

# O impacto ambiental do espaço construído: estudo de caso em Florianópolis

Beatriz Francalacci da Silva<sup>1</sup>, Marcelo Silveira Bastos<sup>2</sup>, Thiago Escandiel Ferreira Farias<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Doutoranda em Arquitetura UFRGS, Professora do Departamento Acadêmico de Construção Civil, beatriz.silva@ifsc.edu.br

<sup>2</sup> Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Estudante do Curso Técnico de Meteorologia, mrclbsts1@gmail.com

<sup>3</sup> Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Estudante do Curso Superior de Tecnologia em Construção de Edifícios, thiago.eff@hotmail.com

## RESUMO

Esta pesquisa avalia o desempenho ambiental de duas vias de configurações distintas do centro urbano de Florianópolis. Os parâmetros para a análise estão relacionados à insolação e à temperatura intraurbana na escala do pedestre, durante o verão. O clima predominante da cidade é o subtropical úmido, caracterizado por quatro estações bem definidas. Para a avaliação, foram utilizadas a pesquisa exploratória (investigação bibliográfica, documental e infográfica), a pesquisa indutiva experimental (levantamento em campo de variáveis microclimáticas) e a simulação computacional. Os resultados mostram que algumas variáveis da morfologia da cidade influenciam no desempenho ambiental, como os tipos e as propriedades térmicas dos materiais de construção, a altura e a densidade das construções. Conclui-se que é possível melhorar o desempenho e a qualidade ambiental urbana a partir da inserção desse tipo de estudo na legislação específica.

**Palavras-Chave:** Clima subtropical úmido, Microclima, Impacto ambiental, Forma urbana.

## Introdução

Até que ponto a morfologia urbana interfere no clima local? Quais as melhores alternativas para o crescimento das cidades: alta ou baixa densidade construída; tipos de materiais construtivos; número de árvores por habitante ou quantidade de áreas verdes necessárias para compensar a impermeabilização do solo causada pela urbanização? Essas são apenas uma parte das questões que cerceiam os estudos e pesquisas que procuram entender melhor a equação entre as cidades e suas influências na formação de um clima urbano, bem como das que se referem aos impactos ambientais relacionados ao espaço construído.

Questões, como a degradação ambiental, resultantes do crescimento das cidades, e possíveis alternativas para melhor compreensão dos seus impactos vêm sendo estudadas por profissionais de áreas diversas, sob diferentes enfoques. Em alguns trabalhos, os autores procuram instituir, desenvolver e comprovar a eficácia de indicadores urbanos e ambientais para aplicação prática (AMORIM; UGEDA JUNIOR, 2009; COUTO, 2007; FAGUNDES,

2002; ROMERO *et al.*, 2004), enquanto outras investigações se dedicam em estudar e comparar indicadores resultantes de investigações precedentes ou de cunho teórico como, por exemplo, a Pegada Ecológica (HURLEY *et al.*, 2007).

Algumas bibliografias nacionais abordam aspectos urbanos e sua relação com indicadores de dimensões diversas (ambiental, econômica e social), dentre as quais destacam-se as contribuições de Escaria (2008), Inouye e Souza (2011), Netto e Krafta (2009), Mascaró (2009) e Silva (2008). Essas investigações estabelecem avaliações sobre o desempenho da forma urbana no ambiente natural. No Brasil, existem mais estudos sobre o impacto ambiental gerado pelas edificações que constituem produto do mercado imobiliário informal, como as favelas (HUBNER *et al.*, 2004) do que estudos que analisam os impactos ambientais provenientes da arquitetura do mercado imobiliário formal. Essa constatação demonstra a necessidade de avaliar a relação da arquitetura com o ambiente, levando em consideração seus instrumentos regulatórios.

A ocupação das cidades brasileiras está determinada em sua maioria pelos planos diretores municipais e pelos códigos de obras e edificações, que definem sua forma arquitetônica e urbana. Essas leis estabelecem, por exemplo, as dimensões das parcelas do solo, a porcentagem de área construída e impermeabilizada, a altura das edificações e os afastamentos entre elas, o uso destinado às construções, a densidade construída e populacional e os espaços verdes, entre outros fatores (IPUF, 2014).

