anos de 2002 e 2011, através da utilização de métodos semi-empíricos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A chuva dirigida, também conhecida como chuva incidente (SABBATINI, 1988; KAZMIERCZAK, 1989), é a chuva que apresenta uma componente de velocidade horizontal que tem origem no vento. As pesquisas envolvendo chuva dirigida apresentam importância em diversas áreas de pesquisa, incluindo agronomia, meteorologia e engenharia civil (BLOCKEN; CARMELIET, 2004).

Neste trabalho será adotado o termo chuva dirigida, em função da ampla utilização por parte de diversos pesquisadores a nível nacional e internacional, bem como pela definição do termo, seguindo o exposto por Giongo (2007) que determina que a chuva por sua natureza é incidente, contudo, quando consideramos este fenômeno nas edificações, e principalmente sobre as superfícies verticais das fachadas, é necessário que a precipitação seja conduzida pelo vento, uma vez que sem esta força de transporte, as gotas cairiam verticalmente sem atingir as paredes protegidas de alguma forma.

Contudo, a partir da atuação do vento sobre as gotas de chuva, as fachadas se expõem de uma forma maior e apresentam, assim, diferentes níveis de umidade que estão diretamente relacionados com a direção e intensidade do vento (THOMAZ, 1990).

Nesse sentido, com relação à posição das fachadas da edificação, Melo Junior (2010) ressalta a importância da correta orientação das fachadas considerando o vento predominante da região de implantação da construção, uma vez que a água da chuva é carregada normalmente pela corrente de ar dominante, sendo assim, as faces da edificação que estiverem voltadas para os ventos predominantes receberão uma maior quantidade de chuva (MELO JUNIOR, 2010).

2.1 Índice de chuva dirigida

Os métodos de quantificação de chuva dirigida denominados semi-empíricos relacionam, basicamente, os dados referentes aos ventos com àqueles relacionados à precipitação pluviométrica, normalmente estas informações provém de estações meteorológicas, que fornecem os dados de velocidade e direção de vento em conjunto com as informações de precipitação (BLOCKEN; CARMELIET, 2004).

Estes métodos surgiram da necessidade de se conhecer o nível de exposição das fachadas com relação à chuva dirigida, através do estabelecimento de relações entre os dados de vento e precipitação. Sendo assim, em 1955, Hoppestad apresentou duas relações nas quais se baseia a grande maioria dos métodos semiempíricos existentes: o índice de chuva dirigida (ICD) (Driving Rain Index - DRI) e a relação de chuva dirigida (Driving Rain Relationship).

No Brasil, não existem normas que abordem a quantificação do índice de chuva dirigida ou o cálculo da quantidade de chuva acumulada em superfícies verticais. A única norma nacional que apresenta aspectos relativos é a norma que trata das características dos ventos brasileiros e apresenta o mapa das isopletas do vento (ABNT, 1988).

Durante os anos 60, o CIB (Conseil International du Bâtiment) estabeleceu o ICD como sendo o produto da quantidade de precipitação pela velocidade do vento (PEREZ, 1988), conforme demonstrado na equação 1.

$$ICD = (V * P) / 1000 \quad (1)$$

onde, ICD = índice de chuva dirigida (m^2/s);
V = velocidade média de vento (m/s);
P = total de precipitação (mm).

A partir da utilização do ICD a região de implantação pode ser classificada de acordo com o nível de agressividade que representa para a edificação, segundo a indicação de Lacy (1965)¹ apud Chand e Bargava (2002), Marsh (1977) e Chand e Bargava (2002).

Normalmente o índice de chuva dirigida é utilizado para indicar aos projetistas a intensidade de exposição do local de implantação de uma edificação e permitir que sejam realizadas comparações, considerando o grau de agressividade de diferentes locais.

É comum a produção de mapas com estes índices que apresentam os diferentes graus de exposições de áreas de uma região, estado ou país, entretanto, estes mapas não apresentam subsídios para que se identifique quais as fachadas estão mais propícias à incidência de chuva, quem fornece esta informação é o ICDD (índice de chuva dirigida direcional).

¹ LACY, R. E. Driving-rain maps and the onslaught of rain on buildings. In: Moisture problems in buildings. RILEM/CIB Symposium. Helsinki, 1965.