As questões relacionadas ao desempenho ambiental da morfologia urbana resultante, entretanto, são raramente abordadas nesses instrumentos regulatórios. O aprofundamento desse tipo de estudo faz-se hoje necessário, como subsídio para a elaboração das legislações específicas. A pesquisa aqui descrita pretendeu verificar quais os potenciais impactos ambientais que um conjunto arquitetônico impõe ao seu entorno imediato, a partir da avaliação de duas vias de configurações distintas do centro urbano de Florianópolis, Santa Catarina.

## **Materiais e métodos**

No estudo aqui descrito, foram utilizados os seguintes procedimentos metodológicos: pesquisa bibliográfica, documental e infográfica; levantamentos de campo e simulação computacional. As pesquisas bibliográfica, documental e infográfica apresentaram como objetivo fundamental e apoiar o desenvolvimento teórico da investigação. Suas etapas de trabalho resultantes são a revisão de literatura (com definição da metodologia aplicada nos trabalhos de campo) e a identificação e caracterização da área urbana delimitada para a

análise através de mapeamentos.

Os levantamentos de campo e métodos computacionais permitiram avaliar, verificar e simular os estudos de caso da pesquisa. Os trabalhos de campo consistiram em registros fotográficos específicos, além de medições *in loco* do microclima urbano em pontos de interesse para o trabalho. As variáveis levantadas foram a temperatura e a umidade relativa do ar em um dia representativo de verão (17 de fevereiro de 2013), em horas determinadas (09, 12, 15 e 18 h), nos locais à sombra dos pontos de interesse. O método seguiu os critérios de medição de Monteiro (1990) e Oke (2006), e o aparelho de medição utilizado foi a estação meteorológica portátil Kestrel 4500 NV. As medições *in loco* foram posteriormente comparadas com os dados climáticos obtidos na Estação Meteorológica Aeroporto Hercílio Luz.

Além da temperatura e da umidade relativa do ar, foram levantados também os dados de insolação, quanto ao número de horas diárias de Sol na estação verão. A avaliação dos resultados de sombreamento da arquitetura existente foi realizada por meio de simulações computacionais com o *software Autocad*, no mesmo dia e horário das medições *in loco*. Os produtos desses procedimentos estão organizados segundo as seguintes etapas de trabalho: identificação e caracterização da área urbana estudada, caracterização do clima local e avaliação do desempenho ambiental.

### **Identificação e caracterização da área urbana**

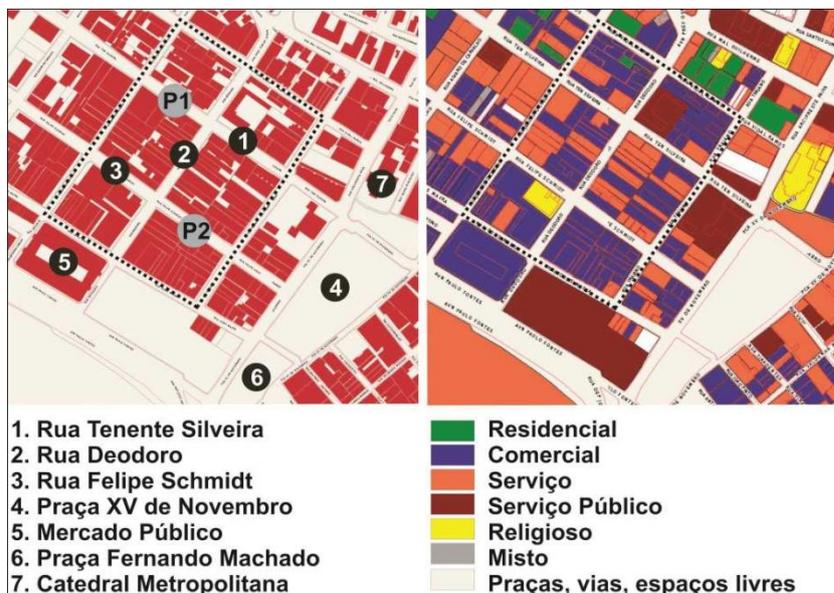
Florianópolis é a capital de Santa Catarina, localizada na porção Leste do Estado, nas coordenadas geográficas 27°35'48"S e 48°32'57"O. Possui população de 421.240 habitantes (IBGE, 2010), distribuída em uma área territorial de 671.578 Km<sup>2</sup>. Está situada em uma altitude média de 3 m, e sua constituição física e ambiental se diferencia da maioria das cidades do Brasil pelo fato de que seu território se decompõe em duas estruturas principais: a região continental, a Oeste, e a ilha de Florianópolis, a Leste.

O centro urbano da porção insular constitui o recorte espacial da pesquisa aqui descrita, compreendido por seis quarteirões com dimensões aproximadas de 80 x 80 m. A Figura 1 apresenta a localização e a delimitação da área de estudo na região conturbada de Florianópolis e a localização da Estação Meteorológica Aeroporto Hercílio Luz, tomada como referência para a avaliação do clima local.



**Figura 1:** Localização do recorte espacial do estudo  
**FONTE:** Adaptado de Google Earth, 2012.

Para a análise do desempenho ambiental, foram determinados dois pontos de interesse, em vias de configurações morfológicas distintas: a) P1. Rua Tenente Silveira, com largura aproximada de 12 m, orientação Noroeste - Sudeste, de tráfego intenso de veículos/ pedestres e edificações de alto gabarito; b) P2. Rua Felipe Schmidt, também com largura de 12 m e orientação Noroeste - Sudeste, de uso exclusivo peatonal e com edificações de baixo gabarito (Figuras 2 - a e b).



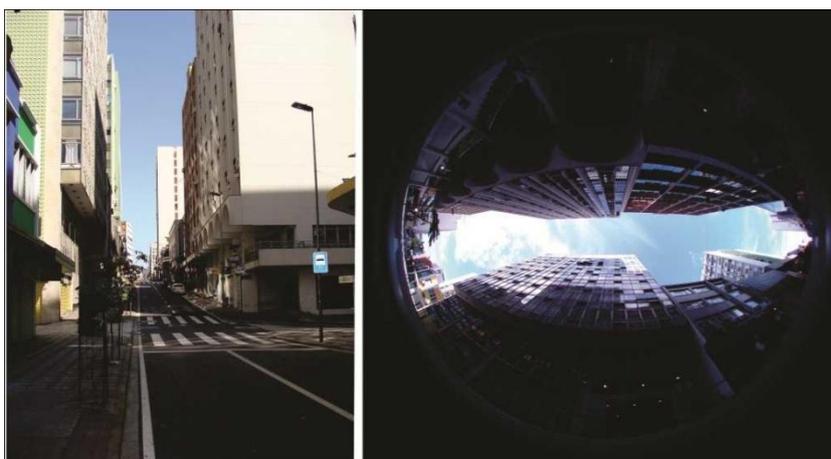
**Figura 2:** a) Mapa dos pontos de interesse, vias e edificações principais. b) Mapa de usos do solo  
**FONTE:** Adaptado de PMF, Geoprocessamento corporativo, 2012.

A determinação dos pontos de interesse deve-se às suas relações de homogeneidade (como a orientação solar e a largura das vias) e de heterogeneidade (como gabarito das

edificações), o que permitiu um estudo comparativo acerca do impacto ambiental de diferentes configurações. A legislação urbana vigente é a Lei Complementar n. 482/2014, que dispõe sobre a política de desenvolvimento urbano, o plano de uso e a ocupação, os instrumentos urbanísticos e o sistema de gestão. Essa lei caracteriza a área como um núcleo histórico-cultural ou de urbanidade consolidada, com concentração crescente de edificações e usos urbanos diversificados, composta por áreas históricas e/ou áreas de uso misto na zona central dos núcleos urbanos.

O zoneamento classifica a região como AMC 12.5 (Área Mista Central), permitindo por lei edificações de até 12 pavimentos, ocupação do solo de 50%, com capacidade para até 910 habitantes por hectare (IPUF, 2014). Parte das construções existentes é tombada pela legislação patrimonial municipal, estadual ou federal. Os usos predominantes na área são o comercial e o de serviços, sendo ainda os mesmos adequados ao residencial, religioso, misto e de lazer. Constituem atualmente edificações de referência no entorno o Mercado Público Municipal e a Catedral Metropolitana, bem como as praças XV de Novembro e Fernando Machado.