2.2 Índice de chuva dirigida direcional

O indicativo de direção de chuva dirigida é calculado através da aplicação da Equação 1, já apresentada, associado às respectivas direções de vento. Os resultados comumente são apresentados em forma de radar, com a finalidade de visualizar quais fachadas da edificação estão mais expostas à chuva dirigida em determinada localidade, entretanto, outros tipos de gráficos também podem ser utilizados para melhor visualização do comportamento direcional da chuva dirigida.

Internacionalmente, diversos estudos identificaram as direções preferenciais da chuva dirigida, seguindo a localização específica de cada um deles, sendo o pioneiro desenvolvido por Lacy (1971)² apud Blocken e Carmeliet (2004). À nível nacional, Silva e Giralt (1995) determinaram as direções para Porto Alegre, bem como Giongo (2007) para a região de Florianópolis, Melo Junior (2010) com o cálculo dos ICDD's de Goiânia e Heerdt e Back (2012) com a determinação da chuva dirigida para região sul catarinense.

Apesar de sua importância para diversas áreas do conhecimento, o estudo da chuva dirigida ainda é novo no Brasil, com poucos estudos publicados. Um dos fatores que dificultam esse estudo é a pouca disponibilidade de dados adequados para que possam ser calculados os índices de chuva dirigida (ICD) (MELO JUNIOR; CARASEK, 2011; LIMA; MORELLI, 2005; GIONGO; PADARATZ; LAMBERTS, 2011).

Entretanto, um indicativo que pode influenciar na qualidade da análise destes parâmetros é a periodicidade dos dados, visto que, a quantidade de informação determina a maior ou menor precisão entre os eventos de precipitação, velocidade e direção de vento.

3 MÉTODO

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram utilizadas informações provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), mais precisamente do 8º Distrito de Meteorologia (DISME), com sede na cidade de Porto Alegre- RS.

Os cálculos do índice de chuva dirigida direcional foram realizados a partir da aplicação dos dados mensais e diários obtidos no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDEP), e dos dados horários disponibilizados pelo 8º DISME/Porto Alegre. O cálculo do ICDD foi executado por meio da multiplicação entre a velocidade média do vento e o total de precipitação, equação proposta por Lacy (1965), associados à direção do vento predominante no momento da coleta, sendo que a adoção deste método baseou-se na extensiva aplicação por outros autores para a determinação do nível de exposição das edificações, tais como Chand e Bhargava (2002), Lima e Morelli (2005) Giongo (2007) e Melo Junior e Carasek (2010).

Os dados mensais caracterizam-se pelo somatório de precipitação ao longo dos dias dos meses e pelo valor médio de velocidade de vento e direção de vento predominante neste mesmo período, já os dados diários são formados por três leituras diárias de velocidade e direção de vento, às 12, 18 e 24 UTC e a precipitação acumulada ao longo do dia. Já as informações horárias são determinadas por 24 leituras diárias de precipitação, bem como de velocidade e direção de vento. Neste trabalho foi utilizada para análise a seção

² LACY, R.E. An index of exposure to driving rain, Building Research Station Digest 127, Garston, 1971

de anos entre 2002 e 2011, uma vez que os dados horários disponibilizados restringiram-se a este período.

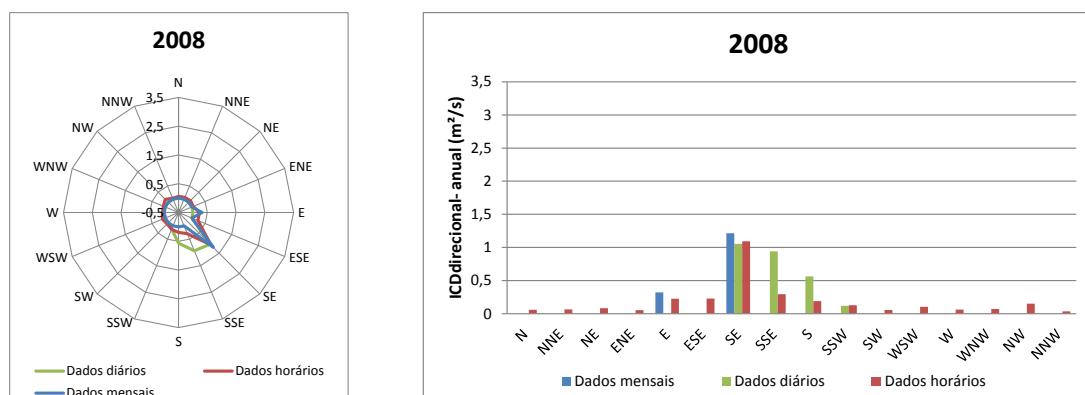
Na estação meteorológica, as informações de velocidade do vento foram fornecidas em m/s (metros por segundo) e a precipitação em mm (milímetros). Já os indicadores de direção de vento obtidos nas leituras horárias foram em graus que variaram de 0° a 360°, e nas diárias e mensais em códigos numerais de 1 a 99.