Para a caracterização da forma arquitetônica e urbana nos dois pontos de interesse, foi adotado o parâmetro Fator de Visão do Céu (FVC), que representa a relação entre a área de céu obstruída e a área total da abóbada celeste aparente, estabelecendo a quantidade de céu visível em um local. Sua quantificação pode ser determinada por meio de fotografia, processos analíticos, processamento de imagens e gráficos. Neste trabalho, foi utilizada a foto com técnica olho de peixe, tirada no nível do solo (Fig. 3, a e b, e Fig. 4, a e b), conforme recomendações de Svensson (2004).



**Figura 3:** a) Rua Tenente Silveira; b) Ponto 1 – Fator de visão do céu



**Figura 4:** a) Rua Felipe Schmidt; b) Ponto 2 – Fator de visão do céu

A análise das duas vias demonstra que a Rua Tenente Silveira possui uma obstrução de 87%, enquanto na Felipe Schmidt esse fator é de 71%. Diversos estudos (CHEN *et al.*, 2012; MINELLA, ROSSI, KRÜGER, 2009; GÄL, LINDBERG, UNGER, 2009) comprovam que o índice de obstrução apresenta relações diretas com as diferenças intraurbanas de temperatura e com as ilhas de calor. Em geral, quanto maior a obstrução de determinado local, menor é a sua capacidade de dispersão da energia térmica.

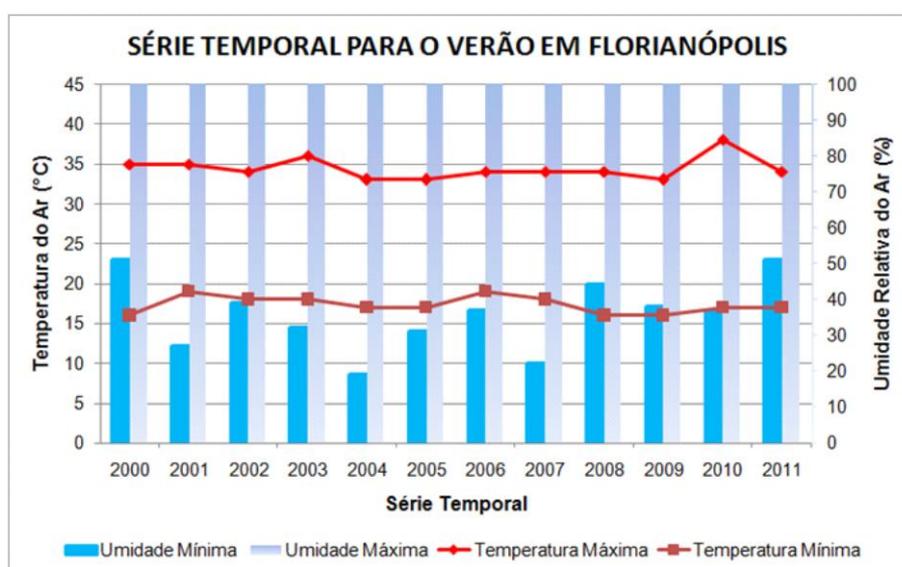
### **O clima local de Florianópolis**

A origem da palavra clima é grega e se refere ao ângulo de inclinação dos raios solares em relação a terra (ATLAS CLIMÁTICO DA REGIÃO SUL DO BRASIL, 2011). A primeira classificação climática foi desenvolvida pelos gregos e baseava-se somente na latitude. Atualmente, a classificação climática mais utilizada é a denominada Köppen-Geiger, mais conhecida por classificação de Köppen, criada em 1900 pelo alemão Wladimir Köppen. Essa classificação parte do pressuposto de que a vegetação natural de cada região da Terra é essencialmente uma expressão do seu clima e mostra que a distribuição global dos tipos climáticos e a distribuição dos biomas apresentam elevada correlação.

O clima de Florianópolis, segundo a classificação de Köppen, pertence ao tipo fundamental Cf e à variedade específica Cfa, ou seja, subtropical úmido. As normais climatológicas registradas pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, no período de 1961 a 1990 (ATLAS CLIMÁTICO DA REGIÃO SUL DO BRASIL, 2011), indicam que a temperatura média anual é de 20,3 °C, sendo fevereiro o mês mais quente e julho o mês mais frio. A umidade tem média anual de 82%, e os ventos de direção Norte são os mais frequentes; porém, os ventos de direção Sul apresentam maior repercussão, devido aos seus resultados de

alterações súbitas na temperatura do ar.

A estação verão constitui o recorte temporal do estudo apresentado neste trabalho. Para a sua avaliação, foram utilizados os dados de onze anos da Estação Meteorológica Aeroporto Hercílio Luz, considerada nessa pesquisa como representativa das áreas suburbanas. As informações adquiridas nessa estação foram utilizadas como instrumento de comparação entre as condições naturais e os resultados de campo obtidos no meio intraurbano. As variáveis analisadas foram a temperatura e a umidade relativa do ar, a partir dos registros das máximas e mínimas absolutas durante os verões entre os anos 2000 e 2011 (Gráfico 1).



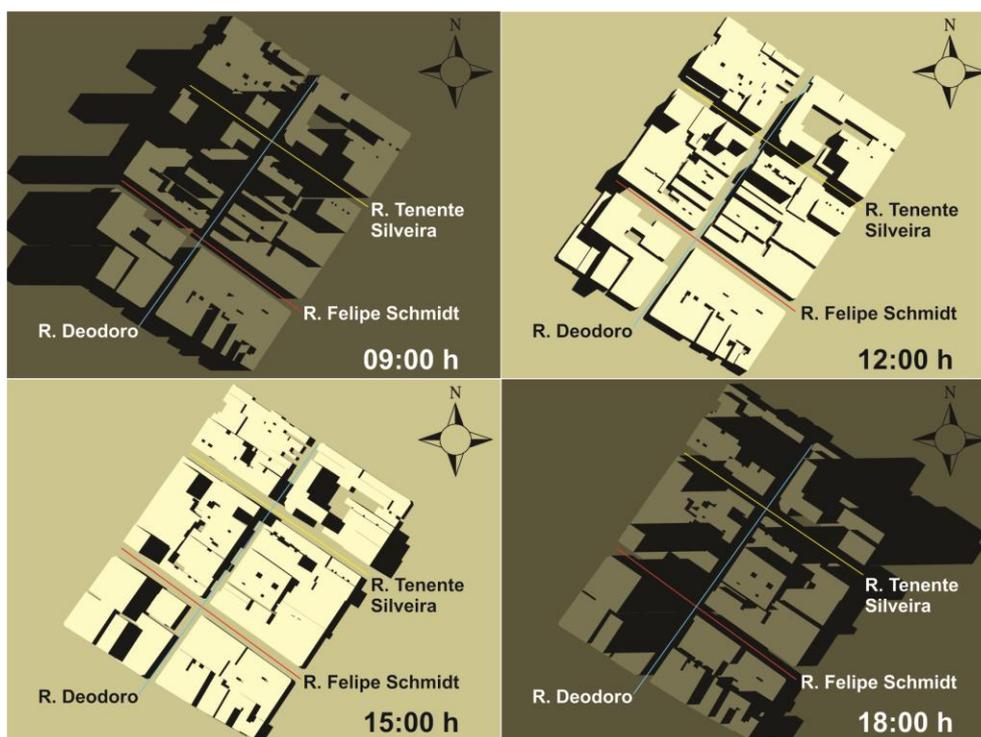
**Gráfico 1:** Série temporal para o verão em Florianópolis  
**FONTE:** Estação Meteorológica Aeroporto Hercílio Luz.

De acordo com o Gráfico 1, a temperatura máxima absoluta de verão no referido período está na casa dos 38 °C (2010), enquanto a mínima absoluta aproxima-se dos 16 °C (2000, 2008 e 2009). A média das temperaturas máximas e mínimas absolutas é de 34,4 e 17,3 °C, respectivamente. Quanto à umidade relativa do ar, percebe-se que os verões alcançam extremos significativos, chegando à mínima absoluta de 19% em 2004 e à máxima absoluta de 100% em todos os anos. Os dados apontam a média das umidades relativas do ar mínimas absolutas de 35,7 %.

#### **Avaliação: temperatura e umidade relativa do ar, insolação e sombreamento**

A avaliação do impacto ambiental da arquitetura existente na estação verão resulta do cruzamento dos dados obtidos com as medições *in loco*, sua comparação com as informações coletadas na Estação Meteorológica Aeroporto Hercílio Luz e os resultados adquiridos por meio das simulações computacionais com o uso do *software Autocad*.