Desta forma este parâmetro foi convertido em 16 direções de vento que incluem os pontos cardinais leste (E), oeste (W), norte (N) e sul (S), os colaterais nordeste (NE), sudeste (SE), noroeste (NW) e sudoeste (SW), bem como os subcolaterais nor-nordeste (NNE), és-nordeste (ENE), és-sudeste (ESE), su-sudeste (SSE), su-sudoeste (SSW), oés-sudoeste (WSW), oés-noroeste (WNW) e nor-noroeste (NNW). Esta configuração foi mantida, visto que o órgão que disponibilizou as informações utiliza esta forma de apresentação com relação à direção dos ventos.

4 DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE

A partir do cálculo dos ICDD's foram plotados dois tipos principais de gráficos: o radar e o de colunas, desta forma, o gráfico de colunas permitiu uma melhor visualização do comportamento da chuva dirigida direcional, visto que os resultados dos valores do ICDD variaram em função da periodicidade de dados, conforme apresentado na figura 1.

Figura 1 – Comparativo entre gráfico radar e de colunas para visualização do comportamento da chuva dirigida direcional, na cidade de Porto Alegre, em 2008.



Sendo assim, foram desenvolvidos gráficos anuais com o comportamento direcional da chuva dirigida, apresentados nas figuras 2, 3, 4, 5 e 6. Desta forma pode-se identificar a discrepância nos resultados dos ICDD's anuais considerando os dados mensais, diários e horários. Este fato, no caso das informações mensais, pode estar associado à indefinição da direção de vento em determinados meses para os anos considerados nesta pesquisa, nesta situação, estes dados foram desconsiderados para o cômputo do ICDD.

Ademais verifica-se que, de forma geral, o comportamento da chuva dirigida direcional, definido a partir dos dados mensais apresenta uma configuração concentrada em determinadas direções, normalmente associadas à metade Sul, mais especificamente, ao quadrante Sul/Leste.

Figura 2 – Comportamento da chuva dirigida direcional, para a cidade de Porto Alegre em 2002 e 2003