Em avaliação às simulações computacionais (Figura 5, a, b, c e d), verifica-se um maior sombreamento durante um dia típico de verão na Rua Tenente Silveira, devido às altas edificações e ao elevado índice de obstrução. Enquanto a Rua Felipe Schmidt recebe insolação direta das 9 às 17 horas, totalizando uma média de 8 horas diárias diretas de Sol, na Rua Tenente Silveira esse tempo é reduzido para um máximo de 3 horas diárias, o que explica as diferenças de temperaturas obtidas nas medições *in loco*, ainda que estas tenham sido realizadas à sombra em ambos os casos.



**Figura 5:** Sombreamento no verão: a) 09 h, b) 12 h, c) 15 h, d) 18 h

As medições *in loco* realizadas nos dois pontos de interesse indicam que, durante as manhãs de um dia típico de verão, as áreas em sombra da Rua Tenente Silveira, de alto gabarito, apresentam temperatura do ar reduzida ( $26,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) em relação aos valores obtidos nas áreas em sombra da Rua Felipe Schmidt, de baixo gabarito ( $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Como esperado, os menores valores de umidade relativa do ar foram medidos na via de maior temperatura: enquanto na Rua Tenente Silveira a umidade relativa do ar obtida foi de 82,01%, na Rua Felipe Schmidt esse valor foi de 79,24%.

No período da tarde (15 horas), a diferença de temperatura do ar registrada nas duas vias de referência foi ainda maior:  $32,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  na Rua Tenente Silveira e  $33,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  na Rua Felipe Schmidt. Os valores de umidade relativa do ar nos dois pontos de medição foram de 64,06% e 62,69%, respectivamente. Já, no horário das dezoito horas, os valores medidos de temperatura do ar foram superiores na Rua Tenente Silveira, mas em números menos significativos. As

medições intraurbanas em sombra obtidas *in loco* são similares às informações meteorológicas da Estação Aeroporto Hercílio Luz, em área suburbana, o que sugere a necessidade de levantamento dos dados meteorológicos intraurbanos nos locais expostos ao Sol, para uma completa análise comparativa.

Pode-se verificar que, apesar da alta densidade construtiva, a configuração da Rua Tenente Silveira ameniza os efeitos extremos das temperaturas intraurbanas da estação verão durante a maior parte do dia, devido ao sombreamento proporcionado pelas edificações. Além disso, o aumento das temperaturas nessa via a partir das dezoito horas confirma a hipótese de estudos que afirmam a predominância das ilhas de calor em urbanizações de alta densidade construtiva no período noturno (CRISTINA, L.; SOUZA, L, 2011). As ilhas de calor consistem no acréscimo das temperaturas do meio urbano em relação ao seu entorno devido, entre outros fatores, às atividades humanas, à alta densidade construtiva e às propriedades térmicas dos materiais de construção.

## **Conclusões**

A pesquisa auxilia no entendimento da formação do microclima urbano e confirma as influências da morfologia arquitetônica no desempenho ambiental (insolação, temperatura e umidade relativa do ar) de uma configuração urbana específica em Florianópolis, de clima subtropical úmido.

Esse tipo de estudo oferece subsídios para o planejamento na escala da cidade e da edificação. Seus resultados possibilitam a determinação dos parâmetros que regulam o conteúdo dos espaços da cidade, as dimensões, a disposição e a distribuição dos elementos arquitetônicos e urbanos. Sua análise consiste, portanto, etapa essencial na elaboração das legislações específicas.

A metodologia adotada neste trabalho permite sua aplicação em estudos de caso similares, desde que levados em conta os condicionantes do meio e as limitações de cada situação. Além dos métodos e práticas propostas, conclui-se sobre a necessidade de uma avaliação subjetiva da percepção e da preferência ambiental dos usuários no espaço urbano, como complementação e legitimação do diagnóstico técnico.

## REFERÊNCIAS

- AMORIM, M.C.C.T; UGEDA JUNIOR, J.C. Indicadores ambientais e planejamento urbano. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 2, n. 31, p. 5-35, 2009.
- ATLAS CLIMÁTICO DA REGIÃO SUL DO BRASIL**. Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. WREGE, M.S. et al. (eds.). Pelotas: Embrapa Clima Temperado: Colombo: Embrapa Florestas, 2011.
- CELANI, G. Future Cities. Uma viagem de pesquisa a Zurique. **Arquitetismo Vitruvius**. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitetismo/04.045/3657>>. Acesso em 10 out. 2012.
- CHEN, L. et al. Sky view factor analysis of street canyons and its implications for daytime intra-urban air temperature differentials in high-rise, high-density urban areas of Hong Kong: a GIS-based simulation approach. **International Journal of Climatology**, v. 32, n. 1, p. 121-136, 27 jan. 2012.
- COUTO, O.F.V. **Geração de um índice de sustentabilidade ambiental para Bacias Hidrográficas em áreas urbanas através do emprego de técnicas integradas de geoprocessamento**. 2007. 172 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- CRISTINA, L.; SOUZA, L. Ocupação do solo e ilha de calor noturna em avenidas marginais a um córrego urbano. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 3, p. 161-175, 2011.
- ESCARIA, S.C. Tecnologias energéticas e modelos urbanos: alternativas para a sustentabilidade das cidades. **Da Sphera**, maio. 2008.
- FAGUNDES, L. **Elaboração de índice ambiental urbano através da análise de densidade populacional e superfície impermeável em bacias hidrográficas**. 2002. 190 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Programa de Pós-graduação em Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- GÁL, T.; LINDBERG, F.; UNGER, J. Computing continuous sky view factors using 3D urban raster and vector databases: comparison and application to urban climate. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 95, p. 111-123, 8 jan. 2009.
- HUBNER, C.E.; SANTO, M.A.D.; OLIVEIRA, F.H. Diagnóstico da ocupação de encostas do Maciço Central do Morro da Cruz - Florianópolis - SC. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1, 2004, **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004, p. 379-391
- INOUE, K.P; SOUZA, U.E.L. A utilização de indicadores físicos na discussão dos custos de urbanização de conjuntos habitacionais horizontais. **Ambiente Construído**, v. 4, n. 1, p. 79-91, 2004.
- HURLEY, J; HORNE, R; GRANT, T. Ecological Footprint as an Assessment Tool for Urban Development. **Built Environment**, SOAC, 2007.
- INMET INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Portal eletrônico**. Brasília:

INMET, 2012. Disponível em <[www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)>. Acesso em 08 nov. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS. **Censo 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 08 abr. 2012.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO URBANO DE FLORIANÓPOLIS. **Plano Diretor de Urbanismo do Município de Florianópolis** (Lei Complementar n. 482/2014). Florianópolis, 2014.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J.J. **Ambiência urbana**. 3.ed Porto Alegre: Masquatro, 2009. 199p.

MONTEIRO, C. A. F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Geosul**, Revista do Departamento de Geociências, Florianópolis, SC: UFSC, v.5, n.9, p. 61-79,1990.

MINELLA, F. C. O.; ROSSI, F. A.; KRÜGER, E. L. Influência do fator de visão do céu no conforto térmico em duas situações urbanas distintas. In: X ENCONTRO NACIONAL E VI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais...** 2009.

NETTO, V. D. M.; KRAFTA, R. A forma urbana como problema de desempenho: o impacto de propriedades espaciais sobre o comportamento urbano. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 11, n. 02, 2009.

OKE, T. R. **Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites**. World Meteorological Organization - Instruments and observing methods. Canada, WMO/TD n.1250, Report n.81, 2006.

PMF PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS. **Geoprocessamento corporativo**. Disponível em: <[http://geo.pmf.sc.gov.br/geo\\_fpolis/](http://geo.pmf.sc.gov.br/geo_fpolis/)>. Acesso em 08 nov. 2012.

ROMERO, M *et al.* Indicadores de sustentabilidade dos espaços públicos urbanos: aspectos metodológicos e atributos das estruturas urbanas. In: SEMINÁRIO A QUESTÃO AMBIENTAL URBANA: EXPERIÊNCIAS E PERSPECTIVAS, **Anais...** Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

SILVA, G.P. Forma urbana e sustentabilidade: algumas notas sobre o modelo da cidade compacta. **Prospectiva e Planejamento**, v. 15, p. 101-126, 2008.

SVENSSON, M. K. Sky view factor analysis – implications for urban air temperature differences. **Meteorological Applications**, v. 11, n. 3, p. 201-211, set. 2004.

### **Responsabilidade de autoria**

As informações contidas neste artigo são de inteira responsabilidade de seus autores. As opiniões nele emitidas não representam, necessariamente, pontos de vista da Instituição e/ou do Conselho Editorial do IF-SC.