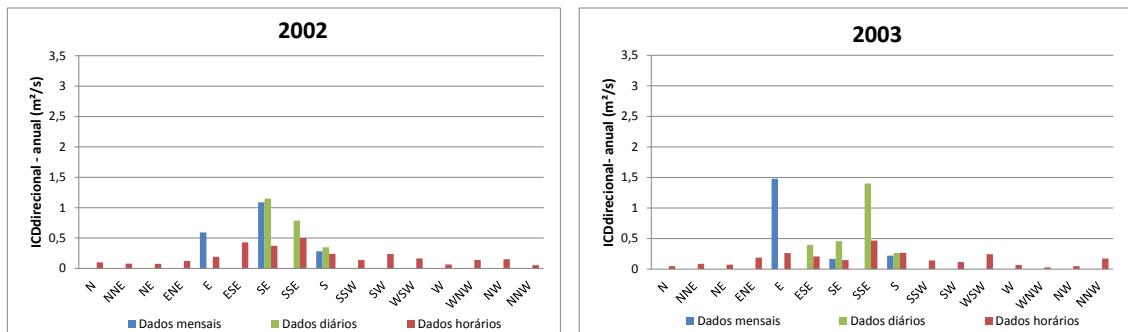
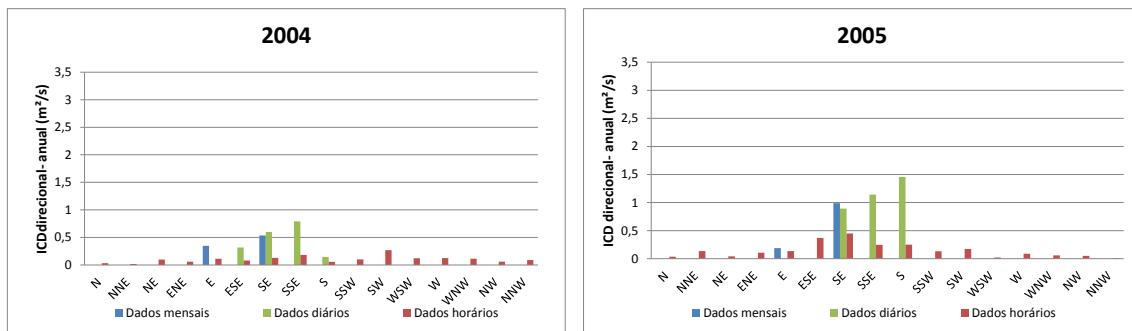
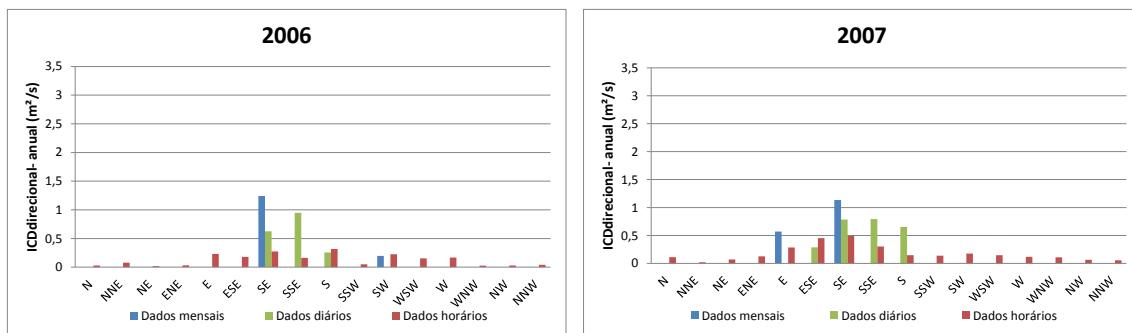


Figura 3 – Comportamento da chuva dirigida direcional em 2004 e 2005 para a cidade de Porto Alegre



Desta forma, para os gráficos resultantes do cômputo direcional da chuva dirigida, a partir do emprego de informações diárias, verificou-se que apresentam, em comparação com aqueles oriundos de dados mensais, uma maior gama de variações de direções, com predominância de incidência no quadrante Sul/ Leste, entretanto, com registros no quadrante Sul/Oeste.

Figura 4 – Comportamento da chuva dirigida direcional, na cidade de Porto Alegre, para os anos de 2006 e 2007



Considerando os valores dos ICDd's a partir da aplicação dos dados horários identifica-se uma maior dispersão, considerando as direções da chuva dirigida, contudo, o quadrante Sul/ Leste apresenta, de forma geral, assim como nas demais avaliações, um predomínio dos valores do índice de chuva dirigida (ICD).

Figura 5 – Comportamento da chuva dirigida direcional em 2008 e 2009, para a cidade de Porto Alegre

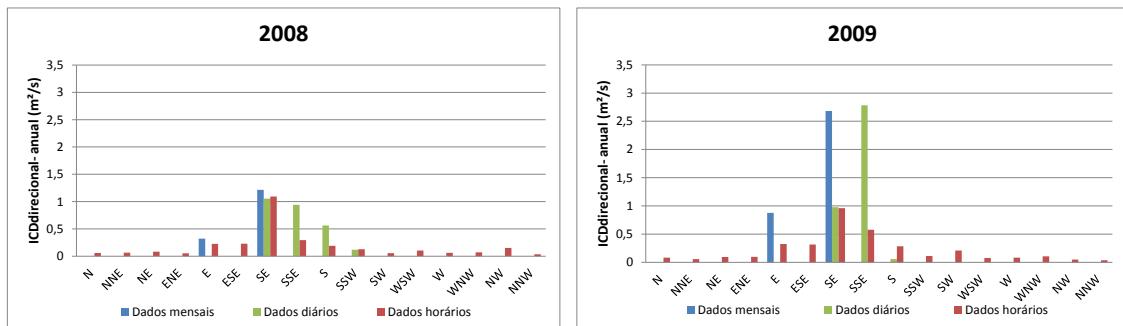
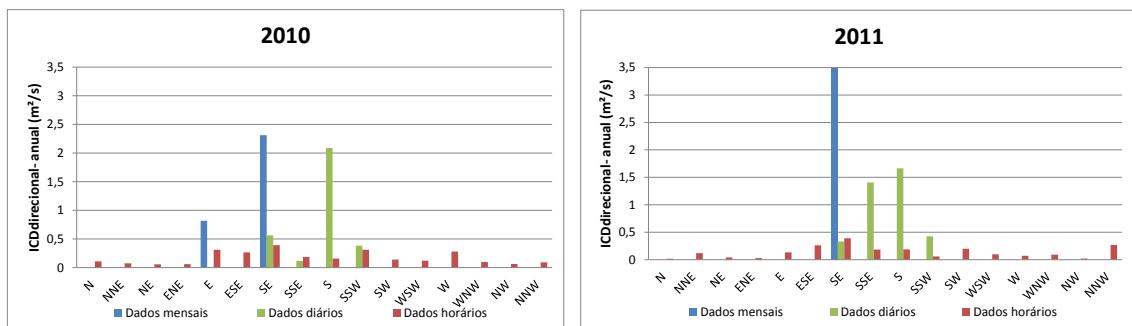


Figura 6 – Comportamento da chuva dirigida direcional, para a cidade de Porto Alegre em 2010 e 2011



A partir do apresentado, verifica-se que a maior ou menor dispersão da chuva dirigida ao longo de diferentes direções de vento é determinada pela maior ou menor quantidade de dados analisados, isto deve-se à maior precisão entre os eventos de precipitação e vento e a coleta dos dados, ou seja, os dados horários refletem, em comparação com os diárioss e mensais, uma maior proximidade com a real condição ambiental do local de exposição. Isto ocorre pois tanto as informações mensais, quanto as diárias, representam a direção de vento média ocorrida no intervalo de tempo entre as leituras, não correspondendo à real condição ocorrida no evento da chuva.

Entretanto, de forma geral, a aplicação de informações com maior ou menor periodicidade no cômputo do índice de chuva dirigida direcional, para a cidade de Porto Alegre, entre 2002 e 2011, não alterou a direção predominante da chuva dirigida, caracterizado pela metade Sul, com maior ênfase para o quadrante Sul/ Leste. Sendo assim, as fachadas orientadas nestas direções encontram-se mais suscetíveis à incidência de chuva dirigida, demandando maior atenção com relação à sua proteção.

Lima e Morelli (2005) corroboram com o exposto, quando identificam que os poucos estudos sobre chuva dirigida em desenvolvimento no Brasil empregam normalmente informações provenientes de estações meteorológicas, o que não caracteriza o clima propriamente dito que atua no entorno da edificação ou estrutura, uma vez que gera informações diárias e mensais que não condizem propriamente com as condições reais de exposição. Sendo assim, a utilização de dados horários permite uma análise, considerando condições climáticas mais próximas à realidade do local.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do desenvolvimento desta pesquisa puderam ser identificadas algumas questões relevantes para os estudos de chuva dirigida direcional, considerando a periodicidade dos dados empregados no cálculo dos índices, tais como, a influência da qualidade dos dados empregados na determinação dos índices de chuva dirigida direcional, uma vez que as diferentes periodicidades para a coleta de dados resultaram em valores diferentes de índice de chuva dirigida direcional para um mesmo ano.

Ainda, a quantidade de dados empregada no cálculo de ICDD gera uma maior, ou menor dispersão de chuva dirigida ao longo das direções de vento, ou seja, o emprego de informações mensais gera gráficos de chuva dirigida relacionados à direções específicas de vento, enquanto que a utilização de dados horários origina representações com mais direções de chuva dirigida.

Neste sentido, a periodicidade com que os dados são coletados nas estações podem influenciar na qualidade dos resultados dos índices de chuva dirigida direcional, visto que, quanto mais próximo do evento de chuva e vento, mais fidedigna será a análise deste fenômeno. Contudo, de forma geral, a direção predominante da chuva dirigida não altera-se em função da maior ou menor periodicidade dos dados empregados no cálculo dos índices, sendo que, neste trabalho, identificou-se que as fachadas orientadas para o quadrante Sul/ Leste, na cidade de Porto Alegre, estão mais vulneráveis à incidência de chuva dirigida, necessitando de atenção especial com relação à sua proteção.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: forças devido ao vento em edificações. Rio de Janeiro. 1988.
- BLOCKEN, B.; CARMELIET, J. **A Review of Wind-driven Rain Research in Building Science**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, v. 92, n. 13, p. 1079-1130, Nov. 2004.
- BLOCKEN, B.; HENS, H.; CARMELIET, J. **Methods for the Quantification of Driving Rain on Buildings**. ASHRAE Transactions, v. 108, n. 2, p. 338-350, 2002.
- CHAND, I.; BHARGAVA, P. K. **Estimation of Driving Rain Index for India**. Journal Building and Environment, v. 37, n. 5, p. 549-554, maio. 2002.
- CHOI, E. C. C. **Parameters affecting the intensity of wind-driven rain on the front face of a building**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, V. 53, p. 1-17, 1994.
- CHOI, E. C. C. **Wind-Driven Rain on Building Faces and The Driving-Rain Index**. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, v. 79, n. 1/2, p.105-122, jan. 1999.
- GONGO, M. **Análise do Nível de Exposição das Edificações à Chuva Dirigida para Florianópolis**. 2007. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- GONGO, M.; PADARATZ, I. J.; LAMBERTS, R. **Determinação da exposição à chuva dirigida em Florianópolis, SC: índices de chuva dirigida e métodos semi-empíricos**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 7-23, jan./mar. 2011.

HEERDT, G.; BACK, A.J. **Determinação da chuva dirigida para região sul catarinense**. Artigo submetido ao Curso de Engenharia Civil da UNESC como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Civil. Universidade do Extremo Sul Catarinense. Disponível: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/handle/1/1150/Graziela%20Heerdt.pdf?sequen ce=1> Acessado em: 10/09/2013.

KAZMIERCZAK, C. de S. **Desempenho de Alvenarias de Materiais Cerâmicos à Penetração de Água da Chuva: Uma Análise de Fatores Condicionantes**. 1989. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1989.

LIMA, M. G.; MORELLI, F. Mapa Brasileiro de “Chuva Dirigida”: algumas considerações. Florianópolis, SC. 2005. In: **Simpósio Brasileiro de Tecnologia De Argamassa, 6.**, Florianópolis, 2005; Anais... Florianópolis, 2005. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/96325210/Chuva-Dirigida>

MARSH, P. **Air and rain penetration of buildings**. London: The Construction Press, 1977.

MELO JUNIOR, C. M. **Influência da Chuva Dirigida e dos Detalhes Arquitetônicos na Durabilidade de Revestimentos de Fachada**. 204 f. Goiânia, 2010. Dissertação (Mestrado em Geotecnica) – Programa de Pós-Graduação em Geotecnica, Construção Civil e Mecânica das Estruturas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

MELO JUNIOR, C. M.; CARASEK, H. **Índices de chuva dirigida direcional e análise do nível de umedecimento em fachadas de edifício multipavimentos em Goiânia, GO**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 23-37, jul./set. 2011.

PEREZ, A. R. **Umidade nas Edificações**: recomendações para a prevenção da penetração de água pelas fachadas. In: Tecnologia de Edificações: 1^a parte. São Paulo: PINI, IPT-Divisão de Edificações, 1988. p. 571-574.

SABBATINI, F.H. **Umidade por Infiltração em Paredes de Alvenaria**. Anais EPUSP, São Paulo, p. 95-104, 1988.

SILVA, A. C. S. B.; GIRALT, R. P. Estabelecimento de um Índice de Chuva Dirigida para Porto Alegre. In: **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Rio de Janeiro: ANTAC, 1995.

THOMAZ, E. Manual Técnico de Alvenaria: patologia. São Paulo: Projeto, 1990.